

Disponibilidad de Madera Nativa en Renovales de Roble-Raulí-Coihue

Regiones de Ñuble a Los Ríos
2020 - 2049



Instituto Forestal
2020





**DISPONIBILIDAD DE MADERA NATIVA EN
RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE
REGIONES DE ÑUBLE A LOS RÍOS
2020 - 2049**

Martin, Marjorie¹; Büchner, Carlos; Sagardia, Rodrigo;
Bahamóndez, Carlos; Rojas, Yasna; Guzmán, Felipe;
Barrientos, Marco; Barrales, Luis y Guiñez, Rodrigo.

**INSTITUTO FORESTAL
2020**

¹ Instituto Forestal, Chile. mmartin@infor.cl

Revisores:

Santiago Barros Asenjo (Gerencia de Investigación, INFOR)

Sabine Müller-Using (investigadora INFOR, sede Los Ríos)

Yasna Rojas Ponce (Investigadora INFOR, sede Los Ríos)

Helmut Keim Schilling (Profesional Forestal, silvicultor, Forestal Río Pitildeo)

**Instituto Forestal**

Sucre 2397 Ñuñoa

Santiago, CHILE

F: 223667115

www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-188-3

Registro Propiedad Intelectual N° 2021-A-3001

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Martin, Marjorie; Büchner, Carlos; Sagardia, Rodrigo; Bahamóndez, Carlos; Rojas, Yasna; Guzmán, Felipe; Barrientos, Marco; Barrales, Luis y Guiñez, Rodrigo, 2020.

Disponibilidad de Madera Nativa en Renovales de Roble – Raulí – Coihue, Regiones de Ñuble a Los Ríos. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 237. P. 74.

<https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30443>

Las fotografías e imágenes incorporadas en tapas o texto de la presente publicación provienen de archivo institucional o fueron obtenidas o elaboradas durante el desarrollo de las actividades del trabajo que origina esta publicación.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. EL SECTOR FORESTAL Y LAS MADERAS NATIVAS	11
3. ANTECEDENTES DE LOS RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE	15
3.1. Antecedentes Generales	15
3.2. Requerimientos Ecológicos	16
3.2.1. Suelos y Clima	16
3.2.2. Altitud y Exposición	16
3.3. Antecedentes de las Variables de Estado	17
3.4. Antecedentes del Manejo Forestal	18
4. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS	21
4.1. Modelo de Proyección	21
4.2. Definición de Restricciones	23
4.3. Criterio de Proyección	23
4.4. Información de Superficies	23
4.5. Definición de Tipo de Propietario	25
4.6. Parámetros de Rodal - Datos de Inventario e Interpolación Espacial	25
4.7. Definición de los Productos Esperados	27
4.8. Definición de Esquemas de Manejo	28
4.9. Proyección del Crecimiento	30
4.10. Vector de demanda	32
4.11. Parámetros de Entrada al Modelo de Planificación	33
5. RESULTADOS	34
5.1. Resumen de Variables, Parámetros y Supuestos	34
5.1.1. Superficie del Recurso	34
5.1.2. Superficie por tipo de propietario	38
5.1.3. Superficie base de proyección	39
5.1.4. Rendimientos	41
5.2. Escenarios de Proyección	42
5.3. Resultados de Proyección	43
5.3.1. Resultados Escenario Base Libre	43
5.3.2. Resultados Escenario Libre con Restricción	48
5.3.3. Resultados Escenario Conservador	52
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	56
7. REFERENCIAS	59
APÉNDICES	61

PRÓLOGO

El Instituto Forestal (INFOR) tiene el agrado de poner a disposición del sector forestal y del público en general, la actualización del informe técnico *Disponibilidad de Madera Nativa de Renovales de Roble-Raúlí-Coihue. Regiones de Ñuble a Los Ríos para el período 2020 – 2049*, considerando la macro región entre las regiones de Ñuble y Los Ríos.

Esta información es de gran relevancia para monitorear el estado de estas formaciones, además de visualizar las potencialidades de este conjunto de especies como alternativa y complemento de la producción maderera, especialmente en el segmento de la pyme forestal y maderera.

En el marco del rol y trabajo del Instituto Forestal se ha desarrollado desde la década de los años 80 información para monitorear y dar a conocer el potencial de los recursos existentes.

Uno de estos programas de investigación se orienta a conocer el comportamiento de la oferta de madera en pie en el mediano y largo plazo, para lo cual se ha considerado en diferentes estudios a las principales especies en las plantaciones forestales del país; *Pinus radiata* D. Don, *Eucalyptus globulus* Labill., *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden, *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco., facilitando de esta manera la planificación y desarrollo del sector forestal.

En esta oportunidad se abordan las formaciones nativas de renovales del Tipo Forestal Roble-Raúlí-Coihue, que son reconocidos como los más productivos del bosque nativo chileno, considerando sus tasas de crecimiento y la calidad de sus maderas.

Con el desarrollo de este estudio, orientado a cuantificar la oferta de volumen de madera proveniente de estas formaciones, se espera entregar al sector forestal público y privado contar con información estratégica sobre el potencial maderero, en el corto, mediano y largo plazo, para la macro región de estudio.

Se trata de información esencial y prioritaria para el sector forestal maderero, ya que permite visualizar el potencial de oferta de madera en pie de estas formaciones nativas y presenta una gran oportunidad para la revalorización de estos bosques mediante manejo sostenible, con agregación de valor y diversificación de la producción, en especial para el segmento de la pyme maderera y silvícola, y para buscar propiciar la focalización de políticas públicas aplicables a este importante recurso.

INFOR agradece a todos quienes participaron en la ejecución del estudio y espera que este aporte sea de gran utilidad para los diversos grupos de interés que componen el sector forestal chileno. De igual manera, reconoce el financiamiento del Ministerio de Agricultura para el desarrollo de este trabajo y la colaboración de actores privados y públicos que lo hicieron posible.

Esta publicación, como todas las de la línea de Inventario Forestal de INFOR, está disponible en el sitio web institucional a través del enlace <https://www.infor.cl/>, en la sección de biblioteca forestal.

Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

RESUMEN EJECUTIVO

Los renovales del Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue presentan un gran potencial para desarrollar actividades de agregación de valor en torno a estas formaciones nativas, considerando actividades relacionadas con aspectos de manejo silvícola, transformación primaria y secundaria de la madera, especialmente por parte del segmento pyme maderera, además de innovar en los usos finales de las maderas nativas. Esto, dada además la tendencia creciente a nivel mundial sobre los mayores usos de las maderas en distintos ámbitos, buscando un nuevo posicionamiento de la madera impulsado por aspectos relacionados con el cambio climático, el uso de materiales más limpios y sustentables, de producción local y fáciles de industrializar.

Actualmente, el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue cubre una superficie de 1,6 millones de hectáreas a nivel nacional, concentrándose en las regiones del Maule a Los Lagos (CONAF, 2020). Se estima que 702.142 ha de estos renovales Roble-Raulí-Coihue presentan condiciones favorables para su manejo silvícola orientado a la producción de madera.

En este contexto, el presente estudio tuvo como propósito generar proyecciones de oferta potencial de volumen de madera nativa en pie proveniente de renovales del Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue, presentes en la macro región comprendida entre la región de Ñuble y la región de Los Ríos. Esta información es de gran interés e importancia para el sector, especialmente para la pyme maderera, si se considera la baja en la oferta actual y futura de madera proveniente de plantaciones de pino. Se espera, por tanto, que esta información permita apoyar decisiones estratégicas respecto a la orientación de políticas públicas y privadas a nivel territorial, buscando agregar valor a estas formaciones nativas a través del manejo silvícola, el desarrollo de productos madereros y la innovación en sus usos finales.

Para el desarrollo de este estudio se utilizó el mismo enfoque metodológico aplicado en los estudios de disponibilidad de madera de plantaciones de pino radiata y eucaliptos, considerando la información base de superficie del subtipo renovales de Roble-Raulí-Coihue en pie, la definición de esquemas de manejo según condiciones de los rodales (subtipo forestal, estado de desarrollo, el tipo de propietario), la estimación de crecimientos y los supuestos de proyección y sus restricciones, entre otras variables de interés. Variables definidas bajo un enfoque participativo con diferentes actores, que aportaron y validaron tanto la información de entrada al modelo como sus resultados, con el propósito de alcanzar máxima confiabilidad de las proyecciones del recurso.

De acuerdo a lo indicado, para estimar la oferta potencial de volumen de madera en pie de los renovales de Roble-Raulí-Coihue, se consideraron diferentes supuestos e información base que permitieron configurar los escenarios de proyección, representando de mejor forma las tendencias actuales y futuras en torno a este recurso. En este contexto, se definieron escenarios de proyección, a través del cambio de algunos supuestos a valores más pesimistas u optimistas. Considerando entonces un escenario libre de restricciones, suponiendo el manejo de toda la superficie potencial. Se añade un escenario que contiene ciertas restricciones al flujo de la oferta en el tiempo, y un tercer escenario que restringe la superficie manejada solo al 30% de la superficie potencial. En este ámbito, los resultados de la proyección del escenario libre presentaron una oferta de creciente de 2,681 millones de m³ssc de volumen de madera en pie para el período 2020 al 2022, para luego aumentar a 6,693 millones de m³ssc entre los años 2029 al 2031, llegando finalmente a los 10,485 millones de m³ssc en el período 2047 al 2049.

El presente informe técnico reporta la información base utilizada en cuanto a: la superficie total y superficie potencial productiva de renovales de Roble-Raulí-Coihue con fines productivos madereros, antecedentes metodológicos, parámetros del estado actual del recurso, estimación de crecimientos, antecedentes de esquemas de manejo, tipos de producto, descripción de supuestos y modelo de proyección. Además de los resultados obtenidos correspondiente a las proyecciones del recurso para sus diferentes escenarios.

El trabajo desarrollado corresponde al Área de Investigación de Inventario y Monitoreo de Ecosistemas Forestales de INFOR, inserto en el programa de Monitoreo y Oferta de Madera de la Línea de Investigación de Inventario Forestal Continuo.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las formaciones de Renovales de Roble-Raulí-Coihue han concentrado la atención respecto al aporte que pueden hacer a la diversificación de la producción maderera a nivel nacional y a la generación de otros bienes y servicios relacionados con la biodiversidad, la protección, el paisaje y las necesidades locales, entre otros. En este sentido, son fundamentales las características que presentan estos renovales considerando aspectos de crecimientos superiores a otras formaciones nativas, composición de especies aceptadas y demandadas a nivel comercial para diversos usos, homogeneidad del recurso y estructura simple para desarrollar intervenciones de manejo silvícola, entre otros aspectos.

Actualmente, de acuerdo a las cifras del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile realizado por CONAF, estas formaciones de renovales de Roble-Raulí-Coihue cubren más de un millón y medio de hectáreas (CONAF, 2019). No obstante, a pesar del desarrollo adquirido y del enorme potencial que tiene el bosque nativo y en especial estos renovales, los productos madereros que de ellos provienen han perdido cada vez más relevancia dentro de los mercados tradicionales a nivel nacional. Prueba de esto es que la participación de las especies nativas en el consumo industrial de madera en troza ha descendido a menos del 2% en los últimos años, presentando un consumo total de 224.038 m³ssc al año 2019 por parte del sector del aserrío y en menor medida el sector de tableros.

En cuanto a otros usos de las maderas nativas, su mayor utilización se orienta a demandas energéticas de sectores urbanos y rurales para la calefacción o generación de energía a través de sus formatos de leña y en menor medida carbón. Aunque no se cuenta con cifras oficiales, se estima que el consumo anual se encuentra entre 5,5 y 6 millones de m³, correspondiente al 45% del consumo total de leña a nivel nacional, donde el resto es aportado por especies provenientes de plantaciones exóticas (SIMEF, 2020).

En el marco de la Política Forestal 2015 - 2035, se reconoce la potencialidad productiva de los bosques nativos y se encuentra dentro de las propuestas que sean foco de las metas de manejo con fines madereros del bosque los renovales de Roble-Raulí-Coihue. Especialmente, dentro del eje estratégico que busca impulsar la silvicultura, la industrialización y el aprovechamiento integral de los bosques, para que estos contribuyan al incremento de la productividad y la producción de bienes y servicios. Esto manteniendo como foco central la sustentabilidad del ecosistema, pero a su vez, potenciando la producción local, el desarrollo de los cuidados del bosque en forma oportuna, además de activar las economías locales. En esta línea, se espera que al año 2035, un millón de hectáreas de bosques nativos sean incorporadas al manejo forestal sustentable con fines de producción de bienes de alto valor, con apoyo estatal en materias de fomento, capacitación y asistencia técnica.

Entre los años 2013 y 2014, el Instituto Forestal elaboró un primer estudio que determinó la disponibilidad de madera de renovales de Roble-Raulí-Coihue entre las regiones de Biobío y Los Ríos, llegando a cuantificar una oferta potencial anual de 3 millones de m³ssc de volumen de madera en trozas, para lo que deberían intervenir alrededor de 186.000 hectáreas anuales, a través de cortas intermedias principalmente, y algunas cortas de cosecha y regeneración, cuando en la práctica, en promedio se manejaban alrededor de 7.767 hectáreas, considerando el período 2000 al 2013 (CONAF, 2020).

En los últimos años el sector de la pyme maderera del aserrío ha sido fuertemente afectado por problemas de abastecimiento originados, entre otros factores por los grandes incendios del verano del 2017 y una menor disponibilidad de madera en propiedad de pequeños y medianos propietarios que son los principales proveedores de madera en troza para el segmento de la pyme maderera. En este sentido, a través de los reportes de este programa de investigación, sobre la oferta de madera de diferentes especies, se presentan alternativas de abastecimiento. En esta oportunidad se analizaron las especies nativas de mayor reconocimiento como son roble, raulí y coihue.

En este contexto el objetivo del estudio se orienta a generar proyecciones del recurso para dimensionar la oferta potencial de volumen de madera en pie proveniente de los renovales de Roble-Raulí-Coihue, considerando bosques que cumplan con los criterios para el manejo multipropósito con fines de producción maderera y que se encuentren presentes entre las regiones de Ñuble y Los Ríos. Para esto se considera información base tales como inventario del recurso, parámetros de crecimiento, definición de propuesta de manejo silvícola, según condiciones de los bosques; e incorpora otros supuestos bases, validados por diferentes actores del sector.

Respecto al enfoque metodológico, este es el mismo aplicado en estudios similares que la institución ha desarrollado periódicamente para especies como pino radiata, eucaliptos y pino oregón, considerando como información base la superficie de plantaciones en pie, que, en este caso en cambio, corresponde a la superficie de bosque nativo existente, del tipo forestal. Definiendo, además, parámetros bases como tipos de productos y estimaciones de crecimiento, supuestos de proyección y algunas restricciones. Esto dentro de un enfoque participativo con actores del sector privado y público, que aportan y validan la información de entrada del modelo de proyección con el propósito de alcanzar máxima confiabilidad en los resultados. En cuanto a las proyecciones, los resultados se presentan a nivel regional por tipo de propietario, tipo de producto, proyecciones de volumen futuro, entre otras variables de interés.

El desarrollo de esta información, es especialmente útil para actores del sector público (instituciones del MINAGRI y Gobiernos regionales, entre otros) y del sector privado (Pymes madereras, pequeños y medianos propietarios, asociaciones gremiales, consultores, otros), permitiendo apoyar tanto la competitividad del sector forestal, como la generación de políticas públicas apropiadas.

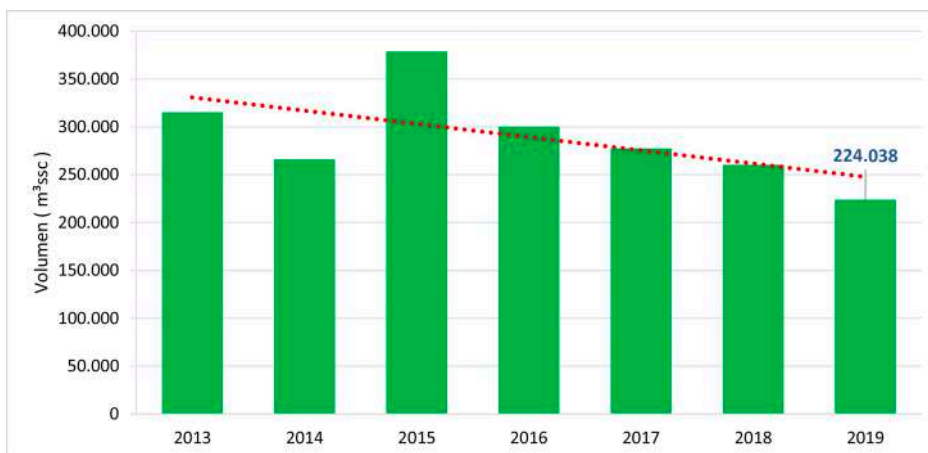
En cuanto a la estructura del documento, este considera secciones relacionadas a: la introducción al tema, el contexto de las maderas nativas y el sector forestal, los antecedentes de los renovales de Roble-Raulí-Coihue, los aspectos metodológicos, los parámetros bases y los supuestos de proyección. En las secciones finales, se presentan los resultados sobre la disponibilidad de volumen del recurso, según escenario de proyección, además de las consideraciones finales e información complementaria en apéndices.

El presente informe, es un trabajo desarrollado bajo el área de investigación Inventario y Monitoreo de Ecosistemas Forestales del Instituto Forestal, específicamente en la línea de Inventario Forestal Continuo, a través del programa denominado “Monitoreo y Oferta de Madera” para la industria de la pequeña y mediana empresa maderera nacional.

2. EL SECTOR FORESTAL Y LAS MADERAS NATIVAS

En las últimas décadas el sector forestal ha desarrollado su producción y aporte a la economía nacional en base al consumo de madera proveniente casi exclusivamente de las plantaciones forestales de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*, que en conjunto alcanzaron los 44.791.857 m³ssc de madera en trozas en el año 2019. Esto representa más del 99% del consumo de madera en troza de la industria a nivel nacional (INFOR, 2020a).

Las especies nativas presentan una participación cada vez menor en el consumo de madera en troza, presentando un consumo de 224.038 m³ssc al año 2019 (Figura N° 1), siendo ésta la cifra más baja que se ha registrado desde que se llevan las estadísticas (INFOR, 2020a). Gran parte de este consumo tiene como destino la industria del aserrío y en menor medida el sector de tableros y chapas.

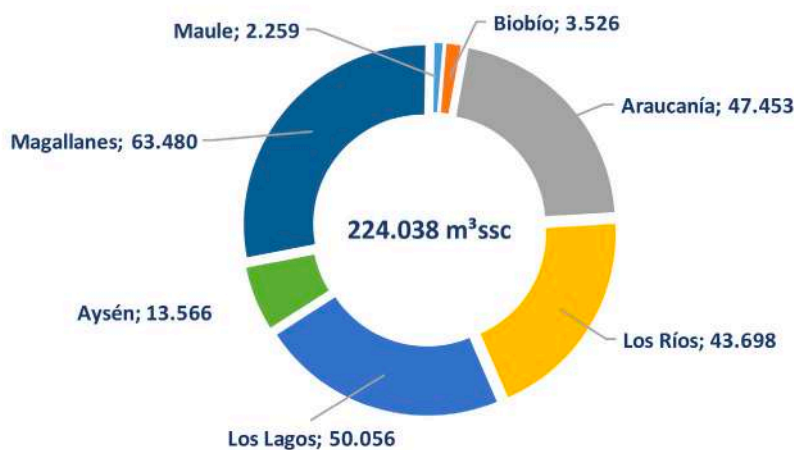


(Fuente: Base estadística de Anuario Forestal INFOR, 2019a; INFOR, 2020a, Apéndice 1)

Figura N° 1
CONSUMO INDUSTRIAL DE MADERA EN TROZAS DE ESPECIES NATIVAS
PERÍODO 2013 - 2019

La producción y demanda de madera en trozas se concentra en las regiones de Magallanes, Los Lagos, Araucanía y Los Ríos, y se orienta a la producción de madera aserrada y en menor medida a tableros (Figura N° 2).

En cuanto a la demanda proveniente de estas regiones, ésta explica el 91% del consumo industrial de madera nativa en el 2019, equivalente a 204.687 m³ssc de volumen de madera en troza (INFOR, 2020a).



(Fuente: Base estadística de Anuario Forestal INFOR, 2019a; INFOR, 2020a)

Figura N° 2
PARTICIPACIÓN REGIONAL EN EL CONSUMO DE MADERA EN TROZA DE ESPECIES NATIVAS
PARA EL PERÍODO 2019

En cuanto al consumo de trozas nativas por parte del segmento del aserrío, este alcanzó los 189.447 m³ssc para el período 2019, presentando una disminución del 10,7% respecto al período 2018 (INFOR, 2020a). Respecto a las especies nativas más utilizadas en el segmento del aserrío, considerando el período 2019, estas corresponden a la especie lenga con 38%, equivalente a 72.602 m³ssc de volumen de madera en troza, seguido de roble con el 18%, equivalente a 34.798 m³ssc, coihue con el 16% de participación, equivalente a 30.563 m³ssc (16%), y otras nativas con el 27% de participación (destacan especies como tepa, raulí, mañío, laurel, ulmo, entre otras), equivalente a un volumen de 51.484 m³ssc (INFOR, 2020c).

Un volumen considerable de madera nativa se destina a satisfacer la demanda energética del sector residencial urbano y rural, especialmente para calefacción y cocina (leña y carbón vegetal). Aunque no se cuenta con cifras oficiales, el consumo nacional de leña proveniente de maderas nativas aumentó de 5,5 a 6 millones de m³ sólidos entre 2014 y 2019. Esto representa entre el 45% y el 50% del consumo nacional de leña y el resto proviene de plantaciones de especies exóticas².

Esta menor participación de las maderas nativas en el abastecimiento industrial y energético se puede explicar por múltiples factores:

- Mayor heterogeneidad de la madera producida, lo que restringe su uso industrial.
- Incertidumbre en el abastecimiento.

² Estas cifras provienen del sistema de monitoreo del consumo de leña que el Instituto Forestal está ad portas de implementar en la plataforma SIMEF (<https://simef.minagri.gob.cl>)

- Aspectos legales, en especial relacionados a la presentación de planes de manejo y los plazos para su aprobación.
- Accesibilidad del recurso.
- Escasa agregación de valor e innovación en los productos.
- Aspectos productivos y de secado.
- Infraestructura deficitaria.
- Aumento de los costos de cosecha y transporte.

A esto se debe agregar la pérdida de mercado de las maderas nativas, relacionada con la entrada de otros materiales o elementos sustitutos, como el acero galvanizado que se utiliza ampliamente en la construcción.

En cuanto a las oportunidades de las maderas nativas, se observa una tendencia a nivel mundial por la utilización de materiales más amigables con el ambiente, presentando un escenario favorable para el mayor uso de las maderas. Prueba de esto es un mayor desarrollo de investigación y realización de seminarios y congresos, presentando las nuevas investigaciones sobre sistemas constructivos en madera (ejemplo edificación en altura, otros), diseños de construcciones, desarrollo de productos, nuevos materiales, uso de componentes principales de la madera (celulosa, lignina, nanofibras de celulosa, aceites, otros), entre otros.

En el contexto nacional, este no ha estado ajeno a la tendencia sobre el mayor uso de madera. En la última década se ha desarrollado una base formada por organizaciones, universidades e instituciones del sector, impulsando el desarrollo de investigaciones, actividades y eventos para posicionar la creación e innovación en torno a la madera. En esta línea el evento Semana de la Madera, en el periodo 2020 cumplió 15 años como punto de encuentro orientado a la creación e innovación en madera, resaltando áreas de arquitectura, diseño, ingeniería, innovación y emprendimientos. A esto se agrega la iniciativa Madera de Alto Valor, proyecto público-privado-universidad, potenciado y financiado por CORFO, que pertenece al programa Transforma, promoviendo la asociatividad y la diversificación productiva de las pymes madereras.

Los proyectos constructivos en base a maderas que se han desarrollado representan también una gran oportunidad para la incorporación de maderas nativas en esta tendencia (Figura N° 3), buscando superar brechas tecnológicas, culturales, técnicas y de gestión, entre otras, y que se refieren a la utilización y posicionamiento de estas maderas en diferentes usos finales.



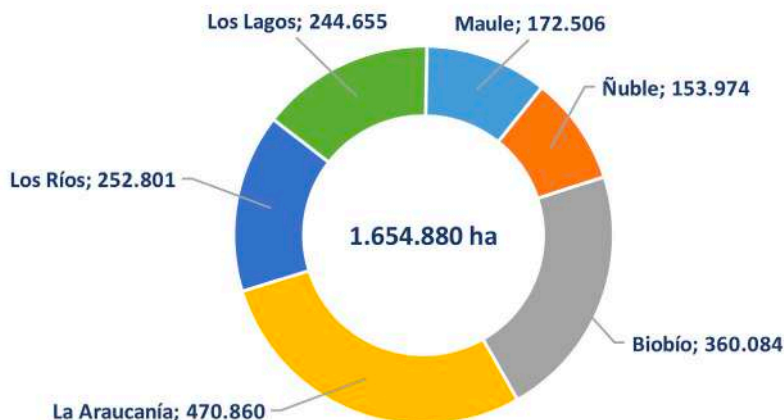
Figura N° 3
IMÁGENES DE MADERA EN TROZA Y ASERRADA QUE SE PRESENTAN EN UNIDADES DE ASERRÍO EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

3. ANTECEDENTES DE LOS RENOVALES DE ROBLE - RAULÍ - COIHUE

3.1. Antecedentes Generales

El tipo forestal Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) - Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl.) Oerst.) - Coihue (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) está dominado por estas especies e incluye los bosques de segundo crecimiento de las mismas. Según Donoso (1981), en un sentido estricto, renewal es todo bosque joven de segundo crecimiento, principalmente constituido por especies de rápido crecimiento y gran habilidad competitiva.

Actualmente, de acuerdo a las cifras del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, los bosques de Roble-Raulí-Coihue (Renovales, Bosque Adulto y otras) cubren más de un millón de hectáreas (CONAF, 2020). Su distribución se presenta entre las regiones de Maule a Los Lagos (Figura N° 4), ubicándose en el rango altitudinal entre los 100 y los 1.000 msnm.



(Fuente: Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile CONAF, 2020)

Figura N° 4
SUPERFICIE DEL TIPO FORESTAL ROBLE-RAULÍ-COIHUE POR REGIÓN

Respecto a la ubicación altitudinal para este tipo forestal, se presentan diferentes situaciones de composición de especies, por ejemplo, roble se ubica en las áreas bajas, una mezcla o situaciones puras de roble y raulí en las áreas intermedias, y raulí y/o coihue en las áreas más altas (Donoso, 1981). Las distintas combinaciones de estas tres especies de *Nothofagus*, o la presencia y/o ausencia de algunas de ellas, determinan la clasificación de cada subtipo forestal, definiéndose los subtipos: Roble-Raulí-Coihue; Coihue; y Roble (CONAF/CONAMA/ BIRF, 1999).

3.2. Requerimientos Ecológicos

3.2.1. Suelos y Clima

En forma general, la especie raulí se desarrolla en la Cordillera y Precordillera de Los Andes, en suelos derivados de cenizas volcánicas y en la Cordillera de la Costa se presenta en suelos de origen metamórfico (Quintanilla, cit por Garrido *et al.*, 1979). En cuanto a las condiciones climáticas en que se desarrolla raulí, son bastante variables, encontrándose tanto en los climas templado húmedos con veranos seco (parte septentrional de su distribución), como en climas más templados con precipitación abundante todo el año (parte meridional de su distribución).

Para roble, esta especie se encuentra preferentemente en suelos profundos, fértiles y con cierta humedad. Para el área más septentrional de la Cordillera de la Costa (33° Lat. Sur), roble crece en suelos de roca granítica poco desarrollados. Más al sur, este se desarrolla sobre esquistos y micaesquistos poco profundos (50 a 60 cm) de textura comúnmente franca y con grava (Pimstein, 1974, cit. por Donoso, 1981).

Donoso *et al.* (1993) definieron zonas de crecimiento de renovales de roble y raulí en su rango de distribución, concluyendo que roble para un mejor crecimiento requiere de clima con abundante precipitación (sobre los 1.500 mm anuales), sin o con un corto periodo seco (< a 4 meses), y con temperaturas medias anuales superiores a 10° C.

Respecto de coihue, esta especie crece bajo condiciones muy variadas, encontrándose en suelos de distintas profundidades, drenaje variable, buena disponibilidad de humedad (Donoso *et al.*, 1993). En cuanto a las condiciones climáticas, estas varían considerablemente dentro de su rango de distribución, presentando precipitaciones anuales entre 700 a 1.000 mm en la región mediterránea y aumenta gradualmente desde Valdivia a Aysén. También se produce una variación de oeste a este, siendo mayor la precipitación en las pendientes occidentales de la Cordillera de la Costa y de la Cordillera de Los Andes (Kunstmann, 1965, cit. por Donoso, 1978).

3.2.2. Altitud y Exposición

En cuanto a las variables de altitud y exposición, la especie raulí se presenta normalmente en las laderas de ambas cordilleras, sobre 500 msnm, en pendientes de hasta 30%. El mejor desarrollo se presenta entre los 700 a 800 msnm.

En estudios realizados en renovales de roble y raulí, se concluyó que la exposición este corresponde a una zona de baja densidad de individuos, con dificultades para el crecimiento. Mientras que las exposiciones sur muestran una marcada disminución en el número de individuos, lo que sería efecto de la condición de intolerancia de la especie a la sombra. En cuanto a los rodales de exposición norte muestran una situación totalmente opuesta, siendo más favorable para el desarrollo de raulí junto a roble (Castro y Figueroa, 1977, cit. Por Garrido *et al.*, 1979).

Respecto a roble, crece desde los 100 hasta 2.000 msnm o más. Sin embargo, un estudio realizado por Donoso *et al.* (1993) señala como zona de crecimiento óptimo la zona

comprendida en la Cordillera de los Andes entre los 400 a 800 msnm entre La Araucanía y Los Lagos, y entre los 650 a 1.000 msnm entre las regiones del Maule y Biobío.

Para el caso de coihue, su rango altitudinal es extenso, presentándose en la mitad norte de su área geográfica entre los 700 y 1.200 msnm, pero decrece gradualmente hacia el sur (Rodríguez, 1969). En su distribución norte crece entre los 800 y 1.000 msnm (Donoso, 1981; Rodríguez *et al.*, 1983).

Para Rodríguez *et al.* (1983), coihue se ubica en los faldeos cordilleranos de exposición sur, en su distribución norte, y hacia el sur alrededor de lagos y ríos, donde se encuentran los mejores individuos.

3.3. Antecedentes de las Variables de Estado

Las principales variables de estado, son reportadas desde los informes anuales del Inventario Nacional Forestal y complementadas con otros proyectos de INFOR, en particular el proyecto INNOVA/CORFO/09CN14-5854 “Desarrollo de Tecnología silvícola productiva como apoyo para la Implementación de la Ley de Bosque nativo” (INFOR, 2012a). En el último informe (INFOR, 2020b) se indica que los bosques de Roble-Raulí-Coihue, para las regiones de estudio, presentan en promedio valores de volumen bruto total de 271,1 m³ssc/ha y su área basal es cercana a los 37,2 m²/ha.

En términos de densidad, las regiones de Ñuble y Biobío presentan los valores más altos con sobre 1.100 árboles por hectárea como valor medio. En tanto en área basal los valores más altos se presentan en la región de los Ríos.

En cuanto al crecimiento anual, las regiones de la Araucanía y Los Ríos muestran valores similares de 8,5 y 8,1 (m³/ha/año) respectivamente, mientras que las regiones de Ñuble y Biobío tienen un mayor valor, de 11,5 (m³/ha/año).

Si bien estas cifras corresponden a las tendencias medias para el tipo forestal, la variabilidad de las condiciones ambientales y las distintas intervenciones a las que se han sometido, generan a su vez una dispersión en el valor de estas variables. Todas dentro del rango indicado en estudios previos para renovals.

En particular, en términos del crecimiento, la variación observada por distintos autores señala rangos de crecimiento que van desde los 3-5 (m³/ha/año) a los 20–23 (m³/ha/año) (De Camino *et al.*, 1974; Donoso, 1988; Donoso *et al.*, 1993; Grosse y Quiroz, 1998; Donoso y Lara, 1999; Echeverría y Lara, 2004).

Cuadro N° 1
VARIABLES DE ESTADO DE BOSQUES DE ROBLE - RAULÍ - COIHUE

Variables	Unidad	Regiones			
		Ñuble - Biobío	La Araucanía	Los Ríos	Macroregión
Crecimiento MedioVol	(m³ssc/ha/año)	11,5	8,5	8,1	9,4
Volumen medio	(m³ssc/ha)	284,9	241,6	286,9	271,1
Área Basal media	(m²/ha)	36,9	32,8	42,0	37,2
Número árboles	(árb/ha)	1.186,6	878,3	843,0	969,3
Vol Neto	(m³ssc/ha)	217,5	183,3	225,3	208,7
Superficie Total	(ha)	480.667	432.488	192.732	1.105.888

(Fuente: Inventario Forestal Continuo. INFOR, 2020b).

Respecto a las calidades de las maderas proveniente de estas formaciones, si bien en este estudio no fue una variable considerada, se puede encontrar una referencia en el trabajo de INFOR (2012b) quienes, en base a las normas chilenas estiman valores medios para bosques en pie, de un 7% en grados de calidad excelente, 17,8% en calidad intermedio superior, un 42,2% en calidad medio-inferior y sobre un 30% en calidad inferior según valores obtenidos. En el mismo estudio se estimaron calidades a nivel de productos, presentando valores de un 11% calidad A (mayor calidad), 13% calidad B, 15% calidad C y 61% calidad D (calidad inferior).

3.4. Antecedentes del Manejo Forestal

Cada acción de corta de bosque nativo se realiza previa aprobación por parte de CONAF de un plan de manejo. Hoy día los planes de manejo responden a los referidos por:

- Decreto Ley de Fomento Forestal de 1974.
- Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal de 2008.
- Normas de Adhesión Voluntaria.
- Autorizaciones de Corta en superficies pequeñas.

Los planes de manejo son aprobados o rechazados por CONAF en un plazo de 90 días desde que se presenta el plan de manejo, pasado ese plazo se consideran aprobados. El pago de la bonificación se solicita una vez ejecutadas las actividades del plan. Con estos antecedentes es posible explicar la diferencia existente en las cifras de superficie entre, planes de manejo aprobados y planes de manejo ejecutados o con bonificación.

A partir del año 2008, a través de la Ley N° 20.283 del Ministerio de Agricultura, se ha buscado estimular las intervenciones oportunas del bosque. Según estadísticas publicadas por CONAF (plataforma SIMEF), en el período 2011 a 2018 se han aprobado, a nivel nacional, planes de manejo que acumulan una superficie de 54.053 hectáreas para el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue. Por otra parte, para un período similar 2010-2018 se han bonificado sólo 10.632³ hectáreas para el mismo tipo, es decir, el 80% de la superficie tenía actividades de manejo pendientes de realizar. Si se considera solo las 845 mil hectáreas de renovales de Roble-Raulí-Coihue potencialmente aprovechables entre las regiones del Biobío y Los Ríos (INFOR, 2014), lo efectivamente manejado correspondería al 1,2 % del potencial.

Según antecedentes aportados por CONAF, considerando registros entre los años 1999 y 2019, la superficie de Roble-Raulí-Coihue, con distintos tipos de planes de manejo aprobados, ha sido variable durante el período, en un rango entre las 2.000 a más de 8.800 hectáreas anuales, entre las regiones del Ñuble a Los Ríos (Figura N° 5).

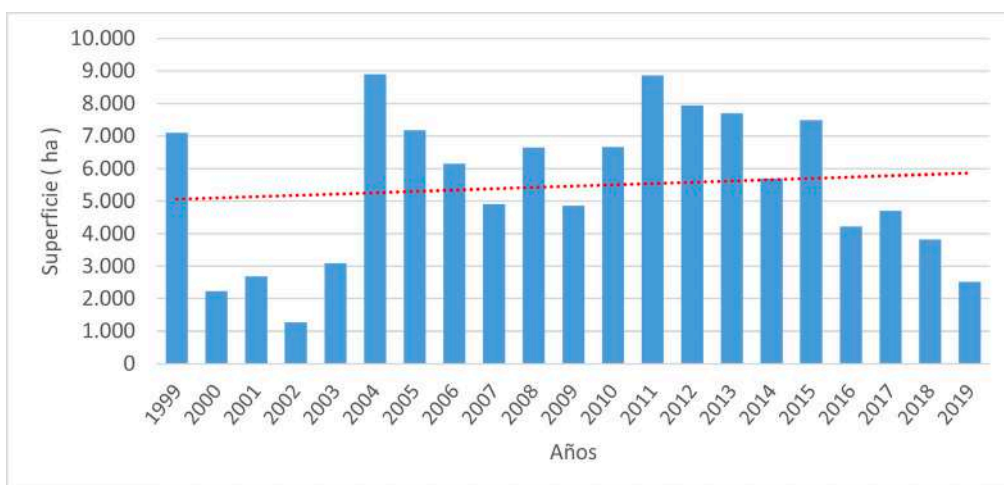


Figura N° 5
SUPERFICIE DE PLANES DE MANEJO APROBADOS

En la serie histórica se observa una tendencia ligeramente creciente en las cifras de superficies con planes de manejo aprobados para estas formaciones, con un valor promedio superior a las 5.000 hectáreas anuales. Sin embargo, los tres últimos años de la serie se ha aprobado una superficie menor al promedio. Así el año 2017 alcanza 4.706 hectáreas, 3.825 en las 2018 y 2.513 hectáreas en el año 2019.

La información respecto de las superficies que presentan planes de manejo, así como de las que se bonifican, sirve de marco de referencia en el estudio, para la generación de escenarios que aproximen esta tendencia, y cuál sería el impacto futuro de que ella continuara en el tiempo.

³ Información aportada por CONAF Los Ríos, Sección Bosque Nativo, Departamento Desarrollo y Fomento Forestal. 2019

Cabe recordar que la Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC) de Chile, actualizada al año 2020⁴, contempla dentro de sus compromisos, el manejo sustentable y recuperación de 200.000 ha de bosque nativo al año 2030, lo que se espera contribuya con capturas del orden de los 0,9 a 1,2 MtCO₂eq de los GEI. Para lograr esta meta, se requiere un cambio en las tasas actuales de superficies bajo manejo, que también debería impactar a los renovales de Roble-Raúlí-Coihue, con una contribución significativa en términos de superficies efectivamente manejadas.

⁴ https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf

4. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

En términos generales, la metodología utilizada es similar a la aplicada en el estudio de disponibilidad de madera en renovales realizada entre los años 2013 y 2014, sumada a la utilizada en los estudios en plantaciones de *Pinus radiata*, *Eucaliptus spp.*, y *Pseudotsuga menziesii* en Chile (INFOR, 2014; INFOR, 2018; INFOR, 2019a). Esta consiste en una revisión, recopilación y preparación de la información base respecto a las variables como superficie, esquemas de manejo silvícola, consumo y crecimientos, considerando diferentes parámetros bases, supuestos y criterios técnicos, que permitan modelar la oferta futura de volumen de madera en trozas, reflejando de la mejor manera posible la realidad del sector.

En particular, este estudio se enfoca en los renovales de Roble-Raúl-Coihue que se encuentran presentes entre las regiones de Ñuble y Los Ríos, considerando los bosques (renovales) que cumplan con los criterios para el manejo multipropósito con fines de producción maderera establecidos por la Ley 20.283 del Ministerio de Agricultura sobre la Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, así como las áreas de exclusión que la restringen (reglamento suelo-agua-humedales, áreas públicas y privadas de conservación, entre otros).

La metodología del estudio corresponde a un modelo general de trabajo para la proyección donde se contempla:

- (i) la atribución de la superficie con parámetros de rodal, mediante métodos de interpolación espacial,
- (ii) la proyección del crecimiento del recurso mediante modelos de simulación,
- (iii) un modelo matemático que permitirá maximizar la oferta física del recurso.

En este ámbito, se utiliza como información base la superficie del bosque nativo definida para el subtipo renovales de Roble-Raúl-Coihue, considerando la información más actualizada posible por región del Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos (CONAF, 2020). En cuanto a los supuestos que se utilizan como entrada al modelo de proyección, la metodología considera un enfoque participativo de trabajo con actores del sector que aportan y validan la información.

A continuación, se describen aspectos relacionados al modelo de proyección y la metodología utilizada en cada etapa de su desarrollo.

4.1. Modelo de Proyección

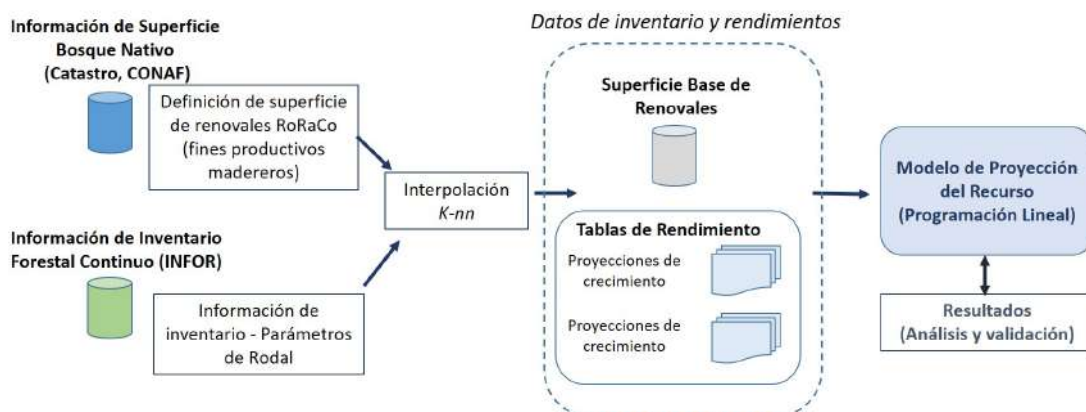
El Instituto Forestal está trabajando desde los años 80 en los estudios de disponibilidad futura de madera. En un principio focalizado principalmente en *Pinus radiata*, pero con el tiempo se fueron incorporando las otras especies de interés, como *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. Más recientemente se han incorporado a este trabajo los Renovales de Roble-Raúl-Coihue (año 2014) y las plantaciones de pino oregón (INFOR, 2019a).

El modelo de trabajo ha sido consistente con el modelo utilizado en los otros estudios, donde se considera en primer lugar, la información de superficie, en este caso, de renovales

presentes en la macro región Ñuble a Los Ríos, considerando la información más actualizada por región del Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos (CONAF, 2020). En segundo lugar, se requiere la información de inventario forestal de estos renovales, aportada por el Inventario Forestal Nacional de INFOR, que reporta información de los parámetros a nivel de rodal, destacando la información de área basal, densidad, volumen bruto, además de las variables de composición del bosque y altura de los árboles.

Sobre esta información base se trabajó la definición y asignación de esquemas de manejo silvícola según las condiciones de rodal, definiendo la proyección del crecimiento y la estimación de los productos madereros potenciales a obtener en cada intervención. La proyección y el rendimiento en productos, según esquema de manejo definido, fue desarrollada con el apoyo del simulador Nothofagus (Notho, año 2000, y Nothopack, año 2020⁵).

En la Figura N° 6 se describe la relación de las diferentes fuentes de información que requiere el modelo.



(Fuente: Adaptado del modelo Disponibilidad de Pino radiata. INFOR, 2005)

Figura N° 6
DIFERENTES FUENTES DE INFORMACIÓN DEL MODELO DE DISPONIBILIDAD

⁵ Desarrollado por académicos de la Universidad Austral de Chile, University of Florida, Estados Unidos, y VSN International.

4.2. Definición de Restricciones

Respecto del conjunto de restricciones definidas para el modelo de proyección, estas son las siguientes:

- a. La superficie de renovales de Roble-Raulí-Coihue, definida para el área de estudio (macro región de Ñuble a Los Ríos).
- b. Descarte de las áreas de exclusión (legales y ambientales) al manejo de este tipo forestal.
- c. Estimación de variables de estado de estos bosques, según proceso de interpolación espacial.
- d. Estimación de la superficie de bosques en degradación o que por stock no permitan nuevas intervenciones silvícolas.
- e. El volumen obtenido por cortas de regeneración y por raleos, según los tipos de productos definidos, está determinado por las tablas de rendimiento estimadas desde el simulador y otras fuentes auxiliares de información.
- f. Las actividades de manejo silvícola están asociadas a las condiciones iniciales del bosque nativo, además de definir los diámetros objetivos para las actividades de cortas de cosecha.
- g. La solución debe satisfacer la restricción de oferta total de madera no decreciente o constante en el tiempo, satisfaciendo el nivel de consumo definido.

4.3. Criterio de Proyección

El criterio de proyección es de Disponibilidad Máxima No Decreciente, de acuerdo al cual el modelo busca una solución para mantener una oferta no decreciente en el horizonte de planificación.

Esta modalidad permite obtener una proyección más estable del volumen de madera total disponible.

4.4. Información de Superficies

El área de la macro región considerada en el estudio y sus límites fueron definidos considerando el nivel de importancia que presenta el tipo forestal entre las regiones de Ñuble a Los Ríos.

Del área potencialmente disponible para un manejo con fines madereros deben excluirse áreas que presenten restricciones al manejo como la cercanía a cursos de agua, las pendientes fuertes y las áreas definidas como de protección, tanto públicas como privadas, disminuyendo el área potencial a considerar en el marco del estudio.

La metodología para la ubicación y selección de los bosques que formaron parte del estudio consideró:

- Recopilar cartografía actualizada del Catastro de Recursos Vegetaciones de las regiones de Ñuble, Biobío, Araucanía y Los Ríos.

Las coberturas consultadas corresponden a: Coberturas del Catastro de SIT CONAF (Fuente: CONAF, 2020). Considerando, junto con la superficie del tipo y subtipo forestal, la clase de cobertura asignada, según sean bosques densos, semidensos o abiertos. Fecha de descarga de archivos: 2 de marzo 2020.

- Ñuble 2015
- Biobío 2015 versión 2
- Araucanía 2014
- Los Ríos 2014
- Los Lagos 2013

- Criterios de Exclusión de superficie de renovales

En este contexto se descontaron las superficies relacionadas con:

- Áreas silvestres protegidas - SNASPE (CONAF, 2016)
- Iniciativas de conservación privadas (MMA, 2013)
- Bienes Nacionales Protegidos (IDE Chile, 2016)
- Humedales clasificados como sitios prioritarios de conservación, Sitios RAMSAR (2012)
- Inventario de Humedales (MMA obtenida desde SINIA, 2015)
- Glaciares (DGA, 2015)
- Distancia de cursos y cuerpos de agua (IGM, 2015). De acuerdo al reglamento de suelos, agua y humedales (ZPE cuerpos agua y cursos permanentes (lagos/lagunas)⁶.
- Zonas de pendientes mayores a 60% (en base a Modelo de elevación digital de 30m (SRTMGL1 versión 3, JPL) (NASA, 2013)).

⁶ 5m radio (hasta 10 para cursos sección cauce >0.5m²).

ZPE cauce permanentes >0.5m². 0m si pendiente <30%. 10m radio si pendiente 30-45% y 20m radio si pendiente >45%.

Exclusión: por principio de precaución, ya que no se tiene sección ni ancho de los cauces en el caso de las coberturas de líneas, se excluirá de la oferta 10 m de radio a ambos lados de la línea para las ZPE en cursos permanentes.

Para los cuerpos de agua se excluirá un *buffer* de 10m hacia su exterior.

Exclusión: para las ZPE se excluirá de la oferta áreas asociadas a cursos y cuerpos de agua permanentes de la siguiente manera: pendiente <30% - 0m de radio adicionales (sobre los 10m radio) a ambos lados línea (Clase 1 y 2); pendiente 30-45% - 10m radio adicionales a ambos lados línea (Clase 3); y pendiente >45% - 20 m radio adicionales a ambos lados línea (Clase 4 y 5).

4.5. Definición de Tipo de Propietario

En el estudio se utilizó una clasificación aproximada sobre el tipo de propietario, según tamaño de la propiedad. Esta información se relaciona con distintas formas y objetivos de manejo del bosque, en particular de pequeños propietarios, por ejemplo, destinan sus productos al autoconsumo. Para generar estas categorías se utilizó la cobertura de roles de CIREN (IDE MINAGRI, 2016), donde de acuerdo a la superficie predial se consideraron las siguientes clases utilizadas en otros estudios de INFOR (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2
CLASIFICACIÓN SEGÚN TAMAÑO DE PROPIEDAD

Clase	Tamaño de Propiedad
	(ha)
1	<= 50
2	Entre > 50 a <= 200
3	> 200 a <= 1.000
4	> 1.000

(Fuente: Ide Minagri. CIREN, 2016)

4.6 Parámetros de Rodal - Datos de Inventario e Interpolación Espacial

Los datos que caracterizan el recurso, provienen del IFN y otras parcelas levantadas en el marco de estudios complementarios, de modo de disponer de una fuente de datos robusta que permita obtener proyecciones más precisas del recurso.

Dado que esta fuente de información contiene temporalidad de datos distinta, es necesario generar un proceso de compatibilización de la información.

Esto es posible, en parte, porque la metodología de levantamiento de la información se basa en los mismos protocolos de captura y, en parte, porque la información cuenta con antecedentes de crecimiento.

Las fuentes de datos corresponden a los inventarios disponibles por región.

- Regiones del Biobío, Araucanía y Los Ríos – año 2016
- Regiones del Biobío, Araucanía y Los Ríos – año 2012
- Regiones Araucanía y Los Ríos – año 2002
- Inventario Caracterización Renovales de Roble-Raulí-Coihue – año 2011

Se consideró un total de 796 parcelas, cuyos parámetros medios por región se presentan en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3
PARÁMETROS MEDIOS POR REGIÓN EN BASE A LA INFORMACIÓN DE LOS DATOS
DEL INVENTARIO FORESTAL CONTINUO

Región	Total Parcelas	Área Basal		Densidad		Volumen	
		Media	DS	Media	DS	Medio	DS
	(N°)	(m ² /ha)		(árb/ha)		(m ³ /ha)	
Ñuble	105	31,7	9,1	813,2	339,9	252,9	78,7
Biobío	125	32,4	9,3	833,7	349,3	257,6	79,0
La Araucanía	332	32,0	9,1	849,8	357,8	254,1	76,3
Los Ríos	234	32,3	9,1	864,7	360,7	255,0	73,7
Total	796	32,2	9,2	844,2	354,5	255,2	76,9

DS: Desviación estándar

Con el propósito de proveer de datos sobre una superficie continua definida por la cobertura de bosques de Roble-Raúlí-Coihue, se realiza una interpolación espacial no paramétrica mediante el método de k-vecino más cercano el cual recurre a información espacial de complemento como aquella de las bandas espectrales de satélite, en este caso *Landsat VII* y *V*, el modelo de terreno en variables de exposición, pendiente y altitud conformando un vector conjunto multivariado de n dimensiones.

$$\mathbf{V} = [\text{exp, pend, altitud, } c1, c2, c3, c4, c5, \text{N/ha, AB/ha, Vol/ha}]$$

Donde:

- C1 : Canal Azul
- C2 : Canal Verde
- C3 : Canal Rojo
- C4 : Canal Irc
- C5 : Canal Ir
- Exp : Exposición
- Pend : Pendiente (%)
- Altitud : Altitud (msnm)
- N/ha : Número de árboles/ha
- AB/ha : Área basal/ha
- Vol/ha : Volumen/ha

Considerando la superficie interpolada según el vector multivariante antes descrito, se genera una superficie por cada variable de estado en forma de mapa temático digital tipo *raster* con resolución espacial a 1 ha. Se aplicó un procedimiento de validación de los valores interpolados contrastándolos con una muestra de validación de terreno, ejecutada en específico a este propósito con una muestra equivalente a 100 unidades de validación levantadas en terreno mediante la aplicación de parcelas de radio variable o parcelas Bitterlich.

El resultado de la validación se realiza mediante el cálculo del Error Medio Cuadrático de los residuos generados entre la verdad de terreno y los valores interpolados, la variable utilizada a este objetivo corresponde al Diámetro Medio Cuadrático, el cual integra en un solo valor los estimados de Área basal y Número de árboles por hectárea.

En el Cuadro N° 4 se detalla la calidad de la interpolación en rangos de DMC.

Cuadro N° 4
ERROR ESTIMADO DE LA INTERPOLACIÓN SEGÚN RANGOS
DE DIÁMETRO MEDIO CUADRÁTICO

Rango DMC (cm)	Error estimado (%)
< 20	87,5
20 - 25	18,05
25 - 35	26,96
35+	50,49
Error poblacional	36,68

En términos totales el error de estimación de la interpolación alcanza el 36,7%, de cada 100 valores interpolados 36 de ellos son erróneos. De la observación por rango de predicción, el rango 20 a 35 cm representa el menor grado de falla promedio de 22,5%. El rango que representa los tamaños menores, tiene el error más alto asociado, por lo que estas cifras deben observarse con precaución.

Con la aplicación de este método fue posible la asignación de variables de estado a los rodales seleccionados. En el caso de la composición de especies, en particular la participación de roble, raulí y coihue en el rodal, se aplicó una imputación del vecino más cercano, en sus valores multiespectrales.

De esta forma fue posible contar para cada rodal incluido en el área de estudio con parámetros de composición y estado, que permitieran estimar su proyección en el tiempo y asignación de esquemas de manejo. Generando también los productos en cada intervención, que finalmente sirvieron de *input* al modelo de planificación.

4.7 Definición de los Productos Esperados

Los productos que se definieron en este estudio (Cuadro N° 5) provienen también de las consultas hechas a los actores relevantes. Donde se reconoció que la meta de producción de pequeños propietarios generalmente es leña para el autoconsumo y que dependen del extensionista para la elaboración de los planes de manejo.

En tanto, propietarios medianos a grandes, que ejecutan planes de manejo habitualmente, si bien producen leña, como un producto intermedio, tienen metas de producción de madera aserrada y en algunos casos también durmientes. Muchos de ellos incorporan un manejo de largo plazo, que apunta a la obtención de un diámetro objetivo y en general de productos de mayor valor agregado lo que amplía el plazo del manejo.

Cuadro N° 5
DEFINICIÓN DE PRODUCTOS EN TROZAS

Productos	Tipo de Productos (Trozaz)				Observaciones
	Roble-Rauli-Otros		Coihue		
	Diámetro	Largo	Diámetro	Largo	
	(cm)	(m)	(cm)	(m)	
P1	>34	3,6	>50	3,6	Trozaz aserrables de alto valor
P2	>34	2,6	>34	3,6	Trozaz debobinables
P3	>20	2,44	>30	2,44	Trozaz cortas aserrables
P4	>10	2,44	>10	2,44	Trozaz Pulpables
P5	>5	1.00	>5	1.0	Leña

4.8 Definición de Esquemas de Manejo

En la definición de los esquemas de manejo se consideró la información de estudios pasados, la experiencia y conocimiento sobre los esquemas de manejo que se aplican actualmente en el bosque, a través de la consulta a empresas y propietarios forestales, Aprobosque A.G., y lo observado por CONAF, a través de los planes de manejo que se postulan y fiscalizan. Se organizaron reuniones con los distintos funcionarios de las regiones del área de estudio. Así mismo se analizó información pública respecto de los planes de manejo.

Se consideraron también las herramientas desarrolladas por INFOR para el apoyo al manejo, como son los diagramas de manejo de densidad.

A través del estudio de oferta de madera de renovales se buscó representar las condiciones del bosque actual y considerando no restringir la oferta a las superficies actualmente manejadas, manteniendo en las intervenciones criterios simples y operativos.

Del estudio pasado de disponibilidad de madera para renovales, se rescató de los esquemas de manejo definidos en base a las propuestas silvícolas de INFOR (2012b) y del estudio de rentabilidad de INFOR (2013), pero esta vez solo se consideraron manejos coetáneos, con cortas de cosecha y regeneración, al alcanzar un cierto diámetro objetivo, definido por el tipo de productos.

Los esquemas silvícolas aplicados diferenciaron:

- 1) Renovales puros con dominancia de roble-raulí
- 2) Renovales puros con dominancia de coihue
- 3) Renovales mixtos, de *Nothofagus* con participación importante de especies de Siempreverde.

Con los datos interpolados se calculó el Índice de Densidad desarrollado, según INFOR (2012b). En la Figura N° 7, se presenta la ubicación de los rodales en el diagrama de densidad (DMD) para Roble-Raulí-Coihue, que permite apreciar la variabilidad de condiciones que resultaron de los procesos de interpolación realizados.

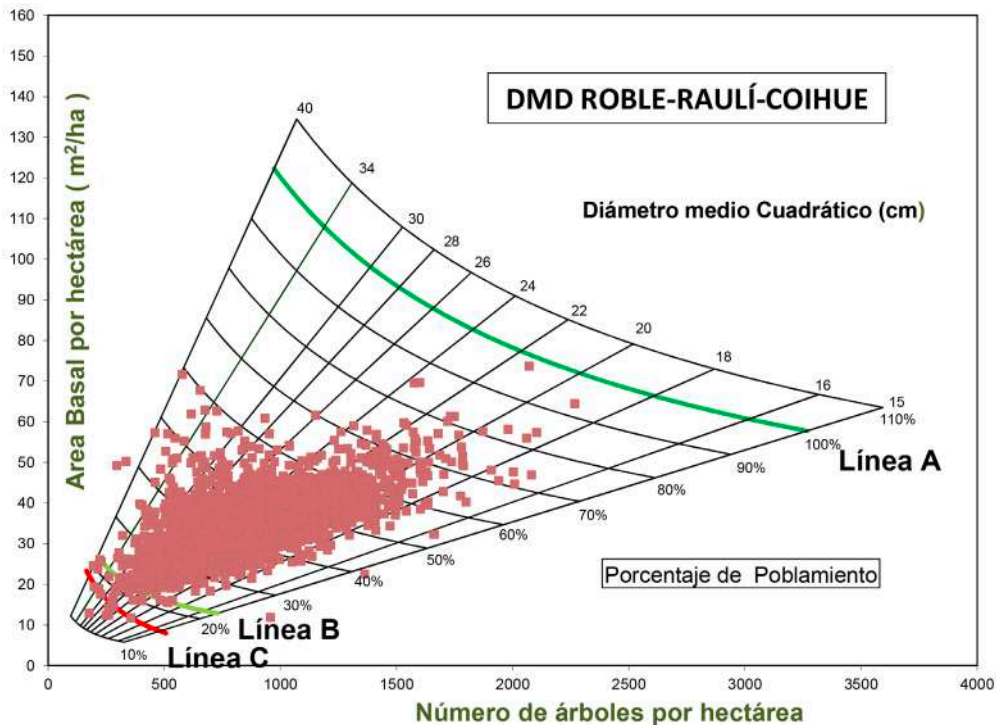


Figura N° 7
REPRESENTACIÓN DE LOS RODALES

El fin es seleccionar aquellos rodales que fueran aptos para intervenir, es decir, que estuvieran sobre la línea de densidad del cierre de copas. Descartando aquellos rodales que se ubicaron en el diagrama bajo la línea B.

El cálculo de la línea de densidad al cierre de copas corresponde a:

$$Nha^* = 21459 * DMC^{-1,25}$$

Nha^* como el número de árboles al cierre de copas.

Se analizaron los parámetros de densidad y área basal con el fin de agregar la dispersión observada. Se identificaron tres niveles de densidad, sobre 1.200 árb/ha, entre 1200 y 800 árb/ha y con menos de 800 árb/ha.

En el caso del área basal los rangos definidos correspondieron a área basal sobre los 48 m²/ha, entre 48 y 25 m²/ha y rodales con área basal menor a 25 m²/ha.

Esta agrupación se utilizó en representación de la diversidad encontrada y que se grafica en la Figura N° 8 en el diagrama de densidad.

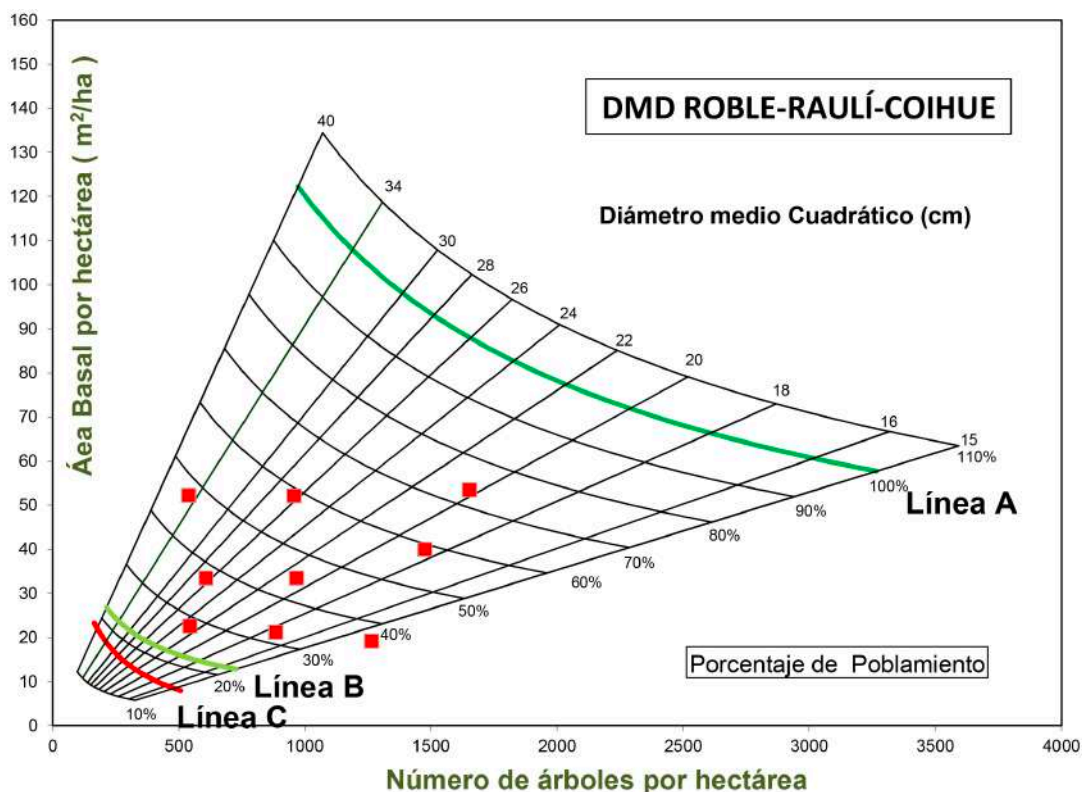


Figura N° 8
RODALES SELECCIONADOS COMO REPRESENTATIVOS

Finalmente, como esquema de manejo se definieron cortas por raleos al 30% del área basal existente, siempre que esa reducción mantuviera la densidad relativa dentro de las áreas consideradas de manejo, iniciando los raleos en cuanto los rodales alcanzaron 20 cm en DMC, o lo más cercano a ello, en un rango no mayor a 2 cm. La extracción debe mantener como residual el mismo DMC, favoreciendo a los *Nothofagus*.

El raleo se puede volver a realizar cuando el rodal alcance los 24 a 25 cm en DMC. Sigüientes raleos alrededor de los 30 cm y 35 cm. Alrededor de los 40 cm se inician cortas de cosecha y regeneración.

4.9 Proyección del Crecimiento

A diferencia de lo que sucede con las plantaciones forestales, que son las que mueven el 99% de la oferta de madera del país, los bosques nativos, cuya oferta en maderas alcanza a menos del 1% del consumo, no cuentan con el mismo grado de desarrollo e investigación, no poseen una red de parcelas permanentes que permitan monitorear su desarrollo bajo distintas condiciones de crecimiento o ensayos de manejo de largo plazo.

Los bosques de Roble-Raulí-Coihue son los que cuentan con mayores estudios, que han permitido las construcciones de funciones requeridas para las proyecciones, dentro de esas iniciativas se cuenta con el simulador NOTHO desarrollado por Ortega y Gezán (1999) para renovales de Roble-Raulí-Coihue.

El simulador de *Nothofagus* “NOTHO” integra el conocimiento científico y técnico existente, utilizada tanto en proyectos de investigación como en tesis de pre y postgrado (Ortega, 2003).

NOTHO permite estimar proyecciones del crecimiento y rendimiento a partir de la variable Especie Dominante, que es la especie mayoritaria del dosel dominante del rodal. En rodales puros, corresponde a cualquiera de las especies roble, raulí o coihue, cuya proporción en área basal sea mayor al 70% de la suma de todos los *Nothofagus*, en caso contrario el rodal pasa a ser mixto.

El simulador ocupa como variables de entrada la zona de crecimiento, edad, altura dominante o sitio, área basal y densidad total del rodal y para cada uno de los tres *Nothofagus*, su participación en términos del área basal y densidad, así como también el valor agregado de densidad y área basal, para las especies acompañantes.

En este estudio se trabajó en base a una zona y sitio promedio, provistos desde el simulador, para representar la condición media del bosque.

- Edad

Se debió construir una función que permitiera estimar la edad basada en parámetros de rodal.

La función se construyó con los datos levantados por un inventario de renovales de 200 conglomerados el año 2011, que consideró la toma de una submuestra de edades (INFOR, 2012b).

Los conglomerados se distribuían entre las regiones del Biobío y Los Ríos. La función ajustada con mejores resultados fue la siguiente:

Parámetros	Estimación	EE	I	p-valor
A	6,15	1,59	3,87	0,0001
B	0,5	0,08	6,14	<0,0001
C	0,64	0,07	9,64	<0,0001

Con Edad en años, DMC: diámetro medio cuadrático en cm, y AB, área basal en m²/ha.

Con un tamaño de muestra de 195 pares de datos y un error medo cuadrático de 10,55 años.

- Rendimientos

Se generaron varias corridas con el simulador representando condiciones con predominancia de roble, roble y raulí, y coihue. Con mayores y menores densidades.

Algunas de los parámetros de entrada se presentan en el Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6
PARÁMETROS DE ENTRADA AL SIMULADOR

Esquemas	Composición	HDOM	Edad	Área Basal	Densidad	DMC
		(m)	(años)	(m ² /ha)	(árb/ha)	(cm)
1	Roble			14,3	1.016	13,4
	Raulí			2,1	101	16,3
	Coihue			0,3	6	26,1
	Otras			1,5	167	10,6
	Total	24	36	18,2	1.290	13,4
2	Roble			12,3	733	14,6
	Raulí			4,5	140	20,2
	Coihue			2,0	85	17,3
	Otras			2,8	262	11,7
	Total	13	20	21,6	1.220	15
3	Roble			22,3	920	17,6
	Raulí			13,5	290	24,3
	Coihue			8,1	180	24,0
	Otras			9,1	262	21,1
	Total	12,4	20	53	1.650	20,2
4	Otras			18,6	310	15,1
	Coihue			53,7	2.270	18,0
	Total	9,3	38	72,3	2.580	18,9

Los estratos definidos según los distintos niveles de densidad y área basal, se proyectaron en base a las salidas del simulador. En algunos casos se ajustaron, utilizando las salidas como patrones de desarrollo. De la misma forma, y dado que el simulador ha sido desarrollado para rodales de buen desarrollo, los productos se validaron en base a estudios anteriores (INFOR, 2013) y algunos trabajos de tesis (Morales, 2003).

Desde los distintos esquemas definidos, según el estado inicial de los rodales y su proyección en el tiempo, se obtuvo la edad a la que se alcanzan los diámetros objetivos. Esta información corresponde a los rendimientos, de raleo y por corta final, que alimentan el modelo de planificación.

4.10 Vector de demanda

Para representar la demanda, se considera la información de estadísticas de consumo de madera en troza (Cuadro N° 7) y leña, considerando el período 2015 al 2019.

En cuanto a la demanda de las regiones del estudio, el 91% del consumo industrial, equivalente a 204.687 m³ssc de volumen de madera en troza se concentra en las regiones de estudio (INFOR, 2020a).

Por otra parte, un volumen considerable de madera nativa se destina a satisfacer la demanda energética del sector residencial urbano y rural, especialmente para calefacción y cocina (leña y carbón vegetal). Aunque no se cuenta con cifras oficiales, existen antecedentes que indican que el consumo nacional de leña proveniente de maderas nativas aumentó de 5,5 a 6 millones

de m³ sólidos entre 2014 y 2019. Esto representa entre el 45% y el 50% del consumo nacional de leña, dado que el resto proviene de plantaciones de especies exóticas (INFOR, 2020b).

Para contar con un valor ajustado respecto al aporte de los renovales de Roble-Raulí-Coihue al consumo industrial y de leña en las regiones de estudio, en base a la proporción en superficie de este tipo forestal, respecto del total de bosques en cada región, se calculó un factor de ponderación, generando entonces, valores ponderados de participación del consumo de madera en troza para el período 2015 – 2019. Los valores obtenidos se presentan en el cuadro N° 7, que señala un consumo total estimado de 1.094.130 m³ para el año 2019. El que servirá de base al modelo de planificación.

Cuadro N° 7
ESTADÍSTICAS DE CONSUMO DE MADERA EN TROZA Y LEÑA PARA LAS REGIONES DE ESTUDIO (M³)

Regiones	Porcentaje del consumo total	Destinos	2015	2016	2017	2018	2019
			(m³)				
Biobío	60%	Leña	336.161	314.129	291.353	267.093	242.658
		Troza aserrable	5.695	4.075	2.667	3.650	2.116
		Subtotal	341.856	318.203	294.020	270.743	244.774
La Araucanía	49%	Leña	624.364	610.747	596.594	586.817	576.860
		Troza aserrable	26.104	24.165	39.009	26.840	23.252
		Subtotal	650.468	634.913	635.603	613.656	600.112
Los Ríos	28%	Leña	239.539	239.453	239.785	237.931	237.009
		Troza aserrable	41.898	26.993	17.308	15.027	12.235
		Subtotal	281.437	266.446	257.093	252.958	249.244
Total			1.273.761	1.219.562	1.186.716	1.137.358	1.094.130

4.11 Parámetros de Entrada al Modelo de Planificación

El modelo de planificación usó como optimizador CPLEX y fue trabajado en ambiente de programación AMPL (Apéndice N°2). Se definieron como variables las superficies que se cosechan y regeneran, los volúmenes de corta por raleos y cortas de cosecha final, por tipo de productos. Superficies y volúmenes dependieron de la edad inicial, así como el esquema de manejo.

Según lo indicado, el modelo debe satisfacer el nivel de consumo estimado, con una oferta no decreciente, de forma de generar un abastecimiento constante en el tiempo.

En este caso no se consideró un descuento de superficies por incendios, ni baja de rendimiento por causa de enfermedades ni por posibles efectos del cambio climático.

Respecto al horizonte de proyección, se trabajó con un horizonte de planificación que alcanza al año 2049.

5. RESULTADOS

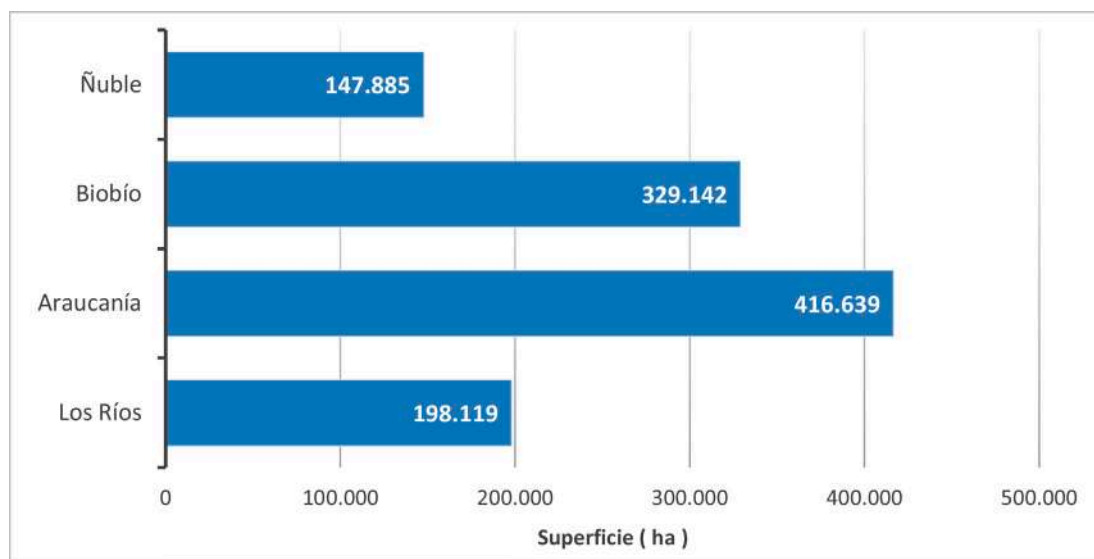
En este capítulo se presentan tres secciones: La primera, relacionada a la información resumen sobre las variables, parámetros y supuestos utilizados en el modelo de proyección, la segunda sobre la definición de escenarios y la tercera expone los resultados de las proyecciones para cada escenario definido.

5.1 Resumen de Variables, Parámetros y Supuestos

A continuación, se presentan los resultados intermedios obtenidos sobre información base a utilizar en el modelo de proyección, como los parámetros y supuestos a considerar.

5.1.1. Superficie del Recurso

Las superficies cubiertas por bosque nativo son informadas oficialmente por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) a través del Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos. Es así como de acuerdo a CONAF (2017), Chile posee actualmente 14,634 millones de hectáreas de bosque nativo, de las cuales el 68% se concentra en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes. En particular los renovals de Roble-Raúl-Coihue, abarcan hoy una superficie de 1.091.785 hectáreas, concentrados principalmente entre las regiones de Ñuble a Los Ríos (Figuras N°9 y N°10).



(Fuente: Elaboración propia en base a información de CONAF. CONAF, 2020)

Figura N° 9
SUPERFICIE DE RENOVALES ENTRE LAS REGIONES DE ÑUBLE A LOS RÍOS

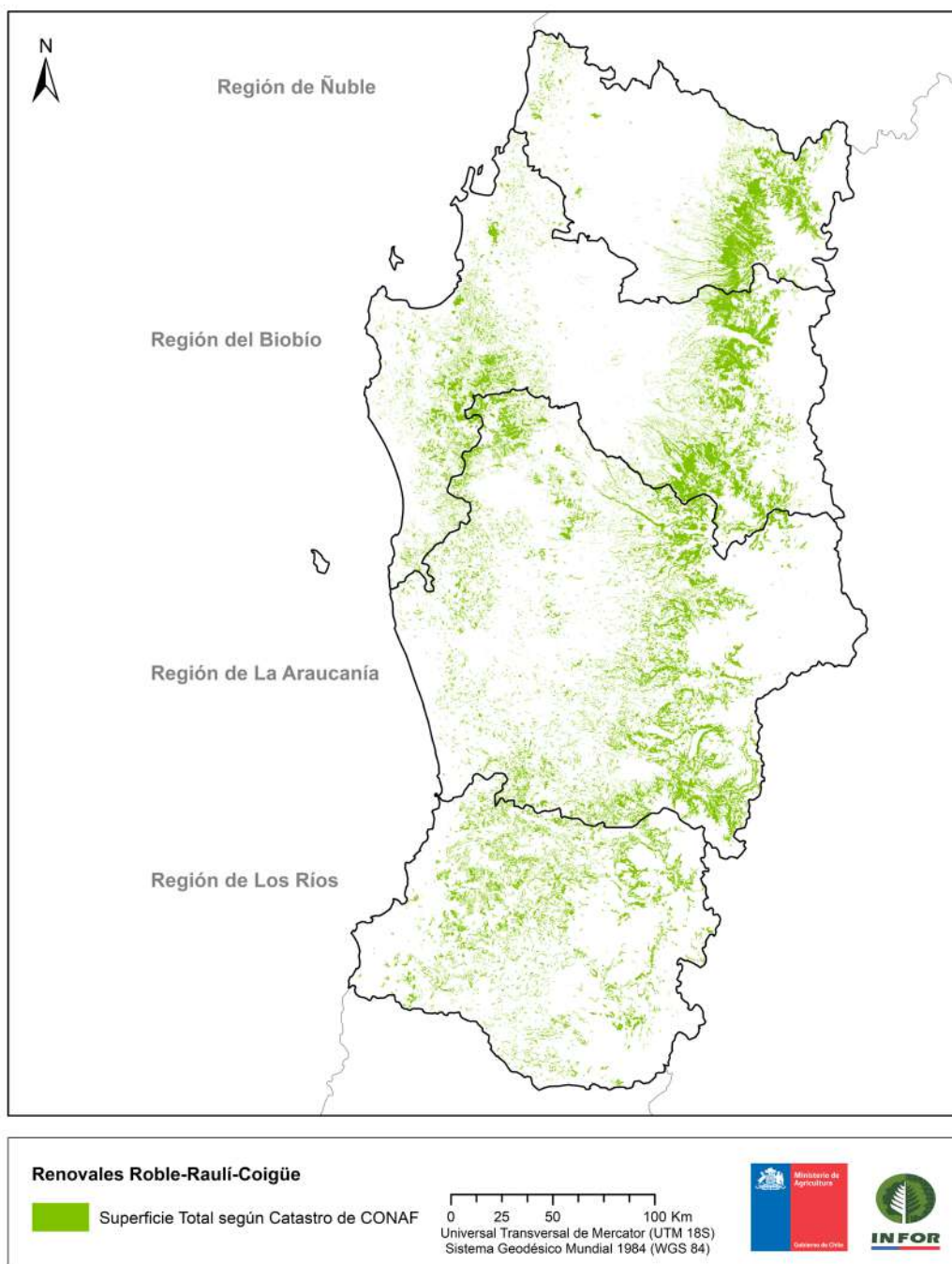


Figura N° 10
DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE TOTAL DE LOS RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE PRESENTES ENTRE LAS REGIONES DE ÑUBLE A LOS RÍOS

Del total de la superficie, la que considera solo la potencialmente manejable con fines de producción de madera, corresponde, luego de los diferentes cruces de información a 823.899 hectáreas, equivalente al 75,5% de la superficie total (Figura N° 11). La mayor proporción de ella, el 40% se encuentra en la Araucanía, le sigue Biobío con el 29% Los Ríos con un 18% y Ñuble con 12,5%.

La diferencia de 267.886 ha en relación a la superficie total corresponde a áreas de conservación, franjas cercanas a cursos de agua y pendientes fuertes. A nivel regional, la región del Biobío presentó una restricción de 90.175 ha, equivalente al 27% de su superficie potencial (renovales RoRaCo) y la región de La Araucanía de 86.241 ha, equivalente a 21%.

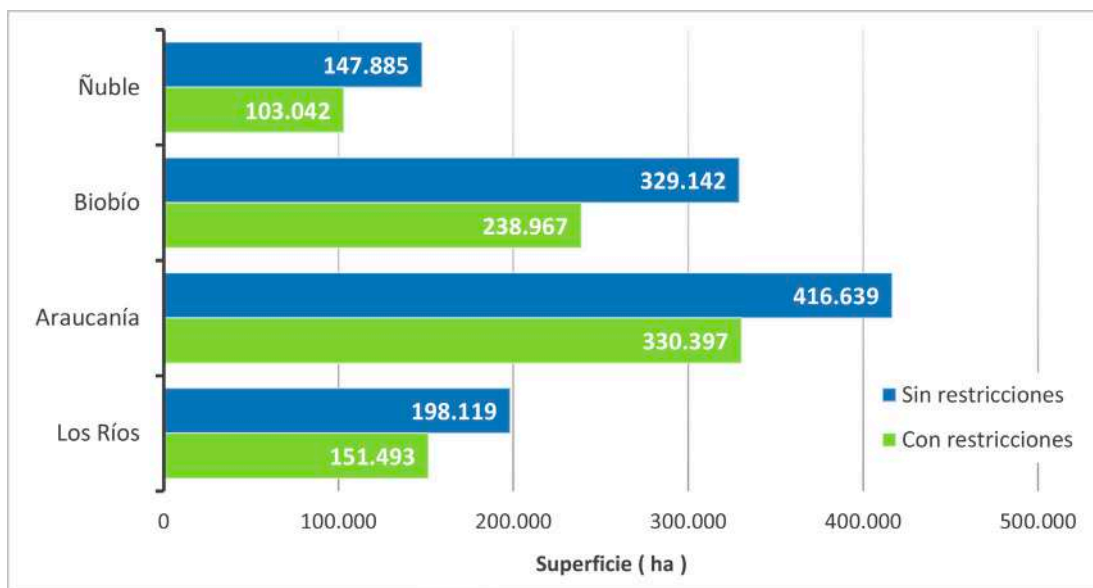


Figura N° 11
SUPERFICIE TOTAL Y CON RESTRICCIONES DE RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE
ENTRE LAS REGIONES DE ÑUBLE Y LOS RÍOS

Respecto a la distribución de las superficies de renovales de Roble-Raulí-Coihue a considerar en la macro región de estudio, esta se presenta en la figura N° 12.

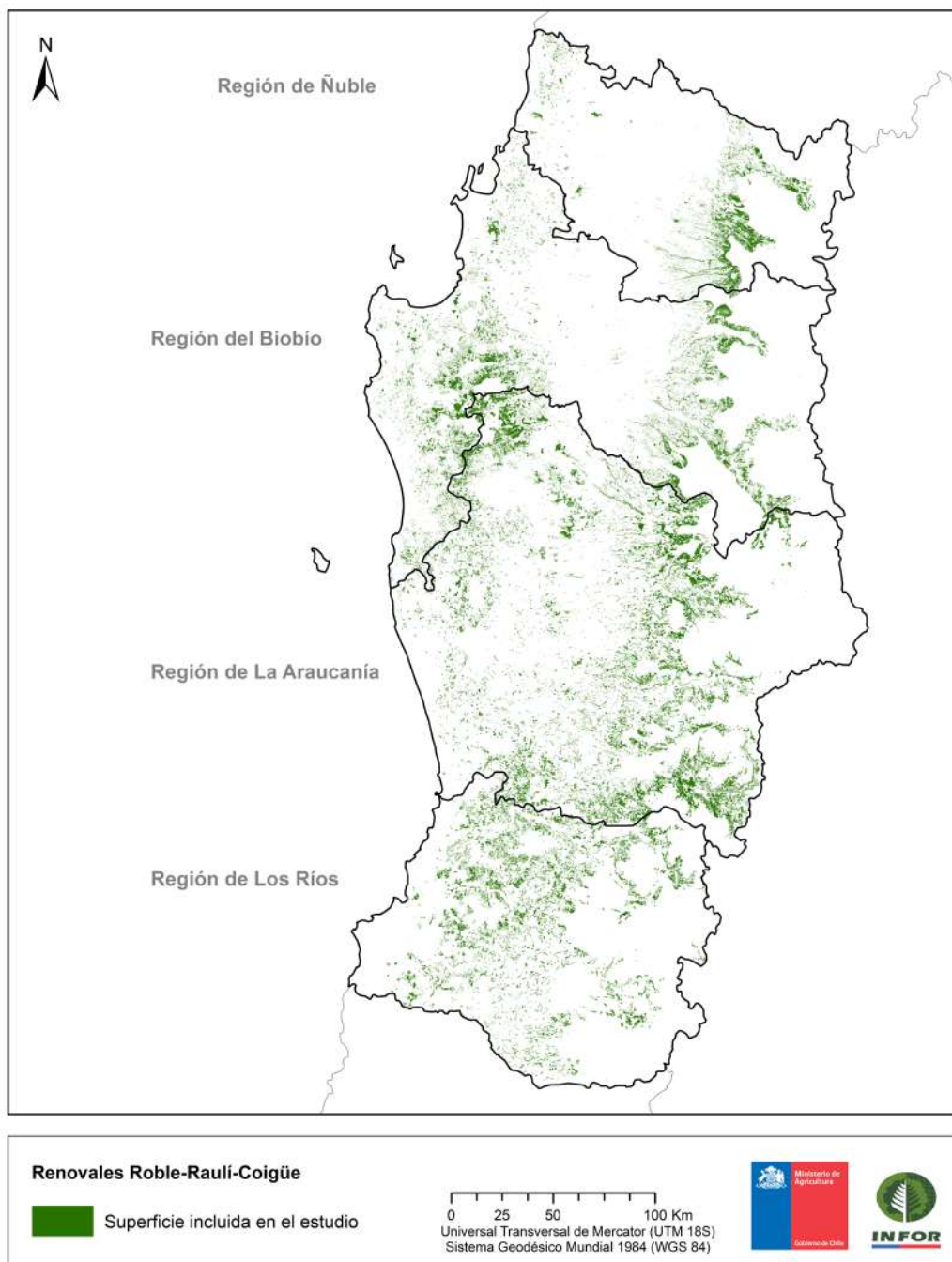


Figura N° 12
DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE
A INCLUIR EN EL ESTUDIO

En cuanto a las características del terreno, se definieron 5 categorías de pendientes, estas corresponden a: 0 – 15%, 15 – 30%, 30 – 45%, 45 – 60% y mayores a 60%. En base a esta categorización el 65% de la superficie a considerar en el estudio se presenta en el rango de 0 a 30% de pendiente, que equivale a 538.560 hectáreas. Para la categoría 30 – 45%, se presenta el 22% de la superficie, correspondiente a 182.831 hectáreas, y un 12,4% se presenta en la categoría 45 – 60% de pendiente con 102.508 hectáreas (Figura N° 13).

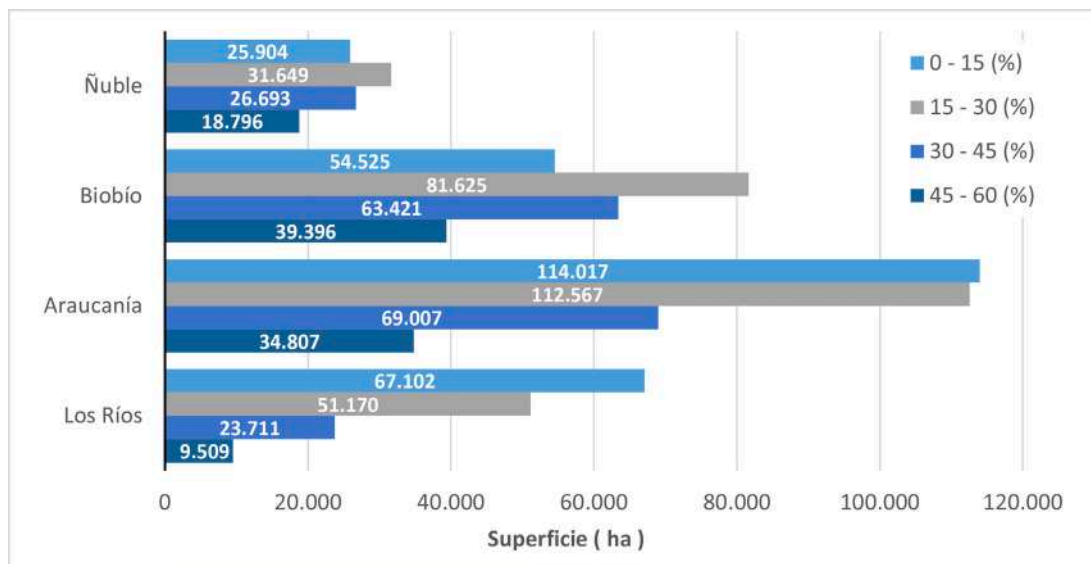


Figura N° 13
SUPERFICIE DE RENOVALES POR CLASE DE PENDIENTE

5.1.2 Superficie por tipo de propietario

Si bien el tipo de propietario presenta un comportamiento distinto frente al manejo forestal de los bosques, diferenciándose principalmente pequeños propietarios y otros propietarios (medianos a grandes), para el presente estudio no se consideraron esquemas de manejo diferenciados. Sin embargo, se mantuvo la referencia de forma de poder diferenciar la oferta de volumen de madera en pie por tipo propietario (Figura N° 14).

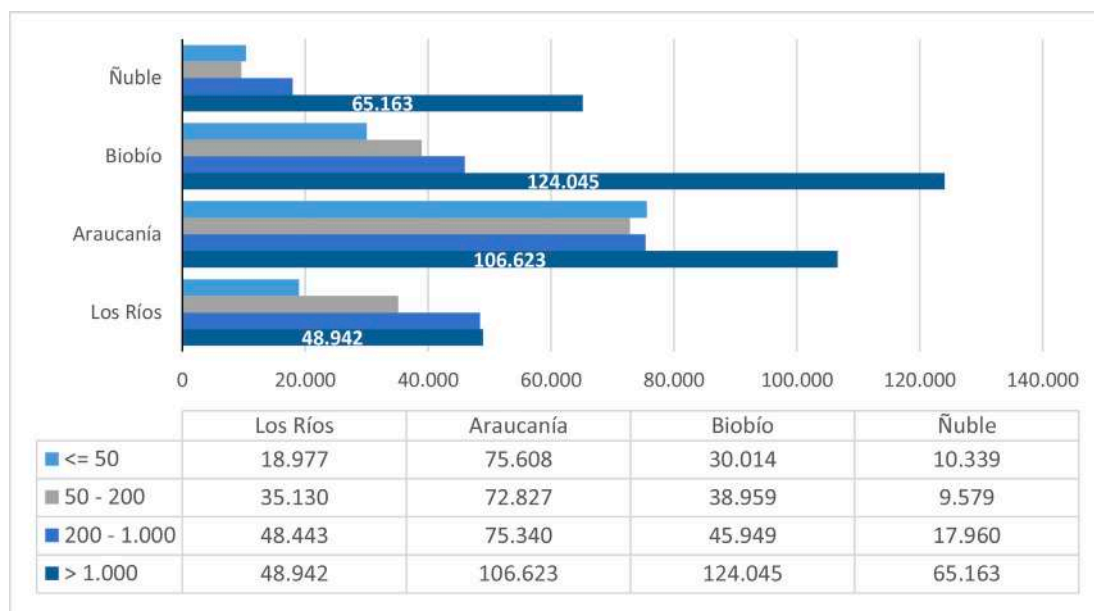


Figura N° 14
SUPERFICIE DE RENOVALES POR TAMAÑO DE PROPIEDAD PREDIAL

De acuerdo a lo observado en la Figura N° 14, los bosques en propiedades de mayor tamaño de propiedad acumulan el mayor porcentaje de superficie, representando el 42% del total, siendo mayoritarias en las regiones de Ñuble y Biobío (sobre el 52% de estos bosques en la región) y en cambio en la Araucanía y Los Ríos, el mayor tamaño de propiedad representa el 32% de estos bosques a nivel regional. Se debe recordar que el estudio considera solo la superficie de bosque que no presentan restricciones al manejo con fines de producción de madera.

5.1.3 Superficie Base de Proyección

La superficie base de entrada como variable al modelo de proyección, considera una superficie de 702.142 hectáreas para la macro región de estudio.

Para efectos de la proyección, no se consideraron las superficies de bosques que actualmente se encuentran bajo la curva de inicio de cierre de copas que corresponden a 121.757 hectáreas (Figura N° 15).

A continuación, se presenta un breve resumen respecto a la exclusión de superficies de bosques de renovales Roble-Raulí-Coihue para la macro región.

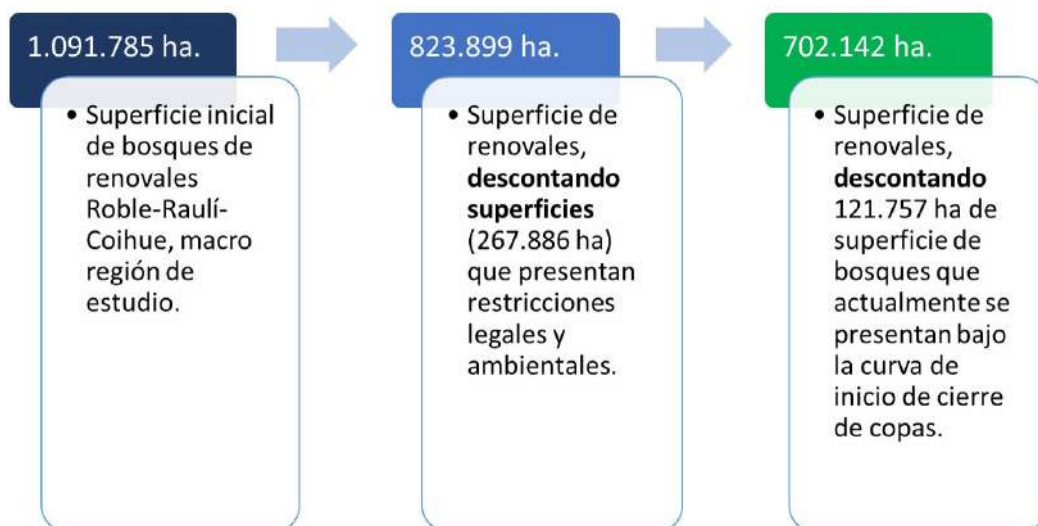


Figura N° 15
SUPERFICIE DE RENOVALES A CONSIDERAR A EN EL MODELO DE PROYECCIÓN, DESCONTANDO
RESTRICCIONES LEGALES, AMBIENTALES Y PRODUCTIVAS

A nivel regional, las regiones del Biobío y de la Araucanía concentran el 70% de la superficie de renovales con potencial productivo maderero, equivalente a 489.001 hectáreas de bosques de renovales. En menor medida se presenta la región de Los Ríos con 131.436 ha, equivalente al 19% y la región de Ñuble con 81.704 ha, equivalente al 11% de la superficie de bosques de renovales de Roble-Raulí-Coihue (Figura N° 16).

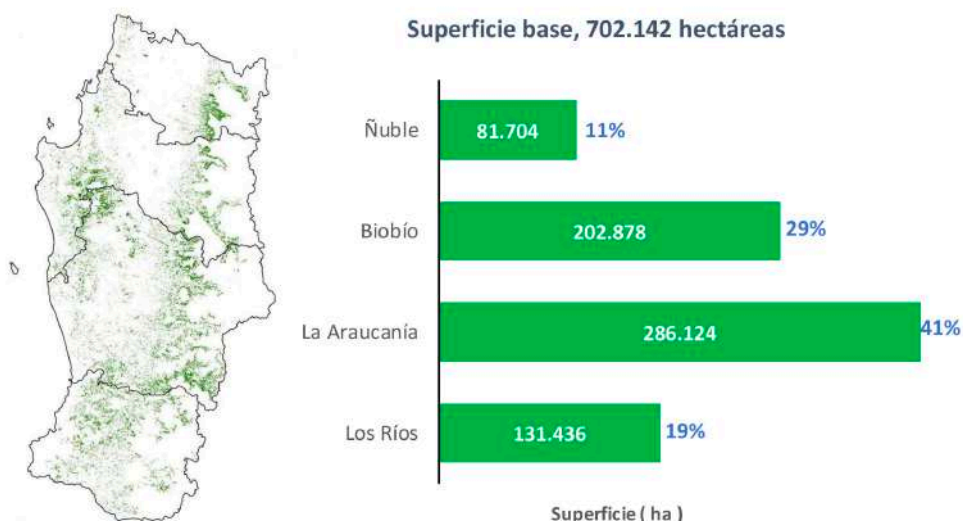


Figura N° 16
SUPERFICIE BASE DE RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE POR REGIÓN

Respecto al tamaño de las propiedades donde se presentan los bosques de renovales, cerca de 455.461 hectáreas se presentan en propiedades mayores a 200 hectáreas (categorías de 200 a ≤ 1.000 ha y > 1.000 ha), representando el 65% de la superficie a considerar en el estudio (Cuadro N° 8). La región de La Araucanía concentra 159.882 ha en estas categorías, equivalente al 56% de la superficie de renovales presentes en la región. La región del Biobío presenta 144.153 ha, equivalente a 71% de la superficie de renovales en la región. En menor medida la región de Ñuble presenta 65.442 ha en estas categorías de predios sobre 200 ha, equivalente al 80% de la superficie de sus renovales y la región de Los Ríos con 85.983 ha, equivalente al 65% de la superficie de renovales.

Cuadro N° 8
SUPERFICIE BASE DE LA PROYECCIÓN SEGÚN REGIÓN Y TIPO DE PROPIETARIO

Región	Superficie de Bosque por tamaño de propiedad				Total	Porcentaje
	<= 50	50 - <= 200	200 - <= 1.000	> 1.000		
	(ha)					(%)
Ñuble	8.329	7.933	14.827	50.615	81.704	11,6%
Biobío	25.378	33.346	39.656	104.497	202.877	28,9%
La Araucanía	63.659	62.582	65.846	94.037	286.124	40,8%
Los Ríos	15.642	29.811	42.241	43.742	131.436	18,7%
Total	113.009	133.672	162.569	292.891	702.142	100%
%	16%	19%	23%	42%	100%	

(Fuente: elaboración propia)

5.1.4 Rendimientos

Aplicando las proyecciones de crecimiento de acuerdo a lo considerado en la metodología, se obtienen los siguientes cuadros que entregan los rendimientos en volumen de producto por hectárea, promediando las condiciones de área basal y densidad inicial consideradas y formaciones puras y mixtas.

Los raleos que se aplicaron fueron siempre extrayendo el 30% del área basal, manteniendo el diámetro cuadrático previo a la intervención. En promedio estos raleos se realizaron cada 11 a 15 años (Cuadro N° 9).

Cuadro N° 9
RENDIMIENTO EN PRODUCTOS PROMEDIO POR EDAD DE INTERVENCIÓN

Edad	Alto valor	Aserrable	Aserrable delgado	Pulpable	Leña	Total
(m³/ha)						
35	1,4	15,4	11,9	38,5	2,8	70,0
40	3,1	18,6	13,9	38,7	3,1	77,4
45	5,9	25,4	19,5	43,9	2,9	97,5
50	6,0	27,0	21,0	43,0	3,0	100,0
55	5,4	25,2	18,9	38,7	1,8	90,0
60	5,3	25,7	20,4	35,5	1,8	88,8
65	5,5	27,5	20,2	36,7	1,8	91,7
70	6,1	18,9	15,5	25,7	1,4	67,5
75	13,2	28,6	27,5	38,5	2,2	110,0
80	17,2	31,9	29,4	41,7	2,5	122,5
85	18,0	33,6	28,8	38,4	1,2	120,0
90	22,1	36,4	29,9	40,3	1,3	130,0
95	18,5	28,8	23,7	30,9	1,0	102,9
105	20,0	27,0	22,0	30,0	1,0	100,0
110	26,0	36,4	27,3	39,0	1,3	130,0
115	29,4	37,8	29,4	42,0	1,4	140,0

Aunque las cortas finales en general son 3, en el modelo se considera la última como la final, generando en promedio los siguientes volúmenes por producto (Cuadro N° 10).

Cuadro N° 10
RENDIMIENTO EN PRODUCTOS PROMEDIO POR EDAD EN CORTA FINAL

Edad	Alto valor	Aserrable	Aserrable delgado	Pulpable	Leña	Total
(m³/ha)						
55	4,2	19,6	14,7	30,1	1,4	70,0
65	11,6	58,2	42,7	77,6	3,9	194,1
75	12,1	26,1	25,1	35,2	2,0	100,5
85	33,0	61,7	52,9	70,5	2,2	220,3
95	53,4	83,1	68,3	89,1	3,0	296,9
105	32,0	43,2	35,2	48,0	1,6	160,0
120	59,1	72,6	53,8	80,6	2,7	268,8

5.2 Escenarios de Proyección

Los escenarios de proyección desarrollados se generan considerando la variación en algunos de los parámetros o supuestos anteriormente señalados, bajo condiciones más restringidas y también con menores restricciones. La restricción que buscaba generar un flujo no decreciente, satisfaciendo el consumo esperado, no pudo lograrse, por lo que tuvo que relajarse, permitiendo solo en algunos períodos mantener flujos no decrecientes. Esto se explica en parte por la estructura de edades del recurso, los períodos de corta definidos, y las oportunidades de los raleos.

En este ámbito los escenarios propuestos se refieren a:

- **Escenario Base – Libre (A):** La proyección base consideró un Flujo de Oferta que se denomina Libre por no tener restricciones asociadas, tan solo maximizar la oferta que puede ser generada del bosque. Se puede identificar también como un escenario potencial y muy optimista, ya que considera que toda la superficie base de bosque es sometida a raleos y cortas de cosecha y regeneración.
- **Escenario Libre con Restricción (B):** Este escenario considera un Flujo de Oferta de Baja Restricción, también considera que toda la superficie (base) factible sea manejada, pero con cierta restricción que implica al menos, que la oferta generada el primer año, logre satisfacer el consumo estimado y en algunos períodos se pueda regular el volumen total de productos, a través de las cortas de cosecha y regeneración, esperando que el volumen no decrezca en el tiempo.
- **Escenario Conservador (C):** En este caso, y aproximándose a cifras actuales del manejo del recurso total, se restringe la superficie bajo manejo solo al 30% de la superficie base factible de ser manejada. Considerando poder satisfacer el consumo del primer año, y con alguna regulación sobre las cortas de cosecha y regeneración.

5.3 Resultados de Proyección

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para los diferentes escenarios de proyección, considerando un recurso que ha sido debidamente caracterizado (sección 5.1). Lo anterior constituye la base de análisis para la definición de la estructura inicial de los renovales de Roble-Raulí-Coihue y evaluación de la oferta potencial de volumen de madera en pie en el horizonte de proyección (próximos 30 años).

Los resultados se presentan estructurados principalmente a nivel de trienios, de forma de presentar una tendencia media, más que un valor exacto de cada año.

5.3.1 Resultados Escenario Base Libre

Los resultados del modelo de proyección muestran una oferta creciente de trozas, aun sin que el modelo restrinja la oferta a satisfacer el consumo, la oferta generada supera y casi triplica la demanda actual. Cada año se integra más superficie al manejo y en la medida que aparecen las primeras cortas de cosecha y regeneración, la oferta final quintuplica a la oferta inicial, lo que sucede hacia el final del horizonte en el 2047 - 2049 (Cuadro N° 11, Apéndice 3).

Cuadro N° 11
PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS SEGÚN PERÍODO Y REGIÓN

Trienios	Regiones				Total
	Ñuble	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	
	(m³ssc)				
2020 - 2022	372.965	798.393	1.077.744	432.861	2.681.964
2023 - 2025	462.534	2.146.832	2.718.779	698.504	6.026.650
2026 - 2028	806.598	1.147.795	2.892.831	1.726.585	6.573.809
2029 - 2031	900.286	2.109.968	2.670.374	1.013.270	6.693.898
2032 - 2034	941.111	2.431.176	3.771.743	2.028.806	9.172.836
2035 - 2037	1.224.486	2.648.475	2.503.723	1.854.836	8.231.520
2038 - 2040	1.400.188	3.068.302	3.189.500	1.820.038	9.478.029
2041 - 2043	1.355.018	3.291.070	5.289.163	2.168.281	12.103.531
2044 - 2046	1.202.425	3.034.433	3.404.202	2.074.937	9.715.997
2047 - 2049	888.878	2.714.410	4.833.985	2.048.378	10.485.651

El aporte en oferta de las regiones responde a la proporción de superficie de bosques, es así como La Araucanía genera en los distintos períodos cerca del 40% de la oferta en volumen, seguida por Biobío con el 30%, Los Ríos cercana al 20% y Ñuble con un poco más del 10% (Figura N° 17).

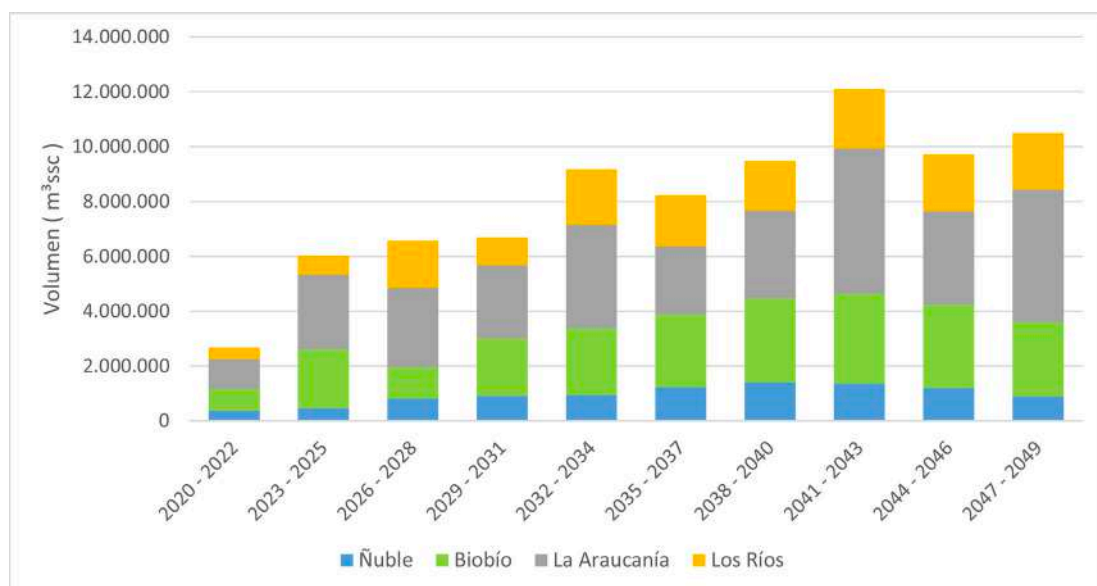


Figura N° 17
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL POR REGIÓN, PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO

En la Figura N°18 se presenta la curva de la oferta total por período y en columnas, el aporte que viene solo por actividades de raleo.

Se observa que en los cinco primeros períodos del horizonte de planificación la oferta de productos proviene principalmente de raleos.

Lo anterior implica que, de acuerdo al estado actual de los bosques, las cortas de cosecha y regeneración aportarán mayor volumen a un plazo de 20 años, según los diámetros objetivos del manejo.

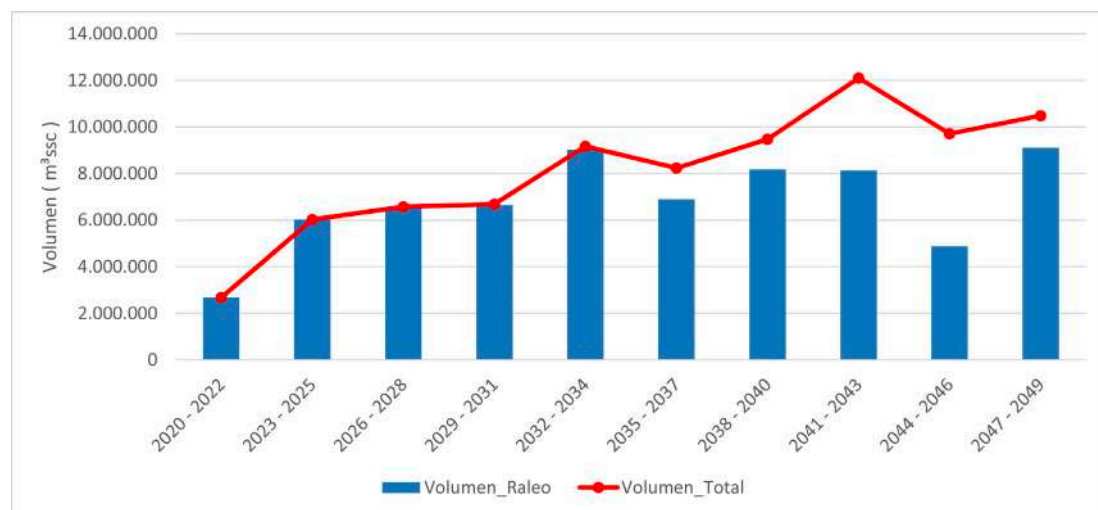


Figura N° 18
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL Y PROVENIENTE DE RALEO

Esto puede verse con mayor claridad en el Cuadro N°12.

Cuadro N° 12
PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN EL VOLUMEN TOTAL
SEGÚN ACTIVIDAD DE RALEO O COSECHA

Trienios	Tipo de Actividad		Total (m³ssc)
	Vol_Raleo (%)	Vol_Cosecha (%)	
2020 - 2022	100	0	2.681.964
2023 - 2025	100	0	6.026.650
2026 - 2028	100	0	6.573.809
2029 - 2031	99	1	6.693.898
2032 - 2034	98	2	9.172.836
2035 - 2037	84	16	8.231.520
2038 - 2040	86	14	9.478.029
2041 - 2043	67	33	12.103.531
2044 - 2046	50	50	9.715.997
2047 - 2049	87	13	10.485.651

La superficie que puede ser raleada durante el primer trienio alcanza las 37.943 ha anuales, para aumentar en los siguientes trienios. Observando un promedio de todos los períodos de 72.653 hectáreas anuales. Esto, de acuerdo a los criterios empleados en el manejo, es decir extrayendo el 30% del área basal, conservando el diámetro medio cuadrático previo al raleo, y en las oportunidades donde este coincida con alguno de los tamaños definidos como productos esperados.

Las cortas de cosecha y regeneración comienzan a desarrollarse, lentamente a partir del cuarto trienio (2029 – 2031), presentando los valores más altos en el período 2041- 2046. Este tipo de cortas acumulan para todo el horizonte de planificación un total de 230.427 hectáreas. Es decir, en 30 años las cortas de cosecha corresponderían al 33% de la superficie potencialmente manejable.

En el Cuadro N° 13 se puede observar la superficie que participa en actividades de raleos y cosechas por trienio en la proyección del escenario libre.

Cuadro N° 13
SUPERFICIE PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO
SEGÚN ACTIVIDAD DE RALEO O COSECHA

Trienios	Tipo de Actividad		Total
	Superficie_raleo	Superficie_Cosecha	
	(ha)		
2020 - 2022	37.943	0	37.943
2023 - 2025	73.219	0	73.219
2026 - 2028	71.347	0	71.347
2029 - 2031	74.056	222	74.278
2032 - 2034	89.970	747	90.717
2035 - 2037	73.686	5.944	79.630
2038 - 2040	78.387	6.325	84.711
2041 - 2043	88.478	26.751	115.229
2044 - 2046	48.836	29.073	77.909
2047 - 2049	90.611	7.747	98.358

La oferta según tipo de propietario es mayoritariamente aportada por aquellos con tamaños de propiedad por sobre las mil hectáreas, en el promedio de los distintos períodos esto equivale al 42%, pero el en primer período llega al 63% (Cuadro N° 14).

Los tamaños de propiedad entre las doscientas y mil hectáreas, generan en promedio de todos los períodos un 23%, variando entre el 19% y el 26% en los distintos períodos proyectados.

Propietarios con tamaños de propiedad menores a las doscientas hectáreas, pero mayores a las 50 hectáreas, aportan el 19% del volumen que se origina de oferta. En tanto propietarios con menos de 50 hectáreas, aportan en promedio un 16%, variando entre un 7% y un 23% en los distintos períodos.

Si se observa el volumen de oferta aportado por los distintos propietarios, exceptuando el primer período, cada uno podría satisfacer el consumo actual estimado. Aunque para propietarios más pequeños el cuarto período se observa menos propicio. Solo los propietarios más grandes superan el consumo desde el primer período y podrían casi cuadruplicar la oferta.

Cuadro N° 14
OFERTA PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS
SEGÚN TAMAÑO DE PROPIEDAD

Trienios	Tamaño de Propiedad (ha)				Total
	<=50	>50 a <=200	>200 a <=1.000	>1.000	
	(m³ssc)				
2020 - 2022	193.931	310.111	499.862	1.678.060	2.681.964
2023 - 2025	1.398.546	1.426.789	1.500.833	1.700.482	6.026.650
2026 - 2028	1.135.015	1.403.436	1.484.856	2.550.502	6.573.809
2029 - 2031	796.917	976.337	1.387.293	3.533.350	6.693.898
2032 - 2034	2.006.714	2.270.003	2.394.642	2.501.477	9.172.836
2035 - 2037	1.029.397	1.349.793	2.024.565	3.827.764	8.231.520
2038 - 2040	1.100.547	1.451.347	2.163.029	4.763.106	9.478.029
2041 - 2043	2.449.667	2.639.197	2.815.095	4.199.572	12.103.531
2044 - 2046	1.258.164	1.712.996	2.435.490	4.309.347	9.715.997
2047 - 2049	2.189.758	2.424.972	2.483.705	3.387.217	10.485.651

A nivel de productos en trozas, el producto de metro ruma pulpable es el más abundante en la proyección como oferta de trozas, representando en el promedio de los períodos el 44% del volumen. Se debe considerar que el modelo no exige a ninguno de los productos cumplir con una oferta no decreciente, observándose períodos con mayor oferta, llegando en el caso de este producto a generar 4,1 millones de m³ssc en el período 2049- 2051 (Cuadro N° 15).

Si bien el producto de Alto Valor representa volúmenes más que interesantes, llegando en algunos períodos a más de 700 mil m³ssc, estas cifras deben observarse con precaución debido a que en este estudio no se han incorporado factores de pérdida debido a la calidad o sanidad de los bosques.

Cuadro N° 15
OFERTA PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS SEGUN TIPO DE TROZAS

Trienios	Tipos de Productos a nivel de trozas					Total
	Alto Valor	Debobinable	Aserrable Corto	Pulpable	Leña	
	(m³ssc)					
2020 - 2022	98.743	625.309	474.512	1.378.370	105.030	2.681.964
2023 - 2025	307.502	1.483.920	1.185.142	2.853.631	196.455	6.026.650
2026 - 2028	360.242	1.674.718	1.312.225	3.026.432	200.192	6.573.809
2029 - 2031	401.547	1.762.808	1.360.116	2.969.227	200.200	6.693.898
2032 - 2034	550.367	2.478.161	1.925.885	3.945.137	273.287	9.172.836
2035 - 2037	493.892	2.289.442	1.734.753	3.528.480	184.953	8.231.520
2038 - 2040	568.683	2.675.057	2.025.815	4.018.373	190.100	9.478.029
2041 - 2043	726.239	3.508.889	2.694.202	4.932.124	242.077	12.103.531
2044 - 2046	585.842	2.824.893	2.193.755	3.917.084	194.422	9.715.997
2047 - 2049	656.522	3.111.902	2.336.742	4.120.628	259.857	10.485.651

Las trozas debobinables también presentan una oferta creciente alcanzando 3,1 millones de m³ssc hacia el final del horizonte de proyección, representando en promedio el 27% de la oferta. Igualmente, en este caso, considerar que los aspectos de sanidad y calidad no están incorporados en este estudio.

El producto aserrable corto corresponde a cerca del 20% del volumen total proyecto.

En tanto el tamaño más pequeño de producto, identificado como leña, correspondería al 3% de la oferta.

5.3.2 Resultados Escenario Libre con Restricción

En este segundo escenario, las proyecciones del modelo resultan en leves variaciones respecto del escenario libre.

Se presenta una oferta creciente de volumen de madera en troza, presentando una oferta de 2,6 millones m³ssc para el primer trienio, aumentando a 6,8 millones m³ssc en el cuarto trienio (2029 – 2031) (Apéndice 4). A finales del horizonte de proyección, el volumen de oferta de madera fluctúa entre los 9,9 a 11,0 millones de m³ssc (Cuadro N° 16 y Figura N° 19).

Cuadro N° 16
PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS SEGÚN PERÍODO Y REGIÓN

Trienios	Regiones				Total
	Ñuble	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	
	(m³ssc)				
2020 - 2022	372.965	798.393	1.077.744	432.861	2.681.964
2023 - 2025	462.534	2.146.832	2.718.779	698.504	6.026.650
2026 - 2028	806.598	1.147.795	2.892.831	1.726.585	6.573.809
2029 - 2031	946.460	2.144.759	2.705.451	1.038.861	6.835.531
2032 - 2034	926.691	2.433.930	3.775.911	2.037.168	9.173.700
2035 - 2037	1.519.290	3.033.183	2.787.559	1.891.546	9.231.578
2038 - 2040	1.339.874	3.166.016	3.531.614	1.944.800	9.982.304
2041 - 2043	1.269.100	2.934.111	4.625.589	2.218.274	11.047.073
2044 - 2046	1.095.466	3.111.028	3.746.408	2.002.313	9.955.215
2047 - 2049	845.686	2.887.708	5.457.103	2.096.093	11.286.590

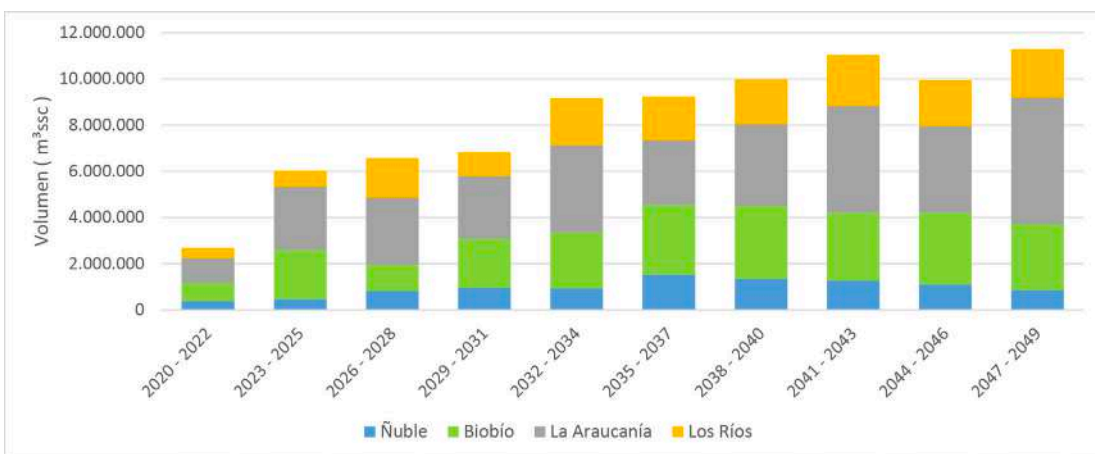


Figura N° 19
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL POR REGIÓN, PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO

En este escenario se evalúa la posibilidad de un flujo continuo y creciente de productos a través de todos los períodos, aun sabiendo que la estructura en su aproximación a clases de

edad no está regulada, existiendo pocos bosques jóvenes. Pero en términos de tamaño, para un diámetro objetivo de 45 cm o más, todavía falta tiempo, en algunos casos más allá de 50 años. Las tasas de crecimiento de estos bosques, que no han sido intervenidos a tiempo, se alejan de sus crecimientos potenciales, retrasando aún más los diámetros meta.

De los resultados obtenidos se observa que esta regulación esperada es creciente, en casi todos los períodos, excepto el penúltimo. El escenario anterior tenía al menos 2 períodos decrecientes, con uno casi a mitad de la proyección.

Al comparar ambos escenarios, se observa que en los tres primeros trienios las cifras son exactamente iguales. En los siguientes cuatro períodos la oferta es mayor para el escenario con restricción. Si bien en el escenario libre es mayor en el trienio 2041- 2043, se observa que el escenario con restricción genera una mayor oferta total en el horizonte de planificación, con más de un millón de metros cúbicos y con un flujo más regulado, esto se explica por una mayor superficie de cosecha en el último trienio.

Dado que las diferencias son pocas, los resultados antes descritos aplican de forma similar en este escenario.

La oferta en volumen proviene principalmente de las actividades de raleo, según lo muestra la Figura N° 20. Al igual que en el escenario libre, en los tres primeros períodos la oferta es generada completamente desde los raleos. Ambos escenarios entregan la misma oferta de raleo en todos los períodos. Sin embargo, la oferta proveniente de cosecha es mayor que en el escenario libre.

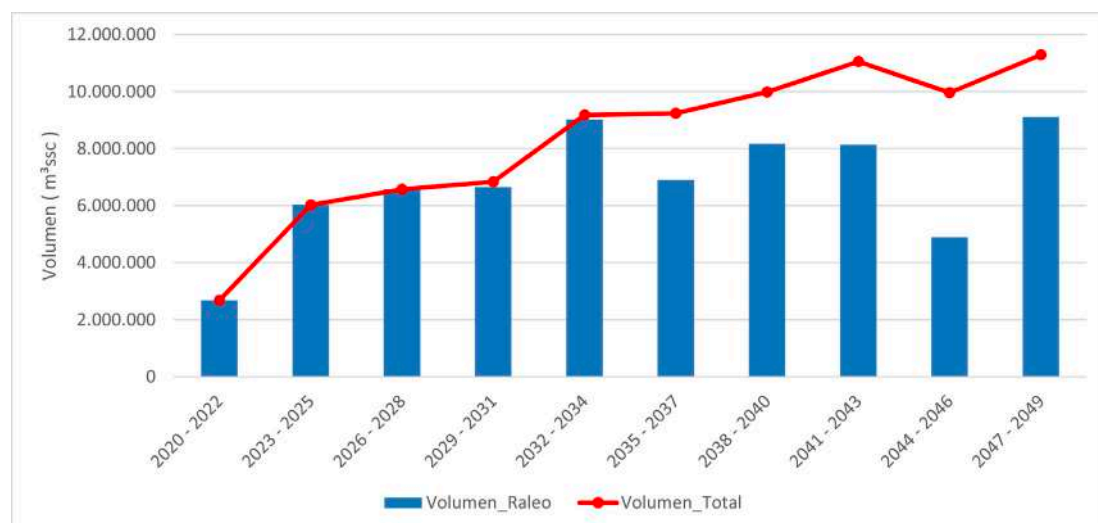


Figura N° 20
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL Y PROVENIENTE DE RALEO

La regulación del flujo que contiene este escenario se logra con los productos provenientes de la cosecha, ya que el volumen proveniente de raleo es el mismo en ambos escenarios. El

volumen de cosecha total, para toda la proyección del escenario con restricción, supera en 1,6 millones de m³ssc al escenario libre.

Aun con estos cambios el volumen solo por cortas de cosecha y regeneración es 1,6 millones de m³ssc en su valor acumulado a lo largo de los 30 años de proyección de este estudio.

Para que este aumento en volumen suceda, se requiere el correspondiente aumento de superficie de cosecha, que se presenta en el Cuadro N° 17 y Cuadro N° 18. Como se ha mencionado anteriormente, el volumen de raleo es el mismo que en el escenario libre, por lo tanto, la superficie de raleo es también la misma. En la superficie de cosecha se producen cambios ya en los primeros años que se inicia la cosecha (2029-2031) pero es más notorio en los períodos 2035-2037 y subsiguientes, duplicando la superficie de cosecha respecto del escenario libre.

Cuadro N° 17
PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN EL VOLUMEN TOTAL
SEGÚN ACTIVIDAD DE RALEO O COSECHA

Trienios	Tipo de Actividad		Total
	Vol_Raleo	Vol_Cosecha	
	(%)		
2020 - 2022	100	0	2.681.964
2023 - 2025	100	0	6.026.650
2026 - 2028	100	0	6.573.809
2029 - 2031	97	3	6.835.531
2032 - 2034	98	2	9.173.700
2035 - 2037	75	25	9.231.578
2038 - 2040	82	18	9.982.304
2041 - 2043	74	26	11.047.073
2044 - 2046	49	51	9.955.215
2047 - 2049	81	19	11.286.590

En términos de superficie este escenario aumenta en 49.500 hectáreas las cortas de cosecha y regeneración, llegando a las 270.927 hectáreas en todo el período de proyección, en la generación de un flujo de productos con mayor regularidad. En este es el 40% de la superficie la que se cosecha en 30 años.

Cuadro N° 18
SUPERFICIE PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO
SEGÚN ACTIVIDAD DE RALEO O COSECHA

Trienios	Tipo de Actividad		Total
	Superficie_raleo	Superficie_Cosecha	
	(ha)		
2020 - 2022	37.943	0	37.943
2023 - 2025	73.219	0	73.219
2026 - 2028	71.347	0	71.347
2029 - 2031	74.056	969	75.024
2032 - 2034	89.970	717	90.687
2035 - 2037	73.686	11.552	85.238
2038 - 2040	78.387	12.831	91.218
2041 - 2043	88.478	19.799	108.277
2044 - 2046	48.836	30.941	79.777
2047 - 2049	90.611	16.500	107.111

La participación, en términos porcentuales, de los distintos tipos de propietarios se mantiene igual a la del escenario anterior (Cuadro N° 19). Los propietarios más grandes entregan el 40% de la oferta y el resto de los propietarios bordeando, cada uno, el 20% de participación. En este ajuste del volumen mencionado, para regulación, son los propietarios más grandes los que mayor aporten hacen al volumen total de oferta de madera.

Cuadro N° 19
OFERTA PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS
SEGÚN TAMAÑO DE PROPIEDAD

Trienios	Tamaño de Propiedad (ha)				Total
	<=50	>50 a <=200	>200 a <=1.000	>1.000	
	(m³ssc)				
2020 - 2022	193.931	310.111	499.862	1.678.060	2.681.964
2023 - 2025	1.398.546	1.426.789	1.500.833	1.700.482	6.026.650
2026 - 2028	1.135.015	1.403.436	1.484.856	2.550.502	6.573.809
2029 - 2031	801.078	985.109	1.410.185	3.639.159	6.835.531
2032 - 2034	2.020.424	2.271.271	2.409.115	2.472.890	9.173.700
2035 - 2037	1.050.738	1.442.669	2.170.589	4.567.582	9.231.578
2038 - 2040	1.297.555	1.616.314	2.339.831	4.728.604	9.982.304
2041 - 2043	2.287.798	2.507.852	2.742.191	3.509.232	11.047.073
2044 - 2046	1.270.638	1.695.230	2.305.994	4.683.354	9.955.215
2047 - 2049	2.375.713	2.687.617	2.800.687	3.422.572	11.286.590

En este escenario los tipos de productos conservan, en el promedio de los períodos, la misma participación que en el escenario libre. Así, por ejemplo, el más abundante, el producto de metro ruma pulpable, representa el 44% de la oferta. Se observa una tendencia creciente y de flujo un poco más regulado. Partiendo, en 1,3 millones de m³ ssc los primeros períodos, a 4,1 millones al final de la proyección (Cuadro N° 20).

Cuadro N° 20
OFERTA PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS
SEGÚN TIPO DE TROZAS

Trienios	Tipos de Productos a nivel de trozas					Total
	Alto Valor	Debobinable	Aserrable Corto	Pulpable	Leña	
	(m³ssc)					
2020 - 2022	98.743	625.309	474.512	1.378.370	105.030	2.681.964
2023 - 2025	307.502	1.483.920	1.185.142	2.853.631	196.455	6.026.650
2026 - 2028	360.242	1.674.718	1.312.225	3.026.432	200.192	6.573.809
2029 - 2031	410.045	1.802.817	1.390.211	3.029.425	203.032	6.835.531
2032 - 2034	550.419	2.478.011	1.925.674	3.946.292	273.304	9.173.700
2035 - 2037	553.897	2.572.670	1.951.058	3.949.001	204.953	9.231.578
2038 - 2040	598.942	2.830.786	2.152.775	4.199.613	200.188	9.982.304
2041 - 2043	662.847	3.202.503	2.453.423	4.507.355	220.946	11.047.073
2044 - 2046	604.666	2.891.256	2.255.754	3.958.484	245.055	9.955.215
2047 - 2049	745.758	3.216.316	2.520.367	4.122.165	681.984	11.286.590

5.3.3 Resultados Escenario Conservador

Dado que este necesario considera solo el 30% de la superficie total del estudio, es decir 210.643 hectáreas, los resultados se aproximan a una superficie de manejo más cercana a la escala operacional que se esperaría por los compromisos en la NDC a nivel país (Apéndice 5). En el Cuadro N° 21 y Figura N° 21 se presentan los volúmenes estimados de oferta para los próximos 30 años para cada una de las regiones del área de estudio.

El primer trienio genera 804 mil m³ssc de volumen de madera en pie llegando en forma creciente al final de la proyección con 3,3 millones de m³ssc de volumen de madera en troza. Lo que es una oferta bastante interesante para la industria primaria y secundaria maderera. Tal vez los tres primeros períodos correspondan a una oferta más bien baja, si se compara con la estimación de consumo de 1 millón de m³. Pero ya a partir del segundo trienio esa situación se incrementa, generando al menos un millón de m³ssc de volumen de madera de oferta que no se estarían utilizando actualmente, cifra que se duplica al iniciarse las cosechas en los períodos siguientes.

Cuadro N° 21
PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS SEGÚN PERÍODO Y REGIÓN

Trienios	Regiones				Total
	Ñuble	Biobio	La Araucanía	Los Ríos	
	(m³ssc)				
2020 - 2022	111.890	239.518	323.323	129.858	804.589
2023 - 2025	138.760	644.050	815.634	209.551	1.807.995
2026 - 2028	242.002	344.316	867.849	517.975	1.972.143
2029 - 2031	283.938	643.428	811.635	311.658	2.050.659
2032 - 2034	278.025	730.161	1.132.773	611.150	2.752.110
2035 - 2037	454.159	911.841	836.009	567.465	2.769.473
2038 - 2040	371.156	949.175	1.041.830	632.530	2.994.691
2041 - 2043	414.861	817.607	1.407.581	674.073	3.314.122
2044 - 2046	328.683	1.000.422	1.123.922	533.537	2.986.564
2047 - 2049	334.244	925.604	1.448.125	678.004	3.385.977

Las regiones de Biobío y La Araucanía son las que aportan en este escenario un mayor volumen de oferta de madera en troza, en conjunto producen sobre los 562.841 mil m³ssc, en el primer período, creciendo hasta alcanzar cerca de 1,5 millones de m³ssc en el período siguiente.

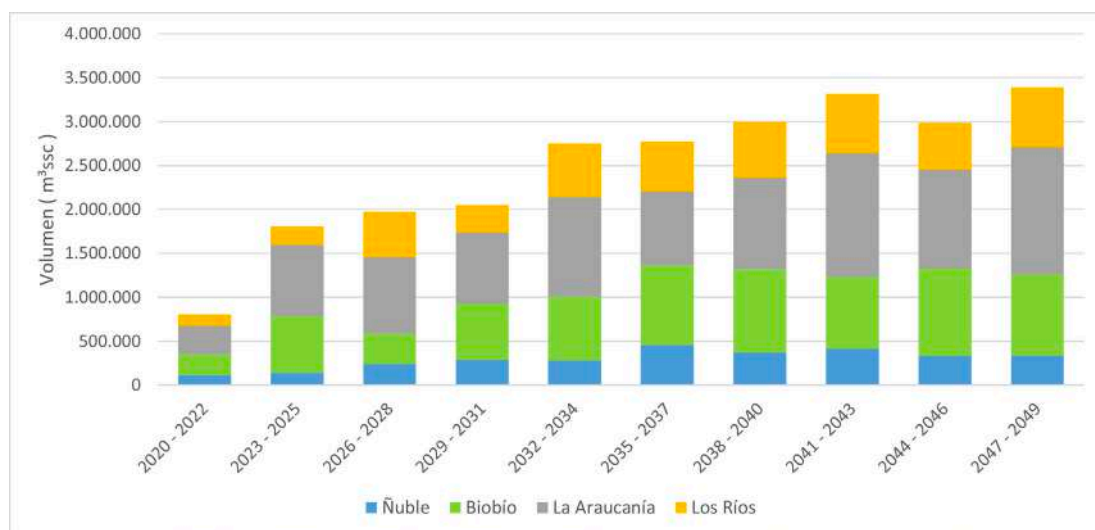


Figura N° 21
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL POR REGIÓN, PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO

En el Cuadro N° 22 y Figura N° 22 se puede observar que, al igual que en los otros escenarios, la oferta de productos se genera principalmente por cortas de raleo y que solo a partir del cuarto trimestre se generan volúmenes por corta de cosecha y regeneración. La oferta proveniente de raleo en términos promedio se aproxima en la mayoría de los períodos a los 2 millones de m³ssc, exceptuando el primer período que es solo de 800 mil m³ssc y el trienio 2044 - 2046 que alcanza 1,5 millones de m³ssc.

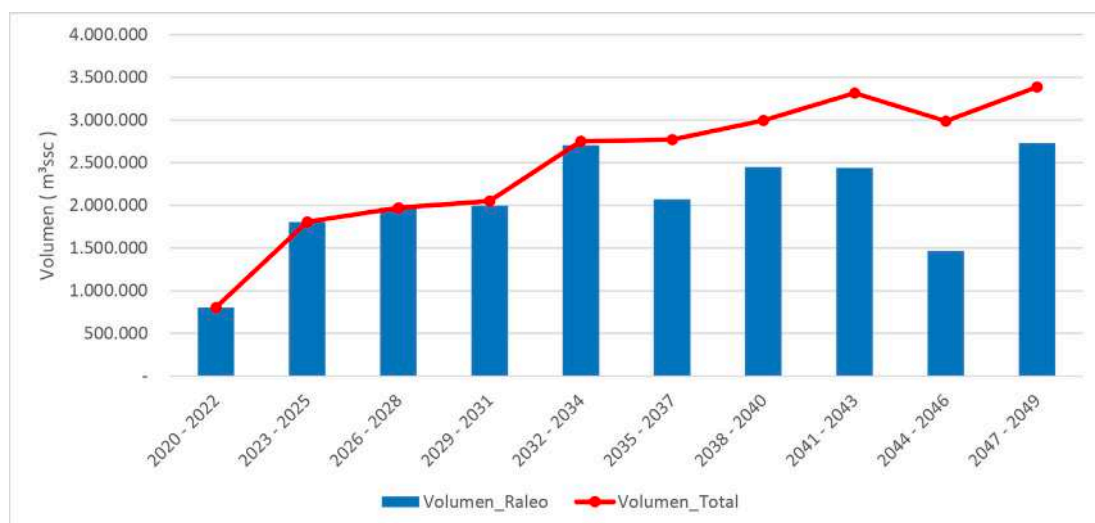


Figura N° 22
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL Y PROVENIENTE DE RALEO

La oferta que se genera por cortas de cosecha, en cambio, no es tan estable, pero contribuye a que la oferta total pueda ser relativamente estable y creciente, por lo que ayuda a contrarrestar el efecto de la baja en raleo en el período mencionado.

Cuadro N° 22
PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN EN EL VOLUMEN TOTAL
SEGÚN ACTIVIDAD DE RALEO O COSECHA

Trienios	Tipo de Actividad		Total
	Vol. Raleo	Vol. Cosecha	
	(%)		(m³ssc)
2020 - 2022	100	0	804.589
2023 - 2025	100	0	1.807.995
2026 - 2028	100	0	1.972.143
2029 - 2031	97	3	2.050.659
2032 - 2034	98	2	2.752.110
2035 - 2037	75	25	2.769.473
2038 - 2040	82	18	2.994.691
2041 - 2043	74	26	3.314.122
2044 - 2046	49	51	2.986.564
2047 - 2049	81	19	3.385.977

Completando los resultados de este escenario, en el Cuadro N° 23 se entregan los valores de superficies que se someten actividades raleos y cortas de cosecha y regeneración. El primer trienio es el más bajo en actividad, donde el modelo entrega 11.383 ha anuales de raleo. Pero para los períodos siguientes la superficie supera las 20.000 ha anuales de manejo por raleo. Las superficies de cosecha apenas alcanzan las 291 ha el cuarto trienio, aumentando a sobre 3.000 ha a partir del período 2035-2037.

Cuadro N° 23
SUPERFICIE PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO
SEGÚN ACTIVIDAD DE RALEO O COSECHA

Trienios	Tipo de Actividad		Total
	Superficie_raleo	Superficie_Cosecha	
	(ha)		
2020 - 2022	11.383	0	11.383
2023 - 2025	21.966	0	21.966
2026 - 2028	21.404	0	21.404
2029 - 2031	22.217	291	22.507
2032 - 2034	26.991	215	27.206
2035 - 2037	22.106	3.466	25.571
2038 - 2040	23.516	3.849	27.365
2041 - 2043	26.543	5.940	32.483
2044 - 2046	14.651	9.282	23.933
2047 - 2049	27.183	4.950	32.133

En total en este escenario se cosechan 83.978 hectáreas en los 30 años que proyecta este estudio. Lo que equivale a 40% de la superficie inicial considerada y, en términos de la superficie potencial del estudio, esta equivale solo al 12%. En cuanto a la participación por tipo de propietarios se mantiene, como en los escenarios anteriores, la proporción de cada tipo. Con mayor participación en los propietarios con tamaño de propiedad mayor a las mil

hectáreas, un 42% en el promedio en los 30 años de la proyección. Los otros propietarios aportan en promedio 16 %, 19 % y 23% ordenados de menor a mayor tamaño de propiedad (Cuadro N° 24).

Cuadro N° 24
OFERTA PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS
SEGÚN TAMAÑO DE PROPIEDAD

Trienios	Tamaño de Propiedad (ha)				Total
	<=50	>50 a <=200	>200 a <=1.000	>1.000	
	(m³ssc)				
2020 - 2022	58.179	93.033	149.959	503.418	804.589
2023 - 2025	419.564	428.037	450.250	510.145	1.807.995
2026 - 2028	340.505	421.031	445.457	765.151	1.972.143
2029 - 2031	240.323	295.533	423.056	1.091.748	2.050.659
2032 - 2034	606.382	681.381	722.324	742.023	2.752.110
2035 - 2037	314.802	432.622	650.962	1.371.087	2.769.473
2038 - 2040	378.827	495.108	719.895	1.400.861	2.994.691
2041 - 2043	698.137	857.572	740.915	1.017.498	3.314.122
2044 - 2046	381.191	385.413	758.955	1.461.005	2.986.564
2047 - 2049	686.354	774.164	803.150	1.122.309	3.385.977

En la participación de los tipos de producto en la oferta total tampoco se observan variaciones (Cuadro N° 25). El metro ruma pulpable es el producto más abundante, le sigue el debobinable y aserrable corto. Los más escasos son el de Alto valor y la leña. Respecto al producto leña, se debe de asumir un porcentaje de participación mayor en la oferta, debido a la existencia de volumen proveniente de las condiciones de forma y sanidad de los rodales (bifurcaciones, problemas de rectitud de trozas, otros), que pueden sumar un mayor volumen en esta clasificación de producto.

Cuadro N° 25
OFERTA PROMEDIO ANUAL POR TRIENIO DEL VOLUMEN DE TROZAS SEGÚN TIPO DE TROZAS

Trienios	Tipos de Productos a nivel de trozas					Total
	Alto Valor	Debobinable	Aserrable Corto	Pulpable	Leña	
	(m³ssc)					
2020 - 2022	29.623	187.593	142.354	413.511	31.509	804.589
2023 - 2025	92.251	445.176	355.542	856.089	58.936	1.807.995
2026 - 2028	108.073	502.415	393.668	907.930	60.058	1.972.143
2029 - 2031	123.013	540.845	417.063	908.828	60.910	2.050.659
2032 - 2034	165.126	743.403	577.702	1.183.888	81.991	2.752.110
2035 - 2037	166.169	771.801	585.317	1.184.700	61.486	2.769.473
2038 - 2040	179.682	849.236	645.833	1.259.884	60.056	2.994.691
2041 - 2043	198.854	960.751	736.027	1.352.206	66.284	3.314.122
2044 - 2046	181.400	867.377	676.726	1.187.545	73.516	2.986.564
2047 - 2049	223.727	964.895	756.110	1.236.649	204.595	3.385.977

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El estudio estima en 702.142 ha la superficie de bosques de renovales de Roble-Raulí-Coihue que cumplirían las condiciones necesarias para un manejo con fines productivos entre las regiones de Ñuble y Los Ríos. Bosques que presentan una gran variación en su estado actual, en términos de la densidad, área basal y composición de especies. Existen rodales que presentan densidades sobre los 2.700 árb/ha y otros con menos de 190 árb/ha, áreas basales entre 26 y 52 m²/ha y edades estimadas desde 20 a más de 50 años, reflejando el estado actual de estas formaciones nativas.

Con la metodología propuesta y bajo los supuestos del estudio se generaron tres escenarios de proyección (Apéndice 6), dos de ellos utilizan toda la superficie potencial estimada, que corresponde a las 702.142 ha, y el tercero solo utiliza el 30% de ella, equivalente a 201.643 ha. En cuanto a los escenarios más optimistas, estos buscan representar el potencial de los renovales para el área de estudio, pensando en su contribución maderera en el horizonte de proyección. Sumado esto a la agregación de valor a los bosques a través de las prácticas de manejo silvícola, mejorando sus tasas de crecimiento y la calidad de estas formaciones, además de agregar valor a los territorios. Para el escenario conservador, este busca aproximarse a las cifras de manejo de compromiso país en el marco del acuerdo de París, correspondiente a la Contribución Nacional Determinada (NDC), que considera el manejo de 200 mil hectáreas de bosque nativo al año 2030, estimando el aporte maderero del manejo de estas superficies.

Respecto de los resultados del estudio (Figura N° 23), en los escenarios más optimistas, la oferta de volumen de madera disponible supera desde los períodos iniciales la estimación de consumo actual, que es cercano a 1 millón de m³ para la macro región, generando un volumen de oferta para el primer período de 2.681.964 m³ssc, y llegando al final del periodo proyectado a más de 10,4 millones m³ssc y 11,2 millones m³ssc en ambos escenarios. El tercer escenario, más conservador, inicia la oferta proyectada con 804.589 m³ssc y alcanza en el período 2047 - 2049 una oferta de 3,3 millones m³ssc.

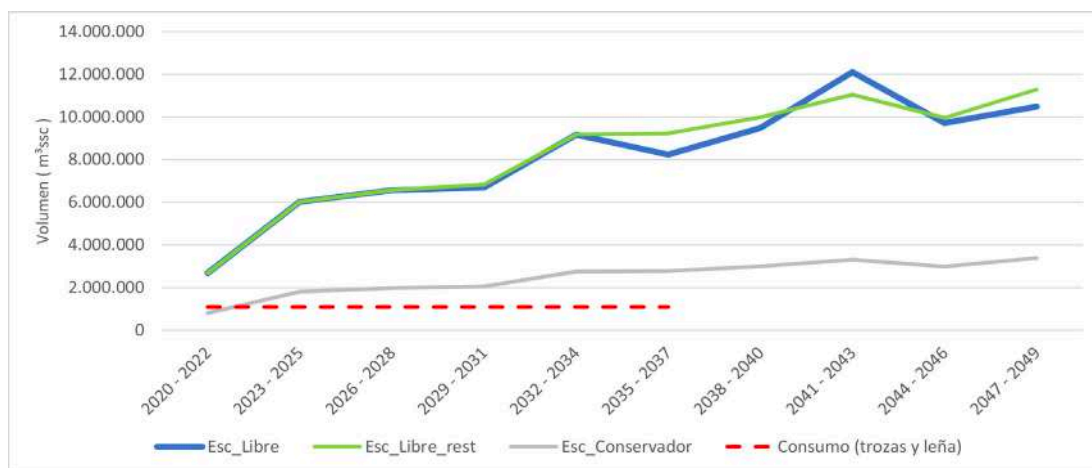


Figura N° 23
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL PARA LOS DIFERENTES ESCENARIOS DE PROYECCIÓN

Estos resultados, responden a las superficies de entrada al modelo en cada escenario y las restricciones asociadas a los niveles de oferta. Un factor que influye también en la regulación del flujo, es el período de recuperación de los bosques luego de cada intervención, considerando que en general, serán intervenciones más bien tardías, por la edad actual de estos bosques. Sin embargo, la capacidad de crecimiento se podrá potenciar en las nuevas generaciones aplicando estas intervenciones desde temprana edad (Grosse y Quiroz (1998), Donoso *et al* (1993)).

Las ofertas más interesantes provienen de las regiones de la Araucanía y Biobío, superando en cada una de ellas 2,5 millones de m³ssc a partir del 2037. Sin embargo, los trozos de mayor valor, que presentan los mayores largos y diámetros, solo corresponden a cerca del 6% de la oferta potencial. La oferta para el producto metro-ruma, aunque cercana a la mitad de la oferta en el primer trienio, tiende a disminuir al 42% al final del horizonte. La oferta de trozas delgadas representa alrededor del 20% de la oferta anual.

Las cortas por cosecha final empiezan a ocurrir a partir del cuarto trienio con superficies cercanas las 222 ha. Al final del horizonte se alcanzan superficies de más de 29.000 ha. De acuerdo a este modelo, al año 2049, es decir, en 3 décadas más se cosechará el 11% de la superficie disponible. Bajo el supuesto que esta superficie se encontrará ya en regeneración, permitiendo la formación de nuevos bosques y la aplicación de la silvicultura correcta, que la mayoría de los bosques que hoy existen, no tuvieron. Esto a su vez permitirá, con el rejuvenecimiento, mayores crecimientos, calidades y mayores tasas de captura de carbono.

Estos resultados consideran los antecedentes de manejo respecto a las actividades en estas formaciones nativas, donde en general los raleos se realizan en rodales de avanzada edad, dado que esto permite obtener productos de valor comercial. Como el propósito del manejo forestal es, desde el punto de vista maderero, maximizar el desarrollo del crecimiento, calidad y valor del bosque, se deben investigar y evaluar otras opciones de manejo silvícola para lograr el mencionado propósito, considerando con mayor atención la silvicultura para la regeneración.

Cabe mencionar, que el raleo de renovals a edades avanzadas solo se justificaría si el pequeño incremento diamétrico fuese equivalente a un considerable incremento del valor maderero, o sea, si el incremento en volumen fuese madera de alta calidad. Este análisis debe incluir variables relacionadas con la calidad de la madera, productos objetivos, costos de producción y precios de comercialización, generando una mirada común sobre la orientación en el manejo de los renovals.

Al no poder acelerar sustantivamente el crecimiento de un renoval a través de las cortas intermedias y no aprovechar el potencial productivo de estos bosques, se plantea entonces como alternativa de manejo el rejuvenecimiento de estos, a través de la aplicación de métodos de cosecha y regeneración. Siendo una alternativa para mejorar la calidad, crecimientos y valor de estas formaciones nativas.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece la cooperación del sector público y sector privado que apoyaron y participaron activamente en facilitar y analizar la información presentada a través de diferentes instancias de participación del estudio, siendo un medio frecuente las reuniones virtuales realizadas en el 2020. En este ámbito, se agradece la participación y aportes al estudio a los diferentes profesionales de CONAF de las oficinas de regiones entre Ñuble a Los Ríos, como a los profesionales de la oficina central en la región Metropolitana. Respecto al sector privado, se agradece a la asociación gremial Aprobosque A.G., en especial a su presidente Sr. Jan Köster y Sra. Gloria Vargas de secretaria técnica, además de los aportes y edición del Sr. Helmut Keim de Forestal Río Pítildeo y representante del departamento de bosque nativo de CORMA.

Se agradece el apoyo interno, destacando a los investigadores del área de información y economía forestal, en especial a las investigadoras Janina Gysling y Verónica Álvarez (estadísticas del sector), sumado al apoyo en información del investigador René Reyes de la línea de Biomasa forestal y energía (consumos de leña), a la investigadora Joceline Rose de la línea de inventario (análisis de información SIG) e investigadora Bastienne Schlegel (fotografías).

7. REFERENCIAS

CONAF/CONAMA/BIRF, 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile.

CONAF, 2020. Catastro y Evaluación del Recurso Vegetacional Nativo de Chile. Disponible en <http://sit.conaf.cl>. Regiones de Ñuble, Biobío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos. (visitado en marzo 2, 2020).

De Camino, R.; Smith, B.; Benavides, M. y Rodas, J., 1974. Los renovales del bosque nativo como recurso forestal. Instituto de manejo y Economía forestal. Universidad Austral de Chile. 56 p.

Donoso, C., 1978. La silvicultura de *Nothofagus* en Chile. Departamento de Silvicultura y Conservación. Universidad de Berkeley, California, 1-102 pp.

Donoso, C., 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/PNUD/FAO.FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 38.

Donoso, C., 1988. Caracterización, crecimiento y proposiciones silviculturales para comunidades de *Nothofagus* en el área de protección Radal Siete Tazas. Tesis Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.

Donoso, P.; Donoso, C.; Sandoval, V., 1993. Proposición de zonas de crecimiento de renovales de Roble y Raulí en su rango de distribución natural. Bosque 14(2).

Donoso, C. y Lara, A. (Eds.), 1999. Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria. Santiago. 421p.

Echeverría, C. and Lara, A., 2004. Growth patterns of secondary *Nothofagus obliqua*- *N. alpina* forests in southern Chile. Forest Ecology and Management 195: 29-43.

Garrido, F. Ibarra, M. Steinmetz, J. y Seron, J., 1979. Variación de poblaciones naturales de Raulí. Revisión bibliográfica. FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 28. Santiago, Chile. 40 p.

Grosse, H. y Quiroz, I., 1998. Renovales de Raulí y Roble en el sur de Chile. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. Valdivia. Chile.

INFOR, 2012a. Estado actual y propuestas silvícolas para los renovales de *Nothofagus* en la zona centro-sur de Chile. Reporte de prácticas silvícolas. Informe técnico 190. Santiago, Chile. 46 p.

INFOR, 2012b. Descripción del estado de los renovales de Roble-Raulí-Coigüe. Regiones del Biobío a los Ríos. Informe Técnico 188. Santiago, Chile. 23 p.

INFOR, 2013. Rentabilidad económica de distintas propuestas silvícolas para los renovales de *Nothofagus* en el centro sur de Chile. Informe Técnico 193.

INFOR, 2014. Reporte de Disponibilidad de Madera Nativa: Renovales de Roble-Raulí-Coigüe. INFORME MINAGRI.P.36.

INFOR, 2018. Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto (2017-2047). Informe Técnico 220.P.123.

INFOR, 2019a. Disponibilidad de Madera en Plantaciones de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziessi* (Mirb.) Franco) Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (2019 – 2019). P. 53.

INFOR, 2019. Anuario Forestal 2019. Instituto Forestal, Chile. Boletín estadístico N° 168. P. 232.

INFOR, 2020a. Anuario Forestal 2020. Instituto Forestal, Chile. Boletín estadístico N° 174. P. 256.

INFOR, 2020b. Los Recursos Forestales en Chile. Informe Final. Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. Diciembre 2020. Chile. 197 p.

INFOR, 2020c. La Industria del Aserrió 2020. Instituto Forestal. Boletín estadístico N° 177. P. 128.

Morales, L., 2003. Evaluación económica de alternativas de manejo en renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe (RO-RA-CO). Tesis, Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile. Valdivia. 107 págs.

Ortega, A. y Gezan, S., 1998. Cuantificación de crecimiento y proyección de calidad en *Nothofagus*. Una nueva herramienta al servicio del bosque nativo Rev. Chile Forestal, 270:42-44.

Ortega, A. y Gezan, S., 1999. Proyecto FONDEF Software de planificación de actividades en renovales de Roble, Raulí y Coigüe en la IX y X región. Informe de avance cuatrimestral. Segundo cuatrimestre. Valdivia.

Ortega, A., 2003. Estudio “Desarrollo de alternativas de gestión sustentable para la utilización de los renovales de la X Región. Corporación Nacional Forestal. 2003-2004. Informe de avance No 2. 37 p + Anexos.

Rodríguez, G., 1969. Antecedentes botánicos y silvícolas de las especies chilenas. Coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst), Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp et Endl) Krasscr), Ñirre o Guindo (*Nothofagus antártica* (Forst) Oerst.). Los Ángeles, Chile. Universidad de Concepción. Notas Informativas N°3. 29 p.

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

Schlatter, J.; Gerding, V. y Huber, H., 1995. Sistema de Ordenamiento de la Tierra. Herramienta de Planificación Forestal Aplicada a la X Región. Serie Técnica, Fac. De Cs. Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 93 p.

SIMEF, 2020. Reporte Consumo de Leña por Región y Comuna (INFOR). <https://simef.minagri.gob.cl/herramientas/reporte-estadistico-ver>

APÉNDICES

Apéndice 1

REGISTROS DE CONSUMOS TOTALES DE MADERA EN TROZA POR TIPO DE ESPECIE PERÍODO 2000 – 2019

Años	Pinus radiata	Eucaliptos	Nativas	Otras exóticas
	(miles de m³ssc)			
2000	18.806	3.987	1.476	166
2001	20.385	3.975	1.141	181
2002	20.188	4.389	753	160
2003	22.088	4.596	645	161
2004	25.802	5.341	623	231
2005	25.729	5.947	649	332
2006	25.539	6.770	535	378
2007	27.495	10.058	515	347
2008	26.953	12.055	514	346
2009	24.759	10.910	410	327
2010	22.889	10.880	424	366
2011	26.212	12.209	366	364
2012	26.421	11.826	334	493
2013	28.865	11.448	315	412
2014	30.536	11.635	266	422
2015	30.689	12.096	378	470
2016	30.847	13.019	300	389
2017	30.671	14.475	277	346
2018	31.915	15.313	260	374
2019	30.121	14.675	224	285

Apéndice 2

DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO DE OFERTA DISPONIBILIDAD DE RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE

Descripción de las Variables del Modelo de Programación Lineal

$X_{przsmij}$:	Superficie [ha] del propietario p , en la región r , en la zona de crecimiento z , clase de sitio s , esquema de manejo m , periodo i y cosechada en el periodo j .
W_{przsmi} :	Superficie [ha] del propietario p , en la región r , en la zona de crecimiento z , clase de sitio s , esquema de manejo m , periodo i que queda como inventario final (no es cosechada dentro del horizonte de planificación).
S_{rzsmj} :	Superficie total [ha] en la región r , en la zona de crecimiento z , clase de sitio s , esquema de manejo m , que es cosechada en el periodo j .
V_{prmkj} :	Volumen [m^3] de producto k obtenido por corta final, en el periodo j , en la región r , proveniente de esquema de manejo m perteneciente a un propietario del tipo p .
O_{rkj} :	Volumen total [m^3] de producto k , obtenido por corta final en el periodo j , en la región r .
D_{rkj} :	Volumen total [m^3] de producto k , demandado por corta final en el periodo j , en la región r .
R_{rmj} :	Volumen [m^3] de producto <i>pulpable</i> obtenido por raleo comercial, en el periodo j , en la región r , proveniente del esquema de manejo m .

Descripción de los Coeficientes del Modelo

r_{zsme} :	Rendimiento [m^3/ha] de producto <i>pulpable</i> , por raleo del recurso en zona de crecimiento z , clase de sitio s , esquema de manejo m , que es intervenida a la edad de e periodos.
SUP_{przsmi} :	Coeficiente RHS del modelo, correspondiente a la superficie [ha] en el inventario inicial del propietario p , en la región r , en la zona de crecimiento z , clase de sitio s , esquema de manejo m , del periodo i .
$COS_{m,p}$:	Coeficientes que determinan edades de cosecha según esquema de manejo m , tipo de propietario p .
DDA_t :	Vector de demanda proyectado para el periodo de tiempo proyectado t .

Formulación del Problema Lineal

- **Función objetivo**

$$MAX Z = \sum_{k=1}^5 v_{kzsm(j-i)} * \sum_{p=1}^4 \sum_{r=8}^{14} \sum_{a=1}^3 X_{przsmij}$$

- **Restricciones**

- Restricción de inventario inicial

$$Al_{przsmi}) \sum_{j=0}^{20} X_{przsmij} + W_{przsmij} = SUP_{przsmi}$$

$$p = 1, \dots, 4; r = 8, 9, 14; m = 1, \dots, 3; z = 1, 2, 3; s = 1, 2; i = -70, \dots, -1;$$

- Cuantificación de superficie cosechada

$$SC_{rzsmj}) \sum_{p=1}^4 \sum_{j=0}^{20} X_{przsmij} - S_{rzsmj} = 0$$

$$r = 8, 9, 14; z = 1, 2, 3; s = 1, 2; m = 1, \dots, 3; i = -10, \dots, 3;$$

- Cuantificación de volumen de corta final

$$VC_{rzmkj}) \sum_{z=1}^4 \sum_{s=1}^3 \sum_{i=-10}^3 (v_{kzsm(j-i)} * \sum_{p=1}^4 X_{przsmij}) - V_{prmkj} = 0$$

$$r = 8, 9, 14; m = 1, \dots, 3; k = 1, \dots, 5; j = 0, \dots, 10;$$

- Cuantificación de volumen de raleo

$$VR_{przmkj}) \sum_{s=1}^3 \sum_{i=1}^{10} \sum_{i=-10}^3 (vr_{kzsmiad} * X_{przsmij}) - VRAL_{przmkj} = 0$$

$$p = 1, \dots, 4; r = 8, 9, 14; z = 1, 2, 3; m = 2, 3; k = 1, \dots, 5; j = 0, \dots, 10;$$

- Regeneración (continuidad del inventario)

$$RF_{przsmj}) \sum_i^T X_{przsmij} - \sum_{l=j+6}^9 X_{przsmjl} - W_{przsmj} = 0$$

$$p = 1, \dots, 4; \quad r = 8, 9, 14; \quad z = 1, 2, 3; \quad s = 1, 2; \quad m = 1, \dots, 3; \quad j = 0, \dots, 10.$$

- Cuantificación de oferta total

$$VT_{rkj}) \sum_{p=1}^4 \sum_{m=1}^3 V_{prmkj} - O_{rkj} = 0$$

$$r = 8, 9, 14; \quad k = 1, \dots, 4; \quad j = 0, \dots, 30;$$

Apéndice 3

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE MADERA POTENCIAL EN RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE PARA EL ESCENARIO LIBRE

Año	Regiones				Total
	Nuble	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	
	(m³ssc)				
2020	379.513	1.166.846	1.487.719	692.191	3.726.268
2021	448.559	788.808	1.167.582	402.029	2.806.978
2022	290.824	439.527	577.932	204.363	1.512.645
2023	151.404	313.309	489.225	235.466	1.189.404
2024	329.985	921.376	1.141.777	503.792	2.896.929
2025	906.213	5.205.812	6.525.335	1.356.256	13.993.616
2026	1.301.537	1.082.304	5.204.170	3.266.765	10.854.776
2027	312.320	699.410	1.155.984	585.088	2.752.802
2028	805.937	1.661.671	2.318.340	1.327.901	6.113.849
2029	1.285.446	3.231.506	3.686.939	1.499.293	9.703.184
2030	978.597	2.070.193	2.799.498	1.049.300	6.897.588
2031	436.814	1.028.206	1.524.685	491.216	3.480.921
2032	750.812	1.612.593	593.071	1.640.364	4.596.840
2033	885.765	5.165.526	6.236.330	1.471.297	13.758.917
2034	1.186.756	515.411	4.485.828	2.974.756	9.162.751
2035	1.031.066	2.251.495	1.114.065	2.222.189	6.618.816
2036	1.339.182	3.042.809	3.405.268	1.728.739	9.515.998
2037	1.303.210	2.651.120	2.991.836	1.613.581	8.559.746
2038	1.597.608	3.539.299	3.930.107	1.528.956	10.595.970
2039	1.574.244	3.198.060	2.771.906	2.617.270	10.161.480
2040	1.028.712	2.467.548	2.866.487	1.313.889	7.676.637
2041	800.984	4.471.366	5.726.947	1.386.777	12.386.073
2042	1.743.984	1.893.670	5.834.960	3.598.609	13.071.223
2043	1.520.085	3.508.175	4.305.582	1.519.456	10.853.297
2044	1.976.980	4.504.103	4.121.698	3.508.985	14.111.766
2045	1.258.224	3.435.808	4.399.338	1.917.287	11.010.657
2046	372.071	1.163.388	1.691.569	798.541	4.025.569
2047	705.990	5.101.111	6.257.043	1.479.099	13.543.242
2048	1.463.341	1.396.202	5.860.598	3.457.305	12.177.445
2049	497.304	1.645.917	2.384.315	1.208.731	5.736.267

Apéndice 4

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE MADERA POTENCIAL EN RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE PARA EL ESCENARIO LIBRE CON RESTRICCIÓN

Año	Regiones				Total
	Ñuble	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	
	(m³ssc)				
2020	379.513	1.166.846	1.487.719	692.191	3.726.268
2021	448.559	788.808	1.167.582	402.029	2.806.978
2022	290.824	439.527	577.932	204.363	1.512.645
2023	151.404	313.309	489.225	235.466	1.189.404
2024	329.985	921.376	1.141.777	503.792	2.896.929
2025	906.213	5.205.812	6.525.335	1.356.256	13.993.616
2026	1.301.537	1.082.304	5.204.170	3.266.765	10.854.776
2027	312.320	699.410	1.155.984	585.088	2.752.802
2028	805.937	1.661.671	2.318.340	1.327.901	6.113.849
2029	1.285.446	3.231.506	3.686.939	1.499.293	9.703.184
2030	951.307	2.041.487	2.760.058	1.012.356	6.765.209
2031	602.628	1.161.284	1.669.355	604.934	4.038.201
2032	746.266	1.609.892	591.299	1.640.364	4.587.821
2033	873.087	5.153.978	6.203.339	1.471.297	13.701.700
2034	1.160.721	537.920	4.533.094	2.999.842	9.231.578
2035	1.328.760	3.217.120	2.003.115	2.682.583	9.231.578
2036	1.463.741	3.264.007	3.017.921	1.485.909	9.231.578
2037	1.765.370	2.618.424	3.341.639	1.506.146	9.231.578
2038	1.187.498	3.096.575	3.497.999	1.449.506	9.231.578
2039	1.370.968	2.863.157	2.778.956	2.655.179	9.668.260
2040	1.461.157	3.538.315	4.317.886	1.729.715	11.047.073
2041	621.957	4.074.567	5.290.534	1.060.015	11.047.073
2042	1.153.987	1.462.271	4.903.444	3.527.371	11.047.073
2043	2.031.355	3.265.494	3.682.790	2.067.435	11.047.073
2044	1.172.000	3.560.657	3.708.092	2.606.323	11.047.073
2045	1.258.224	3.435.808	4.399.338	1.917.287	11.010.657
2046	856.174	2.336.618	3.131.793	1.483.329	7.807.914
2047	632.288	4.720.545	5.925.443	1.271.287	12.549.562
2048	1.180.330	962.679	5.363.860	3.262.316	10.769.185
2049	724.441	2.979.900	5.082.005	1.754.677	10.541.022

Apéndice 5

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE MADERA POTENCIAL EN RENOVALES DE ROBLE-RAULÍ-COIHUE PARA EL ESCENARIO CONSERVADOR

Año	Regiones				Total
	Ñuble	Biobío	La Araucanía	Los Ríos	
	(m³ssc)				
2020	113.854	350.054	446.316	207.657	1.117.880
2021	134.568	236.642	350.275	120.609	842.093
2022	87.247	131.858	173.380	61.309	453.794
2023	45.421	93.993	146.768	70.640	356.821
2024	98.995	276.413	342.533	151.138	869.079
2025	271.864	1.561.744	1.957.601	406.877	4.198.085
2026	390.461	324.691	1.561.251	980.030	3.256.433
2027	93.764	209.755	346.795	175.526	825.841
2028	241.781	498.501	695.502	398.370	1.834.155
2029	385.634	969.452	1.106.082	449.788	2.910.955
2030	285.392	612.446	828.018	303.707	2.029.563
2031	180.788	348.385	500.807	181.480	1.211.460
2032	223.880	482.967	177.390	492.109	1.376.346
2033	261.979	1.546.140	1.861.002	441.389	4.110.510
2034	348.216	161.376	1.359.928	899.953	2.769.473
2035	451.369	965.136	591.178	761.791	2.769.473
2036	474.686	813.744	947.900	533.144	2.769.473
2037	436.421	956.644	968.950	407.459	2.769.473
2038	354.672	928.973	1.049.400	436.429	2.769.473
2039	399.950	906.145	804.825	789.558	2.900.478
2040	358.845	1.012.409	1.271.266	671.603	3.314.122
2041	186.663	1.222.294	1.587.160	318.005	3.314.122
2042	448.514	319.396	1.530.747	1.015.465	3.314.122
2043	609.407	911.130	1.104.837	688.748	3.314.122
2044	351.600	1.269.667	1.112.428	580.427	3.314.122
2045	377.598	1.030.612	1.319.801	575.186	3.303.197
2046	256.852	700.985	939.538	444.999	2.342.374
2047	189.686	1.416.163	1.777.633	381.386	3.764.869
2048	354.099	288.804	1.609.158	978.695	3.230.756
2049	458.947	1.071.844	957.585	673.931	3.162.307

Apéndice 6

Resultados Regionales

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE MADERA POTENCIAL Y SUPERFICIE ASOCIADA DE INTERVENCIÓN POR ESCENARIO PARA LA REGIÓN DE ÑUBLE

Disponibilidad de volumen potencial según escenario de proyección

Trienios	Escenarios región de Ñuble		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(m³ssc)		
2020 - 2022	372.965	372.965	111.890
2023 - 2025	462.534	462.534	138.760
2026 - 2028	806.598	806.598	242.002
2029 - 2031	900.286	946.460	283.938
2032 - 2034	941.111	926.691	278.025
2035 - 2037	1.224.486	1.519.290	454.159
2038 - 2040	1.400.188	1.339.874	371.156
2041 - 2043	1.355.018	1.269.100	414.861
2044 - 2046	1.202.425	1.095.466	328.683
2047 - 2049	888.878	845.686	334.244

Superficie de intervención según escenario de proyección

Trienios	Escenarios región de Ñuble		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(ha)		
2020 - 2022	5.006	5.006	1.502
2023 - 2025	6.186	6.186	1.856
2026 - 2028	9.114	9.114	2.734
2029 - 2031	9.948	10.196	3.059
2032 - 2034	9.158	9.077	2.723
2035 - 2037	11.365	13.015	3.905
2038 - 2040	11.420	11.818	3.302
2041 - 2043	11.976	11.335	3.644
2044 - 2046	9.466	8.856	2.657
2047 - 2049	8.095	8.128	3.061

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE MADERA POTENCIAL Y SUPERFICIE ASOCIADA DE INTERVENCIÓN POR ESCENARIO PARA LA REGIÓN DEL BIOBÍO

Disponibilidad de volumen potencial según escenario de proyección

Trienios	Escenarios región del Biobío		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(m³ssc)		
2020 - 2022	798.393	798.393	239.518
2023 - 2025	2.146.832	2.146.832	644.050
2026 - 2028	1.147.795	1.147.795	344.316
2029 - 2031	2.109.968	2.144.759	643.428
2032 - 2034	2.431.176	2.433.930	730.161
2035 - 2037	2.648.475	3.033.183	911.841
2038 - 2040	3.068.302	3.166.016	949.175
2041 - 2043	3.291.070	2.934.111	817.607
2044 - 2046	3.034.433	3.111.028	1.000.422
2047 - 2049	2.714.410	2.887.708	925.604

Superficie de intervención según escenario de proyección

Trienios	Escenarios región de Biobío		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(ha)		
2020 - 2022	11.321	11.321	3.396
2023 - 2025	25.273	25.273	7.582
2026 - 2028	13.052	13.052	3.916
2029 - 2031	23.487	23.667	7.100
2032 - 2034	23.786	23.794	7.138
2035 - 2037	25.049	27.200	8.160
2038 - 2040	26.732	28.447	8.535
2041 - 2043	30.411	28.161	8.051
2044 - 2046	24.070	24.610	7.779
2047 - 2049	25.072	27.257	8.635

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE MADERA POTENCIAL Y SUPERFICIE ASOCIADA DE INTERVENCIÓN POR ESCENARIO PARA LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Disponibilidad de volumen potencial según escenario de proyección

Trienios	Escenarios región de La Araucanía		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(m ³ ssc)		
2020 - 2022	1.077.744	1.077.744	323.323
2023 - 2025	2.718.779	2.718.779	815.634
2026 - 2028	2.892.831	2.892.831	867.849
2029 - 2031	2.670.374	2.705.451	811.635
2032 - 2034	3.771.743	3.775.911	1.132.773
2035 - 2037	2.503.723	2.787.559	836.009
2038 - 2040	3.189.500	3.531.614	1.041.830
2041 - 2043	5.289.163	4.625.589	1.407.581
2044 - 2046	3.404.202	3.746.408	1.123.922
2047 - 2049	4.833.985	5.457.103	1.448.125

Superficie de intervención según escenario de proyección

Trienios	Escenarios región de La Araucanía		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(ha)		
2020 - 2022	15.308	15.308	4.592
2023 - 2025	32.496	32.496	9.749
2026 - 2028	31.029	31.029	9.309
2029 - 2031	29.534	29.728	8.918
2032 - 2034	38.228	38.229	11.469
2035 - 2037	26.287	27.826	8.348
2038 - 2040	30.337	33.669	9.959
2041 - 2043	51.760	47.439	14.374
2044 - 2046	28.670	30.936	9.281
2047 - 2049	45.875	51.611	14.023

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE MADERA POTENCIAL Y SUPERFICIE ASOCIADA DE INTERVENCIÓN POR ESCENARIO PARA LA REGIÓN DE LOS RÍOS

Disponibilidad de volumen potencial según escenario de proyección

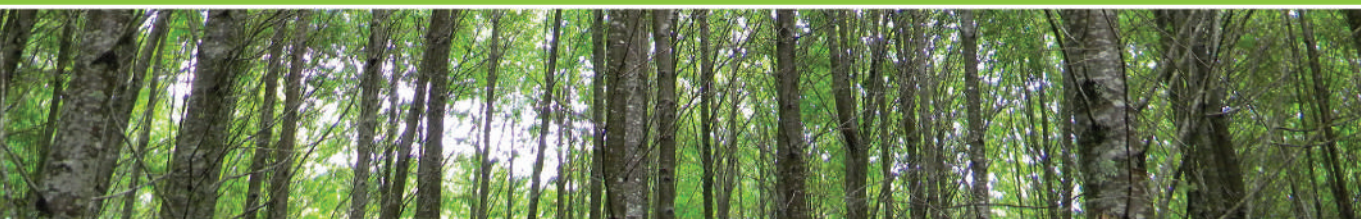
Trienios	Escenarios región de La Araucanía		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(m³ssc)		
2020 - 2022	432.861	432.861	129.858
2023 - 2025	698.504	698.504	209.551
2026 - 2028	1.726.585	1.726.585	517.975
2029 - 2031	1.013.270	1.038.861	311.658
2032 - 2034	2.028.806	2.037.168	611.150
2035 - 2037	1.854.836	1.891.546	567.465
2038 - 2040	1.820.038	1.944.800	632.530
2041 - 2043	2.168.281	2.218.274	674.073
2044 - 2046	2.074.937	2.002.313	533.537
2047 - 2049	2.048.378	2.096.093	678.004

Superficie de intervención según escenario de proyección

Trienios	Escenarios región de Los Ríos		
	Libre	Libre restricción	Conservador
	(ha)		
2020 - 2022	6.308	6.308	1.893
2023 - 2025	9.264	9.264	2.779
2026 - 2028	18.152	18.152	5.445
2029 - 2031	11.310	11.434	3.430
2032 - 2034	19.544	19.587	5.876
2035 - 2037	16.929	17.197	5.159
2038 - 2040	16.222	17.284	5.570
2041 - 2043	21.082	21.343	6.415
2044 - 2046	15.703	15.374	4.216
2047 - 2049	19.316	20.115	6.414



INSTITUTO FORESTAL



www.infor.cl