Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Ciencias Forestales
Programa de Magister en Ciencias Forestales
Máster en Biotecnología Aplicada a la Conservación y Gestión Sostenible de Recursos Vegetales Convenio Doble Graduación Universidad de Concepción – Universidad de Oviedo

"RESPUESTA DE *Nothofagus glauca* A DISTINTAS INTENSIDADES DE RALEO"

Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Forestales
Tesis para optar al grado Máster en Biotecnología Aplicada a la Conservación y Gestión Sostenible de Recursos Vegetales

PABLO GONZÁLEZ VALLINA
CONCEPCIÓN-CHILE
2015

Profesor Guía: Fernando Muñoz S.
Dpto. de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales
Universidad de Concepción-Chile
Profesor Guía: Juan Majada T.
Centro Tecnológico Forestal y de la Madera
CETEMAS – España

RESPUESTA DE *Nothofagus glauca* A DISTINTAS INTENSIDADES DE RALEO

Comisión Evaluadora:

Fernando Muñoz Sáez (Profesor guía)
Ingeniero Forestal, Dr. _____

Juan Majada Guijo (Profesor co-guía)
Biólogo, Dr. _____

Darcy Ríos Leal (Comisión evaluación)
Prof. Biología y Química, Dra. _____

Director de Postgrado:

Regis Teixeira Mendoca
Ingeniero Químico, Dr. _____

Decano Facultad de Ciencias Forestales:

Manuel Sánchez Olate
Ingeniero Forestal, Dr. _____

AGRADECIMIENTOS

Por permitirme realizar y disfrutar de la experiencia de aprender una nueva cultura, formarme tanto académicamente como personalmente, quiero agradecer a las universidades de Oviedo y de Concepción, así como a los responsables de generar esta oportunidad María Jesús Canal y Darcy Ríos, gracias a las cuales muchos de los problemas que han surgido en este proceso, se han solucionado satisfactoriamente.

Por aconsejarme y asesorarme, así como facilitarme un proyecto y todos los grandes consejos y mejoras que han aportado a la realización de este documento quiero mostrar una gran gratitud a mis dos tutores, Fernando Muñoz (tutor por Universidad de Concepción) y Juan Majada (tutor por Universidad de Oviedo), que saltando las distancias siempre me han apoyado en el avance y consecución del mismo.

No puedo olvidarme de mi familia y amigos que desde España me han apoyado en todo momento, sin olvidarme de todas las personas que me ayudaron en Chile a pasar una experiencia inolvidable, llevándome un gran recuerdo de todo el pueblo chileno y con unas infinitas ganas de volver por esos parajes y gentes increíbles.

Dejo por último lugar y no por ello menos importantes, a mis dos compañeros de viaje Adrián Garrido y Graciela Suárez, con los que conviví durante toda mi estancia en Chile pasando momentos inolvidables, apoyándome, acompañándome, ayudándome en todos los retos difíciles y disfrute de todos los grandes momentos en los que a mi lado se encontraban.

INDICE

TEMA		Página
1.	RESUMEN GENERAL	4
2.	GENERAL ABSTRACT	5
3.	INTRODUCCIÓN GENERAL	6
3.1	MARCO GENERAL	6
3.2	ANTECEDENTES DE LA ESPECIE	7
3.3	RALEOS O CLARAS	13
3.4	ESTRUCTURA Y CRECIMIENTO DEL BOSQUE	16
3.5	OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	18
4.	RESPUESTA DE *Nothofagus glauca* A DISTINTAS INTENSIDADES DE RALEO	19
4.1	RESUMEN	19
4.2	INTRODUCCIÓN	19
4.3	METODOLOGÍA	21
4.3.1	ÁREA DE ESTUDIO	21
4.3.2	DISEÑO ESPERIMENTAL	23
4.3.3	ANÁLISIS DE CRECIMIENTO E INCREMENTOS	24
4.4	RESULTADOS	25
4.4.1	ANÁLISIS DE DENSIDAD	25
4.4.2	CLASIFICACIÓN DIAMÉTRICA	26
4.4.3	ANÁLISIS DEL DIÁMETRO E INCREMENTO BASIMÉTRICO Y DIAMÉTRICO	27
4.5	DISCUSIÓN	30
4.6	CONCLUSIÓN	33
5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL	35
6.	BIBLIOGRAFIA	39

1. RESUMEN GENERAL

El bosque nativo chileno ha disminuido constantemente a lo largo de su historia tras la llegada de los europeos. Con ello también se ha producido la incorporación de nuevas especies y la modificación progresiva del paisaje y de la ordenación del monte, lo que provocó que muchas especies desaparecieran y otras estén en cierto grado de peligro de extinción. El cambio climático y todas las variaciones que este produce pueden agravar los problemas surgidos en los ecosistemas chilenos, provocando a su vez problemas para la población por la disminución de los recursos hídricos.

Los bosques de *Nothofagus glauca* se ubican dentro del área de clima mediterráneo con unas condiciones de temperatura y precipitaciones muy específicas, por lo que sin un buen plan de ordenación y una buena gestión esta especie puede ser vulnerable en el futuro. En la actualidad existe una gran fragmentación entre sus bosques, con dos poblaciones principales separadas como son la de la cordillera de la costa y población preandina.

Es importante desarrollar proyectos y avances en la aplicación y manejo de los bosques nativos mediante tratamientos silvícolas, una incorporación de estos procedimientos en ámbitos locales y rurales genera beneficios a la población a la vez que provoca una mejora de la evolución y dinámica de las masas forestales. El desarrollo y aplicación de técnicas selvícolas como el raleo produce aumento en los rendimientos del monte, generando madera de calidad, favoreciendo la modificación de los usos del *Nothofagus glauca* pasando de utilizarse solo como leñas con un valor económico bajo, a la utilización para aserrío con un mayor valor en el mercado. Esto genera grandes beneficios en el sector rural gracias a la creación de empleo y aumento de la riqueza de los propietarios, que verán los árboles autóctonos como una fuente de beneficio frente a las especies exóticas u otras alternativas para sus montes, repercutiendo en un beneficio ecológico, social y económico del país. El presente trabajo aporta información para mejorar las condiciones del bosque nativo, así como, los recursos que éste genera y la biodiversidad que puede albergar, sin olvidar sus aspectos económicos, a partir de una especie que en otros tiempos ocupaba una gran zona del territorio chileno; *Nothofagus glauca* conocido como Hualo.

2. GENERAL ABSTRACT

The Chilean native forest has declined steadily throughout its history after the arrival of Europeans. This has also resulted in the introduction of new species and the gradual modification of the landscape and the management of the mountain, which caused many species disappear and others are in some degree of danger of extinction. The climate change and all the change that it produces can aggravate problems in Chilean ecosystems, causing serious problems for the population by decreasing water recourses.

Nothofagus glauca forests are located within the Mediterranean climate conditions with very specific temperature and precipitation, so without a good management this species may be vulnerable in the future. At present there is great fragmentation of the woods, with two main populations separated as are the coastal range and preandina population.

It is important to develop projects and progress in the implementation and management of native forests through silvicultural treatments, incorporation of these procedures in local and rural areas will bring benefits to the population while causing an improvement in the evolution and dynamics of forests. The development and application of silvicultural techniques such as thinning leads to an increase in yields of the mountain, creating quality wood, favoring the modification of *Nothofagus glauca* uses only going over to used only as firewood with low economic value, to the utilization sawtimber with a higher market value. Generating large profits in the rural sector through job creation and increased wealth of the owners, who will see native trees as a source of benefit against alien species or other alternatives for its mountains, affecting an ecological benefit, social and economic development of the country. This paper provides information to improve the conditions of native forests and the resources it generates and biodiversity that can accommodate, including its economic, from a species that once occupied a large area of the Chilean territory; *Nothofagus glauca* known as Hualo.

3. INTRODUCCIÓN GENERAL

3.1 Marco general

El aprovechamiento de los recursos naturales es una realidad en todas las sociedades, ya en la época precolombina el bosque nativo era una fuente de alimento y productos madereros para los pobladores de estas tierras (Aguilera y Benavides 2005). Posteriormente en el siglo XIX hubo una transformación social que provocó un cambio ecológico, en el cual se optó por otros tipos de manejo de los recursos naturales, más enfocados a la agricultura, especialmente el fomento a la siembra de trigo. Finalmente, en las últimas décadas del siglo XX y producto de incentivos estatales como el Decreto Ley 701, se favoreció la inclusión de especies de rápido crecimiento, desplazando a las ya castigadas especies nativas, llegando en muchos casos a ser catalogadas como maleza y sustituyendo grandes extensiones de bosque nativo por plantaciones exóticas (Lara et al. 2009).

A partir de los años 90 los propietarios de bosque nativo comenzaron a cambiar su visión y relación con el monte, evitando la sustitución de especies y la realización de cortas a tala rasa. Sin embargo, la mayoría de las intervenciones silvícolas no han compatibilizado las necesidades económicas de los propietarios con los aspectos ambientales básicos para asegurar la permanencia y potencialidad del recurso, siendo escasa la inversión del estado en investigación orientada al desarrollo de herramientas de gestión. Sin embargo, en el año 2008 se aprobó la ley que incluye incentivos económicos para la gestión y conservación de los bosques nativos, la cual persigue mejorar y perfeccionar los actuales esquemas de manejo que se aplican al bosque nativo (Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal Nº 20.283).

La mayor parte de los propietarios de las zonas donde se localiza *Nothofagus glauca* (Hualo) son pequeños propietarios los cuales centran su economía familiar en la explotación de recursos forestales. Por lo tanto, el desarrollo de técnicas y métodos silvícolas ejercería un gran beneficio tanto a los propietarios como al medio, ya que se gestionarían los recursos de una forma más sostenible. Dentro de los distintos esquemas de manejo, estudiar la dinámica de

los renovales de *Nothofagus glauca* es importante ya que ayudará a conservar y desarrollar el recurso, mejorando el bosque sin olvidar las múltiples funciones que cumple el ecosistema nativo.

3.2 Antecedentes de la especie

Nothofagus glauca o Hualo, es un árbol endémico de Chile central, considerado como la especie más representativa de los bosques mediterráneos (Ibarra y Mougues 1976, Donoso 1993). Su nombre científico es *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser Ann. K. K. Naturhist. Hofmus. 11:163, (1896) y nombre común Hualo, roble maulino, roble colorado o roble blanco (García y Ormazabal 2008). Es una especie perteneciente a la familia *Nothofagaceae* y al orden de las Fagales. La familia se distribuye por todo el hemisferio sur (Moreira 2004), dentro del género *Nothofagus* se detectan hasta 12 especies, junto con diversos híbridos naturales entre las mismas (Donoso 1987) citado por Martín et al. (2010). *N. glauca* es considerada la especie más representativa de los bosques mediterráneos de *Nothofagus* (figura 1) (Ibarra y Mougues 1976, Donoso 1993).

Figura 1. Bosque de *Nothofagus glauca.*

N. glauca es un árbol caducifolio y frondoso, vive en torno a 300 años (Muñoz y Serra 2006), alcanza alturas de 30 m (Rodríguez et al. 1983), siendo en el caso de bosques costeros entre 3 y 4 m más altos (Muñoz et al. 2013). Dispone de un tronco cilíndrico que puede alcanzar 1 ó 2 m de diámetro (Fajardo y Alaback 2005, citado por Uribe et al. 2012), con un diámetro a la

altura del pecho (DAP) medio de 24,2 cm, con un rango de 7 a 53 cm (San Martín y Donoso 1997).

N. glauca es endémico de Chile y de un pequeño sector limítrofe con Argentina. La distribución geográfica documentada para esta especie abarca desde 34°01' S en la localidad de Alhué hasta 36°20' S en el río Ñuble (figura 2) (Donoso 1993). En la Cordillera de la Costa ocupa altitudes entre 150 y 800 m, mientras que en los Andes se localiza bajo los 1200 m (Rodríguez et al. 1983, Serra et al. 1986, San Martín y Donoso 1997). Su ubicación geográfica más austral está dada por las coordenadas 37° 27´ S- 71°58´ W (Le Quesne y Sandoval 2002).

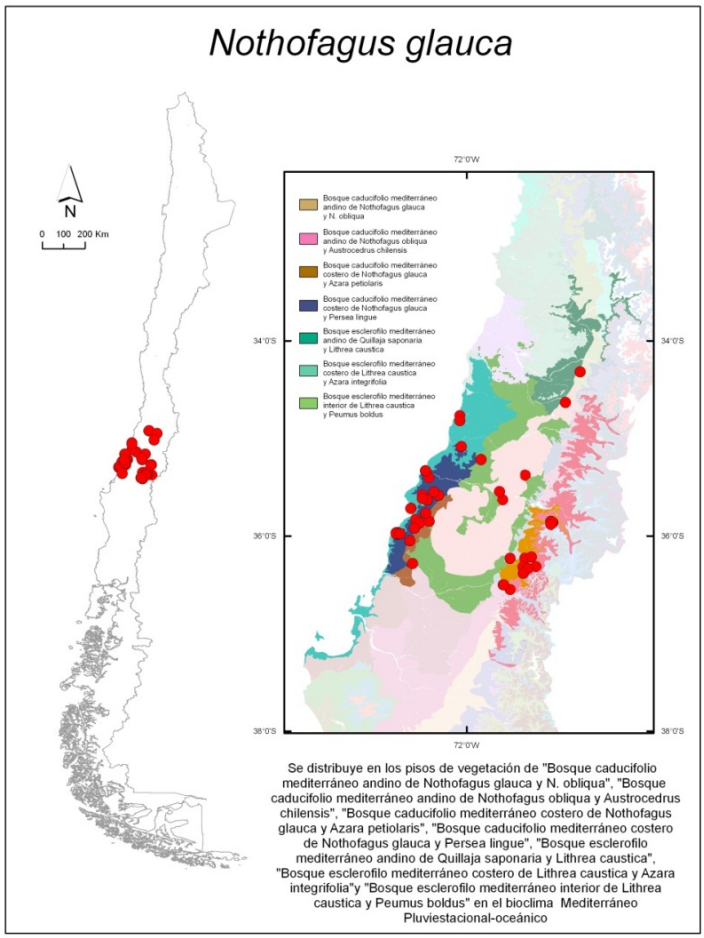

Figura 2. Mapa de distribución de *Nothofagus glauca* y pisos vegetacionales que habita (Modificada de Muñoz y Serra 2006)

De acuerdo al mapa potencial de distribución de la especie, según Del Fierro y Pancel (1998), la superficie sería de 1.277.534 ha. Estudios realizados por CONAF-CONAMA (1999) citado

por Doll et al. (2008) indican para el tipo forestal Roble-Hualo, una superficie ocupada de 188.322,7 ha de las cuales el 79% se ubica en la VII Región del Maule, representando el 1,4% de los bosques nativos de Chile. Su mayor extensión se encuentra en forma de renovales, de estructura, composición y densidad muy heterogéneas (Serra et al. 1986). Los bosques de *N. glauca* ocupan, fundamentalmente, las laderas de exposición norte, este y oeste, sobre pendientes pronunciadas (Donoso 1993).

Existe gran diferencia entre los bosques de *N. glauca* ubicados en la costa y cordillera de los Andes (Muñoz et al. 2013), con zonas de extensos bosques casi puros de Hualo en la precordillera andina de Linares, en los cerros que rodean la laguna Amarga y el embalse Bullileo (García y Ormazabal 2008). La superficie costera donde se encontraba como especie dominante fue sustituida por cultivos de trigo y otros cereales durante el siglo XIX, y en las últimas décadas por plantaciones forestales comerciales, muchas de sus subpoblaciones están formadas por renovales y se encuentran fragmentados y/o mezclados dentro de plantaciones forestales. Los bosques costeros presentan mayor riqueza dentro del rodal; dominancia y diversidad de especies entre rodales, siendo la especie principal en todos los estratos de copa, con estructuras diamétricas principalmente del tipo “J” invertida (Muñoz et al. 2013).

El crecimiento anual periódico promedio en área basal y volumen es de 0,48 m^2/año y 3,86 m^3/año respectivamente (Lara et al. 2000), con crecimientos los primeros 20 años de 0,57 cm/año en diámetro y 0,53 m/año en altura (Donoso 1988, citado por Weber 2004). El incremento periódico anual en diámetro puede alcanzar hasta los 1,74 cm (Drake et al. 2003). En regiones geográficas más húmedas la especie es más vigorosa (Fotelli et al. 2000; Carnicer et al. 2011).

Su corteza es muy característica, durante el crecimiento presenta un cambio en la textura, es lisa y delgada en estado juvenil; para luego convertirse en gruesa, rugosa, decorticante y ceniciento rojiza (Pereira et al. 1999). En los árboles viejos se desprende en placas alargadas de estructura papirácea (García y Ormazabal 2008).

La especie posee hojas alternas o subalternas 4.5 a 9 cm de largo, coriáceas, ovaladas a casi redondeadas, cubiertas con pequeñas papilas duras que la hacen áspera al tacto, subcordadas a trucadas en la base, verde clara en el haz, glaucas en el envés, de ahí el nombre del árbol, márgenes ondulados e irregularmente aserrados y venación pinnada muy notoria (Hechenleitner et al. 2005).

N. glauca pose flores pequeñas unisexuales; las masculinas solitarias, pedicelos de hasta 1 cm, más de 50 estambres; flores femeninas dispuestas de a 3 en inflorescencias. Su floración es entre noviembre y diciembre (Hechenleitner et al. 2005). El fruto es una nuez muy dura, amarillenta de 2 cm de largo y 1 cm de ancho, formada por una cúpula de 4 valvas angostas, que incluye 3 semillas, las laterales son triangulares, trialadas; la interna plana, bialada (Rodríguez et al. 1983, del Fierro y Pancel 1998, Rodríguez y Quezada 2003). Las semillas tienen aproximadamente 18 mm de largo y 526 mg de peso (Rodríguez et al. 1983, Donoso et al. 2004). Esta especie presenta la semilla de mayor tamaño dentro del género *Nothofagus* en Chile (Reiche 1909, Rodríguez et al. 1983, Weber 2004). Sus semillas se desarrollan a partir de los 25 años y tienen vecería marcada en función de variables ambientales, como la cantidad de precipitación (Herrera 1998). La producción de semillas depende de la continuidad de la masa, siendo mayor en un bosque continuo (Burgos et al. 2007, Muñoz et al. 2013). Las semillas maduran de noviembre a abril (Donoso y Ramírez 1994). La germinación se produce desde finales de julio a septiembre (Donoso 1975), posee una capacidad de dispersión limitada por el gran tamaño de su semilla (Weber 2004). El Hualo tiene una latencia endógena, la cual se supera tras la estratificación a 4°C durante cuatro semanas (Santelices et al. 1995). Se estima que la reproducción natural ofrece un adecuado potencial para recuperar la especie, siempre que se adopten medidas para mitigar el impacto antrópico (Le-Quesne y Sandoval 2002), la capacidad germinativa de las semillas ronda el 40% (Acevedo y Urra 2002, Muñoz et al. 2013), aunque algunas procedencias presentan valores muy inferiores como en el caso de las procedencias andinas que no superan el 5% (Burgos et al. 2007) o 2,1 % (Muñoz et al. 2013). Por otra parte presenta muy buena germinación después de desmontes (Donoso 1993), características que a menudo se encuentran en las especies adaptadas al fuego (Litton y Santelices 2003). Las semillas forman parte de la alimentación de insectos del género *Perzelia* pudiendo provocar pérdidas de hasta un 57% (Burgos et al. (2007). Así Muñoz et al. (2013)

encontraron viabilidad del 80,9 % en semillas recolectadas en la Costa sin perforación, frente al 54,8 % de las semillas afectadas recolectadas en los Andes. La capacidad germinativa en vivero es buena (Rojas et al. 2013). En Cultivo in vitro se logra un buen desarrollo de raíces adventicias en microtallos (Uribe et al. 2012).

En cuanto a los hábitos de crecimiento, *Nothofagus sp*. es una especie pionera y no le gusta la sombra según va creciendo, condiciones bajo las cuales desarrolla sistemas radicales pobres y superficiales (Spurr y Barnes 1980) que inciden en su crecimiento (Aguilera y Fehlandt 1981). Mientras que el crecimiento en altura se produce un mayor desarrollo bajo sombra (Santelices et al. 1995). Consecuencia de estos requerimientos, el Hualo presenta un crecimiento vigoroso y rebrotes de raíz cuando se abre un claro (Donoso 1993, 1996; Del Fierro y Pancel 1998). Siendo el Hualo una especie que puede crecer tanto como un pionero, como en un dosel de copas cerrado (Fajardo yAlaback 2005).

Existe variedad de especies acompañantes de *N. glauca* dependiendo del lugar donde se encuentre su población (Hechenleitner et al. 2005), siendo distintas en los ecosistemas húmedos a las existentes en los más rocosos y escarpados. Por la asociación que presenta con ciertas especies en peligro de extinción, se puede considerar una especie clave dentro de determinados hábitats, donde su pérdida o continua disminución puede impactar directamente sobre otras especies (Muñoz et al. 2013). En los valles más húmedos, en los Andes a altas altitudes y en sitios más sombríos, se asocia con *Nothofagus obliqua*, hibridando y dando lugar a *Nothofagus x leoni* Espinoza (Huala) (Donoso y Landrum 1979). Las zonas más secas suelen presentar rodales puros de Hualo ocasionalmente acompañado de especies endémicas de gran valor paisajístico: *Azara petiolaris, Gaultheria phillyreifolia, Quillaja saponaria* y *Sophora cassioides* (Hechenleitner et al. 2005, Muñoz et al. 2013)

El manejo forestal inadecuado o sobre explotación de la especie ha provocado que la especie se encuentre sometida a distintas propuestas de protección. En el año 1973 fue incluida en una lista de plantas en extinción (Muñoz 1973), en el año 1989 *N. glauca* fue declarada especie vulnerable en el Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Benoit 1989). En Octubre 2007 es categorizada como Fuera de Peligro y tras la norma de mayo de 2010 se mantiene como fuera

de peligro. En la actualidad se encuentra protegida en la zona de los Andes, específicamente en la Región del Maule en la Reserva Nacional Radal Siete Tazas (35°24'; 35°30'S y 70°49'; 71°03'O) y Altos de Lircay (35°32'; 35°40' S y 70°50'; 71°03' O). En la Cordillera de la Costa está protegida dentro de la Reserva Nacional Los Ruiles (72°21'0" O y 35°37'30" S) y Los Queules (35°58'10"; 35°59'10" S y 72°42'30" O (Hechenleitner et al. 2005). El tipo forestal de bosque de Roble-Hualo al que pertenece, sólo posee una protección del 0,5 % de su distribución (Oltramari 2002, Delpiano 2012).

Existe un conjunto de factores abióticos y bióticos interrelacionados que pueden afectar al desarrollo de *N. glauca*, así como en otras especies forestales, una menor disponibilidad de agua o déficit hídrico implica la presencia y defoliación por insectos (Altmann 2011, Bucci et al. 2012, Altmann 2013). Los principales insectos asociados a Hualo pertenecen a *Chrysomelidae* y *Curculionidae* (Coleoptera), junto con *Cicadellidae* y *Miridae* (Hemiptera) (Jaña-Prado y Grez 2004). Por otra parte existen otros factores bióticos que afectan al Hualo, como es la larva *microlepidopteran* (Perzelia sp.) depredador de semillas (Morales 1993, Rojas 1996) y pequeños mamíferos como *Oligoryzomys longicaudatus*, *Irenomys tarsalis*, *Abrothrix longipilis* y *Abrothrix olivaceus*, que se alimentan de las semillas, realizando a su vez una labor de dispersión (Meserve et al. 1988, Donoso et al. 2003).

Respecto a sus usos, la madera de Hualo fue muy apreciada para la construcción de embarcaciones conocidas como faluchos maulinos y para la construcción en general, resaltando su alta densidad (madera semi-pesada) y resistencia (Díaz 2005). Ha sido usada en mueblería y en obras de arte (Hoffmann 1991), así como ornamental y como bonsái. En la actualidad, su uso está restringido a la producción de leña y carbón (figura 3) (Serra et al. 1986, Santelices et al 1995) siendo una de las especies más utilizadas para la obtención de carbón vegetal (FNDR 1990), aunque una pequeña proporción se usa en durmientes para las vías de ferrocarriles (Santelices 1997). Es importante, su uso para reforestar áreas con fuertes pendientes y con una estación veraniega seca y larga. Es una posible especie forrajera (Donoso 1996), por lo que si se promueve una reforestación hay que tener cuidado con el ganado y los animales salvajes.

Figura 3. Leñas de Hualo.

3.3 Raleos y claras

El manejo forestal se debe llevar a cabo desde una perspectiva de sustentabilidad ecológica, con una silvicultura que debe imitar al régimen de las perturbaciones naturales (Aplet et al. 1993), uno de los criterios más importantes en la conservación del medio ambiente (Reif y Walentowski 2008), mediante los cuales el gestor forestal realiza una regulación sistemática, controlada y acelerada, de la densidad en rodales jóvenes.

Los raleos o claras son operaciones básicas en la selvicultura, especialmente en las plantaciones forestales, que afectan la estabilidad y productividad de los bosques (Gadow yBredenkamp 1992). Estas operaciones se corresponden con una corta intermedia y reducción del número de árboles por hectárea, en etapas de latizal o fustal, favoreciendo un número adecuado de árboles seleccionados por su vigor, sanidad y forma que permitan la formación de un futuro bosque con buenas características maderables en el menor tiempo posible (Madrigal et al. 1985, Lara et al. 1998, Cervera 2009).

El diseño de las intervenciones silvícolas y particularmente del raleo, requiere conocer la dinámica del crecimiento de las especies, su tolerancia a la sombra y parámetros microclimáticos, características que inciden en el comportamiento competitivo. (Müller-Using et al. 2013). Por ejemplo en *N. obliqua* el fenómeno de autorraleo se intensifica a los 40-50

años de edad (Donoso 1993, Chauchard y Sbrancia 2003), siendo necesario adelantarse a este acontecimiento.

Los fundamentos de los raleos se basan en la evolución del bosque o masa forestal, la cual sin efectuar ningún tipo de selección positiva produce madera sin la intervención humana, por lo que Hawley y Smith (1982) basaron la teoría de raleos en la evolución y desarrollo natural de la masa, donde existe una reducción natural continua del número de árboles en masas regulares, provocados por la competencia entre individuos por la luz, el agua y los nutrientes. La introducción de los raleos como instrumento de gestión genera ciertos beneficios: se recolecta antes de la corta final y por tanto se anticipan rentas; se seleccionan árboles con buenas características, suprimiendo los árboles mal conformados y promocionando los buenos; se incrementa el diámetro de los árboles que quedan en pie, al distanciarlos; se consigue madera más homogénea, por un crecimiento regular y sostenido; se mejora la estabilidad ecológica de la masa al conseguir árboles con la copa más equilibrada y más resistentes a los agentes bióticos y abióticos (Hubert 1981). Otros aspectos que se consiguen con los raleos son: controlar la composición y estructura de la masa, incrementar la producción de pastos, mejorar el valor estético o recreativo de la masa, proporcionar un mejor hábitat a la fauna silvestre y aumentar la estabilidad de la masa frente al fuego (figura 4).

Figura 4. Raleo en un monte de *Nothofagus glauca*.

Numerosas experiencias de raleo en renovales indican que para muchas especies comercialmente importantes, el crecimiento en altura no es mayormente afectado por la manipulación de la densidad del rodal, afectando positivamente el crecimiento diamétrico (Steuer 2008). Inmediatamente después del raleo o clara puede ocurrir una disminución del crecimiento volumétrico por hectárea, ya que los árboles que se mantienen no son capaces de utilizar completamente el sitio, estos árboles expanden copas y los sistemas radicales, aprovechando de una mejor forma los recursos del sitio. Los raleos no producen un aumento de la producción global en volumen (o si lo hacen éste es muy ligero), pero sí incrementan el volumen individual y la calidad de madera (Hawley y Smith 1982), el valor del árbol individual y por tanto el valor de la masa remanente (Willcocks y Bell 1995). También, en rodales donde la competencia ha causado una reducción del crecimiento en diámetro, comparado con árboles que crecen en espacios abiertos, la respuesta al aumento del espacio de crecimiento resultante del raleo varía con las especies, edades y calidades del sitio. Árboles más viejos con copas muy reducidas no responden tanto como aquellos más jóvenes y de tamaños fustales similares. Árboles dominantes que han sido poco afectados por la competencia responden menos a los aumentos del espacio, en términos de tasas de crecimiento en diámetro, que los árboles pequeños del mismo rodal (Clutter et al. 1983).

Existen varios tipos de raleo. El raleo por lo alto o de copas, favorece a los individuos de los estratos inferiores, liberando a los árboles dominantes de buena calidad de los codominantes y dominantes de menor calidad. Raleo por lo bajo, favoreciendo a los estratos superiores y formando un estrato coetáneo. Raleo de selección, centrándose en la formación de árboles de futuro, eliminando árboles de la clase dominante, estimulando el crecimiento de los árboles codominantes, intermedios y sumergidos u oprimidos vigorosos. Raleo mecánico o clareo, extracción de árboles sistemáticamente, en rodales jóvenes con alta densidad arbórea y de calidad homogénea. Raleo numérico, basándose en el criterio de normal desarrollo y futuro del bosque, llegando al final de la rotación con árboles gruesos de buena calidad, con fustes con un importante segmento libre de nudos y con un dosel intermedio de especies tolerantes a la sombra, de calidad aserrable y debobinable.

3.4 Estructura y crecimiento del bosque

Análisis de la espesura y competencia: Los árboles ejercen competencia al ocupar el espacio disponible por el crecimiento de sus copas y raíces. La ocupación del espacio, responde a la espesura del rodal y el grado de competitividad que presentan entre sí los individuos de una masa (Serrada et al. 2008). El análisis de la espesura sirve, de acuerdo con Serrada et al. (2008), para definir y describir las masas, estudiar la evolución en el tiempo, comparar diferentes masas, indicar la intensidad de los tratamientos (alteraciones de la espesura) y proponer densidades idóneas. Si no se producen extracciones ni mortalidad importante, con el tiempo la espesura tiende a aumentar. La espesura del rodal proporciona información sobre una población y como ocupa el espacio dentro de un área de superficie conocida.

Es importante diferenciar entre espesura y densidad, ya que la densidad es una medida de espesura correspondiente al número de pies por unidad de superficie que ocupan. La gestión de la densidad se realiza mediante dos herramientas: la densidad inicial de establecimiento y los raleos posteriores. La densidad influye en el rodal, fundamentalmente en la luz y la temperatura, por lo que el crecimiento en diámetro es especialmente sensible a cambios en la densidad. La determinación de niveles adecuados de espesura y densidad para una masa forestal es un proceso complejo que depende de factores biológicos, tecnológicos, económicos y operacionales (Dieguez-Aranda 2009).

De acuerdo con Gadow (2007), la espesura se puede dividir en espesura del rodal y espesura puntual. La espesura puntual se centra en el árbol y su entorno. Todo rodal, según su objetivo preferente, especie, edad y calidad de estación, dispone de un grado de espesura con la máxima de eficacia, denominada espesura normal. Las espesuras inferiores se denominan defectivas y las superiores excesivas.

Crecimiento: Es el incremento gradual de un organismo en un determinado periodo de tiempo (Cervera 2009). El crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento de dicho organismo (Prodan et al. 1997), este crecimiento se puede dividir en: Incremento anual corriente (crecimiento de un individuo en un año), incremento periódico

(crecimiento de un individuo acumulado durante un periodo de varios años), incremento medio anual (crecimiento medio de un individuo hasta la edad del turno), incremento acumulado (crecimiento acumulado de un organismo hasta una edad determinada) (figura 5) (Prodan et al. 1997, Cervera 2009).

Donoso et al. (1993) indica como momento oportuno para realizar los raleos o claras cuando el crecimiento anual corriente comienza a disminuir o alternativamente cuando el crecimiento medio anual comienza a decrecer.

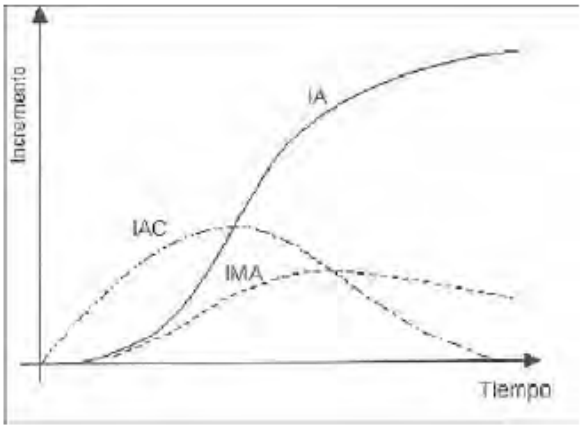

Figura 5. Representación grafica de las curvas de crecimiento frente al tiempo (Uteau 2003) citado por Gadow (2007). Donde IAC es incremento anual corriente, IA es incremento acumulado e IMA es el incremento medio anual

Área basimétrica del rodal: El área basimétrica corresponde a la suma de la superficie de los árboles en relación con la superficie del rodal, a partir del diámetro normal o diámetro a la altura del pecho (DAP). Se asume que la superficie del árbol a la altura de pecho se describe mediante la superficie de un círculo. El área basimétrica de diferentes rodales solo puede ser comparada cuando las superficies son idénticas, por lo que se utiliza el área basimétrica por hectárea (ha). Cuanto mayor es el número de árboles gruesos, mayor es el área basimétrica y por lo tanto mayor es la espesura. Si el número de pies permanece constante a lo largo del tiempo, el área basimétrica se incrementa debido al crecimiento de los árboles (Gadow 2007).

Assmann en 1970 después de una amplia experiencia en claras o raleos define el área basimétrica crítica (aquella con la que la producción decae más del 5 % que la obtenida en una parcela sin claras), área basimétrica máxima (corresponde a una parcela sin claras) y el área basimétrica óptima (banda donde se alcanza el óptimo productivo) (figura 6). Los límites de intervalo de área basimétrica varían con la especie.

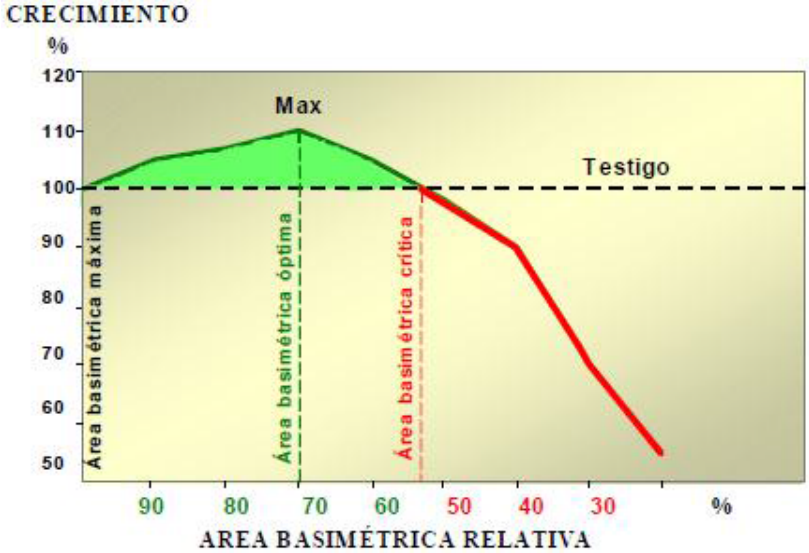

Figura 6. Relación entre crecimiento y espesura después de tratamientos según Assmann (1970).

Como índice de espesura, el área basimétrica es eficaz para valorar la evolución de la espesura en el tiempo dentro de una misma masa y para comparar masas diferentes entre sí (Serrada et al. 2008).

3.5 Objetivo de la investigación

La investigación tiene como propósito determinar el efecto de la intensidad de raleo o clara en el crecimiento de *Nothofagus glauca* en dos predios de la Región del Maule de Chile central. Para conseguir el objetivo se realiza una comparación de diferentes intensidades de raleo o clara en un bosque de *Nothofagus glauca*, determinando si las variaciones en la intensidad de raleo generan diferencias significativas en el incremento promedio del área basal y en el incremento diamétrico por individuo.

4. RESPUESTA DE *Nothofagus glauca* A DISTINTAS INTESIDADES DE RALEO

4.1 Resumen

Este estudio evalúa la aplicación de distintas intensidades de raleo en dos bosques de *Nothofagus glauca*, en la Cordillera de los Andes chilenos, Región del Maule, en la provincia de Linares. El objetivo del estudio es caracterizar la evolución del bosque de Hualo tras cuatro tratamientos de raleo, comparando dos predios, realizando un análisis en función de la espesura e incrementos diamétricos.

Los resultados obtenidos indican que la intensidad de raleo entorno al cincuenta por ciento del AB es una buena técnica silvícola para mejorar la evolución de la masa, con incrementos diamétricos máximos de 0,48 cm/año en "Digua" y de 0,32 cm/año en "Tercera Montaña" generando buenas características de los árboles, repercutiendo positivamente en los beneficios que puede obtener el propietario del bosque, así como en una correcta estructura forestal y ambiental.

4.2 Introducción

El aprovechamiento de los recursos naturales es una realidad en todas las sociedades; en Chile los pobladores de estas tierras han utilizado también estos recursos, partiendo de una agricultura básica con recolección de frutos hasta el establecimiento de grandes superficies de cereales especialmente trigo en el siglo XIX. Sin embargo en las últimas décadas del siglo XX se potenciaron las plantaciones de árboles de rápido crecimiento (Aguilera y Benavides 2005), gracias a incentivos estatales como el Decreto Ley 701, desplazando a las ya castigadas especies nativas, llegando en muchos casos a catalogarlas como maleza y sustituyendo grandes extensiones de estas por plantaciones exóticas (Martínez et al. 2002). Finalmente, en el año 2008 se aprobó una ley que incluye incentivos económicos para la gestión y conservación de los bosques nativos, la cual persigue mejorar y perfeccionar los actuales esquemas de manejo que se aplican al bosque nativo (Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal Nº 20.283).

Nothofagus glauca (Phil.) Krasser (Hualo) antiguamente ocupaba una gran zona del territorio chileno, considerándose la especie más representativa de los bosques mediterráneos (Donoso 1993). Árbol caducifolio y frondoso, vive en torno a 300 años, alcanza alturas de 30 m, siendo en el caso de bosques costeros entre 3 y 4 m más altos (Muñoz *et al.* 2013). Dispone de un tronco cilíndrico con un diámetro a la altura del pecho (DAP) que presenta un rango de 7 a 53 cm (San Martín y Donoso 1997). El crecimiento anual periódico promedio en área basal y volumen es de 0,48 m^2/año y de 3,86 m^3/año, respectivamente (Lara *et al.* 2000), con crecimientos medios los primeros 20 años de 0,57 cm/año en diámetro y 0,53 m/año en altura (Donoso 1988). El incremento periódico anual en diámetro puede alcanzar hasta los 1,74 cm (Drake *et al.* 2003). En regiones geográficas más húmedas son más vigorosos (Altmann 2013).

Los raleos o claras son operaciones básicas en la selvicultura, especialmente en las plantaciones forestales, que afectan la estabilidad y productividad de los bosques. Estas operaciones se corresponden con una corta intermedia y reducción del número de árboles por hectárea, favoreciendo un número adecuado de árboles seleccionados por su vigor, sanidad y forma que permitan la formación de un futuro bosque con buenas características maderables en el menor tiempo posible (Lara et al. 1998, Cervera 2009), donde la estructura futura después del raleo queda determinada por las interacciones competitivas de las especies que lo ocupen. Los raleos no producen un aumento de la producción global en volumen, pero si incrementan el volumen y la calidad de madera del árbol individual y por tanto el valor de la masa remanente.

La mayor parte de los propietarios de las zonas donde se localiza el Hualo son pequeños propietarios los cuales centran su economía familiar en el uso de los recursos forestales, por lo tanto, el desarrollo de técnicas y métodos silvícolas será beneficioso para los propietarios como al medio, ya que éste se podrá gestionar de una forma más sostenible.

El objetivo del estudio, es determinar el efecto de raleos o claras en el crecimiento de un bosque de Hualo en dos predios de la Región del Maule de Chile central, comparando diferentes intensidades de raleo y determinando la presencia de diferencias significativas en el

incremento promedio del área basal y en el incremento diamétrico por individuo. Conocer la respuesta de los bosques de *N. glauca* a las intervenciones de raleo contribuye al estudio de su dinámica que permita conservar y desarrollar el recurso, mejorando el bosque sin olvidar las múltiples funciones que cumple en el ecosistema nativo.

4.3 Metodología

4.3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en los predios Tercera Montaña y Digua de las comunas de Longaví y Parral, respectivamente, provincia de Linares, Región del Maule de Chile. Las coordenadas UTM referidas al huso 18 SUR y DATUM WGS84 son 815.100 m E - 5.985.850 m S y 8.218.50 m E - 5.977.600 m S para Tercera Montaña y Digua, respectivamente (figura 7). Estos predios son de propiedad privada y forman parte de un estudio de modelos de gestión de *N. glauca* establecido por CONAF entre 1994 y 1999, y el cual dispone de inventarios en los años 1996 y 2006. Los rodales se localizan en un sector alto de la precordillera andina, con altitudes en torno a 400 m.

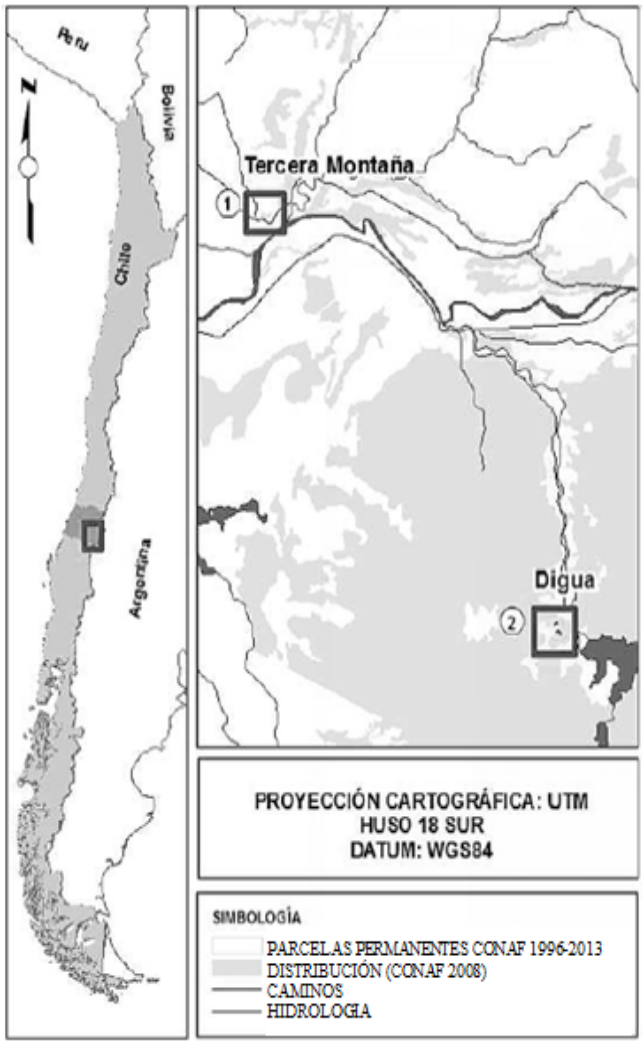

Figura 7. Localización del ensayo.

El clima en la Región del Maule es mediterráneo con influencia continental, considerando la depresión intermedia y el secano costero interior y con características subhúmedas por la influencia oceánica. Las temperaturas medias son moderadas, con una media anual entre 11,8 y 13°C (Pezoa 2003). Posee una estación seca de cuatro a cinco meses y una precipitación media anual de la zona andina entre 1134 y 1570 mm (Litton y Santelices 1996). Los suelos pertenecen a los órdenes Andisoles (suelos obscuros) e Histosoles, de origen volcánico y metamórficos (Donoso 1978), generados a partir de rocas graníticas cubiertas de depósitos de cenizas (piroclastos), conocido como trumao, ordenados en capas, con texturas que permiten

un buen almacenamiento de agua y de permeabilidad, siendo moderada franco arenosas a franco arcillosas (Weber 2004).

4.3.2 Diseño experimental

El proyecto se realizó en el marco del trabajo de investigación y transferencia tecnológica "Capacitación y Transferencia Tecnológica en Bosque Nativo de Roble y Hualo" que llevó a cabo el Gobierno Regional del Maule a través de CONAF en el año 1994. Se instalaron dieciséis parcelas permanentes en bosques naturales en dos predios de la precordillera andina, en la provincia de Linares, siguiendo un diseño en bloques al azar para probar el efecto de distintas intensidades de raleo sobre el crecimiento. El diseño experimental consistió en evaluar el bosque de ambos predios, con dos repeticiones de cuatro tratamientos distintos por predio. Los tratamientos realizados por parcela, fueron: tratamiento 0 (sin intervención, parcela control (TC)), tratamiento 1 (extracción del 30 % del área basal (T30)), tratamiento 2 (extracción del 40 % del área basal (T40)) y tratamiento 3 (extracción del 50 % del área basal (T50)) (figura 8) (cuadro 1).

Figura 8. Vista cobertura de copas de la parcela testigo (TC) (izquierda) y raleo del 40% del área basal (T40) (derecha), Predio "Digua" (Del Fierro y Pancel 1998).

Las parcelas establecidas en este proyecto tienen un tamaño de 20 m x 25 m en la cual se determinaron las variables: especie, pendiente máxima de la parcela, número de árboles y diámetros de todos los árboles con Dap > 5 cm. Adicionalmente se registraron las coordenadas X e Y mediante GPS, de cada vértice de la parcela.

Cuadro 1. Antecedentes generales de los sitios de ensayo.

Predio	Parcela	% extracción Tratamiento	Exposición	Altitud (m)	Pendiente	Precipitación (l/m^2)(1)	Densidad (arb/ha)
Digua	1	30% (T30)	N	715-740	32%	2200	3300
Digua	2	Control (TC)	NE	715-740	30%	2200	3720
Digua	3	40% (T40)	N	715-740	25%	2200	1800
Digua	4	50% (T50)	N	715-740	25%	2200	2880
Digua	5	50% (T50)	N	715-740	25%	2200	3140
Digua	6	30% (T30)	N	715-740	25%	2200	2920
Digua	7	40% (T40)	NW	715-740	30%	2200	2920
Digua	8	Control (TC)	NW	715-740	32%	2200	2960
T. Montaña	9	40% (T40)	SW	520-530	10%	1500	1260
T. Montaña	10	Control (TC)	SW	520-530	10%	1500	2200
T. Montaña	11	50% (T50)	W	520-530	13%	1500	1240
T. Montaña	12	30% (T30)	W	520-530	9%	1500	1780
T. Montaña	13	40% (T40)	S	530-540	30%	1500	1600
T. Montaña	14	30% (T30)	S	530-540	19%	1500	1440
T. Montaña	15	50% (T50)	SE	530-540	19%	1500	1340
T. Montaña	16	Control (TC)	SE	530-540	14%	1500	2340

(1) Los datos de pluviometría del predio Digua fueron obtenidos desde la estación Bullileo y los del predio Tercera Montaña desde la estación Digua.

Antes de realizar los análisis estadísticos de los datos recolectados, se determinó el cumplimiento de las condiciones de independencia, normalidad (mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) y homogeneidad (mediante el contraste de Levene). En ambos casos se empleó el paquete estadístico SPSS vs 19 (Statistical Package for the Social Sciences).

4.3.3 Análisis de crecimiento e incrementos

En las parcelas estudiadas se analizaron las variables de diámetro normal medio (DAP), incremento del área basimétrica promedio (IAB) e incremento diamétrico promedio (ID), mediante los valores medios y error estándar por predio y tratamiento. Adicionalmente se

comparó el área basimétrica e incremento diamétrico de las diferentes parcelas contrastando la evolución de los árboles muestreados en los tres años de recopilación de datos 1996, 2006 (CONAF) y 2013 (este estudio). Para evitar errores, se analizó la evolución de los datos de árboles individuales muestreados y no los valores por hectárea.

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Análisis de densidad

Los bosques ubicados en el predio Digua, de acuerdo a las parcelas de control (sin intervención), presentaron mayor densidad arbórea, tanto de *N. glauca* como de otras especies acompañantes, respecto de las parcelas control ubicadas en el predio Tercera Montaña (Figura 9). La densidad en el predio Digua alberga valores medios en torno a 3300 arb/ha, valores que son mayores a los del bosque ubicado en Tercera Montaña (aprox. 2250 arb/ha) (cuadro 1).

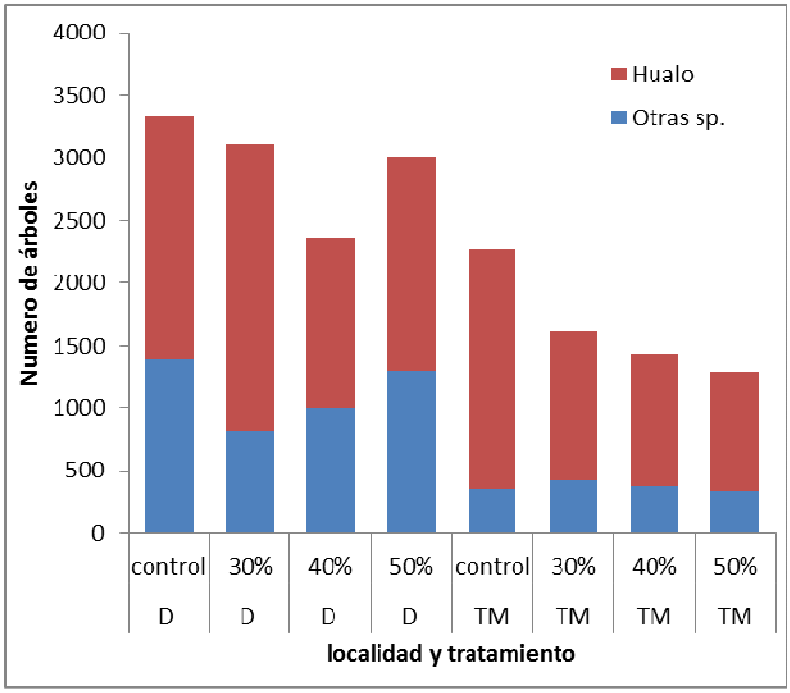

Figura 9. Densidad de árboles con respecto al tratamiento y por hectárea. Correspondiendo a Digua (D) y a Tercera Montaña (TM).

En la Figura 9 se aprecia que Digua presenta mejores condiciones de espesura, albergando mayores valores de especies acompañantes que en Tercera Montaña. Esto se puede observar al comparar el tratamiento de mayor densidad ubicado en Tercera Montaña (tratamiento sin raleo, testigoTC) que es similar al obtenido en Digua con el tratamiento T40 (cuadro 1).

En el predio Digua, en el tratamiento T30, el porcentaje de especies acompañantes fue reducido (26,4 %), mientras que en el resto de los tratamientos y control (alrededor del 42%), indicando con ello que 30% es un nivel de intensidad de raleo que no favorece la presencia de especies acompañantes en dicho predio. Por su parte, en el bosque de Tercera Montaña no se observa incremento de la densidad de las especies acompañantes luego de los raleos, también se aprecia que el tratamiento control (TC) presenta menos especies acompañantes (15,4%) que el resto de tratamientos (aproximadamente 25%).

En cuanto a la vegetación arbórea, las principales especies acompañantes de Hualo son: *Cryptocarya alba* (Peumo), *Nothofagus oblicua* (Roble), *Gevuina avellana* (Avellano), *Quillaja saponaria* (Quillay), *Embothrium coccineum* (Notro), *Luma apiculata* (Arrayan), *Persea lingue* (Lingue) y *Aextoxicon punctatum* (Olivillo), variando principalmente en función de la disponibilidad de luz y los requerimientos de humedad.

4.4.2 Clasificación diamétrica

La distribución diamétrica del bosque, luego de 17 años de realizada la intervención de raleo, presenta una distribución del tipo “jota invertida”, con presencia de un mayor número de individuos en las clases diamétricas inferiores. Esto evidencia que en ambos bosques se han incorporado individuos de diámetros pequeños, tanto de *N. glauca* como de otras especies. El tratamiento T50, en el bosque Digua y Tercera Montaña, presenta la mayor cantidad de individuos de menor tamaño, esto significa que abrir el dosel genera las condiciones para incrementar la regeneración bajo el dosel de *N. glauca* (figura 10). La situación descrita es más evidente en el bosque de Digua, donde las condiciones de sitio son más favorables para el desarrollo arbóreo.

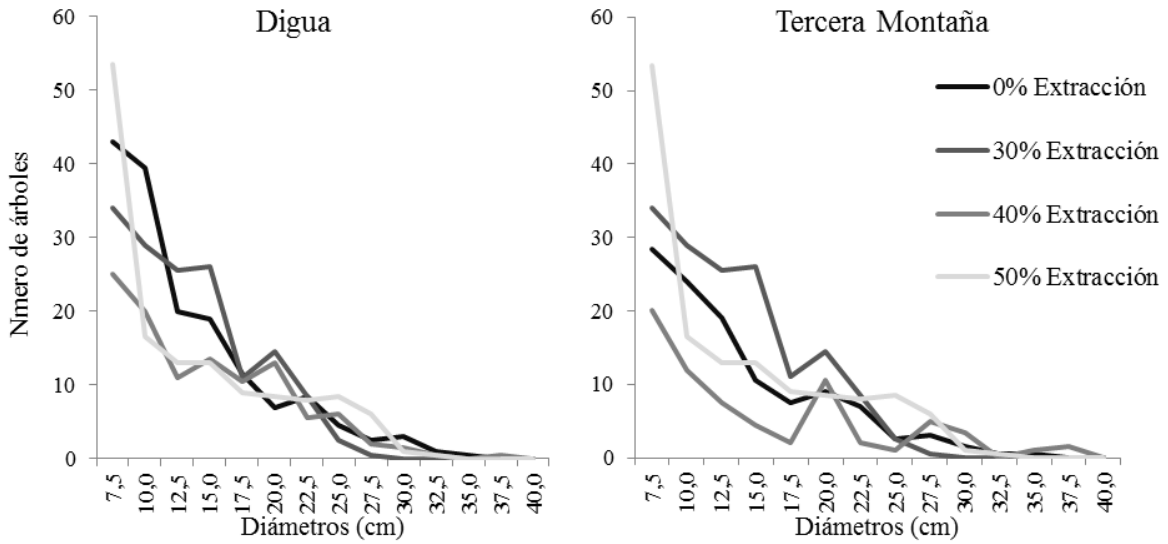

Figura 10. Distribución diamétrica según número de árboles (arb/ha) en Digua (izquierda) y en Tercera Montaña (derecha), 17 años después del raleo.

4.4.3 Análisis del diámetro e incremento basimétrico y diamétrico

Se observó un aumento progresivo del diámetro normal medio (DAP) a través de los distintos años de muestreo, de mayor intensidad cuanto mayor es el nivel de intervención (cuadro 2). Analizando la evolución del diámetro normal en los dos predios con el paso de los años se determina que a medida que trascurre el tiempo aumentan las diferencias entre tratamientos. En el primer inventario tras la realización del raleo, el único tratamiento que presenta diferencias significativas con el tratamiento testigo (TC) es el tratamiento de mayor intensidad de raleo (T50), aunque en los posteriores inventarios de 2006 y 2013 todos los tratamientos presentaron diferencias significativas respecto al testigo (caso en Tercera Montaña) y T40 y T50 en Digua (cuadro 2). El sitio influyó en la respuesta al raleo, el bosque de Digua presenta una diferencia en el diámetro normal medio entre el TC y T50 de 3.44 y 7.41 cm para el año 1996 y 2013 respectivamente, lo que se contrasta con la diferencia obtenida en los mismos tratamientos en Tercera Montaña de 1.66 y 3.99 cm para el año 1996 y 2013 respectivamente (cuadro 2). Es decir, 86% de incremento en el diámetro normal medio en Digua respecto a Tercera Montaña, medido en el año 2013.

Cuadro 2. Evaluación de los raleos según año de inventario, predio y tratamiento. Se indican en cada tratamiento el número de individuos, así como el valor promedio y error estándar para cada parámetro.

Predio/ Año	Tratamiento	N	DAP[1] cm		Periodos	IAB[1] m^2/año		ID[1] cm/año	
Digua									
1996	Control (TC)	61	10,14 ±3,83	a	1996 a 2006	0,0004 ±0,00046	a	0,20 ±0,13	a
	30% (T30)	80	09,89 ±2,40	ab		0,0006 ±0,00043	ab	0,31 ±0,14	b
	40% (T40)	22	11,71 ±3,75	abc		0,0008 ±0,00052	b	0,34 ±0,14	b
	50% (T50)	36	13,58 ±3,11	c		0,0013 ±0,00069	c	0,48 ±0,18	c
2006	Control (TC)	61	12,09 ±4,88	a	1996 a 2013	0,0004 ±0,00053	a	0,18 ±0,14	a
	30% (TC30)	80	13,04 ±3,55	ab		0,0005 ±0,00038	ab	0,26 ±0,13	b
	40% (T40)	22	15,15 ±4,91	b		0,0008 ±0,00054	b	0,31 ±0,13	b
	50% (T50)	36	18,40 ±4,21	c		0,0012 ±0,00069	c	0,42 ±0,17	c
2013	Control (TC)	61	13,23 ±5,90	a	2006 a 2013	0,0004 ±0,00072	a	0,16 ±0,20	a
	30% (T30)	80	14,33 ±4,11	ab		0,0004 ±0,00053	ab	0,18 ±0,20	ab
	40% (T40)	22	16,97 ±5,72	b		0,0007 ±0,00065	abc	0,26 ±0,15	abc
	50% (T50)	36	20,64 ±5,12	c		0,0011 ±0,00081	c	0,32 ±0,21	c
Tercera Montaña									
1996	Control (TC)	85	11,80 ±4,83	a	1996 a 2006	0,0003 ±0,00030	a	0,15 ±0,10	a
	30% (T30)	32	14,52 ±4,91	b		0,0005 ±0,00030	ab	0,20 ±0,09	ab
	40% (T40)	42	15,95 ±6,21	b		0,0007 ±0,00064	bc	0,24 ±0,15	b
	50% (T50)	37	13,46 ±4,12	ab		0,0008 ±0,00036	c	0,32 ±0,10	c
2006	Control (TC)	85	13,28 ±5,30	a	1996 a 2013	0,0003 ±0,00027	a	0,13 ±0,09	a
	30% (T30)	32	16,51 ±4,93	b		0,0005 ±0,00027	ab	0,18 ±0,08	b
	40% (T40)	42	18,35 ±7,02	b		0,0006 ±0,00054	b	0,20 ±0,13	b
	50% (T50)	37	16,68 ±4,46	b		0,0007 ±0,00033	b	0,26 ±0,08	c
2013	Control (TC)	85	13,97 ±5,59	a	2006 a 2013	0,0002 ±0,00027	a	0,10 ±0,09	a
	30% (T30)	32	17,62 ±5,21	b		0,0005 ±0,00034	b	0,16 ±0,10	b
	40% (T40)	42	19,42 ±7,27	b		0,0005 ±0,00049	b	0,15 ±0,12	bc
	50% (T50)	37	17,96 ±4,76	b		0,0005 ±0,00035	b	0,18 ±0,09	c

[1] Para cada año o periodo, letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0,05$). N: Número de árboles medidos, DAP: Diámetro normal (cm), IAB: Incremento área basal (m^2/año), ID: Incremento diamétrico (cm/año).

El raleo produjo un efecto significativo en el incremento en área basal, el cual es mayor en los tratamientos en los cuales se practicó un raleo fuerte (T50) y moderado (T40), en contraste con

los raleos leves (T30) y control (TC) con menores incrementos. El bosque del predio Digua es el que generó mayores incrementos del área basal, produciéndose los mayores incrementos en los tratamientos del 50% de extracción. Este efecto se observó con mayor claridad en función del tiempo transcurrido entre inventarios, así el incremento del área basal medio es superior en los primeros años post-raleo periodo 1996 a 2006 e inferior entre 2006 y 2013 donde las diferencias entre los tratamientos se igualan, para ambos predios. Los tratamientos del 30% y el 40% de extracción, no mostraron diferencias significativas en cuanto al incremento en área basal en los dos predios.

Observando los valores de incremento diamétrico anual, los dos predios generan gran diferenciación entre tratamientos, los mayores incrementos se producen en el tratamiento con mayor extracción 50% y los menores incrementos en los controles sin ningún tipo de extracción. Los mayores incrementos se alcanzan en el predio Digua con un incremento total de 0,42 cm/año entre 1996 y 2013, frente a 0,26 cm/año en Tercera Montaña. El incremento mayor se produjo en el tratamiento T50 para ambos predios en los primeros años post-raleo (periodo 1996 a 2006) con incrementos diamétricos anuales de 0,48 cm/año en Digua y de 0,32 cm/año en Tercera Montaña, poniendo de manifiesto el efecto positivo de la mayor intensidad de raleo sobre el crecimiento de los árboles.

Al comparar el crecimiento de los diez primeros años (1996-2006) con el siguiente periodo de 7 años (2006-2013), para cada sitio de ensayo, se puede observar que el efecto de la intensidad de raleo es mayor en el primer periodo. En el bosque de Digua, el tratamiento de mayor intensidad (T50) presenta incremento medio anual para el periodo 1996-2006 de 0.48 cm/año, mientras que para el periodo 2006-2013 disminuye a 0.32 cm/año. La caída es mayor en el predio Tercera Montaña donde el incremento medio del tratamiento T50 cae desde 0.32 a 0.18 cm/año para el periodo 1996-2006 y 2006-2013, respectivamente. Esto permite señalar que la respuesta del bosque a la intervención de mayor intensidad disminuye en ambos predios durante el periodo 2006-2013. Esto significa que sería aconsejable realizar una nueva intervención de raleo para mantener un alto nivel de incremento diamétrico.

4.5 Discusión

Los resultados de este estudio permiten generar ciertas consideraciones en el manejo de rodales de *Nothofagus glauca* y aporta información valiosa complementaria a la ya existente en el establecimiento de modelos de gestión para el género *Nothofagus.* Según lo señalado por Donoso *et al*. (1993), la intervención conviene hacerla cuando el rodal alcanza el punto de máximo de incremento anual corriente o máximo incremento medio anual. Grosse y Quiroz (1998) señala que los renovales de *Nothofagus,* en la fase de crecimiento óptimo, deberían manejarse liberando los individuos dominantes y codominantes de sus competidores más directos. Mientras que De la Maza y Gilchrist (1983), recomiendan intervenir a nivel de todos los estratos. Es importante considerar el objetivo del raleo a la hora de determinar el área basal residual, siendo recomendable para madera pulpable intervenciones menos intensas y obtener gran volumen de madera. En cambio, para madera aserrable, es más conveniente intervenciones intensas en área basal para permitir un mayor crecimiento en diámetro (Cervera 2009).

Como era esperable, tras aplicar el sistema experimental de intensidad de raleo, las parcelas control (TC) presentan mayor densidad que las parcelas con tratamientos, especialmente en el predio Tercera Montaña. Las densidades residuales post-raleo coinciden con las recomendadas para otras *Nothofagaceas* (Lara *et al.* 1998). Aunque no se dispone de información de la densidad para comparar los distintos inventarios realizados desde 1996, el análisis de esta variable aporta información interesante del efecto del rodal sobre la dinámica del rodal. Así la densidad en los rodales intervenidos es notablemente inferior a la densidad de las zonas no intervenidas, tal y como ya fue observado en ensayos de *Nothofagus oblicua* con los mismos porcentajes de raleo (Cervera 2009). Por otra parte, también se observa que la aplicación de raleos intensos pueden generar disminución de las densidades futuras, esto puede deberse a la coexistencia de especies de luz y de media sombra producidas en raleos medios o leves de un 30 % de extracción, mientras que parcelas con mayor raleo, las especies de sombra disminuyen en abundancia (Rozados 2009).

Sin embargo en Digua se observan mejores condiciones tras el raleo, favoreciendo la aparición de especies acompañantes y aumento del sotobosque, aumentando la riqueza específica y la producción de biomasa. Como la densidad es un buen indicador de la integridad ecológica de un bosque o rodal (Müller-Using *et al.* 2013), se puede interpretar que las áreas de Digua albergan menor grado de mono-especificidad que las de Tercera Montaña, demostrando que la localidad es determinante a la hora de evaluar los efectos del tratamiento sobre la masa (Rozados 2009). En Digua, predio con mejor calidad de sitio, la densidad de *N. glauca* sumando otras especies supera la recomendable. Estas diferencias pueden ser explicadas por las condiciones de las masas que presentan diferencias notables de pluviosidad, lo que indica que en condiciones favorables para Hualo, un raleo intensivo no sólo no compromete la generación de nuevos pies sino que potencia la generación de una estructura irregular muy interesante. Estos resultados ponen de manifiesto el interés, siempre y cuando se aplique en sitios de buena calidad, continuar con estudios que permita aplicar en Hualo programas de selvicultura intensiva mediante el manejo de una masa irregular.

Comparando los valores generados de los diámetros normales en los dos predios, Digua presenta valor medio e incremento mayor en el tratamiento de extracción del 50%. El predio Tercera Montaña genera aumentos en la extracción del 50% pero no llega a superar el valor medio del tratamiento del 40%, aunque esto está influido por el mayor diámetro medio superior inicial de los primeros muestreos. Los valores máximos observados en Digua son 0,48 cm/año para el raleo de 50% que coinciden con valores observados en ensayos de raleos de *Nothofagus betuloides* (Mirb.), donde las mayores intensidades de clara (2000 arb/ha) generan incrementos de 0,52 cm/año (Martínez *et al.* 2002), aunque menores a los reportados para Hualo por Donoso (1988) con crecimiento en diámetro durante los primeros 20 años de 0,57 cm/año.

Diversos autores coinciden en extraer en los raleos un área basal máxima entre el 30 y 40 % (Donoso 1988, Lara *et al.* 1998) en *Nothofagaceas*. Los resultados obtenidos en este trabajo confirman que el comportamiento del *Nothofagus glauca* es diverso dependiendo de la localidad y las condiciones de la masa. En el predio Tercera Montaña, es recomendable la extracción del 40% del área basal, mientras que en el predio Digua se recomienda un 50% de

extracción del área basal. Estas diferencias vendrían explicadas por el diferente comportamiento de los raleos condicionado por unas mejores condiciones fisiográficas y/o climáticas, lo cual también ha sido descrito en esta especie por Trincado y Real (2002), que indican mayores incrementos en zonas de fuertes pendientes con exposición norte. Con este mismo enfoque, Flores (2006) para *Nothofagus nervosa* (Phil.), indica que hay que tener en cuenta la exposición a la hora de realizar los raleos, recomendando una extracción del 40% de área basal, en la exposición sur y una menor extracción en la exposición norte para no acentuar los daños por insolación ni aumentar el número de individuos muertos.

Los raleos del 50 % del área basal también han sido recomendados por Grosse y Quiroz (1998), tras estudiar tres niveles de extracción (30, 50 y 75 % del área basimétrica) en renovales de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst.) de 44 y 53 años. Estos valores también están entre los recomendados para *Nothofagus oblicua* (Mirb.) Oerst. por Müller-Using et al. (2013) que indican que los porcentajes de raleo recomendables en la región del Biobío, limítrofe al Maule, son entre el 40 % y el 60 %.

Sin embargo, otros autores condicionan la intensidad de raleo a garantizar la seguridad del rodal dependiendo de su exposición a vientos fuertes, en los que se debe además incluir la calidad del sitio (Peri *et al.* 2002), Grosse y Quiroz (1998) recomienda en *Nothofagaceas* bajar a niveles de extracción del 25-30 % de área basal. En este estudio no se observó mortalidad por derribos por viento en los distintos tratamientos, por lo que una extracción del 50 % del área basal en los predios estudiados no ha condicionado la estabilidad del rodal.

La aplicación de intervenciones con extracción de la mitad de la masa teniendo como referencia al incremento diamétrico es importante, al igual que en otros trabajos con *Nothofagus oblicua*, donde los mayores incrementos diametrales se produjeron, como en este estudio, con las mayores extracciones (Cervera 2009). Similar resultado se observa en el crecimiento del área basal, donde los mayores incrementos se aprecian en el predio Digua al compararlos con el predio Tercera Montaña.

El comportamiento y evolución de los bosques de *N. glauca* post-raleo no es igual en todas las zonas, aunque aparentemente los dos predios no deberían generar diferencias significativas entre ellos en cuanto a la evolución y crecimiento, ya que solo se separan en línea recta una distancia de 11 kilómetros y la diferencia altitudinal no es muy alta (150 metros de altitud). Pero los datos analizados muestran diferencias significativas en el crecimiento, entre predios, la principal diferencia se produce en cuanto a las precipitaciones caídas, mediciones en la estación meteorológica (estación Digua) más cercana al predio Tercera Montaña, indican que en las últimas décadas hay una media de precipitaciones de 1486 mm, mientras que en el predio Digua presenta 2153 mm (estación Bullileo) (Cornejo 2006; 2011).

Por otro lado, la pendiente no es un factor limitante ya que el predio con mayor pendiente obtuvo mejores resultados con una extracción del 50 % del área basal, mientras que en Tercera Montaña existe una pendiente media de 15,5 %, en Digua la pendiente media es de 28 %. En la región del Maule la cordillera y precordillera andina son las zonas de mayor riesgo de erosión, siendo las precipitaciones intensas (Cornejo 2006) lo que unido a una mayor pendiente hace que los bosques de Digua sean afectados por la erosión, generando suelos pedregosos y delgados, factor positivo para la incorporación y crecimiento del Hualo frente a otras especies como el Roble (Del Fierro y Pancel 1998).

4.6 Conclusiones

A raíz de este estudio y de los resultados obtenidos, una intervención selvícola en un bosque de *Nothofagus glauca* es recomendable para obtener mayor rendimiento volumétrico que permita la producción de madera con mejores características.

Comparando las dos predios se observa que tienen comportamientos y evoluciones distintas. La aplicación de diferentes intensidades de raleo permite obtener mejores crecimientos y rendimientos en el predio Digua el cual presenta mayor precipitación y pendiente, no siendo la altitud entre predios un factor limitante.

La intensidad de raleo recomendable para los dos predios es la extracción del 50% de área basal en el predio con mejores condiciones de crecimiento para Hualo como es Digua. En el predio Tercera Montaña el mejor tratamiento es la extracción del 40% de área basal. El mejor incremento diamétrico en el segundo periodo de crecimiento (2006-2013) hace aconsejable la planificación de una nueva intervención de raleo para mantener incrementos diamétricos similares a los del primer periodo (1996-2006).

Se produce aumento de nuevos individuos de bajo diámetro al aplicar raleos intensos (50% del área basal) en un bosque de *N. glauca*, poniendo de manifiesto la gran capacidad de regeneración de esta especie en condiciones de baja densidad, favoreciendo con ello, la generación de una estructura irregular de importancia para una gestión sostenible del bosque nativo.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN GENERAL

El bosque nativo chileno ha sufrido constante desmoronamiento de su estructura y extensión a lo largo de la historia, especialmente en las últimas tres décadas donde su deterioro ha sido causado por la demanda de suelo para plantaciones forestales con especies exóticas y para su uso en agricultura, además de disminución de superficie debido a incendios forestales que son constantes y aumentan el problema, siendo la Región del Maule la que dispone la mayor superficie quemada en los últimos 4 años con 7402,5 ha (Gligo 2013). La nueva Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal Nº 20.283, que el gobierno ha promulgado con intención de mejorar las condiciones del bosque nativo y favorecer sus plantaciones y usos, ha demostrado poca efectividad, encontrándose deficiencias en la aplicación de bonificaciones y montos que impiden mayor cobertura (Gligo 2013). Para un control más eficiente de los espacios naturales autóctonos se debería controlar la sustitución de los bosques nativos por plantaciones forestales con especies foráneas y regular las zonas agrícolas impidiendo que conquisten ecosistemas forestales. Todo esto se conseguiría realizando un plan de ordenación general de las zonas rurales, estructurando cada recurso en la zona de conveniencia y permitiendo el desarrollo de los bosques nativos mediante incentivos que la nueva ley introduce.

La pérdida constante de bosque nativo está generando una progresiva pérdida de biodiversidad por la eliminación de nichos ecológicos a causa de la desforestación y la fragmentación del hábitat, el país tiene menos biodiversidad que hace diez años, generando un aumento preocupante del peligro de extinción y vulnerabilidad de varias especies (Gligo 2013). El bosque mediterráneo donde se localiza *N. glauca*, se considera como una de las ecorregiones más amenazadas del mundo (Dinerstein et al. 1995) coexistiendo una gran biodiversidad (Myers et al. 2000, Altamirano 2010). Los bosques de Hualo disponen de dos zonas bien definidas y sin comunicación entre ellas, los bosques costeros y los bosques preandinos (Muñoz et al. 2013), con lo que sería importante generar corredores y puntos de unión entre los distintos fragmentos para disminuir la vulnerabilidad de la especie y los ecosistemas formados, de gran valor ecológico (Armesto et al. 1998). El reclutamiento de plántulas de *N. glauca*, es menor en los bosques fragmentados frente a bosques continuos (Castillo 2005,

Burgos et al. 2007), disminuyendo la regeneración de Hualo y por el contrario, aumentando la dominancia de las especies esclerófilas (Bustamante et al. 2005, Burgos et al. 2007).

El cambio climático es un proceso irreversible, que modifica las condiciones climáticas en todo el mundo y por supuesto también a la gran variedad de climas que existen en Chile. Se considera que las zonas menos húmedas y en riesgo de desertización aumentaran y se sufrirá un aumento de temperatura progresivo, por lo que los bosques mediterráneos chilenos tenderán a un movimiento a latitudes mas al sur. El Hualo es un árbol que se localiza en unas condiciones climáticas muy particulares, una de las razones que llevó a incluirlo en el libro de especies con cierto peligro de extinción. Las modificaciones climáticas que sufran las zonas donde se ubican sus bosques deben ser correspondidas con una adaptabilidad y colonización por parte de la especie de nuevas áreas en las cuales se pueda adaptar.

Chile tiene cada vez mayores problemas de abastecimiento de agua debido a un cumulo de circunstancias, el aumento de población, la mala gestión de los recursos hídricos, la influencia del cambio climático y la pérdida de los grandes glaciares andinos. Los bosques son unos buenos reguladores de los recursos hídricos, especialmente los bosques nativos porque tienen un efecto regulador que permite un abastecimiento constante de agua, evitando inundaciones de invierno y permitiendo disponibilidad de este recurso en verano (Altamirano y Lara 2010). Una opción contra la reducción de los caudales provocado por el cambio climático es el aumento de los bosques nativos con lo que se podría contrarrestar disminución del 20-40% en las precipitaciones y caudales (Lara et al. 2009). Un aumento del 10% en la cobertura de bosque nativo produciría un incremento del 14.1% en el caudal de verano, lo contrario se produciría con la reducción del caudal ante una disminución de la cubierta de bosque nativo (Gligo 2013). La introducción de plantaciones exóticas de *Eucalyptus spp*. y *Pinus spp*. no tiene la misma calidad para mantener y estabilizar los caudales, debido a la alta demanda evapotranspirativa, debido a que es conocido que un incremento de la superficie de plantaciones en un 10% produciría una disminución de los caudales de esa mismo sitio en un 20.4% (Huber et al. 2008). Los rodales de especies nativas son muy importantes en los márgenes y entornos de las cuencas fluviales disminuyendo la erosión y facilitando la filtración, mientras que las especies exóticas y las plantaciones agrícolas debido a los altos

rendimientos que se les exige, consumen mas agua y generan mas erosión a causa de los turnos mas cortos y métodos de extracción a los que son sometidas (Gligo 2013).

La aplicación de buenas practicas silvícolas invertiría el retroceso que han sufrido los bosques chilenos nativos en los últimos 20 años que se encuentran en peores condiciones que en los años 80 (Gligo 2013), aumentando el valor de los productos generados. Actualmente solo el 25% de la madera que se obtiene del manejo es utilizable para aserrío y otros fines con mayor valor agregado, el resto es leña, un bosque manejado podría llegar a invertir estas proporciones (Gligo 2013). Una de la practicas que mejores rendimientos puede ofrecer a la mejora de los bosques nativos es la aplicación de raleos, en bosques maduros favorece su rendimiento y beneficia a una correcta estructura del bosque evitando el envejecimiento de la masa. El principal problema del manejo del bosque nativo mediante raleos es el bajo retorno económico que se puede obtener con la comercialización de los productos extraídos, provocado principalmente por los costes de transporte (Morales 2003), necesitando para su aplicación gran conocimiento por parte del gestor y mano de obra cualificada. Otro de los problemas que surgen en los bosques nativos es que generalmente están pasados de edad óptima de intervención, por lo que aplicar sistemas de raleos muy intensivos puede desestabilizar el bosque, aconsejando realizar los raleos a edades tempranas (Morales 2003). La aplicación de raleos en los bosques nativos y especialmente en los de Hualo mediante planes de manejo adecuados, generaría un aumento de los puestos de trabajo en las zonas rurales, con el valor añadido de una formación (capacitación) de las personas para realizar trabajos con el recurso nativo, lo que disminuiría la tala furtiva gracias a un reconocimiento y puesta en valor del recurso.

Los tratamientos con mayor intensidad de raleo producen generalmente mayores tasas de crecimiento diametral, así como las tasas de crecimiento en área basal neta (Montero et al. 2000, Navarro 2012), aunque raleos fuertes superiores al 30% pueden ser peligrosos en ciertas especies debido a riesgo de caída por viento (Reyes et al. 2009). En el caso de *Nothofagus glauca*, la poca información existente procede del estudio anteriormente realizado por CONAF en 1998, en estas mismas parcelas, en el cual concluye que el crecimiento diametral en dos años post-raleo es mayor en parcelas raleadas al 50% del área basal. En el presente estudio

corroboramos las conclusiones de los estudios anteriores respecto de las parcelas de Digua y diferimos en las de Tercera Montaña que presenta mejor comportamiento ante la extracción de 40% del área basal. Calvo (2007), indica para *Nothofagus spp*. que en rodales con mucha área basal inicial no se debe exceder de un 30% de extracción, ya que la recuperación de las tasas de crecimiento ordinarias puede tardar entre 20 y 30 años, mientras que para porcentajes inferiores al 30% se recuperan entorno a los 10 años. También respecto a máximizar la respuesta de la gestión, se recomienda realizar un primer raleo precomercial por lo alto a árboles de mala calidad entre 11 y 13 años de edad, que coincide con el momento en que el crecimiento medio empieza a bajar en especies de *Nothofagus* (Donoso et al. 1993, Wienstroer et al. 2003). Cabe hacer notar que la extracción de 35% de área basal de un bosque de *Nothofagaceas* ubicado en una cuenca permite el aumento del caudal de agua del 24% respecto a la cuenca sin intervención, siendo la principal diferencia en verano con 40% (Lara et al. 2009).

Otro de los problemas que han sufrido los bosques nativos es la substitución de madera aserrada nativa por exótica, principalmente por los menores precios, la mayor disponibilidad, el mayor conocimiento de la evolución de las plantaciones, los menores turnos de corta, la homogeneidad del material junto la existencia de un mayor mercado internacional de estas maderas. Durante 10 años en el sur de Chile hubo un poder comprador de madera nativa que no invirtió en la mejora de los montes y la aplicación de raleos, generando una mayor degradación y destrucción del medio ambiente (Gligo 2013). Provocando con esto que el principal uso de la madera nativa actualmente en Chile sea para leñas, donde alrededor del 84% del consumo de leña se concentra entre la VII y X regiones, siendo en la VII región principalmente de uso industrial (Gligo 2013). Tal es el caso del uso que actualmente se aplica a la madera de Hualo (leñas), la modificación de estos usos reportaría beneficios mayores al propietario ya que la madera aserrada genera mayores ganancias, utilizando los árboles defectuosos y los raleados como leñas. Estos cambios generan nuevo mercado lo que favorecería la generación de puestos de trabajo y el desarrollo de las zonas rurales.

6. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, S. y Urra, C. 2002. Caracterización de procedencias en la etapa de viverización de *Nothofagus alessandri* Espinosa (Ruil) y *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (Hualo). En: Donoso C. Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Autoecología. Marisa Cuneo Ediciones. pp. 433-442.

Aguilera, L. y Fehlandt, A. 1981. Desarrollo inicial de *Nothofagus alpina, Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombeyi* bajo tres grados de sombra. Tesis Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 101 p.

Aguilera, M. y Benavides, G. 2005. Recopilación de experiencias silvícolas en el bosque nativo maulino. Corporación Nacional Forestal. Región del Maule. 144 p.

Altamirano, A. y Lara, A. 2010. Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. Bosque 31(1): 53-64.

Altmann, S.H. 2011. Insect folivore damage in *Nothofagus* Blume trees of central Chile and its association with bottom-up plant community attributes. Ecología Austral 21: 121-133.

Altmann, S.H. 2013. Crown condition, water availability, insect damage and landscape features: are they important to the Chilean tree *Nothofagus glauca* (Nothofagaceae) in the context of climate change?. Australian Journal of Botany 61(5): 394-403.

Aplet, G.; Johnson, N.; Olson, J.T.; Sample, V.A. 1993. Defining sustainable forestry. Island Press, Washington. 328 p.

Arias, M. 2014. Influencia a largo plazo de las claras forestales en el sotobosque de bosques de pino del Pirineo Navarro: Observaciones tras 13 años. Trabajo final de carrera. Ciencias del Medio Natural. Área de Ecología. Universidad Pública de Navarra. 89 p.

Armesto, J.J.; Rozzi, R.; Smith-Ramírez, C.; Arroyo. M.K.; 1998. Conservation targets in South American temperate forests. Science 282:1271-1272.

Assmann, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press. Oxford. 506 p.

Benoit, I. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile. Corporación Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura. 157 p.

Bucci, S.J.; Scholz, F.G.; Campanello, P.I.; Montti, L.; Jimenez-Castillo, M.; Rockwell, F.A.; La Manna, L.; Guerra, P.; Bernal, P.L.; Troncoso, O.; Enricci, J.; Holbrook, M.N.; Goldstein, G. 2012. Hydraulic differences along the water transport system of South American *Nothofagus* species: do leaves protect the stem functionality? Tree Physiology 32: 880-893.

Burgos, A.; Grez, A.; Bustamante, R. 2007. Seed production, predispersal seed predation and germination of *Nothofagus glauca* (Nothofagaceae) in a temperate fragmented forest in Chile. Forest Ecology and Management 255: 1226-1233.

Bustamante, R.O.; Grez, A.A.; Simonetti, J.A.; San Martín, J., 2005. La fragmentación del bosque Maulino y dinámica regeneracional: diagnóstico actual y perspectivas futuras. In: Smith-Ramírez, C.; Armesto, J.J.; Valdovinos, C. (Eds.), Biodiversidad y Ecología de los bosques de la cordillera de la Costa de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile, pp. 555-564.

Calvo, M. R 2007. Cumplimiento de las Normas de Manejo para renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe y su efecto en el crecimiento. Trabajo de titulación de ingeniero forestal. Universidad Austral de Chile. 35 p.

Carnicer, J.; Coll, M.; Ninyerola, M.; Pons, X.; Sánchez, G.; Peñuelas, J. 2011. Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 108: 1474-1478.

Castillo, J. 2005. Tasa de reclutamiento y mortalidad de especies arbóreas en el bosque maulino costero: efecto del intervalo censal, la fragmentación del bosque y la especie. Tesis. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 34 p.

Cervera, L.M. 2009. Evaluación del efecto de un clareo en un bosque de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) en el predio el Picazo, VII región, Chile. Tesis. Universidad Mayor, Santiago, Chile. 60 p.

Chauchard, L. y Sbrancia, R. 2003. Modelos de crecimiento diamétrico para *Nothofagus obliqua*. Bosque 24(3): 3-16.

Chaves, E. y Mora F. 2010. Incrementos en diámetro, área basal y altura en un ensayo de aclareos para *Pachira quinata* (Jacq.) W.S.Alverson, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Revista Forestal Venezolana 54(2): 131-146

CONAF. 1998. Resumen de ocurrencia y daño de incendios forestales: Temporada 1997-1998. Corporación Nacional Forestal, Gerencia de Operaciones, Unidad de Gestión Manejo del Fuego, Santiago, Chile. 63 p.

CONAF, 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo. Editorial Publicaciones Lo Castillo, Santiago, Chile. 420 p.

CONAF-CONAMA; BRIF. 1999. Catastro y evaluación de los recursos vegetales nativos en Chile. Informe nacional con variables ambientales. Santiago. Chile. 88 p.

Cornejo, F.N. 2006. Análisis del comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones en la séptima región del Maule. Memoria para optar al título de ingeniero forestal. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. Talca, Chile. 134 p.

Cornejo, C.G. 2011. Análisis de distribución temporal de las precipitaciones en la región del Maule. Memoria para optar al título de ingeniero forestal. Universidad de Talca, Facultad de ciencias forestales. Talca, Chile. 166 p.

Clutter, J.; Fortson, J.; Pienaar L.; Brister, G.; Bailey R. 1983. Timber management: aquantitative approach. Editorial J. Willey & Sons. New York, USA. 331 p.

Del Fierro, P. y Pancel, L. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. GTZ-CONAF. 420 p.

Delpiano, R. 2012. Expectativas y percepción del rol del Estado en relación a las áreas protegidas y actividades extractivas al interior de éstas. Revista Conservación Ambiental 2(1): 17-24.

De la Maza, C.L. y Gilchrist J. 1983. Algunos antecedentes para el manejo de renovales de Rauli. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile. Boletín Técnico 61. 30 p.

Díaz, P.P. 2005. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Memoria de Ingeniería en Industrias de la Madera, Universidad de Talca, Talca. Chile. p. 169.

Díaz-Toribio, V.H. 2009. Orquídeas terrestres como indicadoras de calidad ambiental en fragmentos de bosque mesófilo de Montaña. Tesis de maestría, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México.

Dieguez-Aranda, U. 2009. Herramientas selvícolas para al gestión forestal sostenible en Galicia. Unidad de Gestión Forestal Sostenible (UXFS). Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela. 273 p.

Dinerstein, E.; Olson, D.M.; Graham, D.J.; Webster, A.L.; Primm, S.A.; Bookbinder, M.P.; Ledec, G. 1995. Una Evaluación del estado de conservación de las ecorregiones terrestres de América Latina y el Caribe, The World Bank in cooperation with the World Wildlife Fund, Washington D.C., USA. 143 p.

Doll, U.; Vallejos, O.; Bilbao, N.; Jara, N. 2008. Estimación preliminar de la retención de carbono en raíces finas y mantillo de un renoval de *Nothofagus glauca* de la precordillera andina de la Región del Maule, Chile. Bosque 29(1): 91-96

Donoso, C. 1975. Aspectos de la fenología y germinación de las especies de *Nothofagus* de la zona mesomórfica. Boletín Técnico No. 34. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 35 p.

Donoso, C. 1978. Relaciones vegetación-altitud y exposición de la formación forestal "Bosque Andino Abierto" en el área de Bullileo". Boletín Técnico, Nº 54. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 40 p.

Donoso, C. y Landrum, L.R. 1979. *Nothofagus leonii-Espinosa*, a natural hybrid between *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. and *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. New Zealand J. Bot. 17: 253-360.

Donoso, C. 1987. Variación natural en especies de *Nothofagus* en Chile. Bosque 8(2): 85-97.

Donoso, P. 1988. Caracterización, crecimiento y proposiciones silviculturales para comunidades de *Nothofagus* en el área de protección Radal 7 Tazas, VII región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales, Valdivia. 102 p.

Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina, variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria, Santiago.

Donoso, C. y Ramírez, G.C. 1994. Arbustos nativos de Chile: guía de reconocimiento. Segunda edición, Ediciones Marisa Cuneo, Valdivia. p. 119.

Donoso, C. 1996. Ecology of *Nothofagus* Forests in Central Chile. En: The Ecology and Biogeography of *Nothofagus* Forests, Veblen, T.T., Hill, R.S. y J. Read (eds). Yale University Press, Michigan, USA. pp. 271-292.

Donoso, D.; Grez, A.A.; Simonetti, J.A. 2004. Effects of forest fragmentation on the granivory of differently sized seeds. Biol. Conserv. 115: 63-70.

Drake, F.; Emanuelli, A.; Acuña, E. 2003. Compendio de Funciones Dendrométricas del bosque nativo. Universidad de Concepción y Proyecto conservación y manejo sustentable del bosque nativo. Santiago, Chile. 197 p.

Espinoza, M.; García, J.; Valeria, O. 1995. Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. Bosque 15(1): 55-65.

Fajardo, A. and Alaback, P. 2005. Effects of natural and human disturbances on the dynamics and spatial structure of *Nothofagus glauca* in south-central Chile. Journal Biogeography 32: 1811-1825.

Flores, M. A. 2006. Crecimiento y calidad de plantaciones de *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. Et Mil. en distintas exposiciones y situaciones de competencia en la Provincia de Valdivia. Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. 50 p.

FNDR. 1990. Estudio del carbón vegetal y activo obtenido de maderas de especies nativas e introducidas de la VII región. Región del Maule, Chile. 166 p.

Fotelli, M.N.; Radoglou, K.M.; Constantinidou, H.I.A. 2000. Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. Tree Physiology 20: 1065-1075.

García, N. y Ormazabal, C. 2008. Árboles Nativos de Chile. Enersis S.A. Santiago, Chile. 196 p.

Gadow, K. and Bredenkamp, B. 1992. Ein Wachstums- und Ertragsmodell für die Fortschreibung von Bestandesparametern. In: Preuhsler, T., Röhle, H., Utschig, H. y Bachmann, M. (Hrsg.): Festschrift zum 65. Geburtstag von Prof. Franz; Lehrstuhl f. Waldwachstumskunde, Universität München, pp. 75-83.

Gadow, K.; Sánchez, S.; Álvarez, J.G. 2007. Estructura y Crecimiento del Bosque. Universidad de Santiago de Compostela, España. 282 p. ISBN: 978-84-690-7535-7.

Grosse, H. y Cubillos, V. 1991. Antecedentes generales para el manejo de renovales de raulí, roble, coigue y tepa. Informe Técnico N° 127. INFOR, Concepción, Chile. 50 p.

Grosse, H.; Pincheira, M.; Quiroz, I. 1998. Renovales de Raulí y Roble en el sur de Chile. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. 18 p.

Grosse, H. y Quiroz, I. 1999. Silvicultura de los bosques de segundo crecimiento de Roble, Raulí y Coigüe en la región centro-sur de Chile. In: Donoso, C y A. Lara. Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Santiago. pp. 95-128.

Hawley, R. y Smith, D. 1982. Silvicultura práctica. Ediciones Omega. Barcelona.

Hechenleitner, P.; Gardner, M.; Thomas, P.; Echeverría, C.; Escobar, B.; Brownless, P.; Martínez, C. 2005. Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo, Valdivia. 188 p.

Herrera, C. 1998. Long-term dynamics of Mediterranean frugivorous birds and fleshy fruits: a 12-year study. Ecol. Monogr. 51: 203-221.

Hoffmann, A. 1991. La flora silvestre de Chile. Claudio Gay. Santiago, Chile. 258 p.

Hubert, M. 1981. Cultiver les arbres feuillus pour récolter du bois de qualité. Institut pour le Développement Forestier. Paris. 282 pp.

Huber, A., Iroumé, A.; Bathurst, J. 2008. Effect of Pinus radiate plantation on water balance in Chile. Hydrological Processes 22: 142-148.

Ibarra, M. y Mourgues, V. 1976. Estudio de las relaciones entre suelos y asociaciones forestales de *Austrocedrus chilensis* (D.Don) Florin et Boutelje y *Nothofagus glauca* (Phil.) en la precordillera de Parral. Tesis Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago.

Gligo, N. 2013. Estado del medio ambiente en Chile 2012. Informe País. Centro de análisis de políticas públicas. Instituto de Asuntos Públicos. Universidad de Chile. 296 p.

Jaña-Prado, R.C. y Grez A.A. 2004. Insectos herbívoros en el bosque Maulino. Revista Chilena de Entomología 30: 27-43.

Lara, A.; Donoso. C.; Donoso P.; Nuñez, P.; y Cavieres, A. 1998. Normas de manejo para raleo de renovales del tipo roble-raulí-coigüe. En: C. Donoso y A. Lara (Eds): Silvicultura de los bosques nativos de Chile, Editorial Universitaria, Santiago de Chile. pp. 129-144.

Lara, A.; Echeverría, C.; Donoso, C. 2000. Guía de ensayos silviculturales permanentes en los Bosques Nativos de Chile. Valdivia (Chile), LOM Ediciones. 244 p.

Lara, A.; Little, C.; Urrutia, R.; McPhee, J.; Alvarez-Garretón, C.; Oyarzún, C.; Soto, D.; Donoso, P.; Nahuelhual, L.; M. Pino, M.; Arismendi, I. 2009. Assessment of ecosystem

services as an opportunity for the conservation and management of native forests in Chile. Forest Ecology and Management 258: 415-424.

Le Quesne, C. y Sandoval, L. 2002. Extensión del límite sur para *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Gayana Bot.58(2): 139-142.

Litton, C. y Santelices, R. 1996. Estudio comparativo de las comunidades vegetales en bosques de *Nothofagus glauca* (PHIL.) Krasser en la séptima Región de Chile. Bosque 17 (2): 77-86.

Litton, C.M. y Santelices, R. 2003. Early post-fire succession in a *Nothofagus glauca* forest in the Coastal Cordillera of south-central Chile. International Journal of Wildland Fire 11: 115-125.

Madrigal, A.; Gómez, J.A.; Montero, G. 1985. Estado actual de las investigaciones sobre claras. Primeros resultados obtenidos en una experiencia en masa artificial de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Central. Comunicaciones I.N.I.A. Serie: Recursos Naturales 42. 49 p.

Martín, M.A.; Muñoz, S.; Muñoz, F.; Uribe, M.; Molina, J.R.; Herrera, M.A.; Martín, L.M.; Álvarez, J.B. 2010. Primeros resultados en el desarrollo de un marcador genético basado en las proteínas de reserva en dos especies del género *Nothofagus*. Bosque 31(3): 252-257.

Martínez, G.; Lencinas, M.V.; Cellini, J.M.; Díaz, B., Peri, P.; Vukasovic, R. 2002. Herramientas disponibles para la construcción de un modelo de producción para la lenga (*Nothofagus pumilio*) bajo manejo en un gradiente de calidades de sitio .Bosque 23(2): 69-80.

Meserve, P.L.; Lang, B.K.; Patterson, B.D. 1988. Trophic relationships ofsmall mammals in a Chilean temperate rainforest. Journal of Mammalogy 69:721-730.

Montero, G.; Del Río Gaztelurrutia, M.; Ortega, C. 2000. Ensayo de claras en una masa natural de *Pinus sylvestris* L. en el sistema central. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 9 (1):147-168.

Morales, P. 1993. Detección e identificación del insecto perforador de semillas de Hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) (Krasser). Taller de Habilitación Profesional, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Católica del Maule, Talca, Chile. 31 p.

Morales, L.A. 2003. Evaluación económica de alternativas de manejo en renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. (RO-RA-CO). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 133 p.

Moreira, A. 2004. *Nothofagus* Bl. pieza clave en la reconstrucción de la biogeografía del hemisferio austral. Revista Jardín Botánico Chagual 2: 48-56.

Müller-Using, B; Rodríguez, R.; Gajardo, P. 2013. Desarrollo de una guía de manejo de la densidad en bosques de segundo crecimiento de roble (*Nothofagus obliqua*) en la región del Biobío. Bosque 34(2): 201-209.

Muñoz, C. 1973. Chile: plantas en extinción. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 248 p.

Muñoz, M. y Serra, M. T. 2006. Estado de Conservación de las Plantas de Chile. MNHN-CONAMA. Modificada por: Secretaría Técnica del Comité de Clasificación de Especies (2010).

Muñoz, F.; Muñoz, C.; Uribe, M.; Martín, M.A.; Molina, J.R.; Herrera, M.A.; Alvarez, J.B.; Martín, L.M. 2013. Composición, estructura y diversidad de poblaciones de *Nothofagus glauca* ubicadas en la zona mediterránea de Chile. Gayana Bot. 70(1): 82-91.

Myers N., Mittermeler, R.A.; Mittermeler, C.G.; da Fonseca, G.A.B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Navarro, C.O. 2012. Aspectos silviculturales y estrategias de gestión sostenibles en bosques de segundo crecimiento de *Drimys winteri* J. R. Forst. and G. Forst. (Canelo) en Chile. Tesis. Universidad de Córdoba. 316 p.

Oltramari, J. 2002. Las áreas protegidas y la conservación de la diversidad biológica. Pontificia Universidad Católica de Chile. 11 p.

Pereira, I.; San Martín, J.; Roux, C. 1999. Patrón florístico de líquenes epífitos de *Nothofagus glauca* en un bosque costero de Chile central. Gayana Bot. 56(2): 69-76.

Peri, P.; Martínez, G.; Vukasovic, R.; Díaz, B.; Lencinas, M.V.; Cellini, J.M. 2002.Propuesta de aplicación de raleos fuertes para reducir los volteos de viento en bosques de *Nothofagus pumilio* de Patagonia, Argentina. Bosque 23 (2): 19-28.

Pezoa L. 2003. Recopilación y análisis de la variación de las temperaturas (período 1965-2001) y las precipitaciones (período 1931-2001) a partir de la información de estaciones meteorológicas de Chile entre los 33º y 53º de latitud sur. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 99 p.

Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F.; Real, P. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA-GTZ. San José, Costa Rica. 561 p.

Reiche, C. 1909. Un roble nuevo para Chile. Bol. Mus Hist. Nat 1(4): 67-69.

Reif, A. and Walentowski, H. 2008. The assessment of naturalness and its role for nature conservation and forestry in Europe. Forest Ecology, Landscape Research and Nature Conservation 6: 63-76.

Reyes, R.; Gerding, V.; Donoso, C. 2009. Crecimiento de una plantación de *Nothofagus nervosa* durante 20 años en Valdivia. Bosque 28(2): 129-138.

Rodríguez, R.; Matthei, O.; Quezada, M. 1983. Flora Arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción, Concepción. 408 p.

Rodríguez, R. y Quezada, M. 2003. Fagáceas. Marticorena, C y Rodríguez, R (eds.) (2003) Flora de Chile. Universidad de Concepción, Concepción. Vol. 2(2): 64-76.

Rojas, H. 1996. Ciclo Biológico de *Perzelia sp*. en Hualo (*Nothofagus glauca* (Phil.) (Krasser). Taller de Habilitación Profesional, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Católica del Maule, Talca, Chile. 31 p.

Rojas, C.; Donoso, S.; Durán, S.; Pacheco, C.; Galdames, E.; Espinoza, C. 2013. Evaluación de actividades de restauración de la cubierta arbórea con presencia de *Nothofagus macrocarpa* y *Nothofagus glauca* por medio de regeneración natural y plantación. 1º Seminario. Fondo de investigación del bosque nativo. Temuco. Chile.

Rozados, M.J.; Santos, M.A.; Quintero, M.F.I.; Silva-Pando, F.J. 2009. Producción del sotobosque en robledales 4 y 8 años después del clareo. 5º Congreso forestal español. 12 p.

San Martín, J. y Donoso, C. 1997. Estructura florística e impacto antrópico en el bosque Maulino de Chile". En: Armesto, J.J.; Villagrán, C y Arroyo, M.T.K (eds) (1996) "Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. Editorial Universitaria. pp. 153-168.

Santelices, R.; Herrera, L.; Osores, J.1995. Cultivo en vivero del Hualo. *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser) bajo diferentes gradientes de luminosidad y espaciamiento. Ciencias Forestales, Chile 10(1-2):3-13.

Santelices, R. 1997. Efecto de la temperatura del substrato sobre el arraigamiento de estacas de canelo (*Drimys winteri* J.R. et G. Forster). Ciencias Forestales, Chile. 12/13: 27-32.

Serra, M.T.; Gajardo, R.; Cabello, A. 1986. Ficha técnica de especies amenazadas: *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, Hualo (Fagaceae) especie Vulnerable. Programa de protección y recuperación de la flora de Chile, CONAF/UCH, Santiago.

Serrada, R.; Montero, M.; Reque, J. 2008. Compendio de selvicultura aplicada en España. INIA y FUCOVASA. Madrid. 1178 p. ISBN.: 978-84-7498-521-4.

Spurr, S. and Barnes, B. 1980. Forest Ecology. Third Edition. John Wiley and Sons. New York, U.S.A. 687 p.

Steuer, H.C. 2008. Evaluación de raleos en un renoval de Raulí (*Nothofagus alpina* poepp.et endl.) y Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) en la Provincia de Malleco, IX Región. Tesis Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 32 p.

Trincado, G. y Real, P. 2002. Modelos de crecimiento diametral para *Nothofagus oblicua* (Mirb.) y *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Agro-ciencia 18:53-61.

Uribe, M.E.; Ulloa, J.; Delaveau, C.; Sáez, K.; Muñoz, F.; Carte, P. 2012. Influence of auxins on in vitro rooting of microshoots of *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Gayana Bot. 69(1). pp. 105-112.

Uteau, D. 2003. Desarrollo inicial de laurel y olmo en plantaciones mixtas con especies nativas. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 8 p.

Weber, S. 2004. Estado de desarrollo de *Nothofagus alessandrii* Espinosa,*Nothofagus glauca* (Phil.) Korner y *Nothofagus leonii* Espinosa ex–situ, en Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 98 p.

Wienstroer, M.; Siebert, H.; Müller-Using, B. 2003. Competencia entre tres especies de *Nothofagus* y *Pseudotsuga menziesii* en plantaciones mixtas jóvenes, establecidas en la precordillera andina de Valdivia. Bosque 24(3): 17-30

Willcocks A, W Bell. 1995. How Initial Forest Plantation Density Affects Future Stand Growth. North East Science and Technology (NEST) NEST Technical Note TN-008. pp. 1-15.