

Disponibilidad de Madera en Plantaciones de Pino Oregón (2019 - 2049)





Informe Técnico N° 229



DISPONIBILIDAD DE MADERA EN PLANTACIONES DE PINO OREGÓN

(Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco)
Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos
(2019 – 2049)

Carlos Büchner¹, Marjorie Martin, Rodrigo Sagardia, Yasna Rojas, Carlos Bahamondez,
Felipe Guzmán, Marco Barrientos, Luis Barrales y Rodrigo Guiñez.

INSTITUTO FORESTAL
2019

¹ Instituto Forestal, Chile. cbuchner@infor.cl



INFOR

Instituto Forestal

Sucre 2397 Ñuñoa

Santiago, CHILE

F: 223667115

www.infor.cl

ISBN N° 978-956-318-167-8

Registro Propiedad Intelectual N° 2020-A-9573

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

Büchner, Carlos; Martín, Marjorie; Sagardia, Rodrigo; Rojas, Yasna; Bahamondez, Carlos; Guzmán, Felipe; Barrientos, Marco; Barrales, Luis y Guiñez, Rodrigo, 2019. Disponibilidad de Madera en Plantaciones de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. (2019 – 2049). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 229. P. 53.

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

PRÓLOGO	5
RESUMEN EJECUTIVO	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. ANTECEDENTES GENERALES DE LAS PLANTACIONES DE PINO OREGÓN	11
2.1. Plantaciones de Pino Oregón	11
2.2. Consumo y Demanda de Madera	12
3. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS	14
3.1. Modelo de Proyección de Disponibilidad	14
3.2. Definición de Restricciones	16
3.3. Criterio de Proyección	16
3.4. Escenarios de Proyección	16
3.5. Macro Región del Estudio	17
- Rango de Edad de las Plantaciones	19
- Régimen de Propiedad de las Plantaciones	19
4. SUPUESTOS DE PROYECCIÓN	21
4.1. Definición de Zonas de Crecimiento y Sitios	21
4.2. Definición de Esquemas de Manejo	22
4.3. Superficie según Esquemas de Manejo	25
4.4. Definición de Productos	25
4.5. Rendimientos	27
4.6. Edad de Cosecha	29
4.7. Proyección del Vector Demanda	29
4.8. Pérdidas en Cosechas	31
4.9. Plagas y Enfermedades	31
5. RESULTADOS DE LA DISPONIBILIDAD DE MADERA	32
5.1. Escenarios de Proyección	32
5.2. Resultados del Escenario Base	32
5.3. Resultados del Escenario Conservador	37
5.4. Resultados del Escenario Libre	40
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	43
RECONOCIMIENTOS	44
REFERENCIAS	47
Apéndice 1.	
Registros de Consumos Totales de Madera en Troza por Tipo de Especie. Período 2000 – 2018	48
Apéndice 2.	
Descripción Matemática del Modelo de Oferta Modelo Disponibilidad Pino y Eucalipto	49
Apéndice 3.	
Funciones y Variables Utilizadas en la Herramienta de Simulación de Crecimiento de Pino Oregón	52

PRÓLOGO

El Instituto Forestal (INFOR) tiene el agrado de poner a disposición, para el sector forestal y del público en general, el primer informe técnico sobre la disponibilidad de madera en plantaciones de pino oregón en el país, considerando la macro región comprendida entre las regiones de La Araucanía y Los Lagos (provincias de Osorno y Llanquihue), para el período 2019 – 2049.

Desde la década de los 80 del siglo pasado, el Instituto Forestal ha generado información para dar a conocer el potencial de los recursos existentes y proyectar su disponibilidad de madera en el largo plazo, considerando las principales especies en las plantaciones forestales del país; *Pinus radiata* D. Don, *Eucalyptus globulus* Labill. y *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden, facilitando de esta manera la planificación y desarrollo en el sector forestal.

El desarrollo de este primer estudio de disponibilidad de madera de pino oregón permite contar con las primeras proyecciones sobre la oferta potencial de madera en pie de esta especie y su proyección para los próximos 30 años, considerando las regiones del país en donde alcanza su mayor presencia. Se trata de información de importancia para el sector maderero que permite visualizar la oferta de madera en pie existente en el corto y mediano plazo de una especie, de creciente interés en el ámbito de la construcción.

Se espera que esta información propicie distintas alternativas productivas, sea de utilidad en materia de abastecimiento de materia prima para la pyme maderera y facilite el desarrollo de políticas públicas vinculadas con el incremento y diversificación de las plantaciones forestales en el país.

INFOR agradece a todos quienes participaron en la ejecución del estudio y espera que este aporte sea de real 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://ifn.infor.cl>

Fernando Raga Castellanos
Director Ejecutivo
Instituto Forestal

RESUMEN EJECUTIVO

Las plantaciones de pino oregón cubren una superficie de 15.947 hectáreas a nivel nacional, concentrándose en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y la región de Aysén (INFOR, 2019a). Asociado a este recurso se presentan pequeñas y medianas empresas de transformación primaria, las cuales se abastecen de madera de pino oregón en trozas, donde la madera es procesada para diferentes usos, destacando principalmente su utilización en sistemas constructivos, mercados de apariencia, industria del mueble y confección de puertas, entre otros.

El presente estudio tuvo como objetivo generar las proyecciones de oferta de volumen de madera en pie proveniente de las plantaciones puras de pino oregón presentes en la macro región comprendida entre la región de La Araucanía y la provincia de Llanquihue de la región de Los Lagos. Esta información es de gran interés ya que permitirá apoyar las decisiones respecto a la orientación de políticas públicas y privadas a nivel territorial, especialmente para el sector de la pyme maderera del aserrío, de forma de disminuir la incertidumbre y riesgo de abastecimiento de madera en troza en torno a esta especie.

En el documento se entregan los antecedentes respecto a la descripción metodológica, parámetros y supuestos utilizados para la generación de las proyecciones, así como los resultados obtenidos según escenarios de proyección.

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 de plantaciones en pie, definición de esquemas de manejo, estimación de crecimientos, supuestos de proyección y restricciones, entre otras variables de interés. Variables definidas bajo un enfoque participativo con diferentes actores, que aportan y validan la información de entrada del modelo de proyección con el propósito de alcanzar máxima confiabilidad en los resultados. A diferencia de los estudios de plantaciones de pino radiata y eucaliptos, donde las herramientas de modelación del crecimiento en respuesta al manejo, como de los parámetros para estimar la proyección de oferta vienen desarrollándose desde hace más de cuatro décadas, se trabajó con información proveniente principalmente de bibliografía, levantamiento de datos de terreno y del apoyo de propietarios que han aportado tanto en información como en el análisis.

Para estimar el potencial de volumen de madera en pie de estas plantaciones, se definieron escenarios de proyección, a través del cambio de algunos supuestos a valores más pesimistas u optimistas. Considerando además como criterio de proyección la obtención de un flujo de oferta no decreciente (FND) para el volumen total. En este ámbito los resultados, la proyección del escenario base presentó una oferta de 258.094 m³ssc de volumen de madera en pie para el período 2021 al 2035, para luego aumentar a 329.713 m³ssc entre los años 2036 al 2050. Para el escenario conservador, la oferta se presentó en el rango de los 249.155 m³ssc en el período, para luego incrementarse hasta los 331.740 m³ssc.

El presente documento reporta la información base utilizada en cuanto a la superficie de plantaciones de pino oregón más actualizada, antecedentes sobre esquemas de manejo, estimación de crecimientos, definición de tipos de productos a nivel de troza, descripción del modelo de proyección, como los resultados obtenidos de las proyecciones del recurso según escenarios de proyección.

El trabajo desarrollado corresponde al Área de Investigación Inventario y Monitoreo de Ecosistemas Forestales de INFOR, específicamente a la línea Inventario Forestal Continuo.

1. INTRODUCCIÓN

El pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) o Douglas Fir como se le conoce en inglés, es una conífera de la familia *Pinaceae* originaria de la costa oeste de Norteamérica.

La especie se distribuye en forma natural desde Columbia Británica en Canadá hasta California en Estados Unidos, se extiende desde cerca del nivel del mar hasta los 1.800 msnm de altitud (INFOR - CONAF, 1998; Quiroz y Rojas, 2003).

El pino oregón ha sido empleado en plantaciones forestales en diferentes países, principalmente de Europa y Sudamérica. En Chile, introducida a inicios del siglo XX, esta especie ha mostrado un buen crecimiento y forma, y produce una madera de buena calidad y veta atractiva, lo que la ha tornado interesante para diferentes aplicaciones en construcción, como puertas, ventanas, vigas, revestimientos, muebles y otras.

INFOR ha desarrollado diversas investigaciones sobre pino oregón, respecto de su silvicultura y manejo, incluyendo su prueba en diferentes zonas del país y ensayos de procedencias de semilla que han conducido a un primer paso en materia de mejoramiento genético, y respecto de las propiedades físicas y mecánicas de la madera, que abordan su durabilidad natural y características como su resistencia a tracción, compresión y flexión, además de los grados estructurales de la madera aserrada clasificada visualmente y las tensiones admisibles.

Dado el crecimiento más lento que otras especies comúnmente empleadas en las plantaciones en el país (pinos y eucaliptos) no existen grandes superficies plantadas con la especie, no obstante, de acuerdo a INFOR (2019a) existen 15.947 ha plantadas a nivel nacional, concentradas en las regiones de La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Asociado a este recurso, ha surgido una industria pyme que genera madera aserrada que es utilizada en diferentes usos, destacando principalmente aplicaciones en la construcción.

Sin embargo, en cuanto a los volúmenes de disponibilidad de madera de la especie, a la fecha no se dispone de información sobre la potencial oferta para los próximos años, información que es relevante para la planificación y la toma de decisiones en materia de inversiones en nuevas plantaciones. Además, equipamientos por parte de los actores interesados en la especie, principalmente las pymes forestales y madereras, en especial estas últimas que en los últimos años han manifestado incertidumbre en lo referente al abastecimiento futuro de madera en trozas.

La situación antes señalada impulsó a INFOR a realizar un estudio, cuyo principal objetivo fue generar la primera aproximación sobre volúmenes de oferta de madera en pie en plantaciones puras de pino oregón existentes en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

El enfoque metodológico aplicado es el mismo de los trabajos similares que la institución ha desarrollado periódicamente para pino radiata y eucaliptos, considerando como información base la superficie de plantaciones en pie y definiendo esquemas de manejo, crecimientos, diversos supuestos de proyección y algunas restricciones, entre otras variables de interés, 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.

Este estudio es de gran interés ya que permitirá apoyar las decisiones respecto a la orientación de políticas públicas y privadas a nivel territorial, especialmente para el sector de la pequeña y mediana industria del aserrío, de forma de disminuir la incertidumbre y riesgo de abastecimiento de madera en troza en torno a esta especie.

2. ANTECEDENTES GENERALES DE LAS PLANTACIONES DE PINO OREGÓN EN CHILE

Pino oregón es un árbol que puede alcanzar grandes dimensiones, reconociéndosele alturas entre los 50 y los 90 m. En cuanto a los diámetros, estos varían entre los 2 y 4,5 metros (Grosse y Kannegiesser, 1988; Hermann y Lavender, 1990; INFOR - CONAF, 1998). Presenta un fuste cilíndrico y ligeramente cónico, presentando una copa piramidal, con ramas horizontales dispuestas en verticilos.

Respecto a sus requerimientos ecológicos, le son favorables suelos de textura arenosa, arcillosa, franca o derivados de cenizas volcánicas, además de suelos profundos y bien drenados. La especie soporta bien temperaturas extremas y nevazones, requiriendo precipitaciones por sobre los 900 mm anuales (Fowells, 1965; Hermann y Lavender, 1990; INFOR - CONAF, 1998).

2.1 Superficie de Pino Oregón

Pino oregón es una especie altamente apreciada, tanto en el mercado nacional como internacional, debido a su buena forma, crecimiento relativamente rápido y las cualidades de la madera, presentando como principal destino la producción de madera aserrada (INFOR - CONAF, 1998; Quiroz y Rojas, 2003).

A diciembre de 2017, la superficie de plantaciones forestales en Chile alcanza a 2,29 millones de hectáreas en pie, presentando una disminución respecto al año 2017 de un 5,2%. Resultado producto de las pérdidas provocadas por los grandes incendios forestales del 2017 y por la fuerte reducción en la tasa de forestación en el país desde que expiró la legislación de fomento a esta actividad (INFOR, 2018; INFOR, 2019a). Es así como las cifras totales de superficies de plantaciones forestales han fluctuado en el rango entre los 2,45 y 2,29 y millones de hectáreas en los últimos 6 años.

Respecto de la superficie de pino oregón, existen 15.947 hectáreas a diciembre de 2017, superficie que representa menos del 1% de la superficie plantada en el país (Cuadro N° 1).

Cuadro N° 1
SUPERFICIE DE PLANTACIONES DE PINO OREGÓN POR REGIÓN, PERÍODO 2011 A 2017

Región	Superficie (ha)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
Maule	217	217	217	217	228	228	237
Biobío	389	388	381	340	337	271	238
La Araucanía	7.023	6.606	6.864	7.245	7.290	7.847	8.253
Los Ríos	4.123	3.682	3.688	4.402	4.102	3.871	3.281
Los Lagos	606	743	744	738	961	765	757
Aysén	4.423	4.334	4.327	4.206	3.883	3.500	3.181
Total	16.781	15.969	16.222	17.148	16.802	16.482	15.947

*Ajuste de superficie respecto de INFOR (2019a).

Esta superficie se presenta entre las regiones del Maule y Aysén, donde la especie ha demostrado un buen comportamiento de desarrollo en varias zonas. Las regiones de La Araucanía y Los Ríos concentran el 73% de la superficie plantada, equivalente a 11.534 ha (INFOR, 2019a).

Con el propósito de mejorar la rentabilidad, en las últimas décadas ha existido una tendencia importante a establecer plantaciones de pino oregón asociadas con otras especies. De esta manera es posible obtener raleos comerciales y disminución de costos de establecimiento; mejorar la calidad del producto final, al contar con madera con menos nudos y más regulares; además de mantener coberturas permanentes (Keim, 1994).

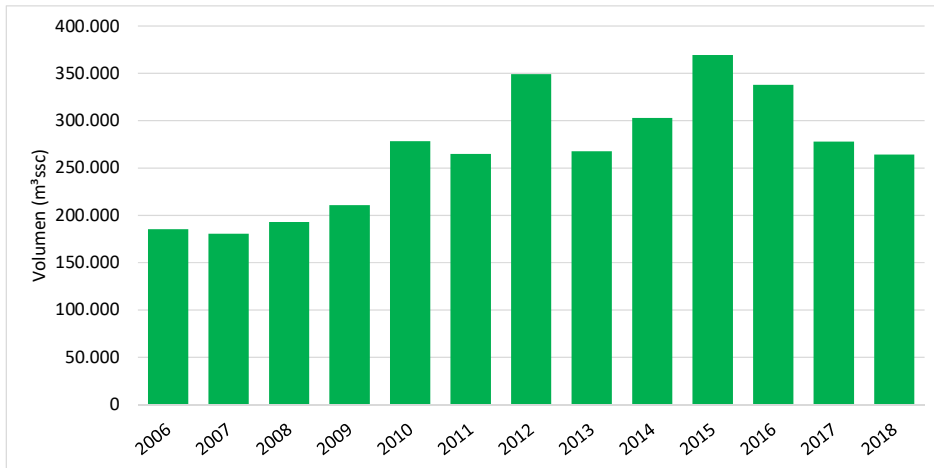
En cuanto al crecimiento medio en diámetro y altura que presenta esta especie en Chile, existen diversos estudios publicados desde la década de los años 60 y hasta finales de los 90, dando cuenta de valores de referencia en Chile. Por ejemplo, para rodales ubicados desde la región del Maule hasta la provincia de Osorno, en la región de Los Lagos, se presentan valores de incremento medio anual entre 0,32 – 1,14 metros de altura/año (Quiroz y Rojas, 2003, citados de Rocuant, 1967). Respecto del incremento medio anual en diámetro observado, los valores más altos se presentaron en la provincia de Arauco con valores entre 1,66 – 1,59 cm/año, y el menor crecimiento en la zona de Concepción, observando valores de 0,47 – 0,44 cm/año (Quiroz y Rojas, 2003, citados de Rocuant, 1967).

Para pino oregón, el crecimiento en volumen no depende únicamente de la calidad del sitio, también son de importancia los tratamientos de manejo que puedan realizarse al rodal (INFOR - CONAF, 1998). Dependiendo de la calidad del sitio y considerando rodales sin manejo, los incrementos medios anuales a edad de 50 años pueden variar entre los 3,7 y 13,4 m³/ha/año para sitios de baja calidad y superar los 28 m³/ha/año para sitios de mayor calidad bajo rotaciones entre los 50 y 80 años (Quiroz y Rojas, 2003., citado de Curtis *et al.*, 1982; Tappeiner *et al.*, 1997). Existen registros de incremento medio anual de 13 m³/ha/año en la zona de Valdivia, considerando un rodal joven de 12 años y con una densidad de 1.620 arb/ha (Brun, 1963), y para la zona de Villarrica, para un rodal de 22 años, con una densidad de 1.379 arb/ha, se reportaron incrementos de 18,9 m³/ha/año (Contreras y Smith, 1973). Por su parte en plantaciones de 29 años de edad establecidas en la región del Bio Bio, registró incrementos medios en volumen entre 14 y 24 m³/ha/año, para densidades de 628 y 1.179 arb/ha (INFOR, 1991).

2.2 Consumo y Demanda de Madera

La utilización de esta especie representa menos del 1% del consumo total nacional que alcanza los 47,8 millones de m³ssc registrados el 2018 (INFOR, 2019). Las especies más utilizadas son *Pinus radiata* con el 67% de participación y empleada principalmente para madera aserrada, pulpa y tableros, y especies del genero *Eucalyptus spp* con el 32% de participación, siendo utilizadas principalmente por la industria de celulosa (Apéndice 1).

El consumo de madera en troza de pino oregón tiene como principal destino el aserrío y es procesado especialmente por el sector de la pyme maderera. Para el período entre los años 2013 y 2018, el nivel de consumo anual de madera en troza ha fluctuado entre los 264.000 y 370.000 m³ssc (Figura N° 1) (INFOR, 2019). Gran parte de este consumo se concentra en la macro región de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.



(Fuente: Base estadística de Anuario Forestal INFOR, 2018a; INFOR, 2019, Apéndice 1).

Figura N° 1
CONSUMO INDUSTRIAL DE MADERA EN TROZAS DE PINO OREGÓN
PERÍODO 2006 - 2018

El pino oregón presenta así una posición secundaria en el escenario forestal nacional en términos generales. Sin embargo, en términos productivos es una especie de gran importancia, tanto para el segmento de las pymes madereras como de los pequeños y medianos propietarios que poseen superficies plantadas con este recurso, que muestran un gran dinamismo en el manejo de estas plantaciones, generando ingresos prediales y los usos finales de la madera. Esto se observa al considerar su cadena de valor, donde se aprecian diferentes procesos de agregación de valor, que van desde la etapa de plantación, las actividades silvícolas de podas y raleos, y los diferentes procesos productivos hasta los diversos usos finales de la madera aserrada.

3. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

En términos generales, la metodología empleada en el estudio es similar a la aplicada en los estudios de disponibilidad de madera en plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucaliptus spp* en Chile (INFOR, 2013; INFOR, 2018). Esta consiste en una revisión, recopilación y preparación de las diferentes variables de interés necesarias para la definición de supuestos y criterios técnicos que permitan reflejar la operatividad del sector.

Para responder al objetivo general del estudio y estimar las proyecciones de volumen de oferta de madera en pie, la metodología utiliza un modelo matemático para maximizar la oferta física del recurso. A esto se suma la utilización de la información base sobre superficie de plantaciones en pie para un período determinado (lo más actualizada posible), sumado a la definición de parámetros y supuestos (factores de ganancia o pérdida del recurso), que se utilizan como entrada al modelo de proyección. Sin embargo, a diferencia de los estudios de disponibilidad de *Pinus radiata* y *Eucaliptus spp*, donde las herramientas de modelación del crecimiento en respuesta al manejo y parámetros asociados se han desarrollado por más de 4 décadas, se trabajó principalmente con información proveniente de bibliografía, levantamiento de datos de terreno y del apoyo de propietarios que han aportado tanto en información como al análisis.

Las fuentes de información utilizadas corresponden a revisión de tesis y publicaciones; revisión de publicaciones (anuarios e informes técnicos); bases de datos sobre superficie, además de variables de estado; registros sobre consumo de madera en troza y registros de información de CONAF sobre tasas de plantación, entre otros.

Dado que este tipo de proyecciones no han sido desarrolladas previamente para la especie en Chile y que la información de terreno es limitada, se decidió construir una aproximación general que permita diferenciar en un principio un limitado número de zonas y esquemas de manejo. Esto dentro de la gran diversidad de situaciones que puede presentar la especie en diferentes zonas, considerando además un enfoque de trabajo participativo con actores de sector que aportan y validan los parámetros, supuestos que se utilizan como entrada al modelo de proyección.

En los siguientes puntos se describen aspectos relacionados al modelo de proyección, criterios de proyección, área de estudio, información base, supuestos considerados, y en los capítulos finales análisis y resultados.

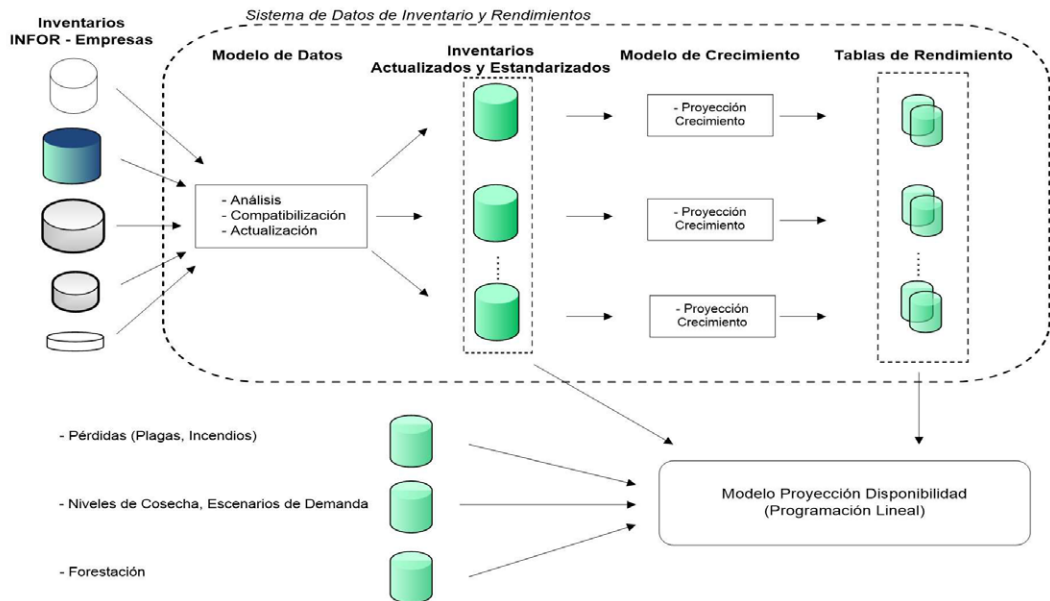
3.1 Modelo de Proyección

Para estimar el volumen de madera disponible para estas plantaciones de pino oregón, se trabajó con el mismo modelo de programación matemática utilizado en los estudios de disponibilidad de madera de plantaciones de pino radiata y eucaliptos (INFOR, 2013; INFOR, 2018). Este modelo es programado en plataforma AMPL, donde CPLEX es el *solver* y que tiene por objetivo maximizar la oferta física de madera en pie de estas plantaciones de pino oregón.

Para la cuantificación de este volumen de madera, el modelo considera en primer lugar la información de superficie de plantaciones de pino oregón presentes en las regiones de

La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos a diciembre del 2017. Otra variable de importancia corresponde a la estimación de productos a obtener según la clase de edad y manejo de las plantaciones, considerando actividades de raleos productivos y cosechas. Información que fue desarrollada desde funciones de crecimiento y ahusamiento publicadas en la literatura (Quiroz y Rojas, 2003). Para esta variable de rendimientos, las tablas se presentan asociadas a cada uno de las situaciones posibles de cosecha, considerando edades de corta y esquemas de manejo.

El modelo además considera una serie de supuestos y parámetros de bases, previamente definidos con actores del sector público y privado a través de un comité técnico. Se definen supuestos, como por ejemplo mantener el mismo tratamiento silvícola post cosecha, y estimación de demanda, entre otros. En cuanto a los parámetros se destacan la definición de productos a nivel de troza, esquemas de manejo, edades de cosecha según tipo de manejo, rendimientos, factores de pérdidas e inventario final que garantice la sustentabilidad física de la oferta en los últimos años del horizonte de proyección. En la Figura N° 2 se describe la relación de las diferentes fuentes de información que requiere el modelo.



(Fuente: INFOR, 2005)

Figura N° 2
DIFERENTES FUENTES DE INFORMACIÓN DEL MODELO DE DISPONIBILIDAD

La formulación matemática del modelo de programación lineal correspondiente al Modelo de Oferta que se describe en el Apéndice 2.

3.2 Definición de Restricciones

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

- a. La superficie de plantaciones disponible es la definida por el inventario a diciembre de 2017 para las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. No se consideran nuevas superficies por concepto de intenciones de forestación para los próximos años.
- b. El volumen obtenido por corta final está determinado por las tablas de rendimiento, al igual que el volumen de raleo. Variables definidas para cada zona de crecimiento y sitio, considerando información de terreno, datos auxiliares y criterio experto (consulta a profesionales del sector).
- c. La solución debe satisfacer la restricción de oferta total de madera no decreciente o constante en el tiempo.
- d. Se define una estructura deseada para el inventario final, de modo de contar con una cota inferior máxima de superficie desde cero hasta la edad máxima de cosecha. En otras palabras, la estructura de edades residual del inventario garantiza que la oferta posterior al horizonte planificado seguirá siendo no decreciente.
- e. No se consideran supuestos relacionados a pérdidas de superficie por incendios, mejora de rendimientos por concepto de mejoramiento genético, entre otros.

3.3 Criterio de Proyección

El criterio de proyección es de Disponibilidad Máxima No Decreciente, de acuerdo al cual el modelo ordena las cifras de disponibilidad a lo largo del período de manera que sea creciente o constante en el tiempo.

De esta manera se establece que la corta no es necesariamente de toda la madera que se podría efectivamente aprovechar en un año determinado, por lo que el excedente pasa a incrementar las existencias de crecimiento, desplazando hacia arriba o manteniendo la curva de disponibilidad futura para el período.

Esta modalidad permite obtener una proyección más estable del volumen de madera total disponible, la cual, a partir de una rotación flexible, calcula y estima sin otras restricciones de demanda.

3.4 Macro Región del Estudio

El área de la macro región considerada en el estudio y sus límites fueron definidos considerando el nivel de importancia que presenta la especie en estas regiones y empleando variables como la superficie de plantaciones presente y el consumo de madera en troza por parte de las unidades productivas que operan en estas regiones.

Región de La Araucanía

Región de Los Ríos

Región de Los Lagos: Provincias de Osorno y Llanquihue

3.5 Superficie Plantaciones Pino Oregón

La base de información corresponde a los registros de superficie de plantaciones en pie más actualizados de INFOR, que para este estudio corresponden a las coberturas de superficie de plantaciones a diciembre de 2017 (INFOR, 2019a).

Esta fuente de información proviene del Programa de Actualización Permanente de Plantaciones Forestales de INFOR. Programa que trabaja además con convenios de colaboración con la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y con un grupo de empresas forestales del país (INFOR, 2018).

En este ámbito, la superficie de plantaciones en pie de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, considerando hasta la provincia de Llanquihue, es de 12.261 hectáreas (INFOR, 2019a).

Esta superficie incorpora ajustes relacionados a superficies menores a media hectárea (5.000 m²), plantaciones mixtas de pino oregón con otras especies y restricciones de accesibilidad.

A nivel regional, gran parte de esta superficie se presenta en la región de La Araucanía con 8.228 hectáreas equivalente al 67% de la superficie de la macro región del estudio, seguida de la región de Los Ríos con 3.277 hectáreas y la región de Los Lagos con 756 hectáreas (Figura N° 3 y Figura N° 4).

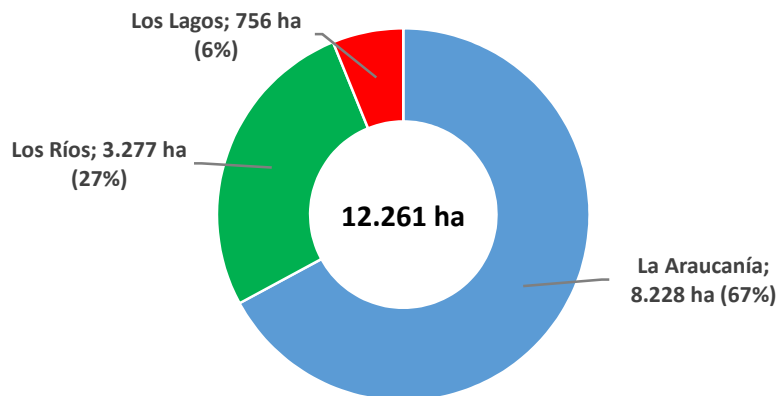


Figura N° 3
SUPERFICIE PLANTACIONES A DICIEMBRE 2017
REGIONES DE LA ARAUCANÍA, LOS RÍOS Y LAGOS

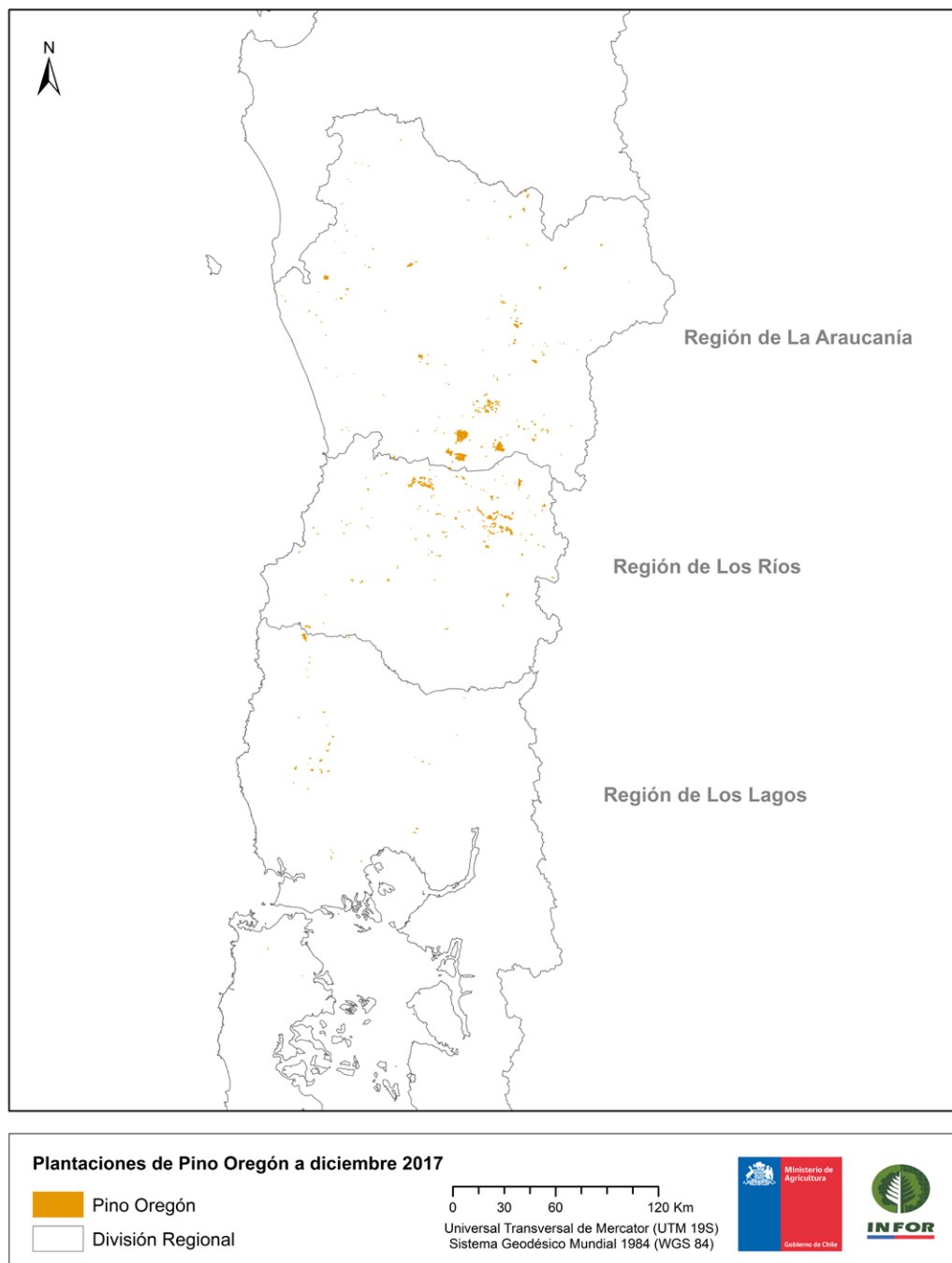


Figura N° 4
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS PLANTACIONES EN LA MACRO REGIÓN DE ESTUDIO

- Rango de Edad de las Plantaciones

La superficie por tramo de edad es una variable de gran interés en el modelo de proyección y se reflejará posteriormente en la proyección de volumen del recurso en el horizonte de proyección.

En la Figura N° 5 se presenta en forma gráfica la información de superficies totales acumuladas de plantaciones de pino oregón a diciembre de 2017, según rango de edad para la zona de interés.

Se observa una superficie con bastante irregularidad para los diferentes rangos de edades, lo cual aumenta en plantaciones mayores a 30 años.

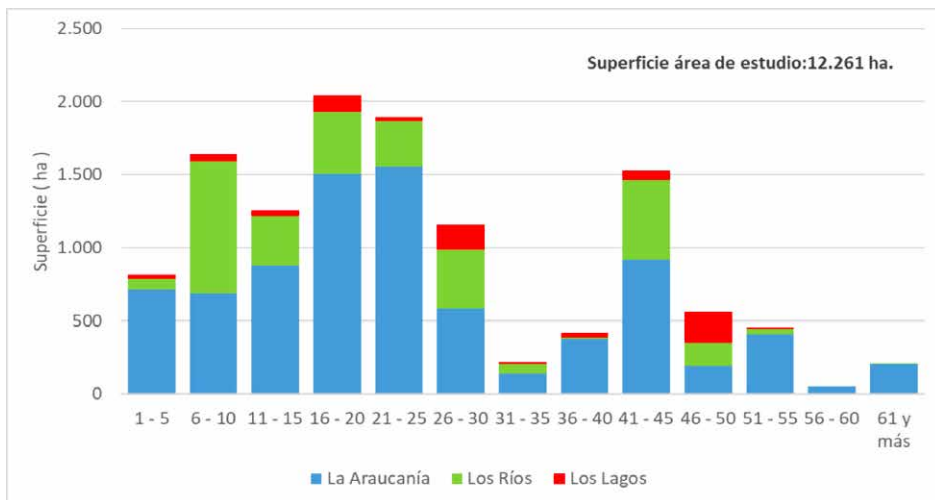


Figura N° 5
SUPERFICIE ACUMULADA DE PLANTACIONES POR RANGO DE EDAD PARA LA ZONA DE ESTUDIO

- Régimen de Propiedad de las Plantaciones

El régimen de propiedad de estas plantaciones es una variable que permite clasificar el tipo propietario según su superficie plantada (con pino oregón y otras especies).

Esta clasificación utilizada por INFOR en estudios anteriores, presenta cuatro categorías de propietarios que corresponden a grandes empresas (>30.000 ha), empresas medianas (entre 5.000 y 30.000 ha), medianos propietarios (entre 200 y <5.000 ha) y pequeños propietarios (menores a 200 ha) (INFOR, 2018).

En base a esta clasificación, en el Cuadro N° 2 se presenta la información de superficie de plantaciones para las regiones de estudio según tipo de propietario. En el cuadro se observa una concentración de superficie plantada en los segmentos de medianos (MP) y pequeños propietarios (PP), que representan el 81% de la superficie plantada de la especie en las regiones de interés del estudio.

Cuadro N° 2
SUPERFICIE DE PLANTACIONES EN LA MACRO REGIÓN POR TIPO DE PROPIETARIO
DICIEMBRE DE 2017

Región	Superficie según Tipo de Propietarios					
	GP	EM	MP	PP	Total	
	(ha)					(%)
La Araucanía	219	1.178	3.408	3.423	8.228	67
Los Ríos	844		665	1.768	3.277	27
Los Lagos	79		337	341	756	6
Total	1.142	1.178	4.410	5.532	12.261	100
(%)	9,3	9,6	36,0	45,1		

(Fuente: Superficie de plantaciones a diciembre de 2017 INFOR, 2019a).

GE: grandes empresas >30.000 ha; EM: empresas medianas 5.000 a 30.000 ha;

MP: medianos propietarios 200 a 5.000 ha y PP: pequeños propietarios <200 ha.

La configuración de estos grupos, permite estimar el volumen potencial disponible según el tipo de propietario. Información que facilita estimar o inferir efectos de la demanda futura sobre las plantaciones según segmento de propietario.

Recuadro 1

La superficie de plantaciones de pino oregón consideradas en este estudio, comprenden solo rodales puros de la especie, con superficies mayores a media hectárea.

La oferta de madera podría ser mayor, considerando plantaciones en pequeños bosquetes menores al tamaño señalado anteriormente y situaciones de establecimiento en cortinas cortaviento y otros.

Igualmente, la existencia de plantaciones mixtas o mezclas con otras especies exóticas o nativas fueron excluidas de este trabajo.

4. SUPUESTOS DE PROYECCIÓN

A continuación, se describen los principales supuestos y parámetros utilizados para los escenarios de proyección definidos en el marco del estudio.

Estos se definieron en base a información secundaria, estadísticas del sector y consultas a profesionales del ámbito silvícola y de la pyme maderera. Esta información busca representar de mejor manera el sistema productivo del sector forestal asociado a esta especie.

4.1 Definición de Zonas de Crecimiento

Los crecimientos de las plantaciones están dados por las condiciones de cada sitio, dadas a su vez por la interacción del suelo y el clima en cada lugar para una especie determinada.

Considerando la zona costera, la depresión intermedia y la precordillera de Los Andes a través de las regiones del estudio se presenta una gran variedad de sitios dada por las principales variables de clima y suelo, las que presentan una gran variabilidad en la macro región.

Con el propósito de diferenciar crecimientos en la macro región, se definieron tres grandes zonas de crecimiento para esta especie. Para definir estas zonas se utilizó información referente a estudios previos sobre crecimientos de pino oregón (INFOR-CONAF, 1998; Quiroz y Rojas, 2003). A esta información se suma el levantamiento de información de inventario realizada para distintas clases de edad y el conocimiento y experiencia de profesionales (silvicultores) que operan en la región de estudio.

La definición de estas zonas busca simplificar el modelo construido en gran medida en base a supuestos, buscando homologar el efecto de los principales factores limitantes o favorables para el crecimiento de las plantaciones.

Las zonas de crecimiento definidas corresponden a:

- **Zona 1:** Zona costera y parte de la depresión intermedia. Considera la Cordillera de La Costa y parte de la Depresión Intermedia de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.
- **Zona 2:** Zona precordillerana de la región de La Araucanía y parte de la región de Los Ríos. Considera la zona lacustre y pre-cordillerana de las regiones de La Araucanía y Los Ríos (provincia de Valdivia).
- **Zona 3:** Zona precordillerana sur. Abarca la zona de la provincia de Ranco de la región de Los Ríos, además de las provincias de Osorno y Llanquihue en la región de Los Lagos.

En la Figura N° 6 se describe la dispersión de la propuesta de zonas de crecimiento o zonas de productividad.

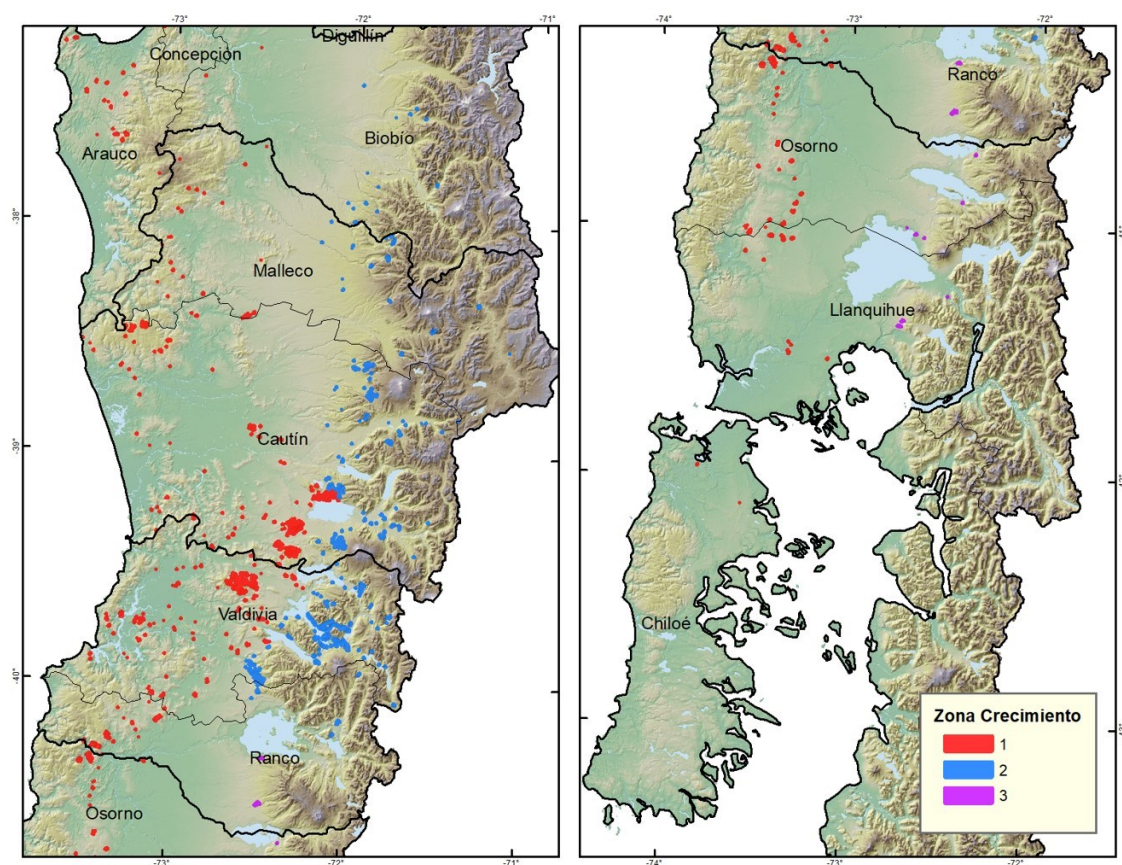


Figura N° 6
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ZONAS DE CRECIMIENTO

4.2 Definición de Esquemas de Manejo

De acuerdo a la recopilación de información se reconoce que existen diferentes propuestas para el manejo de pino oregón, las cuales son aplicadas buscando generar productos objetivos a nivel de madera en troza, como también a maximizar los ingresos por productos de mayor valor (como lo son las trozas podadas).

Los esquemas de manejo se orientan a definir las densidades (espaciamentos) de plantación inicial y los tratamientos intermedios, como podas y raleos, variables que presentan gran incidencia en el desarrollo de las plantaciones (INFOR-CONAF, 1998; Quiroz y Rojas, 2003; Keim, 2018). Como en general son rotaciones más largas que las empleadas en *Pinus radiata*, los costos de las intervenciones intermedias son de importancia a la hora de optar por algún tipo de manejo, así como lo es también el valor de mercado del producto final esperado.

Para este estudio se definen 3 esquemas de manejo homologados a las diferentes situaciones de manejo. Estos esquemas se desarrollan comúnmente en torno a estas plantaciones puras de pino oregón (Cuadro N° 3).

Cuadro N° 3
ESQUEMAS DE MANEJO

Esquema de Manejo	Código
Sin manejo	1
Manejo Conservador de larga rotación Podas y raleos, densidad final 250 árb/ha Rotación entre 55 a 60 años	2
Manejo intensivo de corta rotación Podas y raleos, densidad final 400 - 450 árb/ha Rotación entre 35 a 40 años	3

Esta definición de los esquemas de manejo busca representar la gran variabilidad de esquemas que se aplican actualmente, generando una versión simplificada que permita conocer en grandes números las tendencias de la oferta a nivel de trozas.

Los parámetros generales de los esquemas de manejo utilizados en el estudio, son los siguientes:

- **Manejo 1 (Sin manejo):** Corresponde a un esquema sin manejo, presentando una densidad de plantación de 1.666 árb/ha y edad promedio de cosecha entre los 50 a 60 años. Se asume una mortalidad natural respecto a la densidad de plantación inicial (Cuadro N° 4).

Cuadro N° 4
PARÁMETROS PARA DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE MANEJO 1

Tratamiento	Año	Densidad (árb/ha)	Observación
Densidad Plantación	0	1.666	Densidad media de plantación
Cosecha	50 a 60	1.111	Sin manejo; Se asume mortalidad natural

- **Manejo 2 (Manejo Conservador de Larga Rotación):** Esquema conservador de larga rotación, densidad de plantación 1.666 árb/ha, intervenciones de podas hasta alcanzar los 6,5 metros de altura., 6 intervenciones de raleos entre los 12 a 46 años, los que permiten generar productos comerciales intermedios. Esquema que presenta una edad promedio de cosecha entre los 55 a 60 años, con una densidad final de 250 árb/ha podados (Cuadro N° 5).

Cuadro N° 5
PARÁMETROS PARA DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE MANEJO 2

Tratamiento	Año	Densidad (árb/ha)	Observación
Densidad Plantación	0	1.666	Densidad media de plantación
Poda 1	10	700	Altura de poda 2 m
Poda 2	15	500	Altura de poda 4 m
Poda 3	18	350	Altura de poda 6,5 m
Raleo Desecho	12	1.100	Densidad residual
Raleo 1	18	800	
Raleo 2	24	600	
Raleo 3	30	450	
Raleo 4	38	320	
Raleo 5	46	250	Podados
Cosecha	55 a 60	250	

- **Manejo 3 (Manejo Intensivo de Corta Rotación):** Esquema de manejo intensivo de corta rotación, densidad de plantación promedio de 1.111 árb/ha, 2 intervenciones de podas hasta alcanzar los 4 metros de altura y 2 intervenciones de raleos a los 18 y 25 años. Edad promedio de cosecha entre los 35 a 40 años, con una densidad final de 450 árb/ha podados (Cuadro N° 6).

Cuadro N° 6
PARÁMETROS PARA DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE MANEJO 3

Tratamiento	Año	Densidad (árb/ha)	Observación
Densidad Plantación	0	1.111	Densidad media de plantación
Poda 1	10	700	Altura de poda 2 m
Poda 2	14	500	Altura de poda 4 m
Raleo 1	18	700	
Raleo 2	25	450	Podados
Cosecha	35 a 40	450	

Recuadro 2

La definición de los esquemas de manejo en pino oregón busca representar la gran variabilidad de esquemas que se aplican actualmente, generando una versión simplificada que permita conocer en grandes números las tendencias de la oferta a nivel de trozas.

4.3 Superficie según Esquemas de Manejo

En base a los esquemas de manejo definidos para esta especie, se asume una distribución de estos para el área de estudio, buscando representar a nivel general las tendencias de manejo silvícola que se desarrollan por tipo de propietario. La proporcionalidad es asumida considerando información proporcionada por propietarios y del levantamiento de información de terreno. La superficie por esquema de manejo se presenta en el Cuadro N° 7 y en el Cuadro N° 8 señalando los rangos de edad y esquemas de manejo, lo cual entrega una expresión general de la regulación del inventario por tipo de manejo asignado.

Cuadro N° 7
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR ESQUEMA DE MANEJO Y REGIÓN

Región	Sin Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Total
	(ha)			
La Araucanía	2.344	3.089	2.795	8.228
Los Ríos	1.484	939	854	3.277
Los Lagos	287	350	119	756
Total	4.115	4.378	3.768	12.261

Cuadro N° 8
SUPERFICIE DE PLANTACIONES POR RANGO DE EDAD Y ESQUEMA DE MANEJO

Rango Edad	Sin Manejo 1	Manejo 2	Manejo 3	Total
	(ha)			
0 a 15	1.047	428	2.237	3.712
16 a 30	1.825	1.824	1.449	5.099
31 a 45	837	1.257	74	2.167
46 a 60	330	735	8	1.074
60 y más	75	134	0	209
Total	4.115	4.378	3.768	12.261

4.4 Definición de Productos

La definición de productos, está directamente relacionada a las actuales tendencias de mercado de madera en troza demandadas por parte del segmento pyme maderero del aserrío. En este ámbito, la definición de trozado aplicada a las plantaciones busca maximizar el valor del árbol, sobre todo en plantaciones que presentan esquemas de manejo de alto valor. Para esta especie, las cosechas finales presentan un alto potencial de producción de trozas de largos de 6 metros o superiores, demandados por diferentes sectores, donde normalmente estos productos no alcanzan a ser absorbidos por los actuales mercados.

Para estas plantaciones, es frecuente ver que los esquemas de trozados sean realizados de un largo tal (largos de 3,2; 4 y 6 metros), que puedan ser comercializados en forma expedita, abarcando la amplia variabilidad de los productos demandados por diferentes actores. En consecuencia, en el trozado se busca satisfacer las diferentes necesidades de los clientes específicos, cuya orientación a productos de apariencia, revestimientos, mueblería, uso

estructural, entre otros (Cabrera y Contreras, 2019). En este contexto, se procedió a definir y simplificar los tipos de productos (a nivel de trozas) que se comercializan actualmente en el mercado nacional, especialmente en la macro región de estudio (Cuadro N° 9).

Cuadro N° 9
DEFINICIÓN DE PRODUCTOS

N°	Características de Productos			
	Producto	Largo (m)	Diámetro Mín. (cm)	Descripción
1	Trozo Podado	2,5	≥ 42	Trozo podado, recto, cilíndrico Radio mínimo libre de nudos 14 cm Sin cotorras, hendiduras o defectos
2	Trozo superior 1	6,0	≥ 28	Máximo 6 cm de curvatura Ramas verdes hasta 100 mm y secas hasta 50 mm Sin cotorras y hendiduras
3	Trozo superior 2	4	≥ 24	Máximo 6 cm curvatura o 10% sobre el diámetro o 15% sobre el largo Ramas verdes hasta 100 mm y secas hasta 50 mm Sin cotorras y hendiduras
4	Trozo Industrial	3,2	≥ 16	Máximo 6 cm curvatura o 10% sobre el diámetro o 15% sobre el largo Ramas verdes hasta 100 mm y secas hasta 50 mm Sin cotorras y hendiduras
5	Trozo Pulpable	2,4	$\geq 10 \varnothing \leq 16$	Sin curvatura que exceda el eje del tronco Sin pudriciones ni efectos del fuego

El diámetro límite de utilización es 10 cm. Información del cuadro corresponde a antecedentes del mercado actual de trozas de pino oregón en las regiones de La Araucanía a Los Lagos.

La definición de los productos a nivel de trozas considera un total de cinco productos, entre los cuales se define un producto trozo podado de diámetro ≥ 42 cm y de largo mínimo de 2,5 metros (Keim, 2018). Se presentan también dos productos definidos como trozas superiores, presentando diferencias en los largos y en los diámetros mínimos. Respecto a largos más tradicionales, se definieron los productos trozo industrial y trozo pulpable, diferenciándose según largos, diámetros mínimos y características en rectitud y defectos.

Recuadro 3

El método de proyección requiere la generalización de los productos a nivel de trozas. Se asume que los esquemas de manejo que presentan intervenciones de podas y raleos son aplicados en las oportunidades apropiadas, buscando obtener los productos objetivos.

4.5 Rendimientos

Las proyecciones de rendimiento fueron realizadas a partir de un simulador para pino oregón, desarrollado en el marco de este estudio.

Este simulador emplea funciones de crecimiento en altura, crecimiento en área basal y crecimiento en volumen, generando una proyección de rodal basada en su distribución diamétrica. Además, estima el ahusamiento de los árboles, que finalmente permite determinar una distribución de productos (tipo de trozas y volumen) a obtener.

Respecto de los resultados, el simulador genera una tabla de rodal que presenta para cada edad, desde la plantación a la edad de cosecha, estimando los parámetros de rodal, como área basal, altura, densidad y volumen. Otros resultados corresponden a los volúmenes por tipo de productos que se obtienen luego de cada intervención y cosecha final.

En cuanto a las principales funciones utilizadas en el desarrollo del simulador, estas se detallan en el Cuadro N° 10 (Apéndice 3).

Una vez ajustado el simulador, se generaron las proyecciones de crecimiento y rendimiento para cada esquema de manejo definido, sitio y zona de crecimiento, generando el volumen acumulado de acuerdo a la tabla de productos indicada, que representan de mejor forma los resultados operacionales observados para esta especie.

Estos rendimientos fueron analizados por profesionales del sector que administran o asesoran a diferentes propietarios de plantaciones relacionados con esta especie en la zona de estudio (Forestal Río Pítildeo, Bosques Nalcahue, Maderas Flor del Lago, Forestal Natalhue Ltda), comparando información de registros de mediciones de inventario y volúmenes provenientes de raleo y cosecha.

A lo anterior se debe agregar la información registrada en diferentes estudios, como trabajos de titulación (INFOR, 2018; Quiroz y Rojas, 2003; Nickel, 2000; Witt, 2003; González, 2005).

En el Cuadro N° 11 se presenta el incremento medio anual en volumen (IMA) obtenido a través del simulador para cada esquema de manejo, zona y sitio.

El IMA se calcula sacando la razón entre el volumen total a la edad de cosecha y la edad, incorporando además aquel volumen obtenido en las intervenciones de raleo para los esquemas de manejo 2 y 3.

Cuadro N° 10
FUNCIONES UTILIZADAS EN EL SIMULADOR DE CRECIMIENTO

Tipo de Variable	Funciones	Fuente
Rendimiento en Área basal y Volumen	$AB \text{ (m}^2\text{/ha)} = 0,0726 + (1 - \exp(-0,1630 \cdot E))^8 \cdot 0,0033$ $VOL \text{ (m}^3\text{/ha)} = 0,9665 \cdot (1 - \exp(0,1127 \cdot E))^7 \cdot 9,999$ Donde: E=edad; AB=área basal (m²/ha); Vol=volumen (m³/ha).	Emanueli (1991)
	$AB = \exp(-5,0564 + 1,3872 \cdot \ln(E) + 0,6584 \cdot \ln(NHA))$ $VOL = \exp(1,0929 + 1,0179 \cdot \ln(AB) + 0,0613 \cdot \ln(E) + 0,038 \cdot HDOM)$ Donde: NHA=densidad en número de árboles por hectárea; HDOM=altura dominante (m).	Modelos ajustados con datos levantados en la región de estudio (INFOR 2018)
Altura Total	$\ln(H) = a + b/DAP + c/EDAD + d/(DAP \cdot EDAD)$ Donde: a=1,806; b=-4,178; c=-7,355; d=29,841	González (2005)
Ahusamiento	$\ln(D_{hi}) = 0,0527345 + 0,84756 \cdot \ln(DAP) + 0,6156 \ln(2 - 2 \cdot (h_i/h)^{0,5}) \cdot (h_i/h)^2 - 0,1276 \cdot \ln(h_i/h) + 0,001 + 0,0776557 \cdot \ln(2 - 2 \cdot (h_i/h)^{0,5}) \cdot (DAP/h)$ Donde: D_{hi} = diámetro a la altura h_i del fuste; DAP= diámetro a 1,3 m con corteza; H=altura total del árbol; H_i = altura a la que se estima el diámetro del fuste.	Pérez citado por Nickel (2000).
Generalizado de Altura	$H = a \cdot (1 - \exp(b \cdot DAP))^c \cdot (1 - \exp(d \cdot E))^f$ Donde: a=76,2467; b=-0,0574; c= 0,8730; d= -0,0043; f= 0,4672	

Cuadro N° 11
INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN

Zona de Crecimiento	Sitio	Sin Manejo 1 (50 años)	Manejo 2 (55 años)	Manejo 3 (35 años)
		(m³/ha/año)		
1	1	23,0	33,8	30,9
	2	22,3	31,2	26,6
2	1	21,5	29,7	25,6
	2	20,8	28,1	23,6
3	1	19,4	25,0	22,7
	2	18,7	21,8	19,8

i) Esquemas de manejo 2 y 3, corresponden a esquemas que consideran intervenciones de podas y raleos.

ii) Se considera para los esquemas de manejo 2 y 3 el volumen de raleo.

4.6 Edad de Cosecha

El modelo de proyección de la oferta opera bajo los principios de la programación lineal, maximizando la oferta física total del recurso durante el horizonte de planificación.

Los rangos de edades de cosecha para los distintos esquemas de manejo y tipo de propietarios tienen una gran importancia, ya que permiten inferir el comportamiento de los propietarios de estas plantaciones (INFOR, 2018).

De acuerdo al enfoque de este estudio, se definen valores de rangos promedios por tipo de manejo, de acuerdo a información generada referente a los tres esquemas de manejo definidos en los Cuadros N° 4 a N° 6.

Como se puede apreciar en los cuadros indicados, los rangos de edades de cosecha son 50 a 60 años para Manejo 1; 55 a 60 años para Manejo 2 y 35 a 40 años para Manejo 3.

Debido a la existencia de superficie de plantaciones con edades mayores a los rangos señalados y con el fin de incluir estas superficies en el modelo, se considera la cosecha de estos rodales de mayor edad durante los primeros 10 años del horizonte de planificación.

Para lo anterior se permite ampliar el rango de edades de cosecha, pero manteniendo el rendimiento constante a la edad máxima de cosecha. Bajo el supuesto que además todos estos rodales incluidos en el estudio, serán cosechados en algún período.

4.7 Proyección del Vector de Demanda

El supuesto de vector de demanda corresponde a una estimación del volumen de consumo de madera en troza para los períodos iniciales de proyección.

Esta variable permite ajustar el resultado del modelo cada vez que entrega un resultado de la proyección, asumiendo que la magnitud de la disponibilidad de volumen de madera se cosecha totalmente en el período, antes de calcular la disponibilidad del año siguiente, comenzando así el proceso de simulación sin un sesgo inicial.

De acuerdo a las estadísticas de INFOR, el principal destino de la madera en troza de pino oregón corresponde al segmento del aserrío (INFOR, 2019). Se observa un consumo levemente fluctuante para el período 2011 – 2018, presentando valores entre 237.785 m³ssc (valor mínimo) y 332.435 m³ssc (valor máximo), con un promedio de 273.789 m³ssc (INFOR, 2019).

Las regiones que lideran este consumo corresponden a La Araucanía con el 57%, seguido de Los Ríos con el 28% y Los Lagos con el 11% del consumo total (Cuadro N° 12).

A esto se debe agregar el consumo de trozas en otros segmentos, como astillas, cajones y otros, estimado en un 11% respecto al consumo de trozas aserrables.

Cuadro N° 12
CIFRAS DE CONSUMO DE MADERA EN TROZA ASERRABLES POR REGIÓN

Región	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	(m³ssc)							
Maule	0	0	142	0	0	0	16.373	0
Bío Bío	617	5.147	6.627	13.089	9.343	35.592	18.868	2.518
La Araucanía	138.155	143.372	133.252	155.718	185.047	149.824	109.997	134.959
Los Ríos	69.894	122.359	73.015	75.417	82.152	82.352	64.697	66.911
Los Lagos	22.289	37.041	23.158	21.223	51.565	32.145	34.119	25.027
Aysén	7.296	6.380	4.653	7.175	4.328	4.184	5.918	8.370
Troz aserrable	238.251	314.299	240.847	272.622	332.435	304.097	249.972	237.785
Troz as pulpable	26.472	34.922	26.761	30.291	36.937	33.789	27.775	26.421
Total	264.723	349.221	267.608	302.913	369.372	337.886	277.747	264.206

(Fuente: INFOR, 2019)

Con la información indicada en los cuadros anteriores, se proyectó un escenario de demanda constante. Esto, considerando una tendencia decreciente presentada en el consumo de trozas de pino oregón desde el período 2015 a la fecha, producto de diferentes factores, destacando precios, abastecimiento, mantención de los niveles de construcción, entre otros.

Este escenario busca reflejar una condición más estable respecto a la demanda por esta especie relacionado a sus mercados de nichos y apariencia (Cabrera y Contreras, 2019).

La base de inicio de proyección corresponde al consumo del período 2018 (264.206 m³ssc), descontando el consumo de la región de Aysén a través de un factor ponderado (Cabrera y Contreras, 2019).

En base a estos antecedentes se proyectan seis años, a partir del período 2019.

En el Cuadro N° 13 se presenta la proyección de consumo de madera en troza para el período 2018 – 2024.

Cuadro N° 13
ESCENARIOS DE PROYECCIÓN DE CONSUMO DE MADERA EN TROZA
PERÍODO 2018 – 2024

Año	Troz as Aserables	Troz as Pulpables	Total
	(m³ssc)		
2018	231.315	28.590	259.905
2019	231.315	28.590	259.905
2020	231.315	28.590	259.905
2021	231.315	28.590	259.905
2022	231.315	28.590	259.905
2023	231.315	28.590	259.905
2024	231.315	28.590	259.905

4.8 Pérdidas en Cosechas

Este concepto busca reflejar pérdidas que se producen durante las faenas de cosecha de las plantaciones, correspondiente a errores en los cortes y en el dimensionado de los productos y quebraduras en el volteo, entre otras causas.

De acuerdo a la información proporcionada por diferentes actores del sector privado, se definió un factor de descuento por concepto de pérdidas de cosecha de un 3%, considerado para cualquier tipo de producto, tipo de propietario y región.

4.9 Plagas y Enfermedades

Respecto del supuesto de plagas y enfermedades presentes en esta especie, existen publicaciones que indican la presencia de la enfermedad *Swiss Needle Cast* en las plantaciones de pino oregón en Chile. Es una enfermedad de carácter fungoso provocada por el patógeno *Phaeocryptopus gaeumannii*, organismo que causa severas defoliaciones a las plantaciones de pino oregón, originando pérdidas en el volumen de madera para cosechar (Osorio, 2007; Morales *et al.*, 2012).

De acuerdo con antecedentes publicados, el patógeno *Phaeocryptopus gaeumannii* se distribuye en las áreas de distribución natural de pino oregón en América del Norte y se presenta también en Europa. En Chile se detectó en el año 2006, distribuido entre las regiones de La Araucanía y Los Lagos (Osorio, 2007; Morales *et al.*, 2012). Esta información coincide con lo indicado por profesionales del sector, respecto a la presencia de este patógeno en estas plantaciones en el área de estudio.

En base a esta información, resulta prudente considerar un grado de impacto para este supuesto, considerando la presencia de esta enfermedad en Chile. Es así como se utilizó el mismo factor de descuento utilizado en el estudio de disponibilidad de pino radiata y eucaliptos, correspondiente a un factor de descuento de un 3% en volumen (INFOR, 2018).

Recuadro 4

La definición y construcción de los supuestos, buscan expresar la actual operatividad que presenta el sector respecto al manejo productivo de esta especie. Lo anterior considera parámetros silvícolas, crecimiento y demandas de madera en troza especialmente de la pyme maderera.

La definición de supuestos fue desarrollada en base a registros históricos de INFOR, aporte de información de inventarios de plantaciones por parte de empresas, asesores y profesionales del sector. Además, se recopiló diferentes estudios y criterios basados en la experiencia de profesionales del sector.

5. RESULTADOS DE LA DISPONIBILIDAD DE MADERA EN PIE

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos para los diferentes escenarios de proyección, considerando un recurso que ha sido debidamente caracterizado respecto a una serie de factores y supuestos. Lo anterior constituye la base de análisis para la definición de la estructura y evaluación de la oferta de volumen de madera en pie en el horizonte de proyección (próximos 30 años).

Con el propósito de simplificar los análisis por parte del público, los resultados se presentan estructurados principalmente en trienios.

5.1 Escenarios de Proyección

Para estimar el potencial de volumen de madera en pie de plantaciones de pino oregón en Chile, se aplica un modelo de proyección, utilizando información base y definición de supuestos, buscando representar la operatividad del sector. Los cambios de algunos de los supuestos, considerando modificaciones más pesimistas y otras más optimistas, se enfrentan mediante la definición de distintos escenarios de proyección. En este ámbito los escenarios propuestos son:

- **Escenario Base (A):** La proyección base consideró un Flujo de Oferta No Decreciente (FND) para el volumen total de madera, después de satisfacer la variable de consumo de madera en troza para los períodos 2018 y 2019. En cuanto a los supuestos a utilizar, las variables se describieron en el punto 4 de este documento.
- **Escenario Conservador (B):** Se considera un Flujo de Oferta No Decreciente (FND) para el volumen total de madera donde, a diferencia del escenario base (A), no se considera satisfacer el consumo de madera en troza para los períodos 2018 y 2019, solo la mantención de un flujo no decreciente. Respecto a los supuestos a considerar, se mantienen los mismos parámetros utilizados para el escenario base (A).
- **Escenario Libre (C):** Escenario donde el inventario de plantaciones es cosechado a medida que alcanza su edad de cosecha sin considerar restricciones, de acuerdo a los esquemas de manejo definidos. Esto permite conocer la tendencia de la oferta de volumen de madera en pie, sin considerar restricciones o compromisos de abastecimiento industrial.

5.2 Resultados del Escenario Base

La proyección de este escenario, consideró la obtención de un Flujo de Oferta No Decreciente para el volumen total de madera, después de satisfacer los valores de consumo de madera para los períodos 2018 y 2019.

En este contexto, los resultados obtenidos proyectan una oferta de volumen de madera no decreciente, presentando valores de volumen total de madera que van desde los 258.094 m³ssc en los períodos iniciales (2018 – 2035) hasta los 329.713 m³ssc para el período entre 2036 – 2050.

A nivel geográfico y en concordancia con la ubicación de las superficies de plantaciones de esta especie, la disponibilidad de madera en pie proyectada se concentra en la región de La Araucanía, presentando el 67% del volumen promedio. Las regiones de Los Ríos y Los Lagos concentran el 33% restante de la oferta de volumen promedio para el período considerado (Cuadro N° 14 y Figura N° 7).

Cuadro N° 14
DISPONIBILIDAD TOTAL POR REGIÓN EN EL ESCENARIO BASE

Trienio	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Total
	(m³ssc/año)			
2018-2020	210.076	23.139	26.086	259.301
2021-2023	197.722	53.817	6.555	258.094
2024-2026	147.061	104.199	6.834	258.094
2027-2029	165.654	65.117	27.322	258.094
2030-2032	133.267	49.035	75.791	258.094
2033-2035	207.072	49.879	1.143	258.094
2036-2038	244.150	72.657	12.907	329.713
2039-2041	254.680	57.351	17.682	329.713
2042-2044	202.808	106.729	20.177	329.713
2045-2047	170.352	112.607	46.755	329.713
2048-2050	223.003	95.970	10.741	329.713

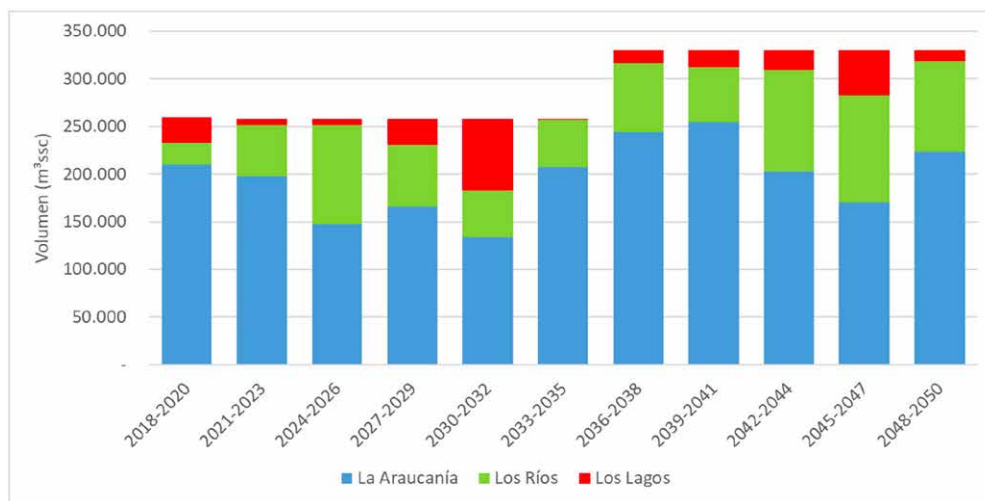


Figura N° 7
DISPONIBILIDAD TOTAL POR REGIÓN EN EL ESCENARIO BASE

Respecto a los resultados del volumen de madera para el segmento de productos, las trozas aserrables presentan un volumen entre los 203.508 y 284.578 m³ssc de madera en troza, presentando un valor promedio de 242.206 m³ssc para el período proyectado (2018-2050), equivalente al 83% del total. En cuanto al segmento de troza pulpable, su valor promedio de volumen es de 48.552 m³ssc, equivalente al 17% del total.

En el Cuadro N° 15 y la Figura N° 8 se presenta el resultado del comportamiento anual del volumen de madera proyectado por segmento de producto (aserrable y pulpable).

Cuadro N° 15
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL POR TIPO DE TROZA EN EL ESCENARIO BASE

Trienio	Volumen por tipo de productos		Total
	Aserrable	Pulpable	
	(m³ssc/año)		
2018-2020	206.736	52.565	259.301
2021-2023	224.457	33.636	258.094
2024-2026	203.508	54.586	258.094
2027-2029	211.905	46.188	258.094
2030-2032	214.795	43.299	258.094
2033-2035	228.333	29.761	258.094
2036-2038	284.413	45.301	329.713
2039-2041	268.806	60.908	329.713
2042-2044	272.047	57.667	329.713
2045-2047	284.578	45.136	329.713
2048-2050	264.689	65.025	329.713

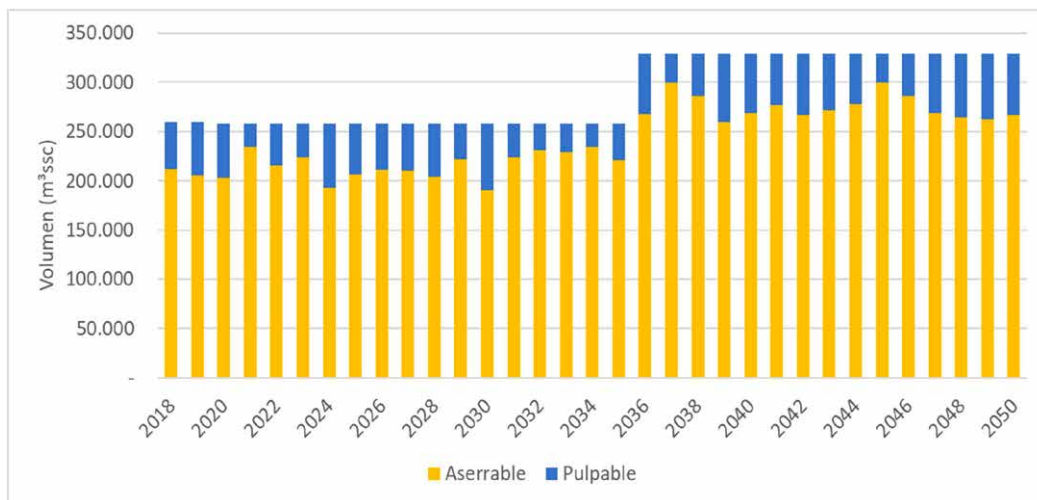


Figura N° 8
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL POR TIPO DE TROZA EN EL ESCENARIO BASE

La Figura N° 9 presenta una segregación de los resultados a nivel de productos. Para el segmento de los productos de trozas aserrables, se presenta una oferta para las categorías de productos trozo superior 1 (diámetros $\geq$ a 28 cm), trozo superior 2 (diámetro $\geq$ a 24 cm) y trozo industrial (diámetro $\geq$ a 16 cm) que explican en promedio el 69% del volumen total proyectado, equivalente a 199.342 m³ssc de volumen de madera. A lo anterior se debe agregar la oferta de volumen de trozas podadas, basada en la estimación de parámetros de crecimientos y supuestos de intervenciones de podas y raleos, indicados en el capítulo 4 de este documento.

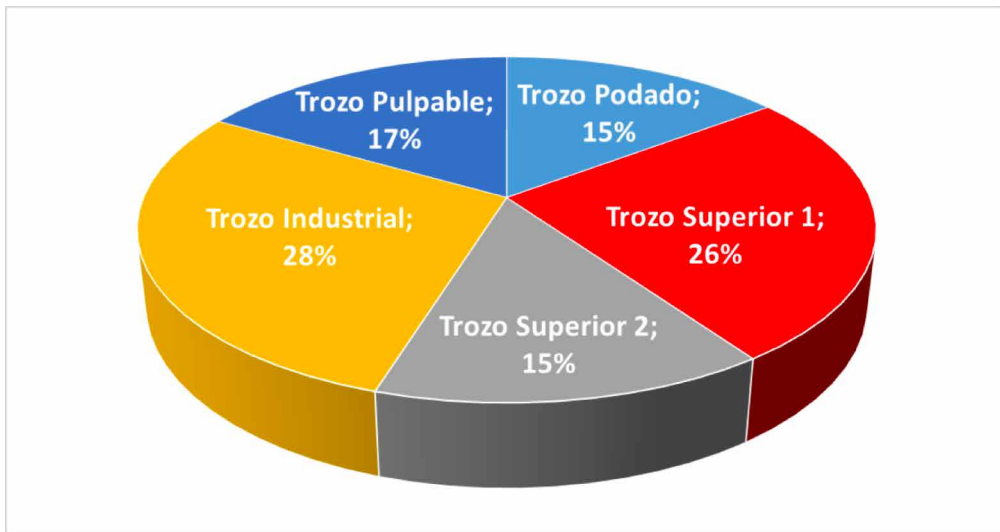


Figura N° 9
DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL VOLUMEN PROMEDIO
SEGÚN TIPO DE PRODUCTO PARA EL ESCENARIO BASE

Dentro de los esquemas de manejo definidos en el marco del estudio, dos de los tres esquemas propuestos contemplan el supuesto de desarrollo de intervenciones de podas y raleos a diferentes edades de ejecución.

Bajo esta definición de supuesto, los esquemas de manejo conservador (manejo 2) y manejo intensivo (manejo 3) generan un volumen de oferta anual de madera en troza proveniente de las intervenciones de raleo en el período proyectado.

Los valores de referencia de la oferta de volumen de madera proveniente de estas intervenciones se presentan en el Cuadro N° 16, donde se observan valores entre 44.229 y 118.830 m³ssc de volumen de madera en troza para el período proyectado.

Cuadro N° 16
VOLUMEN PROVENIENTE DE RALEOS SEGÚN TIPO DE MANEJO
EN EL ESCENARIO BASE

Trienio	Tipo de Manejo		Total
	Manejo 2	Manejo 3	
	(m³ssc/año)		
2018-2020	81.729	37.101	118.830
2021-2023	69.965	15.365	85.330
2024-2026	55.856	30.895	86.751
2027-2029	51.247	18.112	69.359
2030-2032	41.558	29.805	71.363
2033-2035	41.487	33.776	75.263
2036-2038	77.655	22.827	100.483
2039-2041	56.852	20.982	77.834
2042-2044	33.227	14.054	47.280
2045-2047	62.225	7.798	70.023
2048-2050	32.658	11.572	44.229

Respecto de las variables asociadas a las características de la cosecha proyectada en el escenario base, en los siguientes cuadros se presenta la información referente a los parámetros medios de cosecha para las variables de superficie, edad y volumen, obtenidos de los resultados de la proyección del escenario base para cada esquema de manejo propuesto.

La variable superficie de promedio anual de cosecha, se presenta por tipo de manejo y trienio (Cuadro N° 17). Presentando valores medios de superficie anual de cosecha entre los 123 y 320 ha/año.

En el cuadro N° 18 en tanto, se presentan los resultados de las edades medias de cosecha para cada esquema de manejo. Los resultados obtenidos se presentan dentro de los rangos de edades de cosecha definidos para cada esquema de manejo propuesto.

Cuadro N° 17
SUPERFICIE PROMEDIO ANUAL DE COSECHA FINAL SEGÚN TIPO DE MANEJO

Trienio	Tipo de Manejo			Total
	Sin Manejo	Manejo 2	Manejo 3	
	(ha/año)			
2018-2020	65	58	-	123
2021-2023	59	100	12	171
2024-2026	126	-	61	187
2027-2029	61	56	90	207
2030-2032	-	103	107	210
2033-2035	-	194	-	194
2036-2038	-	112	159	271
2039-2041	76	45	150	271
2042-2044	127	56	120	303
2045-2047	56	113	124	293
2048-2050	106	70	144	320

Cuadro N° 18
EDADES MEDIAS DE COSECHA FINAL SEGÚN TIPO DE MANEJO

Trienio	Tipo de Manejo		
	Sin Manejo	Manejo 2	Manejo 3
	(años)		
2018-2020	57	59	-
2021-2023	52	55	38
2024-2026	50	-	35
2027-2029	50	57	35
2030-2032	-	59	35
2033-2035	-	58	-
2036-2038	-	60	37
2039-2041	59	60	36
2042-2044	54	58	37
2045-2047	55	55	37
2048-2050	55	55	37

Respecto del volumen medio de cosecha, los resultados obtenidos de la proyección se presentan para cada esquema de manejo en el Cuadro N° 19. Los esquemas de manejo 2 y 3 presentan actividades de manejo silvícola (podas y raleos), aunque con diferencias en cuanto a la intensidad, períodos de ejecución de las actividades y edades máximas de cosecha.

Cuadro N° 19
VOLUMEN MEDIO ANUAL DE COSECHA FINAL SEGÚN TIPO DE MANEJO

Trienio	Tipo de Manejo		
	Sin Manejo	Manejo 2	Manejo 3
	(m³ / año)		
2018-2020	807	1.063	-
2021-2023	1.079	1.000	458
2024-2026	1.025	-	684
2027-2029	708	969	750
2030-2032	-	695	501
2033-2035	-	941	-
2036-2038	-	665	508
2039-2041	818	1.048	499
2042-2044	752	1.025	228
2045-2047	1.178	988	446
2048-2050	1.165	962	440

Los resultados de los parámetros medios obtenidos de la proyección para el escenario base, fueron analizados y comparados con antecedentes de registro de volúmenes de cosecha, para diferentes edades de rotación y manejos promedios.

5.3 Resultados del Escenario Conservador

Para la proyección del escenario conservador, solo se consideró la obtención de un Flujo de Oferta No Decreciente para el volumen total de madera. A diferencia del escenario base, este escenario no satisface los primeros períodos de consumo de madera en troza.

En este contexto, el escenario conservador presentó una proyección de flujo no decreciente de volumen de madera, con valores iniciales de 249.155 m³ssc para el período 2018 – 2032, para posteriormente aumentar y estabilizarse en los 331.740 m³ssc de volumen de madera en troza para el período final de proyección 2036 – 2050 (Cuadro N° 20).

Este escenario presenta una tendencia de flujo de volumen de madera muy similar al escenario base, que consideraba satisfacer los consumos para los primeros dos períodos de proyección (períodos 2018 y 2019).

Respecto a los resultados por región (Figura N° 10), la disponibilidad de volumen de madera se concentra en la región de La Araucanía, presentando una oferta de volumen promedio de 196.094 m³ssc, equivalente al 67,5% de la oferta promedio total en el período 2018 – 2050.

Cuadro N° 20
DISPONIBILIDAD TOTAL POR REGIÓN EN EL ESCENARIO CONSERVADOR

Trienio	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Total
	(m ³ ssc/año)			
2018-2020	200.030	23.026	26.099	249.155
2021-2023	201.647	40.980	6.528	249.155
2024-2026	130.144	116.164	2.846	249.155
2027-2029	163.889	53.869	31.396	249.155
2030-2032	138.999	33.951	76.205	249.155
2033-2035	211.340	78.814	1.143	291.296
2036-2038	237.554	72.553	21.634	331.740
2039-2041	265.682	57.260	8.798	331.740
2042-2044	200.987	99.293	31.460	331.740
2045-2047	190.280	106.637	34.824	331.740
2048-2050	216.488	104.758	10.495	331.740

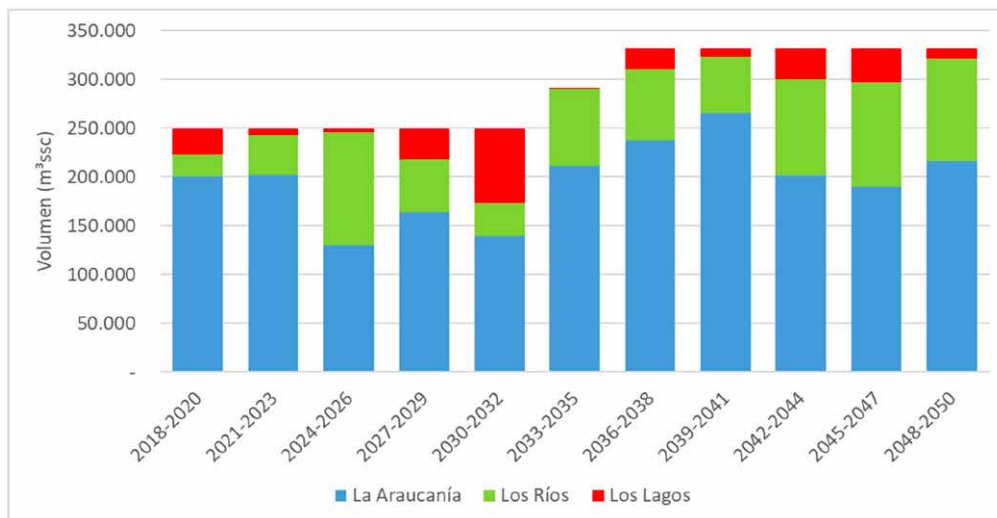


Figura N° 10
DISPONIBILIDAD TOTAL POR REGIÓN EN EL ESCENARIO CONSERVADOR

En cuanto a los niveles de oferta de volumen de madera a nivel de productos, los valores obtenidos para el segmento de trozas aserrables se presentan entre los 196.865 y 285.645 m³ssc de volumen de madera en troza, presentando un promedio de 241.738 m³ssc en el período proyectado. Para el segmento de troza pulpable, su valor promedio en el período proyectado alcanza a 48.787 m³ssc de volumen de madera en troza (Cuadro N° 21).

Cuadro N° 21
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL POR TIPO DE TROZA
EN EL ESCENARIO CONSERVADOR

Trienio	Volumen por tipo de productos		Total
	Aserrable	Pulpable	
	(m³ssc/año)		
2018-2020	204.089	45.066	249.155
2021-2023	211.653	37.501	249.155
2024-2026	199.935	49.220	249.155
2027-2029	196.865	52.290	249.155
2030-2032	206.809	42.345	249.155
2033-2035	259.357	31.939	291.296
2036-2038	285.645	46.096	331.740
2039-2041	270.228	61.512	331.740
2042-2044	273.989	57.751	331.740
2045-2047	284.373	47.367	331.740
2048-2050	266.173	65.568	331.740

En la Figura N° 11 se presenta el resultado del comportamiento anual del volumen de madera proyectado para los segmentos de productos aserrable y pulpable.

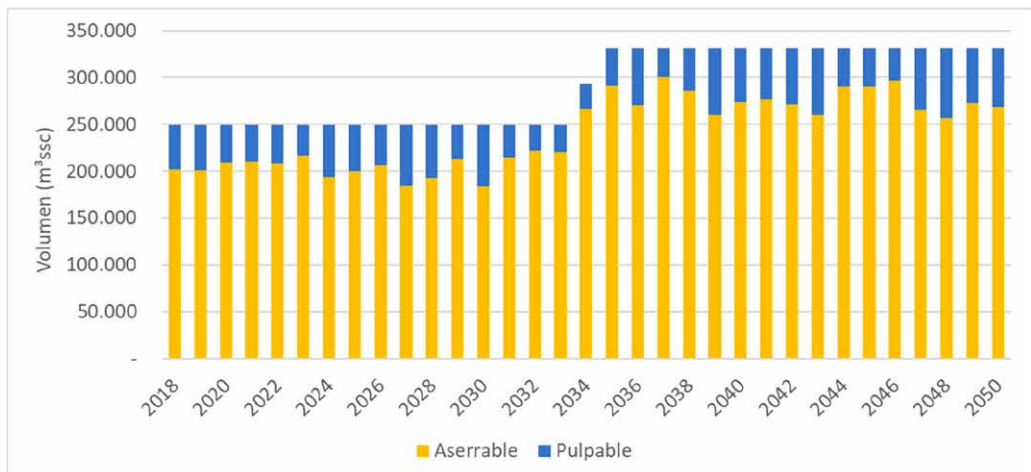


Figura N° 11
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL POR TIPO DE TROZA EN EL ESCENARIO CONSERVADOR

5.4 Resultados del Escenario Libre

El escenario libre representa la disponibilidad de oferta de acuerdo a la estructura actual de edades de las plantaciones de pino oregón presentes en el área, solo influenciada por los rangos de edades de cosecha para cada tipo de manejo de las superficies.

En términos de oferta de volumen total, se presentan valores entre los 100.075 y 424.429 m³ssc en el período evaluado (Cuadro N° 22).

Para el período 2018 al 2035 se presentan una oscilación en torno a valores promedios que van entre los 123.487 y los 292.120 m³ssc.

Al igual que en los otros escenarios, la mayor oferta disponible del recurso se presenta en la región de La Araucanía, presentando valores entre los 69.637 (valor mínimo) y 333.648 m³ssc (valor máximo), con un valor promedio de 178.136 m³ssc para el período de proyección evaluado.

El detalle de la disponibilidad por trienio de este escenario se indica en el Cuadro N° 22 y la Figura N° 12.

Cuadro N° 22
DISPONIBILIDAD TOTAL POR REGIÓN EN EL ESCENARIO LIBRE

Trienio	La Araucanía	Los Ríos	Los Lagos	Total
	(m³ssc/año)			
2018-2020	200.030	23.026	26.099	249.155
2021-2023	201.647	40.980	6.528	249.155
2024-2026	130.144	116.164	2.846	249.155
2027-2029	163.889	53.869	31.396	249.155
2030-2032	138.999	33.951	76.205	249.155
2033-2035	211.340	78.814	1.143	291.296
2036-2038	237.554	72.553	21.634	331.740
2039-2041	265.682	57.260	8.798	331.740
2042-2044	200.987	99.293	31.460	331.740
2045-2047	190.280	106.637	34.824	331.740
2048-2050	216.488	104.758	10.495	331.740

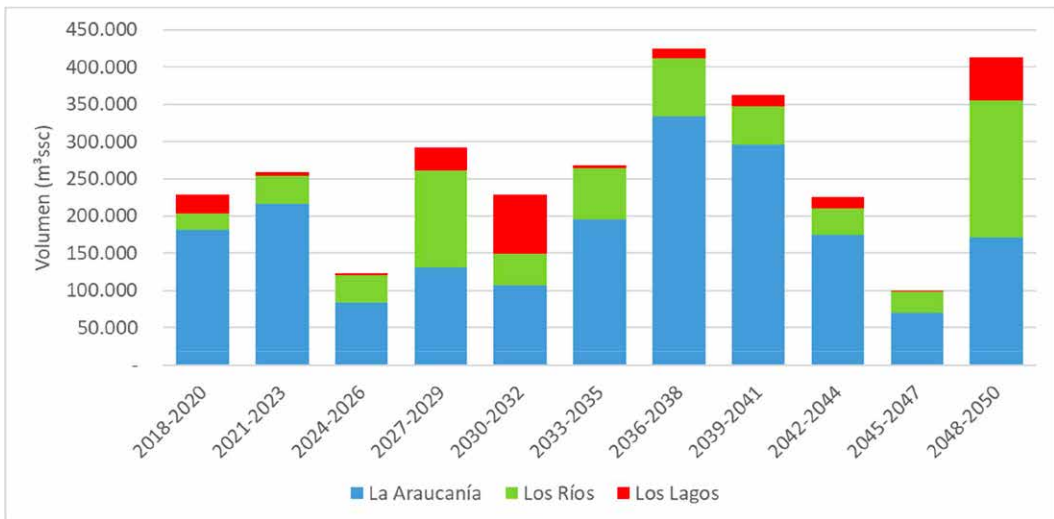


Figura N° 12
DISPONIBILIDAD TOTAL POR REGIÓN EN EL ESCENARIO LIBRE

Para este escenario los volúmenes de oferta de madera disponible están relacionados a la estructura de edades que presenta la superficie de plantaciones para el período de inicio de la proyección. En este contexto, los niveles de oferta promedio de volumen de madera para el producto aserrable se presentan entre los 85.101 y 384.784 m³ssc de madera en troza, presentando un promedio de 221.328 m³ssc en el período proyectado. Para el producto trozo pulpable, se presentan valores entre los 14.974 y 70.738 m³ssc, presentando un promedio de 44.561 m³ssc en el período proyectado (Cuadro N° 23).

Cuadro N° 23
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL POR TIPO DE TROZA EN EL ESCENARIO LIBRE

Trienio	Volumen por tipo de productos		Total
	Aserrable	Pulpable	
	(m³ssc/año)		
2018-2020	183.339	45.930	229.269
2021-2023	224.791	34.061	258.852
2024-2026	92.734	30.754	123.487
2027-2029	234.343	57.777	292.120
2030-2032	196.069	32.216	228.285
2033-2035	212.890	54.970	267.861
2036-2038	384.784	39.645	424.429
2039-2041	291.120	70.738	361.858
2042-2044	180.586	44.536	225.122
2045-2047	85.101	14.974	100.075
2048-2050	348.852	64.575	413.427

Respecto del comportamiento anual del volumen de madera proyectado para el presente escenario, en la Figura N° 13 se puede observar una distribución de la oferta de volumen muy fluctuante en el tiempo, alcanzando valores máximos sobre los 400.000 m³ssc de volumen de madera para diferentes períodos del horizonte de proyección y valores mínimos en torno a los 37.000 y 55.000 m³ssc, implicando grandes variaciones del volumen de madera en pie entre períodos.

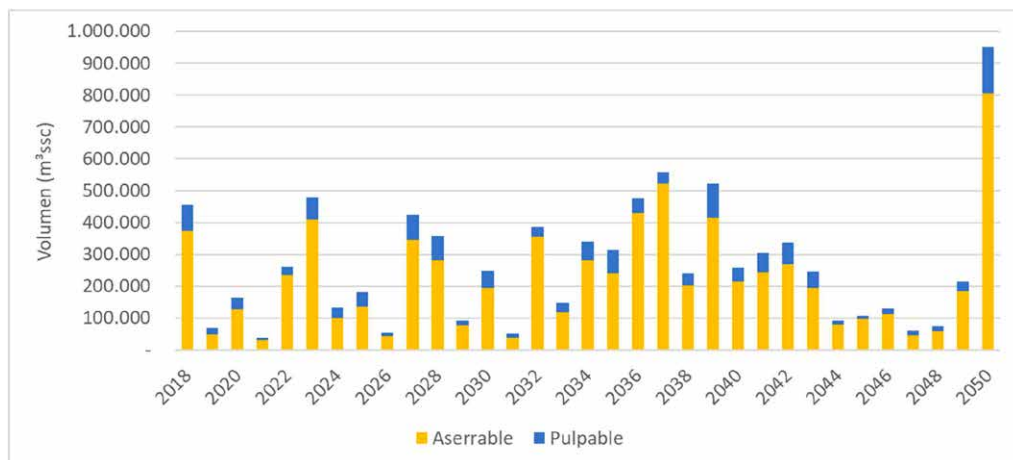


Figura N° 13
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL POR TIPO DE TROZA EN EL ESCENARIO LIBRE

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La superficie de plantaciones de pino oregón a nivel nacional alcanza a las 15.947 hectáreas a diciembre de 2017 (INFOR, 2019a). Esta superficie no ha presentado grandes variaciones respecto a disminuciones o incrementos de superficies en los últimos 20 años. Considerando el período 2011 al 2017, la superficie plantada ha presentado valores en torno a 15.947 y 17.148 hectáreas (INFOR, 2019a). A nivel territorial, las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos concentran cerca del 76% de la superficie plantada.

Para efectos de este estudio y considerando la importancia de la especie en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, respecto a la superficie plantada y consumo de madera en troza por parte del sector maderero, se delimitó esta zona de interés para conocer la oferta y sostenibilidad del recurso para los próximos años.

En este contexto, los resultados de proyección de madera en pie considerando el escenario base, presentan un volumen de oferta cercano al consumo registrado para los períodos iniciales (2018 – 2019). Volumen de oferta que posteriormente presenta un flujo no decreciente de volumen de madera en pie, presentando como valor base 258.094 m³ssc de volumen de madera para el período 2021 al 2035, para luego aumentar a 329.713 m³ssc de volumen de madera en pie entre los años 2036 al 2050.

Respecto a los resultados del escenario conservador, que tuvo como restricción solo considerar un flujo no decreciente de madera en pie, sin satisfacer consumos conocidos para los períodos iniciales. Se presenta una oferta de volumen de madera no decreciente para el período proyectado, presentando valores iniciales para el período 2018 al 2035 de 249.155 m³ssc, para luego incrementarse hasta los 331.740 m³ssc.

De estos valores referenciales de proyección, en contraste con los registros de consumo de madera en troza de los últimos años en el segmento del aserrío, donde se han registrados consumos entre los 237.000 y 332.000 m³ssc (INFOR, 2019b), se puede derivar que un potencial aumento de este consumo en los próximos años, pueda alterar la sostenibilidad de volumen de oferta para los próximos períodos evaluados. A esto se debe agregar que existe un flujo de oferta de volumen no considerado en el presente estudio, correspondiente a plantaciones ubicadas en regiones no consideradas en el estudio, como las regiones de Aysén y Bio Bio, plantaciones mixtas de pino oregón con otras especies (tanto nativas como exóticas). Además de un volumen de madera proveniente situaciones como cortinas cortavientos y plantaciones aisladas de superficies menores a 0,5 ha.

En este ámbito, de acuerdo a los supuestos e información utilizada, de no existir incentivo a la forestación con esta especie, la industria asociada no tendría en el mediano plazo posibilidades de crecer. Esto no resulta conveniente cuando en Chile se está asimilando la tendencia mundial de incrementar el uso de la madera en el segmento de la construcción, entre otras áreas, buscando posicionar su mayor utilización en este ámbito e incorporar mayor agregación de valor a sus productos. Esto puede traducirse en una mayor demanda por productos madereros, lo que generaría grandes oportunidades en la cadena de valor de esta especie.

Referente a los escenarios de proyección definidos, estos buscan caracterizar las posibilidades de la actual superficie de plantaciones de pino oregón respecto de satisfacer sostenidamente las potenciales demandas del sector maderero, especialmente del segmento de la pyme maderera. En este contexto los resultados de los escenarios base y conservador, revelan los potenciales máximos de consumos para los próximos años, con la finalidad de visibilizar el volumen de oferta en pie de esta especie en las regiones de estudio.

Respecto de la información utilizada en este estudio, se trabajó con diferentes fuentes de información directa y fuentes secundarias provenientes de información interna (INFOR) o estudios específicos, además de aporte de empresas y profesionales del sector buscando representar la gran variedad de situaciones que se presentan en torno a esta especie. Sin embargo, en el corto y mediano plazo es necesario abordar actividades de investigación respecto a la actualización de información sobre aspectos de crecimientos de la especie, manejo silvícola y monitoreo de plantaciones mixtas, entre otras.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece la cooperación de organizaciones del sector público y del sector privado que participaron activamente en facilitar y analizar la información presentada a través de las instancias de participación del estudio. En este ámbito, se agradece la participación y aportes al estudio del Sr. Helmut Keim, de Forestal Río Pítildeo; del Sr. Alvaro Contreras, de la empresa maderera DeOregón; del Sr Jorge Cabrera, consultor forestal, además de las empresas Bosques Nalcahue, Masisa S.A., Forestal Voipir Ltda, Maderas Flor del Lago y Agrícola y Forestal Natalhue Ltda.

REFERENCIAS

- Brun, W. 1963.** Análisis Fustal y Mecánico de un Pino oregón. Tesis Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. 61 p.
- Cabrera, J. Contreras, A. 2019.** Asesoría a INFOR sobre “Comportamiento del Mercado de Pino Oregón para las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos”. Asesoría realizada a INFOR. Informe sin publicar.
- Contreras, M. y B. Smith. 1973.** Estudio preliminar de incremento y rendimiento de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) en la región sur de Chile. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 78 p.
- Curtis, R. Clendenen, G. Reukema, D. y DeMars. 1982.** Yield tables for managed stands of coast Douglas-fir. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. PNW – 135.
- Emanuelli, P. 1991.** Funciones locales de volumen y ecuaciones de crecimiento para un rodal de Pino Oregón establecido en la precordillera andina de la Provincia de Bio Bio. Tesis de Grado. Fac. de Cs. Agron., Vet. y For. Universidad de Concepción. Chillán. Chile. 92 pp.
- Fowells, H.A. 1965.** Silvics of forest trees of the United States. V.S.O.A., Agric. Handb. N° 217. 762 p.
- González, A. 2005.** Evaluación económica de los tratamientos silviculturales aplicados en rodales mixtos de *Sequoia sempervirens* ((D. Don) Endl.) y *Pseudotsuga menziesii* ((Mirb.) Franco), Villarrica, IX región. Tesis de Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 93 p.
- Grosse, H. y Kannegiesser, U. 1988.** Investigación para el manejo de las plantaciones de Pino oregón y *Sequoia sempervirens*. Informe final Proyecto INFOR.CORFO. 176 p.
- Hermann, R. K. Lavender, D. 1990.** *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Pp. 527 – 540 in R.M. Burns and B.H. Honkala, tech. cords., Silvics of North America, Vol. 1. USDA Agriculture Handbook 654, Washington, D.C.
- INFOR, 1991.** Inventario de coníferas Antiquina. Documento interno Sede VIII R. Concepción.
- INFOR - CONAF, 1998.** Monografía de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*). Instituto Forestal y Corporación Nacional Forestal, Chile. 143 p.
- INFOR, 2005.** Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata en Chile: 2003-2032. Informe Técnico N° 170, julio 2005. Instituto Forestal – MINAGRI. 103 p.
- INFOR, 2013.** Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto (2010-2040). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 194. P. 77.
- INFOR, 2018.** Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto (2017-2047). INFORME TECNICO N° 220. P. 123.
- INFOR, 2018a.** Anuario Forestal 2018. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 163. P. 170.
- INFOR, 2019.** Anuario Forestal 2019. Instituto Forestal, Chile. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 168. P. 232.

INFOR, 2019a. Los Recursos Forestales de Chile 2017. En: <https://ifn.infor.cl/>. Instituto Forestal, Chile

INFOR, 2019b. La Industria del Aserrío. Instituto Forestal, Chile. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 171. P. 116.

Keim, H. 1994. Pino Oregón: descripción, Silvicultura y evaluación Física y Económica a partir de Antecedentes obtenidos en Parcelas Permanentes. Tercer Taller Silvícola: “Diversificación y Silvicultura. Nuevas Experiencias”. Fundación Chile, Grupo Silvícola, CONAF. Concepción. Chile. 93 – 102 p.

Keim, H. 2018. Asesoría “Antecedentes de Crecimientos de Pino Oregón y definición de productos” para la macro región de La Araucanía – Los Lagos”. Asesoría realizada a INFOR. Informe sin publicar.

Morales R. Sanfuentes E. Vives I. Molina E. 2012. *Phaeocryptopus gaeumannii*, patógeno causante del “swiss needle cast” en *Pseudotsuga menziesii*: antecedentes de su biología, medidas de control y situación en Chile. Bosque 33(2): 127-134.

Nickel, P. 2000. Proposición de un esquema de manejo para plantaciones de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) en el Fundo Voipir, Villarrica, Chile. Tesis de grado Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Católica de Temuco. Temuco, Chile. 89 p.

Osorio, M. 2007. Detección del hongo defoliador *Phaeocryptopus gaeumannii* en plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* de Valdivia, Chile. Bosque 28(1): 69-74.

Quiroz, I; Rojas, Y. 2003. Pino ponderoso & Pino Oregón, Coníferas para el sur de Chile. Valdivia, Chile. 302 p.

Rocuant, L. 1967. Análisis de las Plantaciones de Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) en Chile. Circular Informativa 18. Escuela de Agronomía. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 27 p.

Tappeiner, J. Huffman, D. Marshall, D. Spies, T. Bailey, 1997. Density, ages, and growth rates in old-growth and young-growth forests in coastal Oregon. Can. J. For. Res. 27: 638 – 648.

Witt, M. 2003. Tendencias de crecimiento para *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco bajo tres tratamientos de raleo en el predio Las Palmas – Provincia de Valdivia. Tesis de Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 25 p.

APÉNDICES

Apéndice 1
REGISTROS DE CONSUMOS TOTALES DE MADERA EN TROZA POR TIPO DE ESPECIE
PERÍODO 2000 – 2018

Años	Pino 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	15.323	260	374

Años	Pino oregón	Otras exóticas	Total
	(m³ssc)		
2006	185.380	193.320	378.700
2007	180.529	166.771	347.300
2008	192.987	153.513	346.500
2009	210.756	117.044	327.800
2010	278.328	88.172	366.500
2011	264.723	99.477	364.200
2012	349.221	144.679	493.900
2013	267.608	145.192	412.800
2014	302.913	119.487	422.400
2015	369.372	101.028	470.400
2016	337.886	52.014	389.900
2017	277.747	68.453	346.200
2018	264.206	109.963	374.169

Apéndice 2

DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA DEL MODELO DE OFERTA DISPONIBILIDAD PINO OREGÓN

Descripción de las variables del modelo de programación lineal

$X_{przsmij}$:	Superficie [ha] de plantaciones del propietario p , en la región r , en la zona de crecimiento z , clase de sitio s , esquema de manejo m , plantada en el periodo i y cosechada en el periodo j .
W_{przsmi} :	Superficie [ha] de plantaciones del propietario p , en la región r , en la zona de crecimiento z , clase de sitio s , esquema de manejo m , plantada en el periodo i que queda como inventario final (no es cosechada dentro del horizonte de planificación).
S_{rzsmj} :	Superficie total [ha] de plantaciones 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 una plantación con 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 de una plantación con esquema de manejo m .

Descripción de los coeficientes del modelo

r_{zsme} :	Rendimiento [m ³ /ha] de producto <i>pulpable</i> , por raleo comercial de una plantación 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] de plantaciones 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 , plantada en el periodo i .
$COS_{m,p}$:	Coeficientes que determinan edades de cosecha según esquema de manejo m , tipo de propietario p .
$DDA_{sp,t}$:	Vector de demanda proyectado por especie sp (en caso de Pino oregón se detalla a nivel de <i>Pulpable</i> y <i>Aserrable</i>) 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

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

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

- Cuantificación de volumen de raleo

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

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

- 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

FUNCIONES Y VARIABLES UTILIZADAS EN LA HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO DE PINO OREGÓN

Función Altura Dominante – Sitio:

Se ocupa la función de Celis (1996), donde

$$H=51,93[1 - \{1-(S/51,91)^{0,713}\}^{(E/20)}]^{1,403}$$

Con H: Altura dominante (m); Índice de sitio (m) a la edad clave de 20 años; E: Edad de la plantación (años).

Función Altura Total:

Se ocupa la función publicada por González (2005), donde:

$$\ln(H)= a + b/DAP + c/EDAD + d/(DAP*EDAD)$$

Con a=1,806; b=-4,178; c= -7,355; d=29,841

Función Rendimiento en Área basal y Volumen:

En base a los modelos propuestos por Emanuelli (1991):

$$AB=0,0726+(1-\exp(-0,1630+E))^8,0033$$

$$VOL=0,9665*(1-\exp(0,1127*E))^7,9999$$

Con AB: área basal (m²/ha); VOL: Volumen bruto (m³/ha)

Se ajustó estos modelos a los datos colectados durante la etapa I de este trabajo generando nuevos coeficientes:

$$AB=\exp(-5,0564 + 1,3872*\ln(E)+0,6584\ln(NHA))$$

Que entrega un R²=0,8055

$$VOL=\exp(1,0929+1,0179*\ln(AB) +0,0613*\ln(E)+0,038*HDOM)$$

Que entrega un R²=0,9971

Con NHA= densidad en número de árboles por hectárea, HDOM: altura dominante (m).

Función de Ahusamiento:

Se utiliza la función de Pérez citado por Nickel (2000).

$$\ln(Dhi)=0,0527345+0,84756*\ln(DAP)+0,6156\ln(2-2^{*(hi/h)0,5})* \\ (hi/h)^2-0,1276*\ln(hi/h) + 0,001) + 0,0776557* \ln(2-2^{*(hi/h)0,5})*(DAP/h)$$

Donde,

Dhi= diámetro a la altura hi

H=altura total

Hi= altura a la que se estima el diámetro del fuste.

Modelo Generalizado de Altura:

$$H=a*(1-EXP(b*DAP))^c*(1-EXP(d*E))^f$$

Con a=76,2467; b=-0,0574; c= 0,8730; d= -0,0043; f= 0,4672

Función de Distribución Diamétrica (Weibull):

Para el ajuste de la distribución diamétrica se trabaja con la distribución de Weibull, cuya expresión acumulada corresponde a

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left[(1/\theta) * (D - d_0)\right]^c\right)$$

Y

$$f(x) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{x-a}{b}\right)^{c-1} e^{\left(\frac{x-a}{b}\right)^c}$$

Donde a=parámetro de localización (diámetro mínimo) b: parámetro de escala c: parámetro de forma.

Simulador:

Simulación Pino Oregón

Edad Inicial	10	Edad Final	
Densidad Inicial		Área Basal	
Altura Dominante		Paso DAP	1

Raleo +

Edad		Tipo de Raleo	Árboles a sacar ▼	Intensidad	
------	--	---------------	-------------------	------------	--

Poda +

Edad		Altura del Poda		Intensidad	
------	--	-----------------	--	------------	--

Simular

Como valores iniciales se requiere conocer la edad de la plantación, densidad (número de árboles por hectárea), Altura del rodal (m) y su área basal (m²/ha).





INSTITUTO FORESTAL



INFOR

www.infor.cl