ISSN Nº 978-956-318-255-2
INFORME TÉCNICO Nº 261

DISPONIBILIDAD DE MADERA EN PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS

INSTITUTO FORESTAL 2022

REGIONES DE
VALPARAÍSO A LOS LAGOS
PERÍODO 2021 – 2051

Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

INFOR

www.infor.cl

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.

DISPONIBILIDAD DE MADERA EN PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS

REGIONES DE VALPARAÍSO A LOS LAGOS PERÍODO 2021 – 2051

Büchner Asenjo, Carlos[1] ; Martin Stuven, Marjorie; Sagardia Parga, Rodrigo; Rojas Ponce, Yasna; Guzmán Vargas, Felipe; Barrientos Alarcón, Marco; Guiñez Olavarría, Rodrigo y Barrales Moyano, Luis.

Área de Investigación Inventario y Monitoreo de Ecosistemas Forestales
Programa de Monitoreo y Oferta de Madera
Línea de Investigación Inventario Forestal Continuo.

INSTITUTO FORESTAL
2022

1 Instituto Forestal, Sede Los Ríos, Valdivia, Chile. cbuchner@infor.cl

Instituto Forestal
Sucre 2397 Ñuñoa
Santiago, CHILE
F: 223667115
www.infor.cl

ISBN Nº 978-956-318-255-2
Registro Propiedad Intelectual 2023-A-8133

Revisores: Santiago Barros Asenjo (Gerencia de Investigación, INFOR)

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

Büchner Asenjo, Carlos; Martin Stuven, Marjorie; Sagardia Parga, Rodrigo; Rojas Ponce, Yasna; Guzmán Vargas, Felipe; Barrientos Alarcón, Marco; Guiñez Olavarría, Rodrigo y Barrales Moyano, Luis (2022). Disponibilidad de Madera en Plantaciones de Pino radiata y Eucaliptos. Regiones de Valparaíso a Los Lagos Período 2021 – 2051. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico Nº 261. P. 126.
https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32647

DISPONIBILIDAD DE MADERA EN PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS

REGIONES DE VALPARAÍSO A LOS LAGOS PERÍODO 2021 – 2051

EQUIPO DE TRABAJO

Instituto Forestal

Carlos Büchner, Coordinador
Marjorie Martin, Modelo de Proyección
Rodrigo Sagardía
Alberto Avila
Juan Carlos Muñoz
Yasna Rojas
Felipe Guzmán
Marco Barrientos
Rodrigo Guiñez
Mario Uribe
Luis Barrales

Consultores

Universidad Austral de Chile (Dr. Mauricio Ruiz-Tagle)
Modelo Nacional de Simulación (Dr. Guillermo Trincado; Luis Letelier)

Comité Técnico

Marcelo Sandoval, CONAF.
Cristian Rojas, CMPC Celulosa.
Pía Silva, CORMA.
Marcelo Stevens, COMACO.
Mariana Löbel, Cambium SA.
Boris Castillo, Forestal Los Lagos.
Fernando Bustamante, ARAUCO.
Cesar Villegas, Forestal Anchile.
Ángelo Belmar, Hancock.
Mario Hermosilla, Soc. Nacional Forestal.
Christian Molina, Forestal Río Calle Calle
Roberto Pera, Soc. Nacional Forestal

Comité Estratégico

Alejandro Lucero (INFOR)
Marta González (INFOR)
Mariana Löbel (CAMBIUM).
Felipe Calleja (CONAF).
Marcelo Sandoval (CONAF).
Fernando Bustamante (Arauco).
Fernando Rosselot (Pymemad A.G).
Victoria Saud (CORMA)
Alvaro Zapata (CMPC)
Juan Carlos Valencia (CMPC)
Mario Hermosilla (SNF)

CONTENIDO

PRÓLOGO 09

INTRODUCCIÓN 10

1. ANTECEDENTES DEL SECTOR FORESTAL Y LAS PLANTACIONES 11

2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS 17

2.1. Modelo de Proyección 18
2.1.1. Definición de Restricciones 19
2.1.2. Criterio de Proyección 20
2.1.3. Escenarios de Proyección 20

2.2. Área de Estudio 21

2.3. Información de Plantaciones 22

2.4. Superficie de Plantaciones Base 23

2.5. Comparación de Superficies con Estudios Anteriores 31

3. ANTECEDENTES DE MANEJO Y RENDIMIENTO DE LAS PLANTACIONES 35

3.1. Zonas de Crecimiento y Sitios 36

3.2. Esquemas de Manejo 39
3.2.1. Esquemas de Manejo en Pino radiata 39
3.2.2. Esquemas de Manejo en Eucaliptos 41
3.2.3. Superficie por Esquemas de Manejo 41
3.2.4. Definición de Productos 43

3.3. Rendimientos actuales y bajo un escenario de cambio climático 44
3.3.1 Estimación de rendimientos para plantaciones de pino radiata 45
3.3.2 Estimación de rendimientos para plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *E. nitens* 46

4. SUPUESTOS DE PROYECCIÓN 54

4.1. Macro Regiones 55

4.2. Forestación 57

4.3. Cambio de Especies 57

4.4. Superficie Descontada por Incendios Forestales 58

4.5. Pérdidas en Cosechas 59

4.6. Plagas y Enfermedades 59

4.7. Silvicultura y Mejoramiento Genético 60

4.8. Edad de Cosecha 60

4.9. Proyección de Vector de Demanda 61

5. RESULTADOS DE LA DISPONIBILIDAD DE MADERA 64

5.1. Escenario Histórico Base (A) 65

5.2. Escenario Base 2022 (B) - Factor de Cambio Climático y Mejora Genética 66

5.3. Disponibilidad por Especie según Escenario 68
5.3.1. Oferta Pino Radiata 68
5.3.2. Oferta *Eucalyptus globulus* 69
5.3.3. Oferta *Eucalyptus nitens* 70
5.3.4. Oferta *Eucalyptus gloni* 72

5.4. Disponibilidad en el Escenario Macro Regional 73
5.4.1. Macro Región I 74
5.4.2. Macro Región II 75
5.4.3. Macro Región III 76
5.4.4. Macro Región IV 78

5.5. Disponibilidad en Escenario Base por Producto 79

5.6. Cosecha Proyectada en Escenario Base 82

5.7. Balance Oferta y Demanda de Volumen en el Escenario Base 2022 85

6. CONCLUSIONES 89

REFERENCIAS 92

APÉNDICES 93

PRÓLOGO

El Instituto Forestal (INFOR) tiene el agrado de poner a disposición del sector forestal y del público en general el informe técnico Disponibilidad de Madera en Plantaciones de *Pinus radiata, Eucalyptus globulus, Eucalyptus nitens y Eucalyptus gloni*, presentes entre las regiones de Valparaíso a Los Lagos (provincias de Osorno y Llanquihue), para el período 2021 -2051. Documento en el cual se actualizan las cifras de proyecciones sobre la disponibilidad futura de madera.

El propósito de este trabajo es actualizar las proyecciones sobre la oferta de madera en pie en las plantaciones de pino radiata y eucaliptos hasta el año 2051, debido a las necesidades de información sobre los stocks de madera futura y su sostenibilidad en el mediano y largo plazo. Información de gran relevancia para el país, donde la empresa privada, entidades públicas, inversionistas, mandantes de madera, entre otros, dispondrán de información actualizada para la toma de decisiones. A esto se suma la importancia que se proyecta de la madera como potencial elemento constructivo del futuro por sobre otros materiales, sumado a la política de construcción de viviendas industrializadas donde la madera se visualiza como un material muy importante en términos económico, sociales y ambientales.

Para realizar este trabajo, INFOR ha establecido una estrecha colaboración con el sector público (CONAF) y privado, siendo este último representando por CORMA, PYMEMAD y Sociedad Nacional Forestal, que aportaron con información estratégica y técnica, sumado a la participación técnica del Instituto de Informática de la Universidad Austral de Chile y del Modelo Nacional de Simulación (MNS) bajo el alero de la Universidad de Concepción. Colaboración que permitió contar con una mejor base de información para la proyección de las diferentes especies.

INFOR expresa su agradecimiento a todos quienes participaron en la ejecución del estudio y espera que este aporte sea de real utilidad para los diversos actores que componen el sector forestal chileno. De igual manera, se agradece el trabajo colaborativo entre los actores privados y públicos que hicieron posible el desarrollo del presente estudio.

Esta publicación, al igual que otras publicaciones de INFOR de la línea de investigación de Inventario Forestal, está disponible en el sitio web institucional a través del enlace www.infor.cl.

INTRODUCCIÓN

El presente reporte sobre la disponibilidad de madera en plantaciones tiene por objetivo actualizar las proyecciones sobre la disponibilidad de oferta de madera en troza considerando las especies de *Pinus radiata, Eucalyptus globulus, Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus gloni*[2] para el período 2021 – 2051 en el país, bajo distintos escenarios de proyección. Los estudios de disponibilidad de madera han sido realizados por INFOR desde la década de los 80 y tienen como fin entregar información estratégica sobre el recurso maderero, permitiendo contar con información sobre su desarrollo y la sostenibilidad del sector.

En la última década se ha observado una tendencia a nivel mundial por aumentar y posicionar el uso de la madera en distintos segmentos, principalmente en el ámbito de la construcción. Esto impulsado en generar estrategias sobre el uso de materiales y construcciones más sustentables, buscando aminorar los efectos en la contribución de emisiones por parte del sector. Se estima que la industria de la construcción representa el 30% de las emisiones de dióxido de carbono CO_2, siendo una gran tarea poder disminuir esta cifra (Rojas *et al*., 2021). Esta tendencia no ha estado ajena a Chile y se observa en los últimos años un posicionamiento de la madera en distintos niveles, con proyectos de construcción industrializada a nivel de Gobierno para hacer frente al déficit habitacional del país, con anteproyectos de construcción en altura, con innovación en la construcción y con desarrollo de nuevos productos, entre otros. En este ámbito el recurso plantaciones y los productos en madera jugarán un rol fundamental para hacer frente a estos desafíos.

Respecto a la superficie de plantaciones forestales en Chile, esta no ha experimentado nuevos incrementos en la superficie total, presentando valores entre 2,28 y 2,44 millones de hectáreas plantadas en el período 2010 y el 2022 (Sagardía *et al.,* 2021). Dentro de los factores que explican esto se encuentra el término de los incentivos estatales a la forestación en el año 2012, que ha reducido las tasas de forestación a valores mínimos; mayores presiones por el uso del suelo generando cambios productivos; incendios forestales de mayor magnitud en los últimos años; cambios de especies; planes de reconversión de plantaciones a bosque nativo; y menores crecimientos de algunas especies en determinadas zonas del país, asociados a los efectos de la prolongada sequía (zona central) que afecta el ritmo de crecimiento de las especies.

Para efectos del estudio, se actualizó la información relacionada a las diferentes variables que se utilizan como insumos en las proyecciones de oferta de volumen de madera. Proyecciones que son obtenidas en base a un modelo matemático que busca maximizar la oferta física de madera en pie, satisfaciendo ciertas restricciones y supuestos bases, frente a la actividad sectorial y sus tendencias en el corto, mediano y largo plazo. Para definir esta información, el estudio presenta un enfoque participativo con actores del sector privado y público, que aportan y validan la información de entrada en el modelo con el propósito de alcanzar máxima confiabilidad en los resultados.

En el presente documento se entrega la información base utilizada respecto de la superficie de plantaciones en pie a diciembre del 2020 para las especies de *Pinus radiata, Eucalyptus globulus, Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus gloni*, considerando además los antecedentes sobre el manejo y rendimiento de las plantaciones, aspectos metodológicos, supuestos considerados, definición de escenarios a modelar, sumado a los resultados para cada escenario de proyección y especie.

2 *Híbrido Eucalyptus globulus* x *Eucalyptus nitens*

01

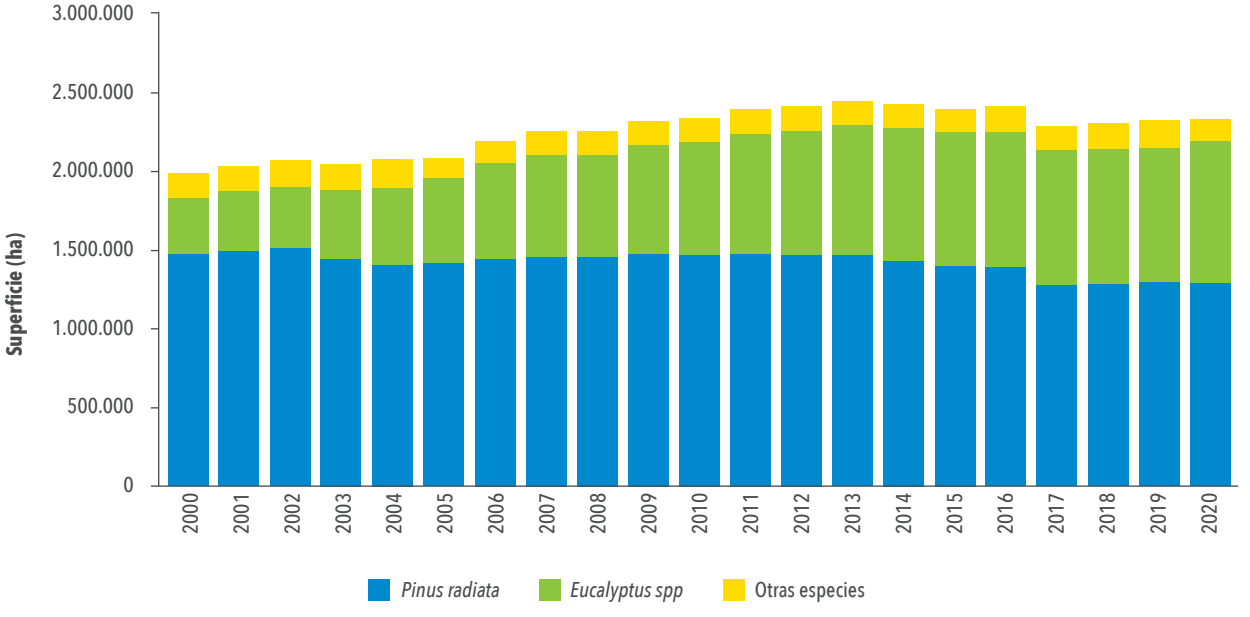
ANTECEDENTES DEL SECTOR FORESTAL Y LAS PLANTACIONES

1. ANTECEDENTES DEL SECTOR FORESTAL Y LAS PLANTACIONES

El sector forestal, compuesto por pequeñas y grandes empresas, representa un importante aporte a la actividad económica del país. Según cifras publicadas en el anuario forestal de INFOR esta actividad alcanzó los 3.602 millones de pesos corrientes el año 2021, representando el 1,7% en el PIB nacional, liderada por los subsectores de celulosa, papel y productos de papel (36,2%); seguido por el subsector madera y productos de madera (34,6%); y silvicultura (29,2%) (Álvarez *et al.*, 2022).

Respecto a la participación del sector en las exportaciones nacionales, para el período 2021 este alcanzó un 6,7% de participación, equivalente a US$ 5.969 millones. Dentro de las principales categorías de productos exportados destacan pulpa química, madera aserrada, tableros de distintos tipos, chapas y molduras sólidas y MDF (Álvarez *et al.*, 2022).

Actualmente la superficie acumulada de plantaciones hasta diciembre del 2020 es de 2,3 millones de hectáreas (Figura N° 1). Las plantaciones de *Pinus radiata* concentran la mayor participación con un 56% y en segundo lugar se presentan las plantaciones de *Eucalyptus spp* con el 37%, donde destacan las plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* (Sagardía *et al.*, 2021). A esto se suma en los últimos años la incorporación del híbrido *Eucalyptus gloni*, presentando una superficie aproximada de 35.000 ha.



(Fuente: Sagardía *et al.*, 2021).

Figura N° 1
REGISTROS DE LA SUPERFICIE DE PLANTACIONES FORESTALES ACUMULADA PARA EL PERÍODO 2000 – 2020.

En la última década distintos factores han afectado el normal desarrollo y sostenibilidad de las plantaciones (Büchner *et al*, 2021), entre los que se encuentran efectos asociados al cambio climático (olas de calor, incendios de mayor magnitud, disminución de las precipitaciones, que afectan las tasas de crecimiento y a su vez generan problemas asociados a plagas y enfermedades). A esto se suma también las presiones por el uso del suelo y la lenta recuperación de las plantaciones que fueron afectadas por los grandes incendios del 2017, donde se observa que plantaciones de pequeños y medianos, propietarios presentan zonas con una excesiva regeneración natural tanto de Pino radiata como de Eucaliptos, situación que es un grave problema en el desarrollo inicial de estas áreas y que a su vez afecta tanto la calidad y producción maderera como en los ingresos de estos propietarios a futuro.

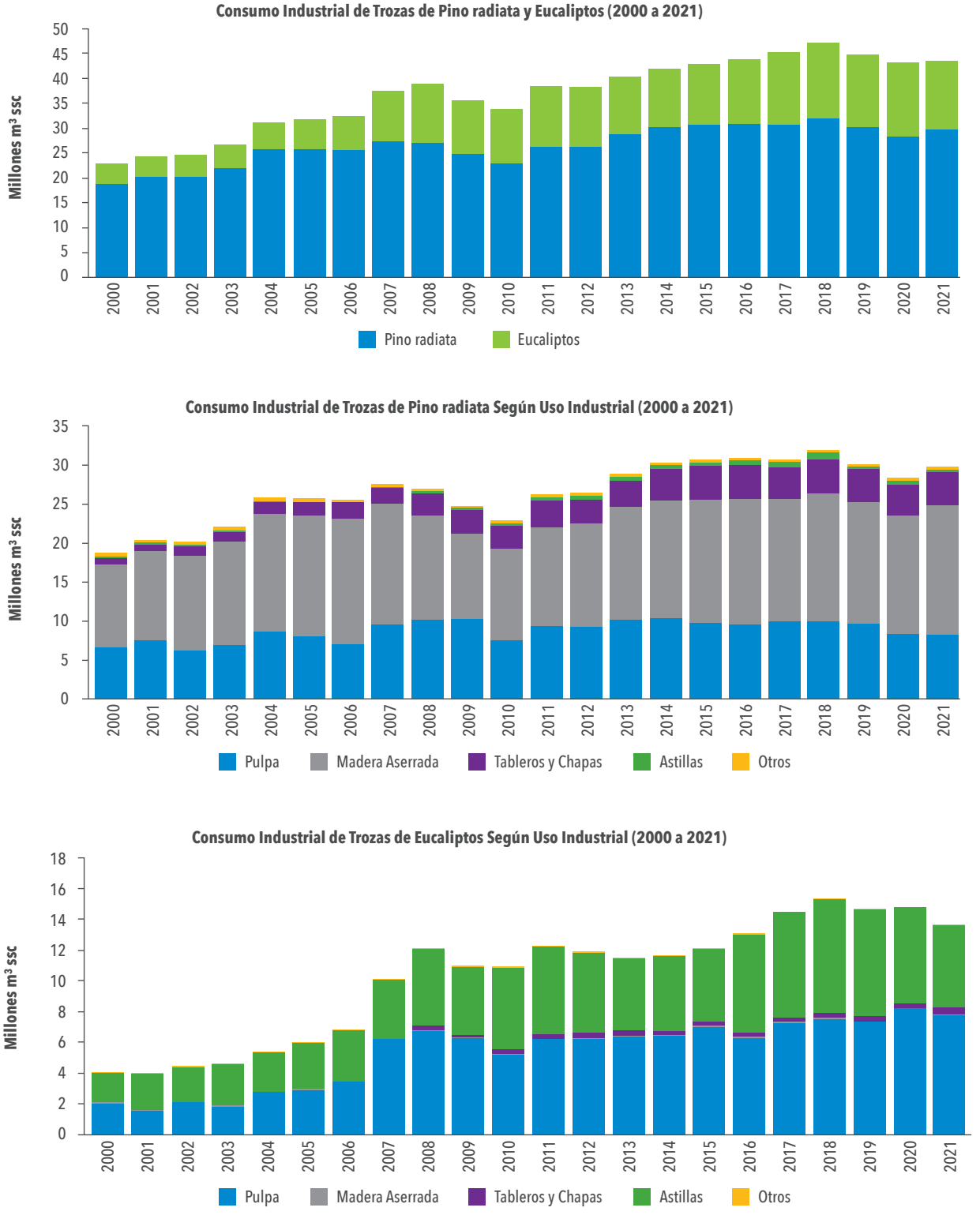
En la especie *Eucalyptus globulus* se mantiene la tendencia observada en los últimos años respecto a los menores crecimientos, producto de factores asociados a la sequía prolongada en la zona central como al efecto plagas como *Gonipterus platensis* que afectan el normal crecimiento y desarrollo de esta especie.

En cuanto al consumo de madera en troza, este ha alcanzado el rango promedio de 45,1 millones de m^3ssc para el período 2018 al 2021. Para el período 2021 el consumo alcanzó los 43,8 millones de m^3ssc de madera en troza, de los cuales el 68% es explicado por el consumo de trozas de pino radiata (Figura N° 2). En segundo lugar, se presentó el consumo de trozas de eucaliptos explicando el 31% del consumo total, en menor medida se presenta el consumo de trozas nativas con el 0,3% y otras exóticas con el 0,7% (Álvarez *et al*, 2022).

Los principales destinos de la madera en troza se orientan al desarrollo de productos relacionadas a celulosa y papel, madera aserrada, tableros y chapas, y astillas. Al analizar a nivel de especies, los principales destinos de las trozas de pino radiata se orientan al segmento de celulosa y papel, madera aserrada y en menor medida al desarrollo de tableros y chapas, explicando el 97% del consumo de esta especie. Para las trozas provenientes de las plantaciones de eucaliptos, el 97% del consumo de trozas se orienta a los segmentos de celulosa y papel, y generación de astillas, una baja producción se utiliza en los segmentos de tableros y chapas, y madera aserrada (Álvarez *et al*, 2022).

En cuanto a las especies nativas, para el período 2021 se presenta una participación menor al 1% en el consumo total de madera en troza del sector maderero alcanzado los 130.741 m^3ssc (Álvarez, *et al*, 2022). Al observar las cifras de los últimos años, se observa una disminución del consumo de trozas desde el año 2015 al 2021 representando una baja del 65% que equivale a 248.000 m^3ssc. Gran parte de este consumo, es destinada al segmento del aserrío y en menor medida al sector de tableros y chapas, traduciéndose en menor oferta de productos en base a este recurso.

En las últimas décadas (2000 al 2020) se ha observado algunos cambios respecto a los usos del recurso maderero, por ejemplo el aprovechamiento de desechos de procesos y cortezas para generación de calor y energía de las plantas industriales; incremento del consumo de trozas de *Eucalyptus nitens* por parte del segmento pulpa y astillas; nuevas plantas de tableros OSB; uso de los subproductos madereros del aserrío para el segmento de la pulpa y fabricación de pellets para calefacción; desarrollo de pulpa textil; desarrollo de nuevos productos específicos para determinadas construcciones o sistemas constructivos (CLT, vigas laminadas, otros), entre otros desarrollos.



(Fuente: Base estadística de Anuario Forestal. Álvarez *et al*, 2022). Considera astillas provenientes de madera pulpable, no incluye el consumo de astillas provenientes de aserradero.

Figura N° 2

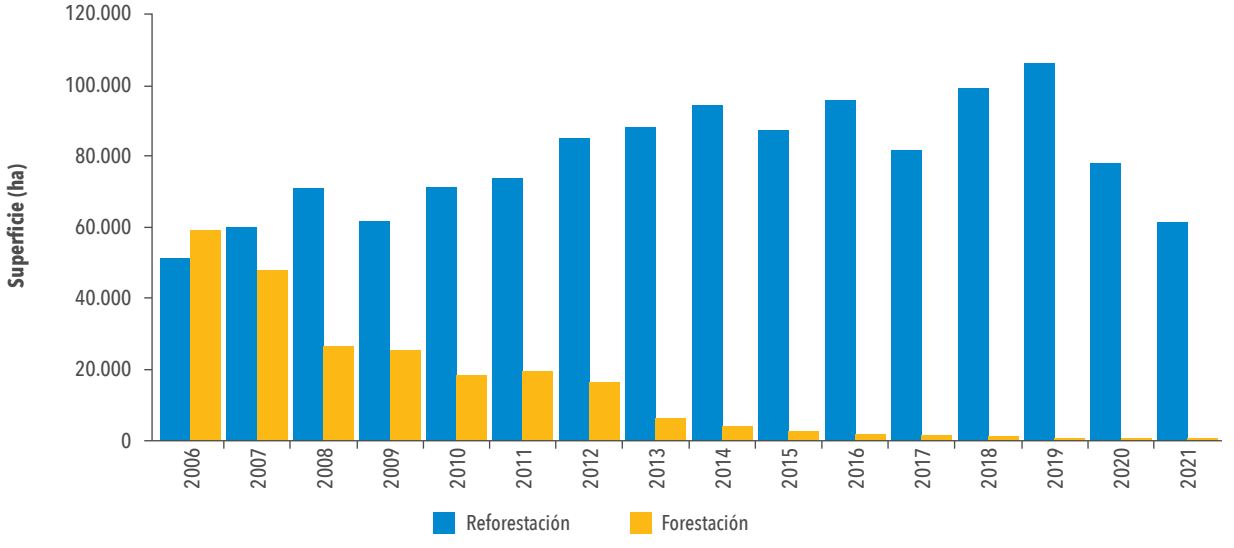
CONSUMO INDUSTRIAL DE MADERA EN TROZOS DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS 2000-2021.

Por otra parte, la superficie de plantaciones de pino radiata para el período 2011 al 2020, ha fluctuado en forma decreciente entre los 1,48 a 1,28 millones de hectáreas, observándose una disminución para el período del 12,7% de la superficie plantada en pie a diciembre del 2020. Dentro de los factores que explican esta disminución se presenta el cambio de especies, donde las especies de rápido crecimiento del género *Eucalyptus* marcaron la preferencia en los primeros años del período considerado. Además, se desarrollan planes de reconversión de plantaciones a bosque nativo. Otros factores corresponden a incendios y cambios de usos de suelos, entre otros.

Para la superficie de plantaciones de eucaliptos, se observa una estabilización de la superficie plantada en pie para el período 2016 al 2020 presentándose en rangos entre 856.556 y 865.262 hectáreas (Sagardía *et al*, 2021). Esto, en contraste a lo observado a comienzos de la década (2011 al 2016) donde se presentaron incrementos en superficie en torno al 14%, aumentando de 759.374 a 860.317 ha (Büchner *et al*, 2018).

En esta misma línea, al observar las tasas de forestación del 2010 al 2021 informadas por CONAF que indican un fuerte decrecimiento en la incorporación de nuevas superficies de plantaciones (Figura N° 3), alcanzando valores mínimos de menos de 1.000 ha/año en los últimos años (CONAF, 2021). Esto como resultado del fin del programa de fomento estatal a la forestación el año 2012.

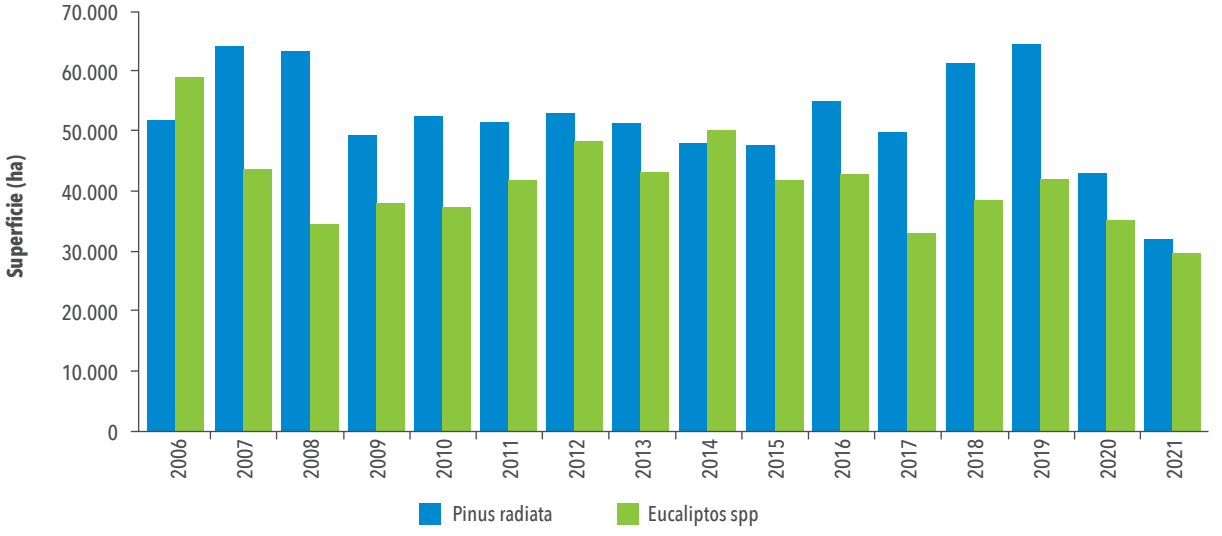
Al analizar las tasas de reforestación se observa una tendencia al incremento hasta el año 2019, alcanzando un máximo de 106.465 ha plantadas con pino radiata y eucaliptos. Tendencia que se revierte para los períodos 2020 y 2021, presentando una baja de 27.981 ha del 2019 al 2020, y de 16.557 ha para el período 2020 al 2021. En este contexto, en base a información publicada por CONAF, la disminución de la superficie reforestada por segmento de propietarios con relación a lo registrado en 2019 fue de un 61,51% en el caso de pequeños propietarios, un dato no menor pensando que este segmento de propietarios se vincula principalmente con el sector pyme maderera que abastece de madera aserrada al mercado nacional.



(Fuente: CONAF, 2021; 2022, Datos sin publicar)

Figura N° 3
EVOLUCIÓN TASA ANUAL DE PLANTACIÓN 2006 – 2021 PARA LAS ESPECIES PINUS RADIATA Y EUCALIPTOS.

A nivel de especies, en la figura N° 4 se presenta la información de superficie plantada para pino radiata y eucaliptos (forestación + reforestación). Para pino radiata se presentan valores de plantación entre 48.000 y 65.000 ha/anuales en periodo 2012 al 2019, presentando valores máximos los años 2018 y 2019, para luego presentar una disminución en los períodos 2020 y 2021 (CONAF, 2021). En cuanto a los eucaliptos, se observan rangos de plantación entre los 29.000 y 42.000 ha/anuales para el período entre el 2016 al 2021 y al igual que pino radiata se observa una disminución en los últimos años (2020 y 2021).



(Fuente: CONAF, 2021; 2022, Datos sin publicar)

Figura N° 4
EVOLUCIÓN TASA ANUAL DE PLANTACIÓN 2006 – 2021 PARA LAS ESPECIES DE PINUS RADIATA Y EUCALIPTOS.

02

ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

2. ANTECEDENTES METODOLÓGICOS

En términos generales la metodología empleada en el estudio fue similar a la aplicada en los estudios anteriores de disponibilidad de madera desarrollados por INFOR (INFOR, 2013; Büchner *et al*, 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.

La metodología utiliza como información base la superficie de plantaciones en pie estimada para un período determinado, siendo lo más actualizada posible. Trabajo que considera además un enfoque participativo, donde diferentes actores del sector, que representan a grandes y medianas empresas, asociaciones como CORMA, PYMEMAD, SNF, y la Corporación Nacional Forestal (CONAF), aportan y validan la información que se utiliza como base en la modelación de los escenarios de proyección.

En cuanto a las fuentes de información, estas corresponden a publicaciones de INFOR, bases de datos de INFOR sobre superficie de plantaciones en pie, información de variables de estado, registros de consumo de madera en troza, registros de información sobre incendios y tasas de plantación proveniente de las estadísticas de CONAF, consulta y aportes de información de empresas más representativas del sector y asociaciones gremiales. A esto se suma las asesorías externas respecto a las simulaciones de crecimiento realizadas por el Modelo Nacional de Simulación (MNS) bajo la Universidad de Concepción y apoyo técnico al estudio por parte del instituto de Informática de la Universidad Austral de Chile.

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.

2.1. Modelo de Proyección

Para estimar el volumen de madera disponible se trabajó con un modelo de programación matemática que tiene por objetivo maximizar la oferta física de madera en pie (INFOR, 2013; Büchner *et al*, 2018). El modelo fue programado en plataforma AMPL (programa dirigido a la construcción y resolución de modelos de optimización), utilizando como *Solver* CPLEX (tipo de algoritmo para la resolución de problemas).

La oferta de madera en pie utiliza como base la información de inventario de plantaciones en pie existentes a diciembre de 2020. Otra información necesaria corresponde a la estimación de los productos a obtener según la edad y tipo de manejo de las plantaciones y condiciones del sitio de crecimiento, al momento de realizar raleos productivos o cosechas. Información que se construye con las herramientas de modelación del crecimiento para las especies de Pino radiata (*Insigne*[3]) y Eucaliptos (*Eucasim*), generando las diferentes tablas de rendimientos en productos asociadas a cada una de las situaciones posibles de cosecha.

El modelo de planificación además considera una serie de supuestos y parámetros bases que son definidos a través del enfoque participativo del estudio. En la Figura N° 5 se describe la relación de las diferentes fuentes de información que utiliza el modelo en la modelación de los escenarios de proyección (INFOR, 2005).

3 Centro Modelo Nacional de Simulación (MNS)

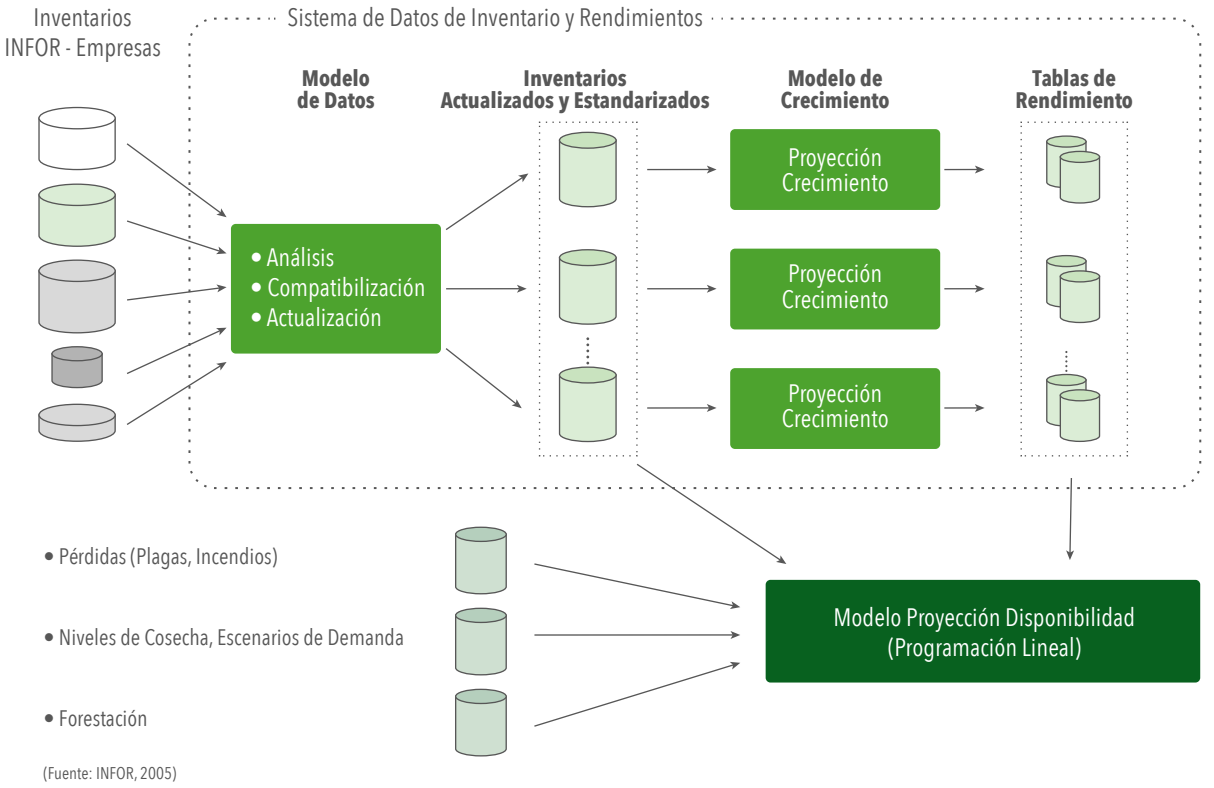


Figura N° 5
DIFERENTES FUENTES DE INFORMACIÓN DEL MODELO DE DISPONIBILIDAD.

2.1.1. Definición de Restricciones

Se definió un conjunto de restricciones a considerar en el modelo de proyección, estas hacen referencia a lo siguiente:

a) La superficie base de plantaciones para las especies de *Pinus radiata, Eucalyptus globulus, Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus gloni*, se consideran los registros de superficie de plantaciones en pie a diciembre del 2020.

b) Respecto a intenciones de forestación en el área de estudio, solo se consideran incrementos informados por empresas. También se considera la información aportada por la Corporación Nacional Forestal, con bajas cifras para los años 2020 y 2021

c) 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 datos auxiliares y criterio experto (consulta a empresas del sector).

d) La solución busca satisfacer la restricción de oferta total de madera en un flujo no decreciente o constante en el tiempo.

e) Se considera que la superficie cosechada se vuelve a plantar considerando el mismo esquema de manejo, excepto para los casos indicados en el comité técnico que consideran el cambio de especies.

f) Se define una estructura deseada para el inventario final, de modo de contar con una cota inferior máxima de superficie de plantaciones desde cero hasta la edad máxima de cosecha. En resumen, la estructura de edades residual del inventario garantiza que la oferta posterior al horizonte proyectado seguirá siendo no decreciente.

g) Se consideran pérdidas por concepto de incendios, cosechas y plagas. Se consideran ganancias por concepto de mejora genética. Se asume un porcentaje de degradación de productos, por concepto de pérdidas de cosecha.

2.1.2. Criterio de Proyección

Para efectos de la proyección se utiliza el criterio de Flujo No Decreciente, que tiene por finalidad ordenar las cifras de oferta a lo largo del período de proyección, de manera que sea creciente o se mantenga en el tiempo. De esta manera se establece que la corta no es necesariamente de toda la oferta de madera en trozas, que podría cumplir requisitos de corta en un año determinado, y más bien asegurar que los futuros períodos puedan cumplir también el flujo.

Esta modalidad de criterio permite obtener una proyección de una oferta más sostenible, sin quiebres de stock, sin exigir otras restricciones de demanda.

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

2.1.3. Escenarios de Proyección

El efecto de ciertas condicionantes sobre el modelo permite proyectar cambios en la oferta final obtenida, generando de este modo diferentes escenarios de proyección, permitiendo la cuantificación de esos efectos, considerando modificaciones más pesimistas y otras más optimistas.

Respecto a los escenarios trabajados, estos se presentan a continuación:

- **Escenario Histórico Base (A)**

La proyección de este escenario busca generar un escenario comparativo en cuanto a los supuestos utilizados en estudios anteriores, manteniendo las mismas variables y evaluando los cambios en las proyecciones generadas. Este escenario consideró un Flujo de Oferta No Decreciente (FND) para cada especie (*Pinus radiata, Eucalyptus globulus, E. nitens* y *E. gloni*) después de satisfacer el consumo por especie de los años 2020, 2021 y 2022. Adicionalmente se considera información sobre actividades de forestación, reforestación, planes de reconversión de plantaciones con especies nativas, según información proporcionada por cada empresa. Vale mencionar que este escenario utiliza los rendimientos de las plantaciones observados actualmente. Otro supuesto hace mención a que las áreas de plantaciones cosechadas, nuevamente se vuelven a plantar. A esto se suman los supuestos tradicionales sobre descuento de superficie por incendios, pérdida por concepto de plagas y de operaciones de cosecha.

- **Escenario Base 2022 (B)**

El escenario base 2022 considera parámetros iniciales asociados a factores sobre el cambio climático, reflejando el impacto de esta variable en el rendimiento proyectado bajo el escenario RCP 8.5. A esto se suma el factor de mejora genética, asumiendo un porcentaje esperado de mejores rendimientos en el desarrollo de las plantaciones.

Al igual que el escenario (A), consideró un Flujo de Oferta No Decreciente (FND) para cada especie (*Pinus radiata, Eucalyptus globulus, E. nitens* y *E. gloni*) después de satisfacer el consumo por especie en los primeros períodos. A esto se suma la mantención de los otros supuestos según lo indicado en escenario (A).

- **Escenario Macro Regional (C)**

El escenario Macro Regional mantiene los parámetros iniciales del escenario (B), considerando las variables asociadas al factor de cambio climático y ganancia genética, además de los otros supuestos sobre forestación, reforestación, cambio de especies, reconversión de plantaciones a bosque nativo, entre otros.

En este escenario se busca satisfacer la demanda de los primeros períodos para cada macro región, pero generando un Flujo de Oferta No Decreciente (FND) a nivel nacional. A nivel de las Macro Regiones se presenta la disponibilidad de oferta por tipo de especie para el período proyectado.

- **Escenario Sin Acceso (D)**

Este escenario busca representar la dificultad de acceso a las plantaciones en algunas zonas del territorio, debido a conflictos de índole territorial. Generando incertidumbre en el desarrollo de actividades relacionadas al manejo silvícola como actividades de cosecha de las plantaciones.

Para este escenario se consideraron los parámetros iniciales del escenario base 2022 (B), considerando las variables de cambio climático y mejoramiento genético. Además de definir el desarrollo de un supuesto orientado a no considerar la oferta existente en estas zonas.

2.2. Área de Estudio

El área de estudio corresponde al área de mayor actividad forestal en base al recurso de plantaciones forestales, considerando también centros de consumo de madera en troza por parte de las diferentes unidades productivas que operan en el territorio. En este contexto, se considera el territorio comprendido desde la región de Valparaíso hasta la región de Los Lagos, específicamente hasta la provincia de Llanquihue.

2.3. Información de Plantaciones

La actualización anual del inventario de plantaciones en pie se realiza con los importantes aportes de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y de un grupo de empresas con las que INFOR mantiene un convenio de colaboración. Este convenio con las principales empresas forestales, agrupadas en la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), permite obtener íntegramente la información actualizada de los inventarios forestales de su patrimonio, en tanto CONAF aporta la información registrada en cuanto a nuevas plantaciones, así como los registros de incendios forestales.

El Instituto Forestal compila y procesa la información de las empresas y CONAF, y actualiza la información de pequeños y medianos propietarios a través del uso de imágenes satelitales y campañas de terreno para recoger la información de los rodales. Esta actualización de plantaciones ha sido realizada por INFOR desde los años 80 dentro de su programa Inventario Forestal Continuo.

RECUADRO 1

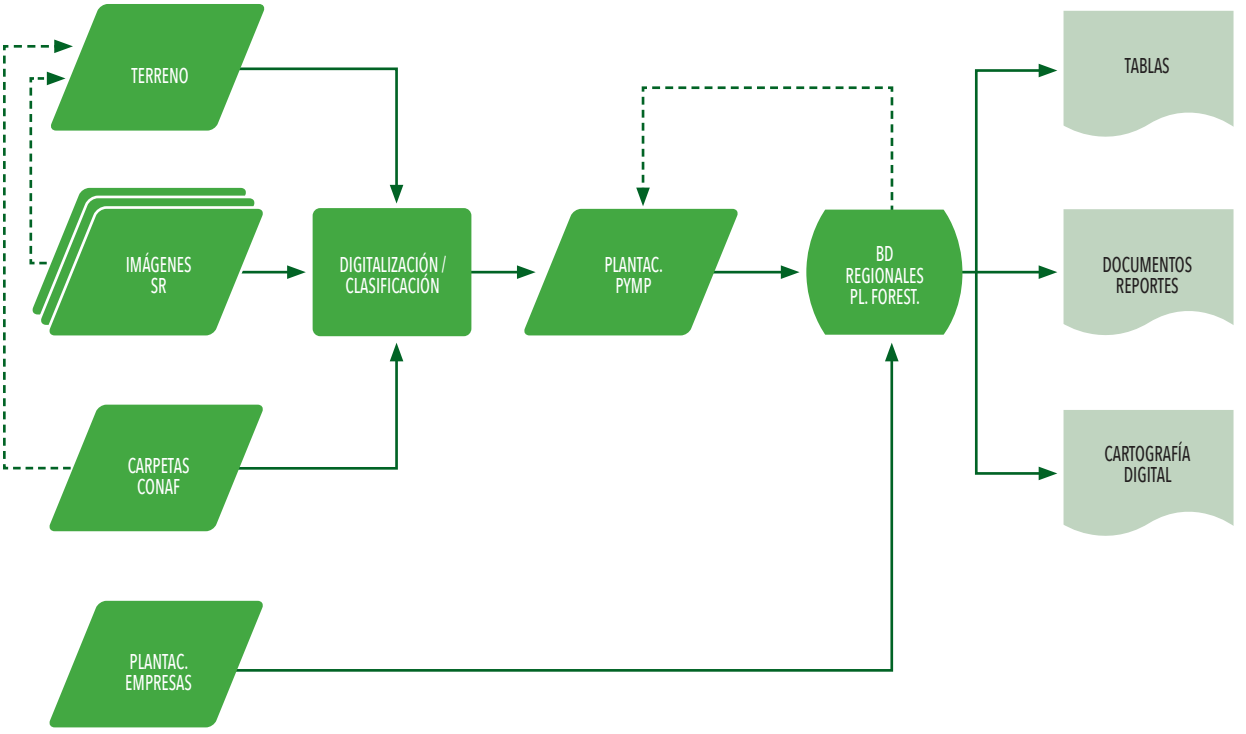
Respecto de la información del Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos, que desarrolla y actualiza periódicamente CONAF, este entrega cifras sobre el uso de la tierra, uno de estos usos es Bosques y dentro de él está el uso Plantaciones, el cual considera toda la superficie asociada a las plantaciones; las plantaciones en pie y cosechadas o incendiadas, los terrenos utilizados como canchas de acopio, las quebradas interiores, los caminos forestales, los cortafuegos y otros.

Las cifras entregadas por INFOR en su actualización anual se refieren solamente a las plantaciones en pie. Además difieren de las del Catastro, debido a que presentan distintos objetivos y enfoques metodológicos. De acuerdo a un análisis estadístico, las cifras de INFOR presentan un sesgo de 8% (reporte interno CONAF-INFOR, 2012), principalmente por no considerar las plantaciones recién efectuadas por terceros, que no están registradas en CONAF ni en las empresas y que en las imágenes no es posible visualizar aún.

En la Figura N° 6 se describen las etapas principales del procedimiento de inventario que realiza INFOR.

Si bien el programa de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de INFOR reporta todas las plantaciones existentes en el país, el presente estudio da cuenta de la proyección de la madera disponible basada de plantaciones de las cuatro especies principales; Pinus radiata, Eucalyptus globulus, Eucalyptus nitens y Eucalyptus gloni, que en forma conjunta representan el 94,2 % del total de las plantaciones del país, no considerando otras especies cultivadas, como álamos, pino ponderosa, pino oregón, acacias, diferentes especies de eucaliptos además de las mencionadas y otras.

La base de proyección corresponde al inventario de plantaciones más actualizado de INFOR respecto al año inicial de proyección y para este estudio es la cobertura de plantaciones a diciembre de 2020.



(Fuente: Sagardía *et al*., 2021)

Figura N° 6
PROCEDIMIENTO DE COORDINACIÓN EN LA ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE INFOR.

La coordinación y apoyo entre instituciones promueve un uso eficiente de los recursos públicos asignados a la actualización de plantaciones. Sin embargo, para el caso de las plantaciones jóvenes de pequeños y medianos propietarios, el material de trabajo no permite su detección a nivel nacional, en forma costo-eficiente (resolución espacial/costo del material). Por lo que plantaciones menores a 5 años en el caso del pino y menores a 3 años en caso de eucaliptos no pueden ser detectados. Para esto, se recurre a los registros que mantiene CONAF de forestación / reforestación para aquellos propietarios acogidos al Decreto Ley 701. En tanto, para aquellas plantaciones jóvenes no acogidas a este incentivo, estas son incorporadas al inventario a través de visitas a terreno, o bien una vez que alcanzan las edades mínimas para ser detectadas mediante sensores remotos.

El inventario de plantaciones, una vez actualizado, se estratifica de acuerdo a diferentes criterios. En los siguientes puntos se presentan algunas de las características principales del estado actual de las plantaciones de Pinus radiata y Eucalyptus consideradas en el estudio.

2.4. Superficie de Plantaciones Base

La superficie por tipo de propietario y especies a considerar en el estudio es de 2.149.872 hectáreas a diciembre del 2020. Esta cifra considera plantaciones de hasta 35 años para Pinus radiata, hasta 30 años para las plantaciones en pie de Eucalyptus nitens y hasta 25 años para las plantaciones de Eucalyptus globulus (Cuadro N° 1).

Cuadro Nº 1
SUPERFICIE BASE DE PLANTACIONES DE PINO Y EUCALIPTOS POR TIPO DE PROPIETARIO.

Tipo de Propietario	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)				
Grandes Empresas (GE)	872.382	133.586	171.694	35 542	**1.213.204**
Empresas Medianas (EM)	71.548	65.506	14.578	-	**151.632**
Medianos Propietarios (MP)	137.248	94.985	44.133	-	**276.366**
Pequeños Propietarios (PP)	190.952	272.873	44.843	2	**508.670**
Total (ha)	**1.272.130**	**566.950**	**275.248**	**35.544**	**2.149.872**

(Fuente: Cobertura de plantaciones a diciembre del 2020 (Sagardía et al, 2021).
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.

RECUADRO 2

La categoría empresas se refiere a las sociedades forestales que han suscrito el convenio de intercambio de información patrimonial sobre plantaciones de pino radiata y eucaliptos, diferenciando empresas grandes, con patrimonio de plantaciones mayores a 30.000 ha (Forestal Arauco S.A.; Forestal Mininco S.A.; Hancock Spa.; Vista Hermosa Inversiones Forestales SpA.; Forestal Tregualemu SpA.), empresas medianas, sobre 5.000 ha y hasta 30.000 ha (Forestal Aurora SpA.; Forestal El Astillero Ltda.; Agrícola y Forestal Agua buena I y II Ltda.; y Lago Lanalhue SpA).

La categoría de medianos propietarios incluye sociedades y personas naturales cuya propiedad excede 200 ha, cualquiera sea la región en que se encuentren.

La categoría pequeños propietarios considera a los que no exceden 200 ha, buscando asimilar esta categoría a la definición en la Ley INDAP (<12 ha riego básico).

A nivel de especies, pino radiata presenta una participación del 59,2% del total de la superficie de acuerdo al Cuadro Nº1 con 1.272.173 ha. En segundo lugar, se presentan las plantaciones de *Eucalyptus globulus* que representan el 26,4% de la superficie total plantada y *Eucalyptus nitens* con un 12,8 % de participación. En menor medida con un 1,7% de participación aparecen las plantaciones de *Eucalyptus gloni*, híbrido que se ha comenzado a plantar entre las regiones del Maule y Los Lagos.

Eucalyptus gloni es un híbrido que reúne lo mejor de las especies de *E. globulus* y *E. nitens* en cuanto a las propiedades de la madera, tolerancia al frío y rápido crecimiento. Desde hace algunos años se ha comenzado a plantar por parte del segmento de grandes empresas, esto con el objetivo de obtener tanto mejores rendimientos en el bosque como en la calidad de los procesos de producción de pulpa.

Considerando la superficie base del estudio, la región del Biobío es la que concentra la mayor cantidad de plantaciones forestales, presentado un 29% de la superficie total de plantaciones en pie a diciembre del 2020.

Para la región del Biobío, la superficie de plantaciones de pino radiata predomina con un 52,9% del total de superficie plantada (Cuadro N° 2). En forma secundaria se presentan las plantaciones de *Eucalyptus globulus* con un 28,7% y Eucalyptus nitens con un 15,7% de participación.

A Biobío le siguen en superficie de plantaciones la región de la Araucanía y la región del Maule, con un 21% y 19%, respectivamente (ver Cuadro N° 2).

La región del Maule se caracteriza por ser una región pinera, presenta una gran participación de plantaciones de pino radiata a nivel regional, lo que representa el 86,7% de la superficie de plantaciones de la región.

Cuadro N° 2
SUPERFICIE BASE DE PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS POR REGIÓN.

REGIÓN	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total	Porcentaje
	(ha)					[%)
Valparaíso	5.119	34.435	0	0	**39.553**	**2%**
Metropolitana	17	4.763	0	0	**4.780**	**0,2%**
O'Higgins	58.132	44.300	20	0	**102.453**	**5%**
Maule	356.237	51.692	2.727	274	**410.930**	**19%**
Nuble	184.422	69.138	17.832	5.765	**277.158**	**13%**
Biobío	328.336	178.284	97.537	17.022	**621.179**	**29%**
La Araucanía	242.511	141.371	72.929	5.141	**461.953**	**21%**
Los Ríos	83.489	17.884	58.759	6.293	**166.425**	**8%**
Los Lagos	13.867	25.083	25.443	1.048	**65.440**	**3%**
Total	**1.272.130**	**566.950**	**275.248**	**35.544**	**2.149.872**	**100%**
Porcentaje	**59,2%**	**26,4%**	**12,8%**	**1,7%**	**100%**	

Superficie de plantaciones en pie a diciembre de 2020, utilizada como base en el modelo de proyección.
Se ha descontado la superficie en pie las plantaciones mayores a 35 años de pino radiata, mayores a 30 años de *Eucalyptus nitens* y mayores a 25 años de *E. globulus*.

A continuación, en los Cuadros N° 3, 4, 5 y 6, se presenta la información sobre la superficie de plantaciones por especie, región y tipo de propietario.

La superficie de plantaciones de pino radiata se concentra entre las regiones del Maule y la región de La Araucanía, presentándose el 87% de la superficie total plantada en esta zona, equivalente a 1.111.549 ha plantadas (Cuadro N° 3).

Respecto al régimen de propiedad de las plantaciones de pino radiata (Cuadro N° 3), el segmento de grandes empresas presenta el 68,6% de la superficie plantada de esta especie, equivalente a 872.382 ha. El segmento de medianos y

pequeños propietarios explica el 25,8% de la superficie total, equivalente a 328.216 hectáreas, y se presenta una alta participación de este segmento en la región del Maule (38,4% de esta superficie).

Cuadro Nº 3

SUPERFICIE BASE DE PLANTACIONES DE *Pinus radiata* POR REGIÓN Y TIPO DE PROPIETARIO.

REGIÓN	Grandes Empresas	Empresas Medianas	Medianos Propietarios	Pequeños Propietarios	Total	Porcentaje
	(ha)					%
Valparaíso	0	234	2.928	1.957	**5.119**	**0%**
Metropolitana	0	0	0	17	**17**	**0%**
O'Higgins	4.782	15.082	23.496	14.772	**58.132**	**5%**
Maule	206.835	23.298	49.520	76.584	**356.237**	**28%**
Ñuble	123.879	14.174	15.539	30.831	**184.422**	**14%**
Biobío	270.248	8.778	20.198	29.112	**328.336**	**26%**
La Araucanía	179.777	9.574	21.842	31.318	**242.511**	**19%**
Los Ríos	78.407	115	2.144	2.823	**83.489**	**7%**
Los Lagos	8.455	293	1.581	3.538	**13.867**	**1%**
Total	**872.382**	**71.548**	**137.248**	**190.952**	**1.272.130**	**100%**
Porcentaje	**68,6%**	**5,6%**	**10,8%**	**15,0%**	**100,0%**	

Para la especie *Eucalyptus globulus* (Cuadro N° 4), una importante área de plantaciones se concentra en las regiones del Biobío y La Araucanía, explicando el 56,4% de la superficie total plantada equivalente a 319.655 hectáreas. En forma secundaria se presenta la zona entre la región de O`Higgins y Ñuble, presentando una participación del 29% de la superficie total.

La propiedad de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* se concentra en los segmentos de medianos y pequeños propietarios, estos segmentos representan el 64,9% de la superficie plantada equivalente a 367.858 ha en pie (Cuadro N° 4). Respecto a la región del Biobío, esta presenta una alta participación del segmento de grandes empresas, explicando el 49% de la superficie con esta especie.

Cuadro N° 4

SUPERFICIE BASE DE PLANTACIONES *Eucalyptus globulus* POR REGIÓN Y TIPO DE PROPIETARIO.

REGIÓN	Grandes Empresas	Empresas Medianas	Medianos Propietarios	Pequeños Propietarios	Total	Porcentaje
	(ha)					%
Valparaíso	0	1.561	16.754	16.119	**34.435**	**6%**
Metropolitana	0	0	2.054	2.709	**4.763**	**1%**
O'Higgins	11	6.457	15.158	22.675	**44.300**	**8%**
Maule	7.656	2.715	10.653	30.669	**51.692**	**9%**
Ñuble	11.686	2.517	12.926	42.009	**69.138**	**12%**
Biobío	87.126	18.918	15.349	56.891	**178.284**	**31%**
La Araucanía	19.111	21.827	15.426	85.006	**141.371**	**25%**
Los Ríos	7.414	30	3.554	6.886	**17.884**	**3%**
Los Lagos	582	11.481	3.110	9.910	**25.083**	**4%**
Total	**133.586**	**65.506**	**94.985**	**272.873**	**566.950**	**100%**
Porcentaje	**23,6%**	**11,6%**	**16,8%**	**48,1%**	**100%**	

Las plantaciones de *Eucalyptus nitens* se concentran entre las regiones del Biobío y Los Lagos explicando el 93% de la superficie total plantada, equivalente a 254.667 ha (Cuadro N° 5).

Biobío concentra el 35% de la superficie de *Eucalyptus nitens*, seguida de la región de La Araucanía con el 26%. Una baja participación se presenta en la zona norte de la distribución de esta especie que involucra a las regiones de O`Higgins, Maule y Ñuble.

Respecto al régimen de propiedad, un 62% se presenta en el segmento de grandes empresas y un 32% en los segmentos de medianos y pequeños propietarios. Para la región de Los Ríos, se presenta una alta participación de superficie de plantaciones en los segmentos de medianos y pequeños propietarios (Cuadro N° 5).

Cuadro Nº 5
SUPERFICIE BASE DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus nitens* POR REGIÓN Y TIPO DE PROPIETARIO.

REGIÓN	Grandes Empresas	Empresas Medianas	Medianos Propietarios	Pequeños Propietarios	Total	Porcentaje
	(ha)					%
Valparaíso	0	0	0	0	**0**	**0%**
Metropolitana	0	0	0	0	**0**	**0%**
O'Higgins	14	7	0	0	**20**	**0%**
Maule	2.043	382	120	183	**2.727**	**1%**
Ñuble	11.697	572	1.691	3.872	**17.832**	**6%**
Biobío	75.135	3.042	7.095	12.265	**97.537**	**35%**
La Araucanía	45.205	4.805	10.810	12.110	**72.929**	**26%**
Los Ríos	25.633	35	22.262	10.829	**58.759**	**21%**
Los Lagos	11.968	5.736	2.155	5.584	**25.443**	**9%**
Total	**171.694**	**14.578**	**44.133**	**44.843**	**275.248**	**100%**
Porcentaje	**62,4%**	**5,3%**	**16,0%**	**16,3%**	**100,0%**	

El híbrido *Eucalyptus gloni* se presenta principalmente la región del Biobío, conteniendo el 48% de la superficie total. En forma secundaria se presentan las regiones de Los Ríos (18%), Ñuble (16%) y La Araucanía (14%) (Cuadro Nº 6). En cuanto al régimen de propiedad, casi la totalidad de las plantaciones corresponden al segmento de grandes empresas.

Cuadro Nº 6
SUPERFICIE BASE DE PLANTACIONES DE *Eucalyptus gloni* POR REGIÓN Y TIPO DE PROPIETARIO

REGIÓN	Grandes Empresas	Empresas Medianas	Medianos Propietarios	Pequeños Propietarios	Total	Porcentaje
	(ha)					%
Valparaíso	0	0	0	0	**0**	**0%**
Metropolitana	0	0	0	0	**0**	**0%**
O'Higgins	0	0	0	0	**0**	**0%**
Maule	274	0	0	0	**274**	**1%**
Ñuble	5.765	0	0	0	**5.765**	**16%**
Biobío	17.022	0	0	0	**17.022**	**48%**
La Araucanía	5.141	0	0	0	**5.141**	**14%**
Los Ríos	6.293	0	0	0	**6.293**	**18%**
Los Lagos	1.046	0	0	2	**1.048**	**3%**
Total	**35.542**	**0**	**0**	**2**	**35.544**	**100%**
Porcentaje	**100,0%**	**0,0%**	**0,0%**	**0,0%**	**100,0%**	

En la Figura N° 7 se presenta en forma gráfica la información de las superficies totales acumuladas de plantaciones de pino radiata y eucaliptos por edad de plantación, a diciembre del 2020.

Respecto a la estructura de edad de pino radiata, esta refleja una gran acumulación de superficie en las clases menores a 5 años de edad, presentando 312.762 ha en este rango de edades, una causa posible es la reforestación esperada después de los grandes incendios del año 2017. Si bien después de los primeros años no es una curva constante, se puede observar que la superficie fluctúa alrededor de las 50.000 ha para las distintas edades, descendiendo a la edad de las cosechas de los manejos pulpables, es decir a los 18 años, hasta las edades de cosecha de los manejos más intensivos.

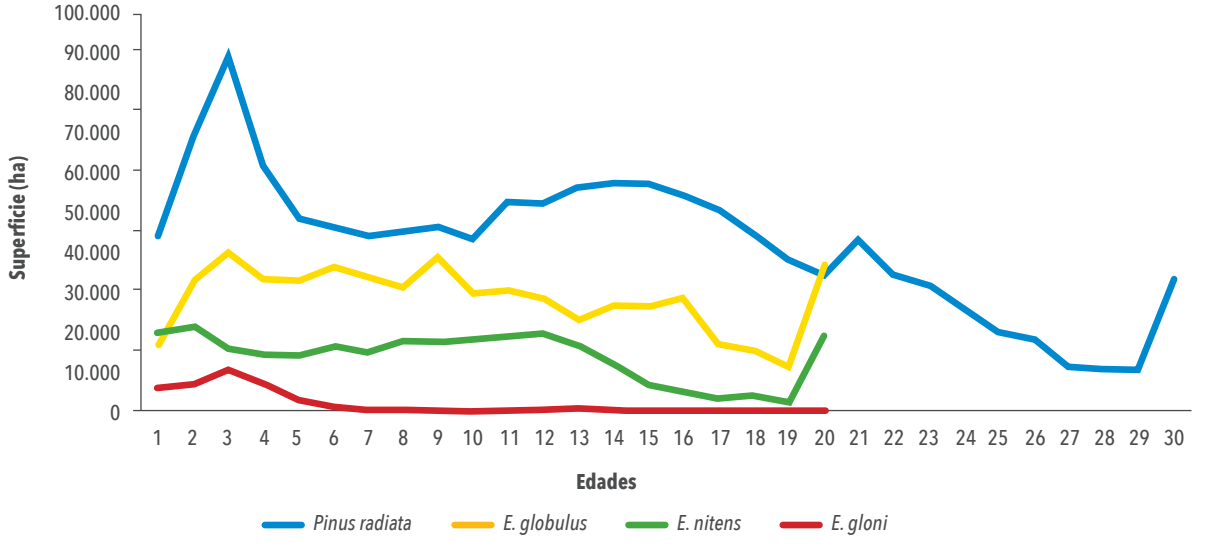


Figura N° 7
SUPERFICIE ACUMULADA DE PLANTACIONES DE PINO Y EUCALIPTOS SEGÚN EDAD DE PLANTACIÓN.

Para *Eucalyptus globulus* se presenta una base de superficie acumulada entre las 29.000 y 40.000 hectáreas en el segmento de edades de 2 a 11 años.

En la misma línea la superficie acumulada de plantaciones de *Eucalyptus nitens* presenta una tendencia más homogénea de superficie, presentando valores entre las 14.000 y 21.400 hectáreas para el rango de edad de 1 a 13 años.

Para ambas especies, los valores comienzan a descender entre los 13 y 14 años, esto debido a que se alcanzan los rangos de edades de cosecha para estas especies.

En cuanto a las plantaciones de *Eucalyptus gloni*, corresponde a un híbrido de empleo emergente y presenta rangos de superficie acumulada menores a 10.000 hectáreas en el rango de 1 a 4 años.

Este híbrido se está constituyendo en una alternativa en áreas donde las otras especies presentan problemas de crecimiento debido a cambios de las condiciones del clima asociados al cambio climático.

En la Figura N° 8 se presenta la distribución geográfica de las plantaciones de pino radiata y eucaliptos.

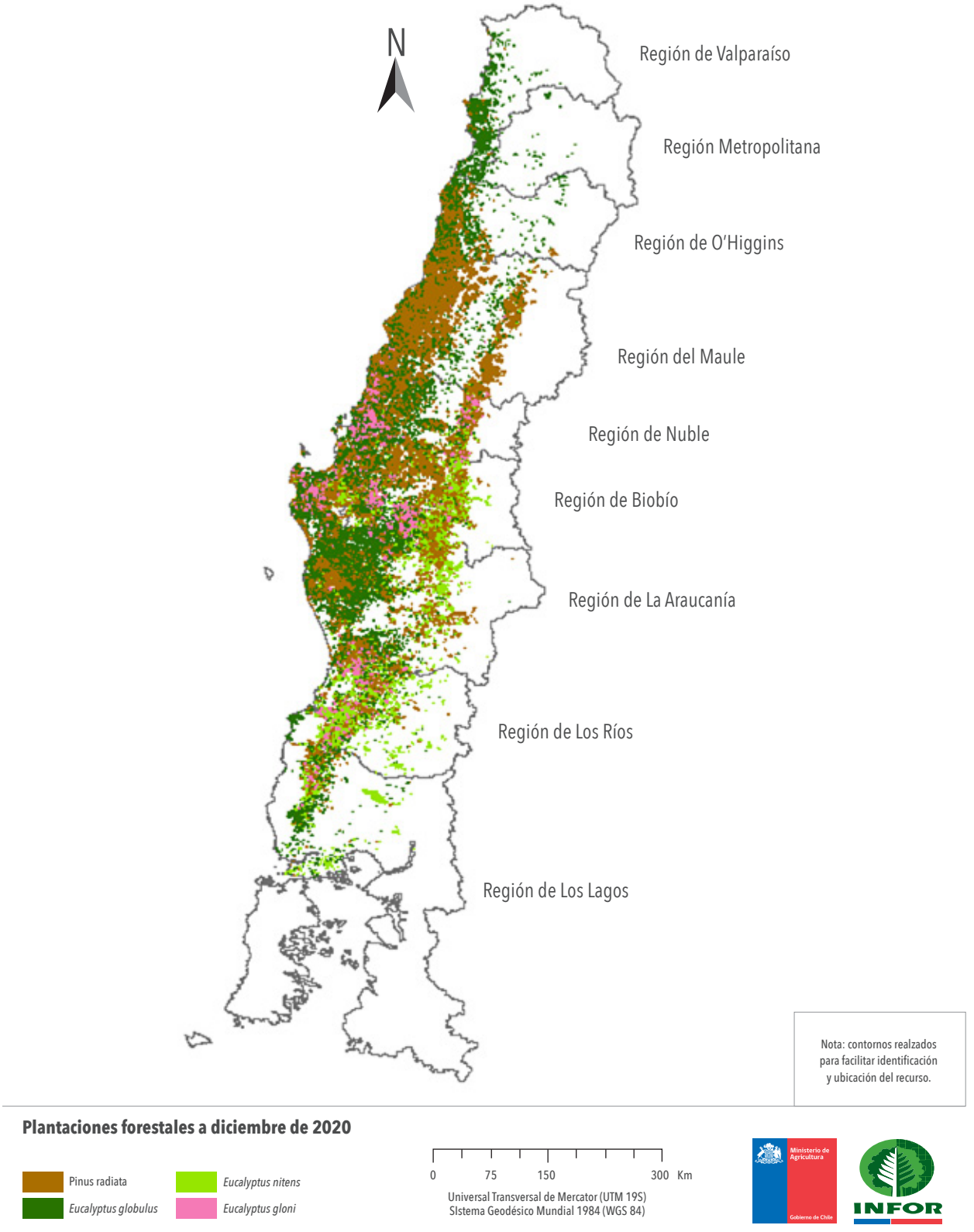


Figura N° 8
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS PLANTACIONES SEGÚN ESPECIE.

2.5. Comparación de Superficies con Estudios Anteriores

Respecto de los estudios anteriores de disponibilidad de oferta de madera de plantaciones, la superficie plantada de pino radiata no ha presentado nuevos incrementos en superficie entre el período 1998 al 2016 (INFOR, 1999; INFOR, 2005; INFOR, 2013; Büchner *et al*, 2018). Para el período 2016 se observa una disminución de la superficie debido a los descuentos de las superficies afectadas por los grandes incendios de 2017, además de los descuentos de superficies de plantaciones con edades mayores a 30 años.

Para el período 2020 se observa un aumento de 60.320 hectáreas. En esta superficie se pueden encontrar actividades de reforestación, actividades de manejo de la regeneración y áreas de regeneración natural sin manejo. En general, la regeneración natural post incendios fue demasiado abundante, especialmente en pino, y las áreas que no fueron manejadas presentan un pobre desempeño respecto a una plantación regular (Cuadro N°7).

Al observar las cifras por tipo de propietario, se observa que el segmento de grandes empresas no ha presentado nuevos incrementos en superficie plantada a la fecha, presentando una recuperación de 23.155 ha entre el período post incendio y 2020 (Cuadro N° 7). Para el caso del segmento de medianos y pequeños propietarios, al ver las cifras desde el 1998 a la fecha se presenta una disminución de 252.851 ha, lo que es una superficie considerable debido a la importancia de este segmento en la producción nacional y su vinculación en el abastecimiento de las pymes madereras. En cuanto a las razones que explican la disminución de superficie en este segmento se presenta el cambio de especies de pino radiata a eucaliptos, cambios de rubros productivos, entre otros.

Cuadro N° 7
SUPERFICIE COMPARATIVA DE PINO RADIATA POR TIPO DE PROPIETARIO UTILIZADA EN LOS ÚLTIMOS ESTUDIOS

Tipo de Propietario	Superficie Plantaciones de *Pinus radiata*				
	1998	2003	2010	2016-Desc*	2020
	(ha)				
Empresas	905.444	1.486.511	1.079.985	920.802	**943.930**
Terceros	581.067	438.704	383.683	291.045	**328.200**
Total	**1.486.511**	**1.435.639**	**1.463.668**	**1.211.847**	**1.272.130**

*Descuento de superficie en pie afectada por los incendios de 2017.

En el caso de los eucaliptos, se observa que los incrementos en superficie han sido menores a los registrados en el período 2006 al 2010 (INFOR, 2007; INFOR, 2013). Para la especie *Eucalyptus globulus* se observa un incremento en superficie para el período 2016 (descontados incendios de 2017) y el 2020, no alcanzando aún la superficie en pie que había previa a estos eventos de incendios que alcanzaba a 586.849 ha.

En cuanto a los valores por tipo de propietario, se presenta una disminución de la superficie en el segmento de grandes empresas en el período 2016 (descontados incendios de 2017) al 2020, equivalente a 22.470 ha menos (Cuadro N° 8). La proporción según segmento propietario alcanza el 35% para grandes empresas y de 65% para medianos y pequeños propietarios (terceros).

La superficie de *Eucalyptus nitens* ha presentado un incremento del 2,8% respecto al período 2016-ince a la fecha, equivalente a 7.590 ha (Cuadro N°8). Este crecimiento se ha observado en el segmento de medianos y pequeños propietarios que presenta un aumento de 7.000 hectáreas respecto al período 2016-ince.

Cuadro N° 8

SUPERFICIE COMPARATIVA DE EUCALIPTOS POR TIPO DE PROPIETARIO UTILIZADAEN LOS ÚLTIMOS ESTUDIOS.

Tipo de Propietario	Superficie Plantaciones Eucalipto							
	E. globulus				*E. nitens*			
	2006	2010	2016-Desc*	2020	2006	2010	2016-Desc*	2020
	(ha)							
Empresas	184.347	218.462	221.562	**199.092**	108.671	151.216	185.942	**186.272**
Terceros	210.666	289.938	324.820	**367.858**	28.070	52 391	81.715	**88.976**
Total	**395.013**	**508.400**	**546.382**	**566.950**	**136.741**	**203.607**	**267.657**	**275.248**

*Descuento de superficie en pie afectada por los incendios de 2017.

En la Figura N° 9 se presenta un gráfico comparativo de superficie de pino radiata utilizada en los estudios del 2010, 2016 y superficie actual (2020).

Al comparar las curvas de superficie acumulada por clase de edad, se observa que la curva correspondiente al período 2010 se presenta en varios períodos por sobre las otras (2016 y 2020), esto explicado por la mayor superficie existente en el 2010 (1.486.511 ha).

En la curva de superficie del 2020, como ya se mencionó, se produce una mayor superficie en clases menores a los 5 años, como recuperación de las áreas afectadas por los incendios.

Posterior a la edad de 16 a 17 años, se observa un descenso de la superficie acumulada, donde a la edad de 20 – 21 años hay cerca de 20 mil hectáreas menos que en el año 2010 y alrededor de 10 mil hectáreas menos respecto del estudio anterior, lo que se traduce en una menor fracción de volumen en stock.

Respecto al incremento de superficie en el período de 30 años, esto corresponden a la acumulación de plantaciones del período 30 a 35 años.

Posteriormente, estas cifras se verán reflejadas en las proyecciones de volumen de madera en el horizonte de proyección (próximos 30 años).

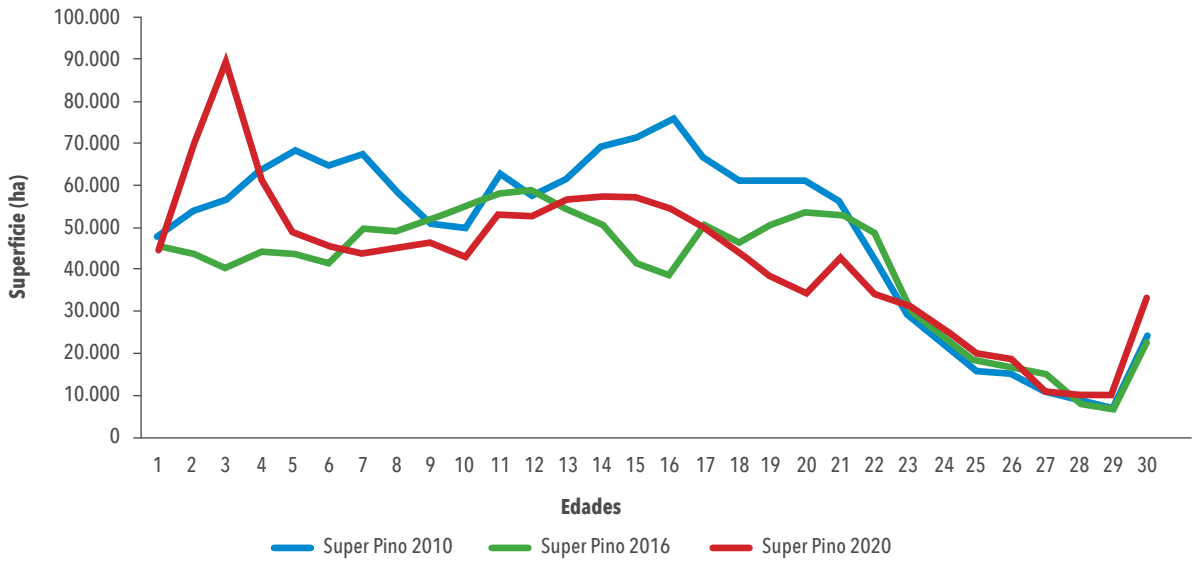


Figura N° 9
SUPERFICIE COMPARATIVA DE PINO RADIATA POR EDAD DE INVENTARIOS DE SUPERFIECIE BASE 2010, 2016 Y 2020.

La comparación de las superficies de eucaliptos respecto a la información de los estudios anteriores y actual, muestra una mayor acumulación de superficie para el período 2020 en un amplio rango de edades respecto a la superficie 2016 (Figura N° 10).

Respecto a la información base del 2010 y 2020, se observa un mayor incremento en superficie acumulada sobre edades de 13 años, respondiendo a la tendencia de alargar las edades de rotación en estas especies, sobre el *Eucalyptus nitens*.

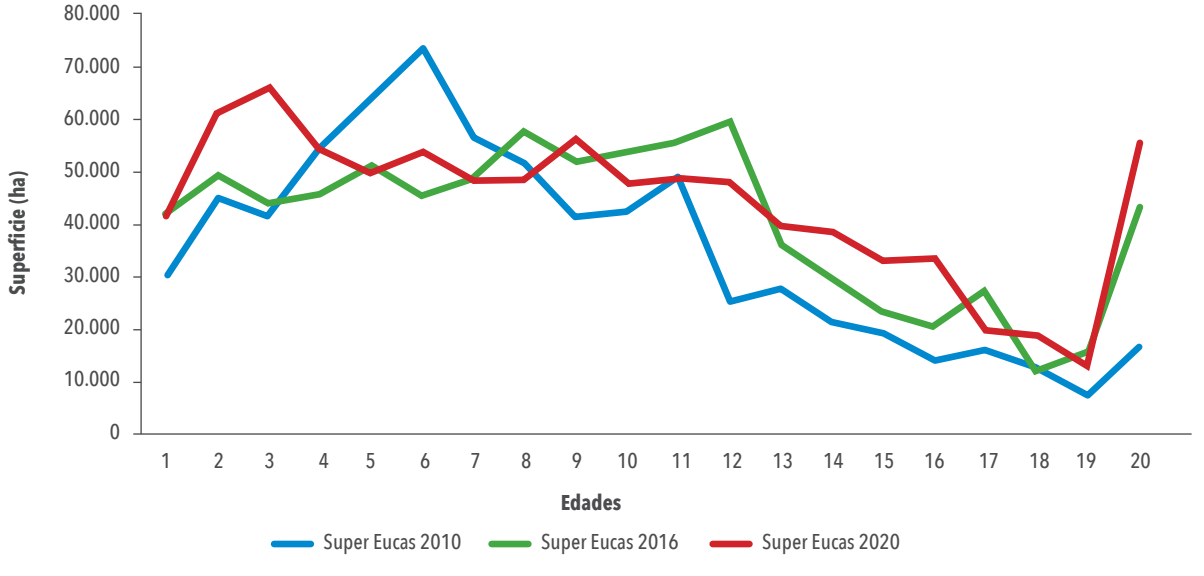


Figura N° 10
SUPERFICIE COMPARATIVA DE EUCALIPTOS POR EDAD DE INVENTARIOS DE SUPERFIECIE BASE 2010, 2016 y 2020.

En resumen, las plantaciones de pino radiata presentan una leve recuperación de superficie plantada respecto a la utilizada en el estudio anterior, considerando ambos segmentos de propietarios. Sin embargo, parte de esta recuperación en el segmento de medianos y pequeños propietarios corresponde a zonas con regeneración natural, siendo un problema en áreas que presentan una exuberante regeneración, dificultando tanto el normal crecimiento en estas áreas como la producción de madera a futuro.

La baja incorporación de nuevas superficies está relacionado al cambio de especie de pino radiata a eucaliptos, principalmente en el segmento de medianos y pequeños propietarios; a la fuerte baja de las tasas de forestación, producto del fin de los incentivos estatales a esta actividad, y se suman los incendios de mayor magnitud que se vienen registrando desde el año 2012 a la fecha (Büchner *et al*., 2021).

Respecto a la proporcionalidad por segmentos de propietario, no se observa gran variación para el período 2016 al 2020 respecto a la superficie plantada, correspondiendo sobre un 70% de pino al segmento de empresas grandes y un 24% en el segmento de medianas y pequeñas empresas.

Para el caso de los eucaliptos, se presenta una mayor superficie respecto a la considerada en el estudio anterior, explicada por la recuperación de áreas afectadas por los incendios del 2017 y en menor medida a un incremento de plantaciones de *Eucalyptus nitens*. Para el caso de *Eucalyptus globulus*, se observa una baja de superficie en el segmento de empresas, explicado por la tendencia de reforestar algunas áreas cosechadas de *Eucalyptus globulus* con el hibrido *E. gloni*. En cuanto al segmento de terceros, se presenta una mayor superficie que se explica por la regeneración de las áreas afectadas por los incendios del 2017.

El mayor incremento en superficie de *Eucalyptus nitens* es explicado principalmente por el segmento de medianos y pequeños propietarios (terceros) y un bajo incremento en el segmento de empresas. Esto demuestra el interés por parte del segmento de terceros por esta especie de menor edad de rotación con el objetivo de contar con retornos en menor plazo, destinando este recurso al segmento productivo de celulosa, astillas de exportación, tableros y un alto porcentaje a cubrir la demanda de leña proveniente de las ciudades y uso industrial para generación de calor.

03

ANTECEDENTES DE MANEJO Y RENDIMIENTO DE LAS PLANTACIONES

3. ANTECEDENTES DE MANEJO Y RENDIMIENTO DE LAS PLANTACIONES

Los crecimientos que presentan las plantaciones forestales, están relacionados a las condiciones locales de sitio, dadas por la interacción del suelo y el clima en cada lugar que se reflejan en rendimientos entendidos en general como volumen de madera por unidad de superficie (m^3/ha) y crecimiento como incremento anual del volumen por unidad de superficie (m^3/ha/año).

Al respecto, el país de norte a sur y de mar a cordillera presenta una gran variabilidad, pero en términos generales las principales variables de clima que influyen sobre el crecimiento de los árboles son las precipitaciones y las temperaturas. Otras variables climáticas de importancia son las temperaturas mínimas y máximas, ocurrencia de heladas, humedad relativa. Junto al clima, las variables de suelo generarán diferencias en las tasas de crecimiento. Suman a esto aspectos genéticos relacionados con el uso de procedencia de semillas adecuadas, algún grado de selección genética y las prácticas silvícolas apropiadas en la viverización de plantas y el establecimiento de plantaciones que aseguren un buen crecimiento inicial.

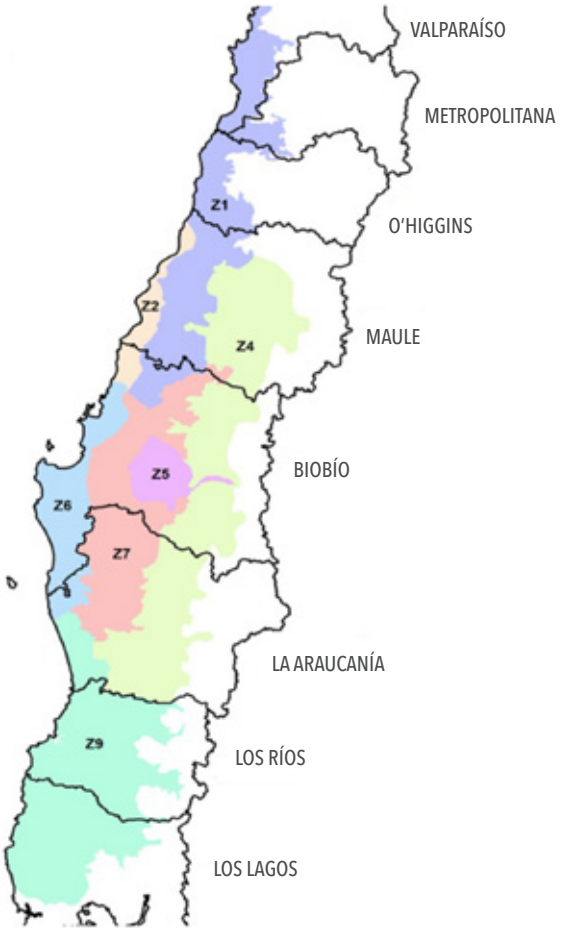
Las variables de sitio se reflejan en el modelo de planificación a través de la diferenciación del territorio en grandes zonas de crecimiento y, dentro de cada zona, en cuatro distintas clases de sitio. Siguiendo la línea de trabajo desarrollada en estudios anteriores, la obtención de los rendimientos se realizó en base a los modelos de proyección desarrollados por el Modelo Nacional de Simulación (MNS) dependiente de la Universidad de Concepción. Estas proyecciones son ajustadas mediante el trabajo en conjunto con empresas integrantes del comité técnico del estudio, validando, modificando y actualizando las salidas.

La información de rendimiento de *Eucalyptus gloni* es aún motivo de investigación, pero para los fines de este estudio se aproximó desde los rendimientos de *Eucalyptus globulus* y en base a lo trabajado en el comité técnico.

3.1. Zonas de Crecimiento y Sitios

A lo largo de la distribución geográfica donde se encuentran las plantaciones, las variables de sitio de mayor importancia son las precipitaciones, las temperaturas y los nutrientes en el suelo, factores de bastante variabilidad en el territorio. Con el fin de delimitar geográficamente la productividad de los sitios, el Proyecto Modelo Nacional de Simulación de Pino Radiata estableció en 1990, con el apoyo de especialistas, las zonas de crecimiento para las especies. En este estudio se emplea como base para la agregación de valores de sitio, las propuestas para pino radiata. En estas zonas se muestran las distintas condiciones en que los árboles presentan similares formas de crecimiento en términos de área basal por unidad de altura dominante, para condiciones de bosques con densidad completa, reflejando de esta forma el efecto de los factores limitantes en el crecimiento de las plantaciones. Dentro de cada zona, el índice de sitio (altura de los 100 árboles más gruesos a los 20 años) complementa la descripción de la productividad en relación al volumen. En la Figura N° 11 se describe la dispersión de las zonas de crecimiento o zonas de productividad, sin embargo, en la práctica se utilizan solo 7 zonas de las 9 en total. Por este motivo, las plantaciones de estas dos zonas son asimiladas

a las zonas vecinas, analizando caso a caso, de acuerdo a su localización específica y proximidad a alguna de ellas, las cuales no representan magnitudes importantes en extensión.



ZONAS DE CRECIMIENTO	
Zona 1	Secano costero región de O'Higgins, secano interior, región del Maule.
Zona 2	Secano costero, región del Maule y zona costera norte región del Biobío.
Zona 4	Sector precordillerano de las regiones del Maule Biobío y La Araucanía.
Zona 5	Zona de Arenales, entre el Río Itata, al sur del sector de San Carlos de Purén hasta la ribera sur del Río Biobío.
Zona 6	Sector costero de la región del Biobío y norte de la región de La Araucanía.
Zona 7	Sector interior de la región del Biobío y zona norte de La Araucanía, entre el Río Itata y zona de Traiguén.
Zona 9	Sector costero de la región de La Araucanía hasta el sur de Purranque, considerando la zona costera en el norte y abarcando la zona central en la región de Los Ríos y Los Lagos.

Figura N° 11
UBICACIÓN ESPACIAL DE LAS ZONAS DE CRECIMIENTO DE PINO RADIATA UTILIZADAS EN EL ESTUDIO.

Para el caso de los eucaliptos, si bien es cierto que el MNS desarrolló una zonificación independiente para estos, en el presente estudio dicha zonas fueron asimiladas a las zonas correspondientes a pino radiata, con el objetivo de simplificar las proyecciones del recurso, especialmente en aquellos sectores donde se producen cambios de especies en las rotaciones siguientes. Finalmente, se trabajó con siete clases de zona de crecimiento de pino y se diferenció el rendimiento de acuerdo a cada especie.

Para pino radiata se ajustó el parámetro inicial de proyección de área basal a los 4 años, usada como base para el cálculo de los rendimientos de pino (Cuadro N° 9). De igual manera, se ajustaron los valores clase para las cuatro categorías de índice de sitio a utilizar en las distintas zonas de crecimiento.

Para todas las zonas se consideró una densidad de establecimiento de 1.100 árboles por hectárea. Si bien en la práctica se observan densidades iniciales de 1.100 a 1.600 árboles por hectárea, se optó por el valor señalado debido a la baja incidencia que tiene esta variable en los rendimientos a la edad de cosecha (influyendo principalmente en los costos

de establecimiento). Las proyecciones fueron realizadas por el MNS, junto al aporte de información proveniente de diferentes empresas que participan del estudio. En este contexto, los resultados obtenidos de las simulaciones de crecimiento, fueron definidos tras el análisis por parte del Comité Técnico en base a sus resultados a nivel operacional.

Cuadro Nº 9
VALORES DE ÁREA BASAL INICIAL POR ZONA DE CRECIMIENTO Y SITIO PARA PINO RADIATA.

Sitio	Zonas de crecimiento						
	1	2	4	5	6	7	9
	Área Basal inicial (m²/ha)						
1	4,6	4,9	4,4	4,2	5,1	4,1	6,1
2	2,9	3,3	2,8	3,1	4,0	2,8	4,4
3	1,0	2,0	1,1	2,9	2,5	1,9	2,7
4	0,7	1,5	1,0	1,3	1,8	1,0	1,9

Según las categorías antes descritas, en el Cuadro Nº 10 se entregan los índices de sitio medios que resultan en este estudio y los índices de sitio medios que se estimaron para los estudios anteriores. Se observa que, a través del tiempo, se ha ajustado el valor clase para cada zona y sitio utilizados, buscando representar mejor las condiciones de crecimiento. Los valores utilizados en las proyecciones y sus valores medios por zona (asimilando las zonas de pino radiata) y clase de sitio se presentan en el Cuadro Nº 11.

Cuadro Nº 10
VALORES ACTUALES Y PASADOS DE CLASE DE SITIO SEGÚN ZONA DE CRECIMIENTO PARA PINO RADIATA.

Zona de crecimiento	Clase Sitio				Sitio Medio				
	1	2	3	4	2022	2018	2010	2003	1999
	(m)								
1	31,5	28,8	26,5	22,7	26,3	26,9	26,9	25,2	26,9
2	31,4	29,0	27,1	23,4	29,2	29,1	29,1	27,1	27,9
4	32,6	29,0	27,0	23,1	30,8	30,6	30,6	28,5	29.2
5	31,3	28,6	26,0	20.6	24,0	24,1	24,1	24,6	25,9
6	32,0	29,0	26,6	22,5	30,0	30,3	30.3	29,1	29.0
7	31,5	28,9	26,7	23,5	29,7	29,0	29,0	27,6	27,5
9	31,5	29,0	27,1	23,3	29,5	28,7	28,7	27,4	27.2
Media	**32,0**	**28,9**	**26,7**	**22,3**					

Cuadro Nº 11
VALORES CLASE DE SITIO SEGÚN ZONA DE CRECIMIENTO PARA *E. globulus* y *E. nitens.*

Zona de crecimiento	*E. globulus*					*E. nitens*				
	Clase Sitio				Sitio Medio	Clase Sitio				Sitio Medio
	1	2	3	4	2022	1	2	3	4	2022
	(m)					(m)				
1	24,1	22,1	20,5	21,0	21,0	28,8	25,1	25,0	24,0	28,0
2	30,8	27,2	25,7	24,5	25,7	29,5	28,1	28,0	28,0	28,8
4	26,4	25,6	24,2	23,5	24,9	28,5	26,0	23,9	20,5	27,3
5	29,3	27,2	24,0	20,0	25,6	33,7	31,8	29,3	26,7	32,3
6	25,3	24,3	23,2	25,5	25,1	32,7	29,0	25,0	20,5	27,6
7	33,8	30,8	29,5	25,9	31,0	33,4	31,8	28,0	23,0	32,5
9	32,0	30,7	29,1	27,0	28,1	28,1	25,7	23,5	19,8	23,0
Media	**30,1**	**27,2**	**25,3**	**23,8**		**30,2**	**26,2**	**24,2**	**20,2**	

3.2. Esquemas de Manejo

3.2.1. Esquemas de Manejo en Pino radiata

Para este estudio, se analizaron y reconfiguraron los esquemas de manejo del estudio anterior, en relación especialmente a raleos comerciales que dejaron de ejecutarse y algunos raleos a desecho. Se presentan 7 esquemas de manejo definidos para esta especie, que son homologados a las diferentes situaciones de manejo que se desarrollan actualmente en torno a estas plantaciones, en lo que se identifica en los distintos tipos de propietarios (Cuadros Nº 12 y Nº 13).

Cuadro Nº 12
ESQUEMAS DE MANEJO DE PINO RADIATA.

Código*	Descripción
1	Sin manejo
2	Raleo desecho (700)
3	Raleo comercial (650)
4	Raleo desecho y raleo comercial (600)
5	Raleo desecho y raleo comercial (500); 2Podas 3m
6	Raleo desecho y raleo comercial (450); 3Podas 5,8m

(*) Actualización de los esquemas de manejo para plantaciones de pino radiata.

Cuadro Nº 13

PARÁMETROS PARA DEFINICIÓN DE ESQUEMAS DE MANEJO DE PINO RADIATA.

Código	Descripción	Poda 1				Poda 2				Poda 3			
		HD (m)	HP (m)	NP (arb/ha)	d/P	HD (m)	HP (m)	NP (arb/ha)	d/P	HD (m)	HP (m)	NP (arb/ha)	d/P
1	Sin maneio												
2	Rd 700												
3	RC 650												
4	Rd RC 600												
5	Rd RC 500 - 2P 3m	7,0	2,1	600	1,10	9,0	3,0	500	1,10				
6	Rd RC 450 - 3P 5.8m	7,0	2,1	600	1,10	9,0	3,0	500	1,10	11,5	5,8	450	1,10

Código	Descripción	Raleo Desecho			Raleo Comercial 1		
		HD (m)	RES (arb/ha)	d/P	HD (m)	RES (arb/ha)	d/P
1	Sin maneio	-	-	-	-	-	-
2	Rd 700	7	700	0,9	-	-	-
3	RC 650	-	-	-	16	650	0,90
4	Rd RC 600	7	800	0,90	17	600	0,90
5	Rd RC 500 - 2P 3m	7	800	0,90	17	500	0,90
6	Rd RC 450 - 3P 5.8m	7	700	0,90	17	450	0,90

HD: Altura Dominante. HP: Altura Poda. P: Árboles podados. RES: Árboles residuales
d/D: Razón de raleo: d: diámetro medio árboles removidos; D: diámetro medio de árboles residuales.
La definición de los esquemas de manejo en pino radiata 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 esquemas de manejo para pino radiata se han estratificado en tres categorías según el producto o trozo objetivo del esquema de manejo. Estos son:

- **Pulpable:** Esquema de manejo 1, sin raleos ni podas, y el manejo 2 solo con un raleo a desecho Su objetivo es aprovechar el sitio en productos pulpables.

- **Aserrable Nudoso:** Esquemas de manejo 3 y 4, que tienen solo raleos. Su propósito es generar trozas principalmente aserrables.

- **Aserrable Podado**: Incluye los esquemas de manejo 5 al 6, los que varían según la altura de poda y la densidad final del rodal.

3.2.2. Esquemas de Manejo en Eucaliptos

Para el caso de los eucaliptos, se consideró que el objetivo pulpable sigue siendo el principal destino de estas plantaciones. Sin embargo, se indica que el manejo de estas se presenta en una baja proporcionalidad, debiéndose monitorear estos aspectos en futuras actualizaciones del estudio.

3.2.3. Superficie por Esquemas de Manejo

La superficie de los esquemas de manejo por tipo de propietarios, se presenta en el Cuadro N° 14. Se aprecia que los esquemas 1, 2, 5 y 6 concentran la mayor superficie de pino.

Cuadro N° 14
SUPERFICIES POR ESQUEMA DE MANEJO Y TIPO DE PROPIETARIO.

Tipo de Manejo	Grandes Empresas	Empresas Medianas	Medianos Propietarios	Pequeños Propietarios	Total
	(ha)				
Pino sin maneio (1)	277.939	11.024	44.354	80.562	**413.880**
Pino Aserrable (2)	72.590	21.221	1.360	197	**95.368**
Pino Aserrable (3)	26.127	11.179	48.542	68.099	**153.948**
Pino Aserrable (4)	21.907	3.558	17.063	30.203	**72.730**
Pino Podado (5)	187.697	15.070	21.048	10.105	**233.920**
Pino Podado (6)	286.122	9.496	4.882	1.785	**302.285**
E. globulus	133.586	65.506	94.985	272.873	**566.950**
E. nitens	171.694	14.578	44.133	44.843	**275.248**
E. gloni	35.542	0	0	2	**35.544**
Total	**1.213.204**	**151.632**	**276.366**	**508.670**	**2.149.872**

En los Cuadros N° 15 y 16 se presenta la superficie por rangos de edad y la agrupación de los esquemas de manejo antes descrita. Lo cual entrega una expresión general de la regulación del inventario por manejo y especie.

Cuadro Nº 15
SUPERFICIES DE PLANTACIONES DE PINUS RADIATA POR RANGO DE EDAD Y ESQUEMA DE MANEJO.

Rango de Edad (año)	Pino radiata			
	Pulpable	Aserrable	Podado	Total
	(ha)			
0 - 5	163.429	72.816	76.476	**312.721**
6 - 10	84.384	53.091	86.319	**223.794**
11 - 15	78.671	79.648	117.951	**276.270**
16 - 20	46.321	53.688	121.183	**221.192**
21 - 25	23.380	37.921	92.954	**154.254**
26 - 30	17.695	24.881	41.323	**83.900**
Total	**413.880**	**322.046**	**536.205**	**1.272.130**

Cuadro Nº 16
SUPERFICIES DE PLANTACIONES DE EUCALIPTOS POR RANGO DE EDAD Y ESQUEMA DE MANEJO.

Rango de Edad (año)	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)			
0 - 5	155.093	84.977	33.272	**273.342**
6 - 10	169.753	83.448	1.723	**254.924**
11 - 15	134.414	73.577	422	**208.413**
16 - 20	107.689	33.245	127	**141.062**
21 - 25	0	0	0	**0**
26 - 30	0	0	0	**0**
Total	**566.950**	**275.247**	**35.544**	**877.740**

En el Cuadro Nº 17 se presenta una comparación de la superficie de pino radiata bajo la misma agrupación de esquemas de manejo.

Se observa nuevamente una disminución de la superficie para el esquema de manejo podado en relación a la información base de los estudios anteriores de disponibilidad. Para el esquema aserrable, se mantiene en el rango considerado en el estudio anterior con 322.060 ha.

Para el esquema pulpable, se presenta un alza en la superficie bajo este esquema. Esto se puede explicar por la disminución de las intervenciones de raleo y podas en los últimos años principalmente en el segmento de pequeños y medianos propietarios.

El alza en los costos de estas actividades hace inviable su ejecución, generando nuevas tendencias de silvicultura para estos segmentos de propietarios.

Cuadro Nº 17
COMPARACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIES DE PINO RADIATA POR ESQUEMA DE MANEJO.

Estudio	Pulpable	Aserrable	Podado	Total
	(ha)			
2022	413.880	322.046	536.204	**1.272.130**
2018	273.126	321.685	617.036	**1.211.847**
2010	310.088	490.274	663.306	**1.463.668**
2002	295.165	382.269	758.205	**1.435.639**
1998	235.000	486.000	765.000	**1.486.000**

En el Apéndice 3 se entrega la superficie nacional de plantaciones de pino radiata y eucaliptos por edad de plantación y régimen de manejo, y en Apéndice 4 la superficie regional de plantaciones de pino radiata y eucaliptos por edad de plantación.

3.2.4. Definición de Productos

En este estudio la definición de los productos para pino radiata también fue actualizada. Uno de los cambios fue el tamaño de trozas sobre 5 metros, fijando en un solo largo ese tipo de productos. El diámetro límite también se modificó, en especial para el producto pulpable-aserrable, bajando a 12 cm el diámetro menor aceptado. Esto con el objetivo de reflejar el actual mercado de comercialización de trozas en el sector y la segregación de los productos del modelo. En el Cuadro Nº 18 se describen los productos y sus requerimientos en dimensiones (diámetros y largos).

Cuadro Nº 18
DEFINICIÓN DE PRODUCTOS PARA PINO RADIATA Y EUCALIPTOS.

Nº	Especie	Características del Producto			
		Producto	Código	Diámetros Límites (cm)	Largo (m)
1	*Pinus radiata*	Podado 1 Largo	PL1 28	Ø ≥ 28	5,25
2	*Pinus radiata*	Podado 2 Largo	PC2 28	Ø ≥28	2,65
3	*Pinus radiata*	Aserrable 1	Aser1	Ø ≥28	4,10
4	*Pinus radiata*	Aserrable 2	Aser2	Ø ≥22	4,10
5	*Pinus radiata*	Aserrable 3	Aser3	Ø ≥ 18	3,30
6	*Pinus radiata*	Aserrable - Pulpable	Aser4	Ø ≥ 12	2,44
7	*Pinus radiata*	Pulpable	Pulp	Ø ≥8	2,44
8	*E. globulus*	Pulpable-Globulus	Pulpable	Ø ≥6	2,44
9	*E. nitens*	Pulpable-Nitens	Pulpable	Ø ≥ 6	2,44
10	*E. gloni*	Pulpable-Gloni	Pulpable	Ø ≥6	2,44

El diámetro límite de utilización es de 8 cm para pino y de 6 cm para eucaliptos.

La definición entonces considera 2 tipos de productos podados (1 troza larga y una troza corta), 4 tipos de trozas aserrables, de largos que van entre 2,44 a 4,1 metros y diámetros mínimos en torno a 12 y 28 cm según producto. A esto se suma un producto pulpable de largo 2,44 cm y de diámetro mínimo de 8 cm.

En total se definieron 7 tipos de productos en pino radiata, considerando sus diámetros mínimos y largos, reduciendo en un producto respecto al estudio anterior.

En cuanto a los productos de eucaliptos, se traducen en un solo producto pulpable que considera largos de 2,44 metros y de diámetro mínimo de 6 cm.

3.3. Rendimientos actuales y bajo un escenario de cambio climático

Para realizar las proyecciones de rendimiento volumétrico para las distintas zonas de crecimiento, clases de sitio y esquemas de manejo se utilizaron las últimas versiones disponibles de los simuladores INSIGNE y EUCASIM (versión 2022.7.14). Estos simuladores han sido desarrollados desde el año 1989 por el Centro Modelo Nacional de Simulación (MNS) y son las herramientas de proyección utilizadas por las empresas forestales del país para el manejo de plantaciones. Cabe señalar que se mantienen y actualizan periódicamente las funciones predictivas para cada una de las zonas de crecimiento a medida que se cuenta con nueva información, la que proviene de la red de parcelas permanentes y ensayos silvícolas mantenidas por las instituciones asociadas al MNS. Como se mencionó anteriormente, las estimaciones volumétricas a nivel de productos utilizaron en el proceso de simulación un esquema de trozado ligeramente distinto a los estudios anteriores con el propósito de representar la demanda actual de productos madereros.

El uso de ambos simuladores consideró proyecciones a nivel de rodal con una desagregación de la tabla de rodal al final del período de proyección. El proceso de simulación requiere conocer los parámetros de estado de un rodal (área basal, densidad y altura dominante o índice de sitio) a la edad de 4 años para pino radiata. Para el caso de los eucaliptos la simulación se inició a partir de cero años requiriendo como información la densidad de plantación (1.250 arb/ha) e índice de sitio; incluyéndose un manejo de establecimiento: subsolado, fertilización y control de malezas. Luego las diversas funciones incorporadas en el sistema permitieron proyectar el estado del rodal hasta la edad de 30 años para pino radiata y 20 años para *Eucalyptus globulus* y *E. nitens*. El sistema de simulación incorpora modificadores de raleos y podas que permiten simular el efecto de estas intervenciones sobre el crecimiento en área basal y altura dominante de un rodal. La recuperación de la tabla de distribución diamétrica al final del período de proyección permite, en conjunto con una función generalizada de altura, una función de ahusamiento y esquema de trozado definido, realizar estimaciones de volúmenes comerciales a nivel de productos.

Para este estudio uno de los desafíos importantes fue incorporar el efecto de cambio climático en las estimaciones de rendimiento volumétrico y productos considerando el escenario de cambio climático RCP8.5. Para el caso de pino radiata se han desarrollado previamente[4] funciones de altura dominante/índice de sitio que son sensibles a cambios de las condiciones ambientales y tipos de material de origen del suelo que han sido incorporado en el simulador

4 Proyecto CORFO 19BP-117312 "Adaptación al cambio climático en la actividad forestal, productividad y reducción de impactos" siendo CONAF la entidad mandante, la Universidad Austral de Chile la entidad Ejecutora en colaboración con Forestal Mininco y Forestal Arauco como empresas asociadas.

INSIGNE. Esta función permite inferir respecto a cambios espaciales y temporales de índice de sitio que es la medida de productividad utilizada en este estudio. Contrariamente, para el caso de las plantaciones de eucaliptus no se han desarrollado este tipo de funciones por lo que se utilizó una metodología distinta basado en información histórica de inventarios para inferir respecto a cambios de productividad esperados.

Es importante señalar que las tablas de rendimiento desarrolladas para el escenario climático actual fueron validadas con un panel de expertos que representa a las diversas empresas que participaron en este estudio. Las estimaciones de rendimiento futuro bajo un escenario de cambio climático se validaron respecto a los cambios de rendimientos observados y esperados por las empresas para las distintas zonas de crecimiento. Producto de los análisis realizados se identificaron para cada especie las configuraciones de funciones para cada zona de crecimiento que mejor representan el crecimiento de las plantaciones.

3.3.1 Estimación de rendimientos para plantaciones de pino radiata

Inicialmente se identificaron para cada especie y zonas de crecimiento las configuraciones de funciones que mejor replicarán las curvas de rendimiento desarrolladas en el estudio de disponibilidad (2017-2047). Esto debido a que no fue posible recuperar información de configuración de funciones utilizadas previamente por parte de las empresas participantes.

Una vez definida las configuraciones de funciones por zona de crecimiento, se procedió a realizar las proyecciones para los nuevos parámetros iniciales, esquemas de manejo y esquemas de trozado definidos para el estudio de disponibilidad actual. Los resultados obtenidos fueron sometidos a evaluación por parte de las empresas participantes para definir las tablas de rendimiento finales que correspondieron a las tablas de rendimiento bajo el escenario climático actual.

La proyección de rendimiento para un escenario de cambio climático consideró realizar una estimación de los cambios esperados de las clases de sitio definidos inicialmente para cada zona de crecimiento. El procedimiento adoptado consideró las siguientes etapas:

a. Utilizando el modelo de productividad desarrollado se estimó para una grilla de 500 x 500 metros el índice de sitio para el escenario climático actual que consideró el promedio de las variables climáticas del período 1990-2010, y el índice de sitio para el escenario climático futuro considerando el escenario RCP8.5 correspondiente al promedio de las variables climáticas estimadas para el período 2021-2045.

b. Para cada uno de los puntos se calculó la diferencia porcentual entre la productividad futura y actual estimada por el modelo. Pudiendo corresponder a porcentajes de pérdida o ganancia de productividad esperada.

c. Finalmente, se realizó un cruce de esta cobertura de cambio de productividad porcentual esperado con la cobertura de plantaciones que previamente fueron asignadas a algunas de las clases de sitio. Esto para determinar el cambio porcentual promedio esperado dentro de cada clase de sitio, cuantificando así porcentualmente la pérdida o ganancia de productividad esperada.

Este procedimiento permitió modificar o ajustar los valores de las clases de sitio asignadas a cada zona de crecimiento (bajo el escenario climático actual) y realizar nuevas simulaciones para obtener las tablas de rendimiento bajo el escenario de cambio climático RCP8.5.

3.3.2 Estimación de rendimientos para plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *E. nitens*

Para las plantaciones de eucaliptos se identificaron inicialmente para cada una de las zonas de crecimiento las configuraciones que mejor pudieran replicar los rendimientos del estudio de disponibilidad anterior (2017-2047). Dado que no fue posible replicar las curvas rendimientos anteriores fue necesario aplicar modificadores de crecimiento contenidos en el sistema de simulación EUCASIM. La tendencia fue aplicar factores de reducción para algunas zonas de crecimiento para poder representar las tasas de crecimiento actuales que han sido observadas por las empresas particularmente para el caso de *E. globulus*. Este procedimiento iterativo y validado por las empresas participantes permitió construir las tablas de rendimiento bajo el escenario climático actual.

Para inferir respecto al efecto del cambio climático sobre el rendimiento futuro se aplicó un procedimiento distinto basado en cuantificar a través de información de inventarios históricos de precosecha la baja de rendimiento observado de las plantaciones de eucaliptos. Esta información fue aportada por algunas de las empresas participantes de este proyecto. Para *E. globulus* se analizaron 1845 inventarios de precosecha para un rango de edades entre 10-12 años y para E. nitens 981 inventarios para un rango de edades entre 12-14 años. Para cada especie los inventarios fueron desagregados por zona de crecimiento y clases de año de establecimiento de las plantaciones: <1995, 1996-1998, 1999-2001, 2002-2004, 2005-2007, y 2008-2010.

Para todas las zonas de crecimiento de *E. globulus* se observa una tendencia inicial a aumentar el rendimiento[5] y luego a partir del período 2002-2004 se observa una disminución notoria. El aumento inicial se podría explicar por mejoras debido a la silvicultura y la posterior baja se asume sería debido a cambios de las condiciones climáticas (aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones). La mayor baja de productividad se observa en plantaciones localizadas en el valle central correspondiente a la zona de crecimiento 2 (Figura N° 12). Para las plantaciones localizadas en el área sur (zona de crecimiento 3) la disminución del volumen fue menor, en tanto que para el área costera (zona de crecimiento 1) se presenta una situación intermedia.

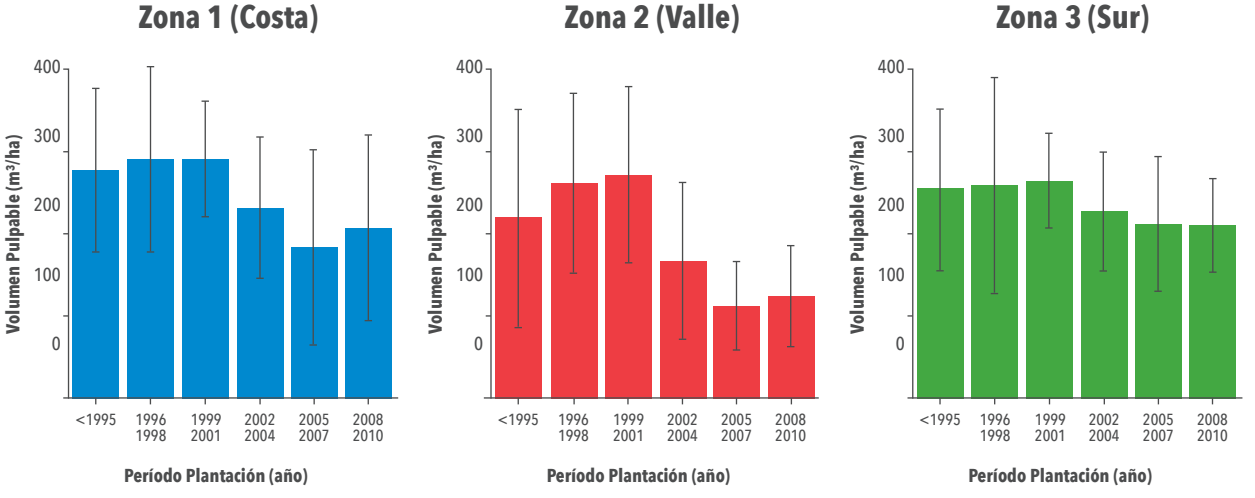


Figura N° 12
RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO PROMEDIO OBSERVADO DE *Eucalyptus globulus* A LA EDAD DE COSECHA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.

5 Volumen estimado para un índice de utilización de 6 cm.

Para *E. nitens* las variaciones de rendimiento para distintos períodos de establecimiento de estas plantaciones es menos marcada que para *E. globulus* (Figura N° 13). Sin embargo, de igual manera se evidencia una baja del volumen en las tres zonas de crecimiento, siendo nuevamente las plantaciones localizadas en el valle central (zona de crecimiento 5) las que presentan la mayor disminución de rendimiento volumétrico.

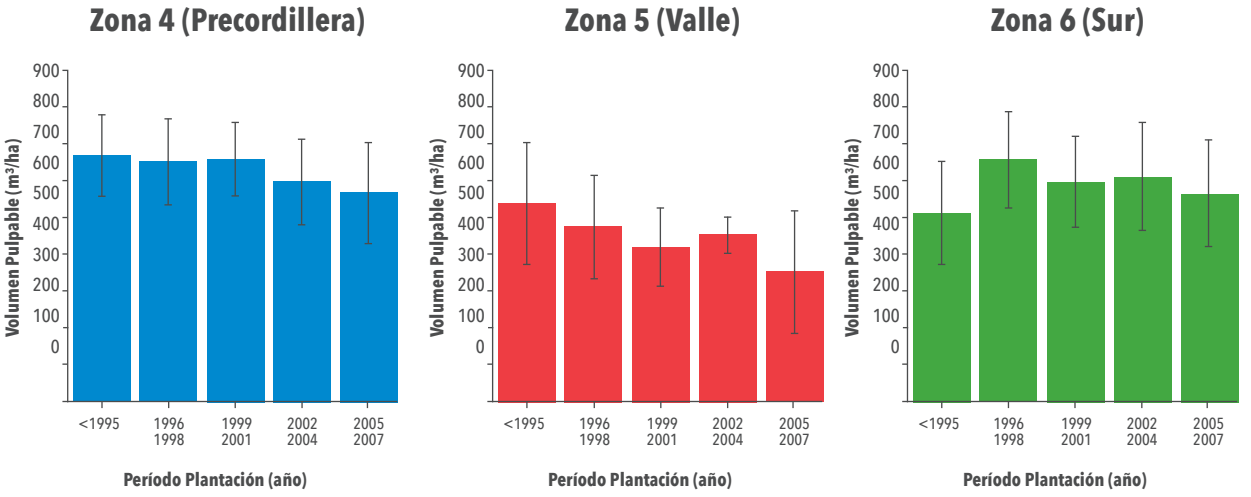


Figura N° 13
RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO PROMEDIO OBSERVADO DE *Eucalyptus nitens* A LA EDAD DE COSECHA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN.

La información correspondiente al período de disminución de rendimiento observado fue utilizada para cuantificar el porcentaje de reducción de volúmenes, lo que se realizó ajustando para el período 1999-2001 hasta 2008-2010 una función del tipo.

$$Y = b_0 X^{b_1}$$

Donde:
Y es el rendimiento volumétrico promedio durante el periodo de crecimiento.
X es el periodo de crecimiento.
b0 y *b1* son los parámetros del modelo estimados para cada especie y zona de crecimiento.

En los cuadros 19 y 20 se presentan las estimaciones de reducción de rendimiento estimados para *E. globulus* y *E. nitens*, respectivamente.

Cuadro Nº 19

REDUCCIÓN DE RENDIMIENTO MEDIO OBSERVADO Y ESTIMADO PARA PLANTACIONES DE *Eucalyptus globulus.*

Periodo	Zonas de Crecimiento					
	1		2		3	
	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado
	(m³ / ha)					
1999 - 2001	290,5	283,8	271,0	261,0	264,5	260,9
2002 - 2004	231,9	231,5	166.5	168,9	226,9	231,4
2005 - 2007	183,1	205,5	113,0	130,9	212,3	215,8
2008 - 2010	206,8	188,8	123,6	109,3	210,2	205.3
2011 - 2013		176,8		95,0		197,5
2014 - 2016		167,6		84,7		191,4
Reducción (%)		**-11,2**		**-22,5**		**-6,8**

Cuadro Nº 20

REDUCCIÓN DE RENDIMIENTO MEDIO OBSERVADO Y ESTIMADO PARA PLANTACIONES DE *Eucalyptus nitens.*

Periodo	Zonas de Crecimiento					
	1		2		3	
	Observado	Estimado	Observado	Estimado	Observado	Estimado
	(m³ / ha)					
1999 - 2001	659,0	665,4	421,3	440,7	597.5	627,4
2002 - 2004	596,2	591,5	453,5	401,6	613,4	569,0
2005 - 2007	566,9	552,1	352,1	380,4	567.3	537,4
2008 - 2010	512,3	525,7		366,0	476,2	516,0
2011 - 2013		506,1		355,2		500,0
2014 - 2016		490,7		346,6		487,3
Reducción (%)		**-6,7**		**-5,3**		**-5,6**

El porcentaje de reducción para cada especie y zona de crecimiento se estimó a partir de las curvas estimadas por el modelo que representan la tendencia media de los datos (Cuadros 19 y 20). La tasa de disminución porcentual se calculó a partir de la diferencia entre el rendimiento estimado entre los períodos 2014-2016 y 2008-2010; asumiendo que representan la pérdida volumétrica de las rotaciones actuales.

El porcentaje de reducción del volumen determinado para cada especie y zona de crecimiento se aplicó posteriormente a las tablas de rendimiento actuales. Finalmente, se realizaron modificaciones en los índices de sitio de cada clase para poder replicar el volumen estimado a la edad de cosecha. De la misma manera que para pino radiata, las curvas de rendimiento generadas fueron validadas por un panel de expertos.

RECUADRO 3

La simulación entrega una cuantificación de los distintos productos y no considera la degradación y desclasificación de trozas que se produce y detecta en las faenas de cosecha. En el Cuadro N° 21 se entregan los volúmenes de acuerdo a cómo se obtienen del simulador. Es decir, volúmenes en pie y sin considerar la desclasificación de productos a trozas pulpables. La desclasificación de trozas aserrables o podadas a pulpables ocurre y se detecta en la etapa de cosecha y corresponde más bien a factores empíricos.

A continuación se presentan los valores del incremento medio anual en volumen (IMA) para 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, este rendimiento no incluye aquel obtenido en los raleos. El Cuadro N°21 entrega el IMA bajo las condiciones del clima actual, y el cuadro N°22 se refiere a los valores considerando los efectos del cambio climático.

Cuadro Nº 21

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN PARA PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS
POR ZONA DE CRECIMIENTO Y ESQUEMA DE MANEJO BAJO EL ESCENARIO ACTUAL

Zona de crecimiento	Sitio	Esquemas de Manejo								
		1	2	3	4	5	6	9	10	11
		20 años	22 años	22 años	24 años	24 años	24 años	12 años	14 años	14 años
		(m³/ha/año)								
1	1	24	23	22	22	20	17	10	21	16
	2	19	19	17	18	16	14	8	14	11
	3	15	14	13	14	12	10	6	14	10
	4	10	10	9	10	9	8	5	12	9
2	1	28	27	25	26	23	20	15	20	17
	2	23	22	20	22	19	17	11	18	14
	3	19	18	16	18	16	13	8	16	12
	4	13	13	11	13	11	10	8	16	12
4	1	30	28	26	26	23	24	22	39	32
	2	24	23	20	21	18	17	20	34	28
	3	21	20	17	18	15	16	17	30	25
	4	18	16	14	15	13	13	16	23	21
5	1	14	13	11	12	10	9	18	21	20
	2	11	11	9	10	8	7	15	18	17
	3	9	9	7	8	6	6	11	15	13
	4	7	7	6	6	5	5	7	12	10
6	1	30	28	25	25	22	21	29	44	37
	2	24	22	20	20	17	17	25	37	32
	3	22	19	16	17	15	14	23	30	27
	4	16	14	12	13	11	10	17	22	20
7	1	29	27	25	26	23	21	22	37	29
	2	24	23	21	22	18	17	17	34	25
	3	21	20	18	19	16	15	15	26	21
	4	17	15	13	14	12	11	11	18	14
9	1	33	31	27	29	25	23	23	45	34
	2	26	23	20	22	19	18	20	40	30
	3	20	17	16	17	14	14	17	35	26
	4	15	13	11	12	10	10	13	28	21

Esquemas 1 a 6 corresponden a plantaciones de *Pinus radiata*
Esquema 9 corresponde a plantaciones de *Eucalyptus globulus*
Esquema 10 corresponde a plantaciones de *Eucalyptus nitens*
No se contempla volumen de raleo
El rendimiento para *Eucalyptus gloni* se estimó como el rendimiento medio de *E. globulus* y *E. nitens*.

Cuadro Nº 22

INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN PARA PLANTACIONES DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS
POR ZONA DE CRECIMIENTO Y ESQUEMA DE MANEJO BAJO EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMATICO RCP 8.5

Zona de crecimiento	Sitio	Esquemas de Manejo								
		1	2	3	4	5	6	9	10	11
		20 años	22 años	22 años	24 años	24 años	24 años	12 años	14 años	14 años
		(m³/ha/año)								
1	1	24	23	21	22	20	17	8	20	14
	2	18	18	16	17	15	13	6	13	10
	3	14	13	12	13	11	10	5	13	9
	4	9	9	8	9	8	7	4	12	8
2	1	28	27	25	26	23	21	12	19	15
	2	23	22	20	22	19	15	8	17	13
	3	19	18	16	18	16	13	7	15	11
	4	14	13	11	13	11	10	6	15	11
4	1	30	28	25	25	22	23	21	37	30
	2	24	22	20	20	18	17	19	32	26
	3	20	19	16	17	15	16	16	29	23
	4	17	15	13	14	12	13	15	22	19
5	1	12	12	10	10	8	8	14	20	17
	2	10	9	8	8	7	6	12	17	15
	3	8	8	6	7	5	5	9	14	12
	4	6	6	5	5	4	4	5	11	8
6	1	31	28	26	26	23	21	26	42	34
	2	25	23	21	21	19	17	23	35	29
	3	23	20	17	18	16	15	20	28	25
	4	17	14	12	13	11	11	16	21	19
7	1	28	27	24	25	22	21	17	35	26
	2	24	23	20	21	18	16	13	32	23
	3	21	20	17	18	16	15	12	25	18
	4	16	15	13	14	12	11	8	17	13
9	1	35	32	28	30	26	25	22	43	32
	2	27	24	21	23	20	19	19	38	29
	3	22	19	16	18	15	15	16	33	25
	4	16	14	12	13	11	11	13	26	20

Esquemas 1 a 6 corresponden a plantaciones de *Pinus radiata*
Esquema 9 corresponde a plantaciones de *Eucalyptus globulus*
Esquema 10 corresponde a plantaciones de *Eucalyptus nitens*
No se contempla volumen de raleo
El rendimiento para *Eucalyptus gloni* se estimó como el rendimiento medio de *E. globulus* y *E. nitens*.

Las simulaciones de crecimiento entregan una cuantificación de los distintos productos a obtener, no considerando la degradación y desclasificación de trozas que se producen y se detectan en la actividad de cosecha. Esta desclasificación se basa en la utilización de factores empíricos para considerar estimaciones de referencia para el segmento de trozas pulpables.

Los rendimientos obtenidos fueron comparados con los utilizados en el estudio anterior de disponibilidad, de forma de cuantificar la magnitud de los cambios (INFOR, 2005; INFOR, 2007; INFOR, 2013; Büchner *et al*., 2018).

De acuerdo a esta comparación en volumen de la suma de productos, en el caso del pino para cada esquema de manejo, zona y sitio de crecimiento se aprecia que las zonas 6, 7 y 9 presentaron variaciones en relación al estudio anterior. Menores diferencias se observan en las zonas 1, 2, 4 y 5 (Figura N° 14).

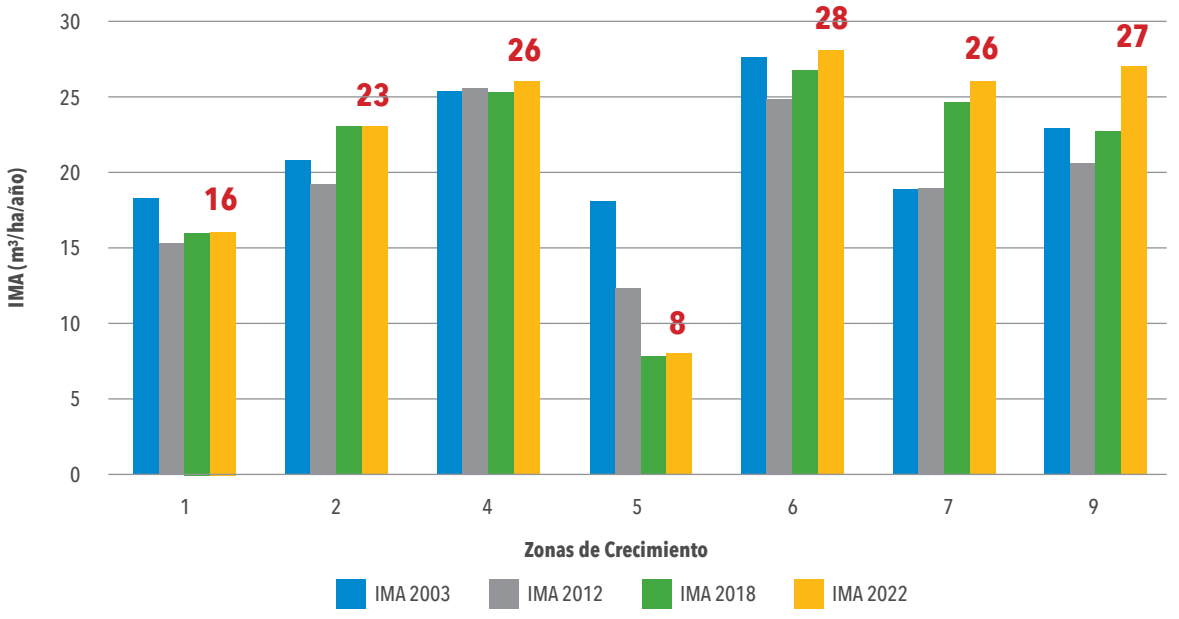


Figura N° 14
COMPARACIÓN DEL INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN PARA EL ESQUEMA SIN MANEJO DE PINO A LA EDAD DE 20 AÑOS POR ZONA DE CRECIMIENTO RESPECTO A ESTUDIOS ANTERIORES

Los rendimientos obtenidos con *Eucalyptus globulus* presentaron algunas modificaciones respecto a los utilizados en el estudio anterior, presentando correcciones a la baja en las zonas 2, 6, 7 y 9 (Figura N° 15). Dentro de las causas que explican esta disminución se encuentran el efecto de plagas y de reducciones de precipitaciones.

El principal agente de daño para esta especie corresponde al defoliador *Gonipterus platensis*, coleóptero que se alimenta de las hojas y brotes nuevos afectando el crecimiento de las plantaciones. Esto se complementa con los efectos de la prolongada sequía que ha sufrido la zona central del país y olas de calor, que en menor o mayor medida están afectando las tasas de crecimiento de esta especie.

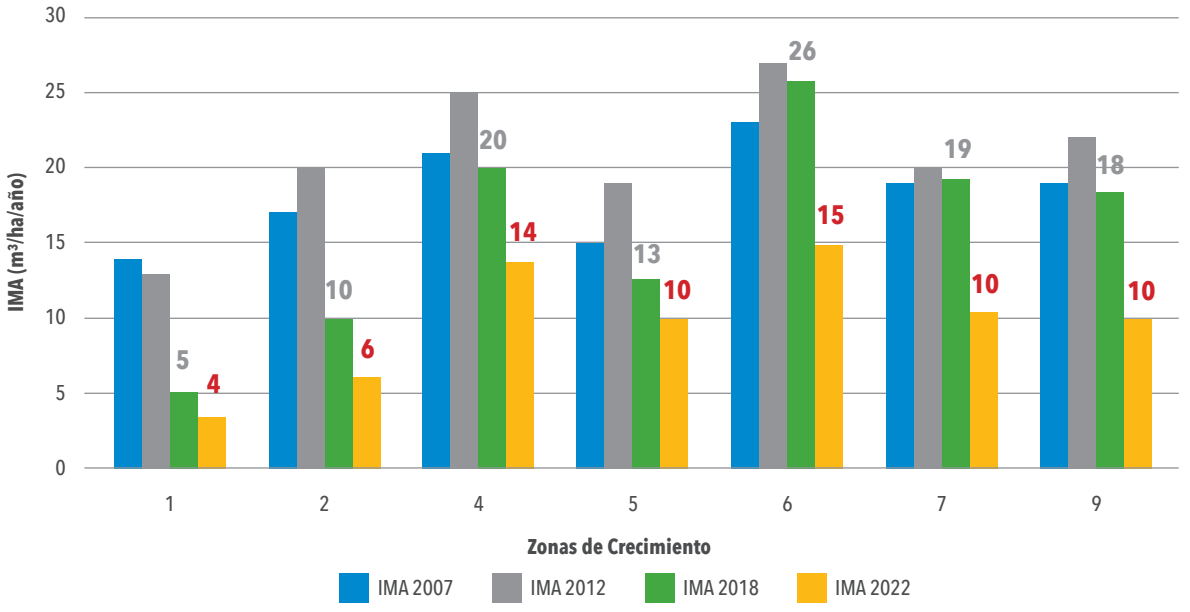


Figura N° 15
COMPARACIÓN DEL INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN DE *Eucalyptus globulus*
A LA EDAD DE 12 AÑOS (2007, 2012 y 2018) Y DE 14 AÑOS (2022) POR ZONA DE CRECIMIENTO RESPECTO A ESTUDIOS ANTERIORES.

En el caso de *Eucalyptus nitens* los rendimientos aparecen en torno a los 34 y 36 m³/ha/año, considerando que gran parte de su superficie plantada corresponde a las zonas 4, 6, 7 y 9 que presentan excelentes condiciones para el crecimiento de esta especie (Figura N° 16). Las zonas que presentan menores rendimientos corresponden a la zona 1, 2 y 5, que corresponde a la zona centro norte costera y depresión intermedia, presenta además una baja superficie de plantaciones.

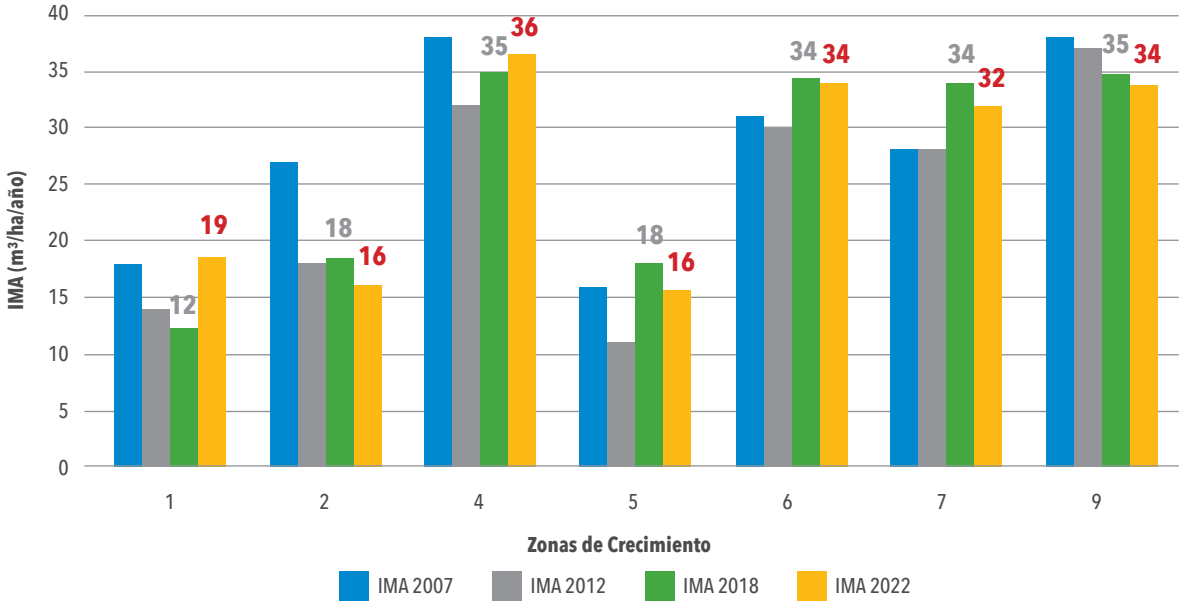


Figura N° 16
COMPARACIÓN DEL INCREMENTO MEDIO ANUAL EN VOLUMEN DE *Eucalyptus nitens*
A LA EDAD DE 12 AÑOS (2007, 2012 y 2018) Y DE 14 AÑOS (2022) POR ZONA DE CRECIMIENTO RESPECTO A ESTUDIOS ANTERIORES.

SUPUESTOS DE PROYECCIÓN

04

4. SUPUESTOS DE PROYECCIÓN

Para la modelación de los escenarios de proyección se definieron diferentes supuestos a través del Comité Técnico. Estos se basaron en información sobre registros históricos, estadísticas del sector, consulta a gremios y empresas del sector, información de la Corporación Nacional Forestal e INFOR, entre otros, buscando representar de mejor forma la actual operatividad del sector forestal en la oferta de madera a futuro.

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

4.1. Macro Regiones

El inventario de plantaciones y la presentación de los resultados de disponibilidad de madera, se han estratificado geográficamente de acuerdo a su localización, en relación a los principales centros de consumo nacional, dando origen a cuatro macro regiones (Figura N° 17).

La definición de las macro regiones y sus límites fue definida por el Comité Técnico, en concordancia con las cuencas de abastecimiento que presentan los principales mercados locales de madera y considerando además mantener las definiciones previas para un mejor análisis de los cambios en la oferta de madera a través del tiempo.

Macro Región I:
Valparaíso
Metropolitana
O`Higgins

Macro Región II:
Maule
Ñuble

Macro Región III:
Biobio
Araucanía

Macro Región IV:
Los Ríos
Los Lagos

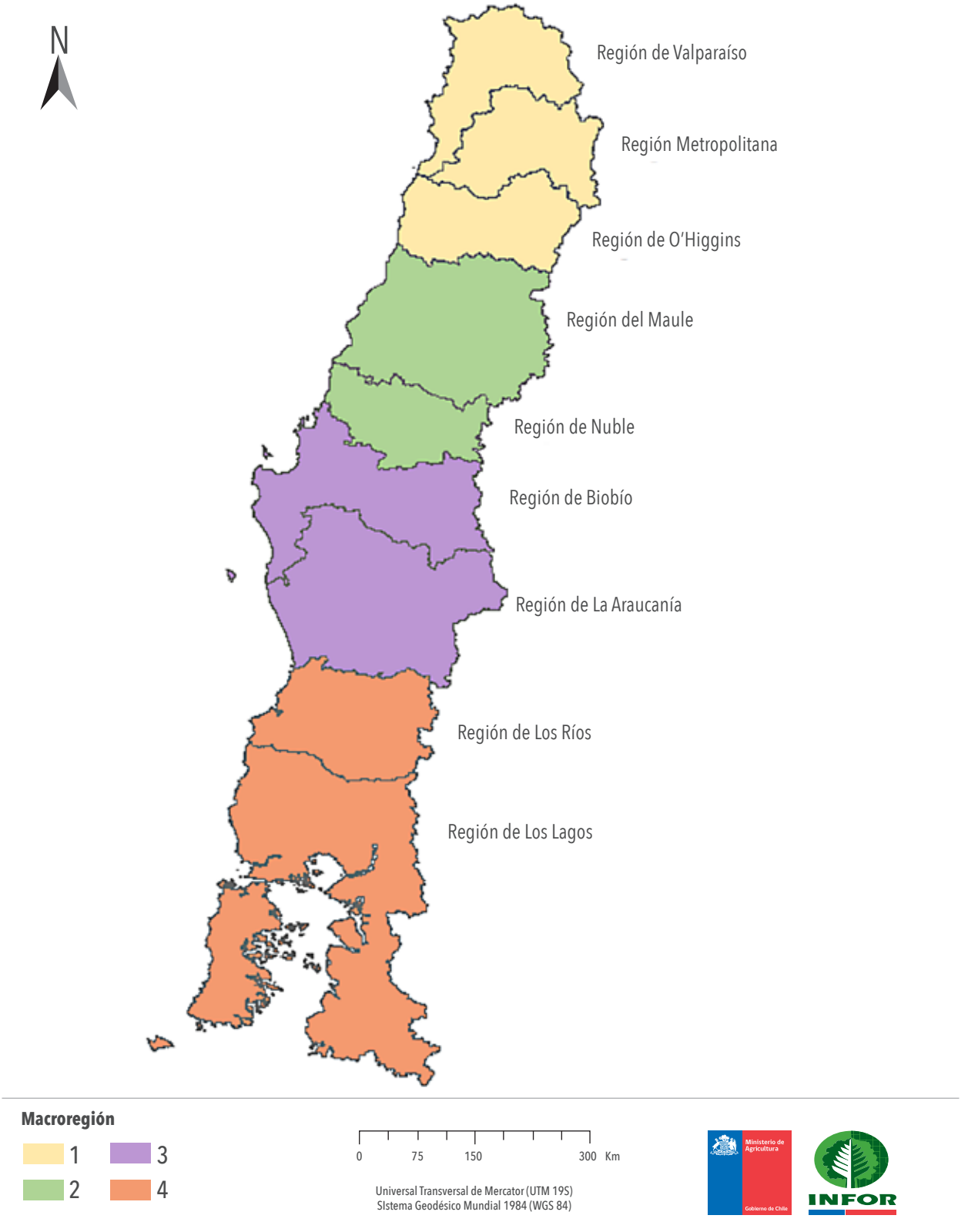


Figura N° 17
DISTRIBUCIÓN DE LAS MACRO REGIONES.

4.2. Forestación

El vector de forestación corresponde a las superficies que se incorporan al sistema, sean estas nuevas plantaciones o la reforestación de superficies cosechadas a partir del año 2020 o que se planea reforestar en los 5 años siguientes.

En el caso de nuevas plantaciones se consideraron dos fuentes de información según tipo de propietario, las declaraciones de intención de forestación de las empresas participantes en el Comité Técnico del estudio y que corresponde a la categoría de propietarios de grandes empresas y empresas medianas, y en el caso de los pequeños y medianos propietarios, se utilizó la información estadística de CONAF para asignar un promedio de forestación para los próximos años.

En resumen, se considera:

Forestación: Superficie informada principalmente por CONAF = 222 ha.
Reforestación: Información de Empresas + Incendios de Terceros + Cosecha de Terceros = 292.074 ha.
Total Vector Forestación/Reforestación: 292.296 ha.

4.3. Cambio de Especies

La tendencia de cambio de especie desde pino a eucaliptos que muestra la información recibida desde empresas responde a optimizar los sitios considerando los requerimientos de cada especie y a la ventaja de rotaciones más cortas. El mayor cambio se observa en las plantaciones de *E. globulus* con sobre 15 mil hectáreas que cambiaran a pino radiata, *E. nitens* y *E. gloni* en los próximos años. Las cifras de cambios de especies en las plantaciones se indican en el Cuadro N° 23, para el segmento de grandes empresas y empresas medianas.

Cuadro N° 23
CAMBIO DE ESPECIES SEGMENTO DE EMPRESAS Y EMPRESAS MEDIANAS.

Manejo Actual	Manejo Futuro				Total
	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	
	Superficie de Cambio (ha)				
Pino radiata	-	-	20.570	7.340	**27.910**
E. globulus	31.548	-	14.018	6.379	**51.945**
E. nitens	34.115	-	-	5.172	**39.287**
E. gloni	751	-	-	-	**751**
Total	**66.413**	-	**34.587**	**18.891**	**119.892**

En el caso de la reconversión de plantaciones a bosque nativo, se informó una superficie de 11.812 ha, donde el 83 % corresponde a plantaciones de pino radiata, el 12 % a *E. nitens* y el 5 % a *E. globulus*; cambio de superficie que se consideró en el modelo dentro de los primeros 10 años del horizonte de proyección.

4.4. Superficie Descontada por Incendios Forestales

En el supuesto de incendios forestales se utilizó información de superficie quemada proveniente de las estadísticas de CONAF, a nivel de región y especie para el período 2006 a 2021, generando un valor promedio, donde no se consideraron períodos con eventos extremos. La información fue analizada por especie y regiones del estudio, donde los tratamientos de valores extremos fueron excluidos de acuerdo a una probabilidad de excedencia de un 80% sobre una serie temporal de 16 años, para pino y eucaliptos, por región. El valor de evento extremo fue reemplazo por el segundo valor de magnitud presente en la serie temporal.

Para el modelo de proyección, se optó por el descuento de la superficie quemada en promedio para cada año por especie, sin incluir los valores extremos, considerando que anualmente se descuenta el valor medio estimado. Sin bien los valores extremos no se incluyen en el cálculo de la media se incluyen en los Cuadros N° 24 y N° 25 a modo de información, donde se presenta la información de superficie afectada promedio a considerar en cada período de proyección, para plantaciones de pino radiata y eucaliptos.

Cuadro N° 24
VALORES PROMEDIOS Y EXTREMOS DE SUPERFICIE AFECTADA POR INCENDIOS EN *Pinus radiata.*

Regiones	Promedio (2006 al 2020)	Valor Extremo	Promedio a descontar (1)
	(ha)		
Valparaíso	443	1.857	**427**
Metropolitana	6	84	**1**
O`Higgins	2.593	31.698	**723**
Maule	12.403	156.968	**3.399**
Ñuble	1.951	10.563	**1.810**
Biobío	5.178	26.756	**4.413**
La Araucanía	2.553	10.037	**2.320**
Los Ríos	26	120	**23**
Los Lagos	12	89	**9**
Total			**13.124**

(1) Valores a descontar de la superficie base a diciembre del 2020.
(Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de CONAF, 2021)

Cuadro Nº 25
VALORES PROMEDIOS Y EXTREMOS DE SUPERFICIE AFECTADA POR INCENDIOS EN EUCALIPTOS.

Regiones	Promedio (2006 al 2020)	Valor Extremo	Promedio a descontar (1)	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*
	(ha)					
Valparaíso	842	2.580	**818**	818	0	0
Metropolitana	104	403	**94**	94	0	0
O`Higgins	778	5.374	**560**	560	0	0
Maule	1.112	11.667	**600**	567	30	3
Ñuble	681	5.504	**411**	307	79	26
Biobío	3.005	21.056	**2.036**	1.246	673	117
La Araucanía	2.432	9.364	**2.154**	1.393	712	50
Los Ríos	84	561	**62**	15	42	5
Los Lagos	53	269	**46**	22	22	1
Total			**6.781**	**5.021**	**1.559**	**201**

(1) Valores a descontar de la superficie base a diciembre del 2020.
(Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de CONAF, 2021)

4.5. Pérdidas en Cosechas

De acuerdo a la información analizada por las diferentes empresas integrantes del Comité Técnico del estudio, se definió mantener el valor de pérdida por concepto de cosecha utilizado en el estudio anterior de un 3 %, considerando cualquier tipo de producto, especie, segmento de propietario y región.

Durante las faenas de cosecha de las plantaciones, se produce desclasificación o degradación de las trozas de productos podados y aserrables a trozas pulpables, originada en errores en los cortes y en el dimensionado de los productos, quebraduras en el volteo, entre otras causas. Esta degradación no se considera en la estimación de disponibilidad de volúmenes en pie.

4.6. Plagas y Enfermedades

Respecto de plagas y enfermedades, se definió a través del comité técnico mantener el porcentaje de descuento utilizado en el estudio anterior de un 3%, para pino y eucaliptos en todas las regiones.

Este supuesto se basa en los menores crecimientos observados en los últimos años debido al ataque del defoliador *Gonipterus platensis*, coleóptero que se alimenta de las hojas y brotes nuevos, afectando en el crecimiento de las plantaciones de *Eucalyptus globulus*, se consideró un factor de corrección de los rendimientos, asociado a las tablas de parámetros de rendimientos de la especie.

4.7. Silvicultura y Mejoramiento Genético

A partir del año 1996 se considera en las plantaciones una silvicultura intensiva, que ha sido incorporada en los simuladores para generar las proyecciones en el tiempo. Sin embargo, de acuerdo al inventario según clase de edad aún quedan plantaciones establecidas con menos tecnología, cuyos rendimientos son menores a los que hoy se esperan. Para corregir este efecto el rendimiento las plantaciones anteriores al año 1996 se castiga en un 10% en todos los propietarios.

En el caso del mejoramiento genético, en el escenario base se asume que el efecto de la ganancia por este concepto ya se encuentra incorporado en las variables de desarrollo de las plantaciones. Por lo tanto, solo se considera en un escenario específico, que incluye el mejoramiento genético en las plantaciones realizadas desde el año 2012 de acuerdo al tipo de propietario. Estos valores se entregan en el Cuadro N° 26.

Cuadro N° 26
FACTORES DE INCREMENTO EN RENDIMIENTO COMO EFECTO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA EL ESCENARIO DE GENÉTICA.

Períodos	Pino radiata				*E. globulus*				*E. nitens*			
	GE	EM	MP	PP	GE	EM	MP	PP	GE	EM	MP	PP
	(%)											
2010-2015	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015-2020	8	8	8	-	-	-	-	-	1	1	1	-
2020-2025	8	8	8	-	-	-	-	-	6	6	6	-
> 2025	10	10	10	-	-	-	-	-	8	8	8	-

4.8. Edad de Cosecha

Los rangos de edades de cosecha para los distintos esquemas de manejo tienen una gran importancia, ya que permiten emular las tendencias operacionales de estas plantaciones. En base a información proveniente de las empresas, se definieron valores promedios de rangos de edades de cosecha por tipo de manejo y especie. Esta información fue definida en el marco del Comité Técnico del estudio.

En el Cuadro N° 27, se presenta la información de rangos de edades de cosecha para las diferentes especies del estudio, según su objetivo de manejo. Para este estudio no se consideró como factor la diferenciación de las edades por tipo de propietario, debido a la similitud de los valores de cosecha que se manejan actualmente.

Cuadro Nº 27
RANGOS DE EDAD DE COSECHA SEGÚN ESQUEMA DE MANEJO.

Tipo de Esquema de Manejo	Rangos de edades de Cosecha
Esquema 5 y 6 (Pr_podado)	22 - 26
Esquema 3 y 4 (Pr_aserrable)	20 - 24
Esquema 1 y 2 (Pr_pulpable)	18 - 23
E. globulus (Pulpable)	12 - 18
E. nitens (Pulpable)	13 - 18
E. gloni (Pulpable)	13 - 18

Debido a la existencia de plantaciones con edades mayores a los rangos señalados y con el fin de incluir estas plantaciones en las proyecciones, se considera la cosecha de rodales antiguos, tanto para pino como para eucaliptos solo durante los 10 primeros períodos de planificación. Para esto se permite ampliar el rango de edades de cosecha manteniendo el rendimiento a la edad máxima de 30 años en el caso del pino y 25 en el caso de los eucaliptos.

4.9. Proyección de 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 de la proyección, asumiendo que la magnitud de la disponibilidad de volumen de madera se cosecha totalmente, antes de calcular la disponibilidad del año siguiente, comenzando así el proceso de simulación sin un sesgo inicial.

A continuación, se presenta la información de proyección de consumo de demanda de volumen de madera en troza para el período 2021 - 2025, generada a partir de dos fuentes de información; proyecciones de consumo de empresas que integran la asociación gremial CORMA (Cuadro Nº 28) y las estadísticas oficiales de consumo de trozas de pino radiata y eucaliptos en el año 2021 publicadas por INFOR.

Cuadro Nº 28
PROYECCIÓN CORMA DE CONSUMO INDUSTRIAL ANUAL DE MADERA ASERRABLE Y PULPABLE PARA EL PERÍODO 2021 – 2025.

Año	Pino radiata			*E. globulus*	*E. nitens*
	Trozas Aserrable*	Trozas Pulpable**	Total pino	Trozas Pulpable	Trozas Pulpable
	(m^3 ssc)				
2021	10.714.362	14.698.882	25.413.244	5.124.055	9.312.689
2022	11.202.649	14.858.768	26.061.417	7.856.666	10.073.421
2023	11.076.788	14.765.845	25.842.633	8.383.448	10.560.502
2024	11.188.965	14.894.171	26.083.136	8.431.974	10.520.942
2025	11.123.778	14.958.948	26.082.727	8.431.974	10.519.116

Considera solo a las empresas participantes en el estudio de disponibilidad de madera.
* Incluye trozas debobinables
** Considera el volumen proveniente de astillas (desechos de aserrío).

Como los consumos del 2021 están ya ejecutados, se utilizaron las estadísticas publicadas de INFOR (Álvarez *et al.*, 2022) para despejar el consumo de astillas y establecer los parámetros para las proyecciones de consumo de madera en trozas. Las cifras de consumo 2021 se entregan en el Cuadro N° 29.

Cuadro N° 29

CONSUMO DE MADERA EN TROZA A NIVEL NACIONAL PARA EL PERÍODO 2021 SEGÚN TIPO DE INDUSTRIA

Año	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	Total (*)
	(m^3 ssc)			
Trozos Pulpables	8.337.238	3.222.193	4.535.004	16.094.435
Madera Aserrada	16.344.739	2.231	423	16.347.393
Tableros y Chapas	4.273.569	120	504.496	4.778.185
Trozos Exportación	172.279	13.753	1.909	187.941
Astillas	297.241	1.265.419	4.094.957	5.657.617
Postes y Polines	383.628	610	-	384.238
Total	**29.808.694**	**4.504.326**	**9.136.789**	**43.449.809**

(Fuente: Álvarez *et al.*, 2022)
*El consumo total excluye a especies nativas y otras exóticas.
En el consumo de trozas pulpables, no se considera el volumen proveniente de astillas.

Con la información indicada en los cuadros anteriores se calibró el año 2021 para el caso de plantaciones de pino radiata y eucaliptos.

La demanda industrial de trozas aserrables y pulpables se proyectó de acuerdo a las variaciones anuales del vector informadas por CORMA, asumiendo que el resto de la industria nacional tendrá un consumo constante al mismo nivel del año 2021. La proyección del consumo de trozas de pino radiata y eucaliptos se presenta en el Cuadro N° 30.

Cuadro N°30

PROYECCIÓN DE CONSUMO DE MADERA EN TROZA A NIVEL NACIONAL PARA EL PERÍODO 2021 – 2025.

Año	Trozas Pino radiata			Trozas Eucaliptos sp.		
	Aserrable (1)	Pulpable (2)	Total	*E. globulus*	*E. nitens*	Total
	(m^3 ssc)					
2021	20.059.707	9.748.987	**29.808.694**	4.504.326	9.136.789	**13.641.115**
2022	20.547.995	9.908.872	**30.456.867**	7.236.938	9.897.521	**17.134.459**
2023	20.422.134	9.815.950	**30.238.083**	7.763.719	10.384.601	**18.148.321**
2024	20.534.311	9.944.275	**30.478.586**	7.812.246	10.345.041	**18.157.287**
2025	20.469.124	10.009.053	**30.478.177**	7.812.246	10.343.216	**18.155.461**

(1) Considera trozas para el sector aserrío, tableros y chapas.
(2) Considera solo el volumen de trozas pulpables.

La tendencia de crecimiento en el consumo de trozas de pino radiata que se había observado en los estudios anteriores presenta su término. Para el período 2018 al 2021 se presenta un consumo con una tendencia a la baja para posteriormente estabilizarse en torno a los 30 millones de m^3ssc. En cuanto a la proyección de consumo, en base a información del sector y estadísticas de INFOR, se presenta una estimación de demanda de trozas promedio para el sector de 30,4 millones de m^3ssc para el período 2022 al 2025.

Para las especies de eucaliptos, su escenario se proyecta en forma creciente para el período 2022 al 2023, presentando un aumento de 33% del consumo del 2021 con 4,5 millones de m^3 ssc de volumen de madera en troza. Aumento explicado por la puesta en marcha de nuevos centros industriales y cambios en la producción, entre otros factores.

05

RESULTADOS DE LA DISPONIBILIDAD DE MADERA

5. RESULTADOS DE LA DISPONIBILIDAD DE MADERA

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, contribuyendo 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.

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

5.1. Escenario Histórico Base (A)

El escenario base Histórico busca realizar una proyección comparativa con estudios anteriores, considerando supuestos y restricciones similares. En cuanto a las restricciones, se configuró satisfacer el vector de consumo conocido para los dos primeros períodos de proyección 2020 y 2021 para las especies de pino radiata, *E. globulus, E. nitens* y *E. gloni*. Para los siguientes períodos se consideró un Flujo de Oferta No Decreciente en el período proyectado.

Respecto a los resultados, en el caso de pino radiata, si bien en el primer trienio la oferta proyectada logra satisfacer el vector de demanda, los siguientes períodos se presenta una baja en la oferta para posteriormente presentar un valor estable de 24,1 millones de m³ssc anuales de volumen de madera en troza y con un aumento en el último trienio (Cuadro N° 32 y Figura N° 18). Para los eucaliptos la proyección alcanza para *Eucalyptus globulus* 6,0 millones de m³ssc anuales de madera en troza, presentando una disminución respecto al estudio anterior que proyectaba 9 millones m³ssc. La oferta de *E. nitens*, alcanza una proyección de 8,9 millones de m³ssc de volumen de oferta de madera, presentando una disminución del 10% respecto al estudio anterior (Cuadro N° 31).

La especie *E. gloni*, recientemente incorporada y que se espera se establezca en forma importante en los próximos años, genera en los períodos más abundantes cifras cercanas a 1,1 millones m³ssc de volumen de madera, siendo un complemento al total de la oferta de eucaliptos.

Cuadro Nº 31
DISPONIBILIDAD TOTAL POR ESPECIE PARA EL ESCENARIO BASE.

Período	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Volumen Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	29.529.346	5.792.634	9.384.098	3.719	**44.709.797**
2023-2025	22.021.777	6.023.078	8.985.989	64.043	**37.094.887**
2026-2028	24.121.157	6.023.078	8.985.989	537.812	**39.668.035**
2029-2031	24.121.157	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.323.531**
2032-2034	24.121.157	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.323.531**
2035-2037	24.121.157	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.323.531**
2038-2040	24.121.157	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.323.531**
2041-2043	24.121.157	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.323.531**
2044-2046	24.121.157	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.323.531**
2047-2049	24.121.157	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.323.531**
2050-2052	24.607.727	6.023.078	8.985.989	1.193.307	**40.810.101**

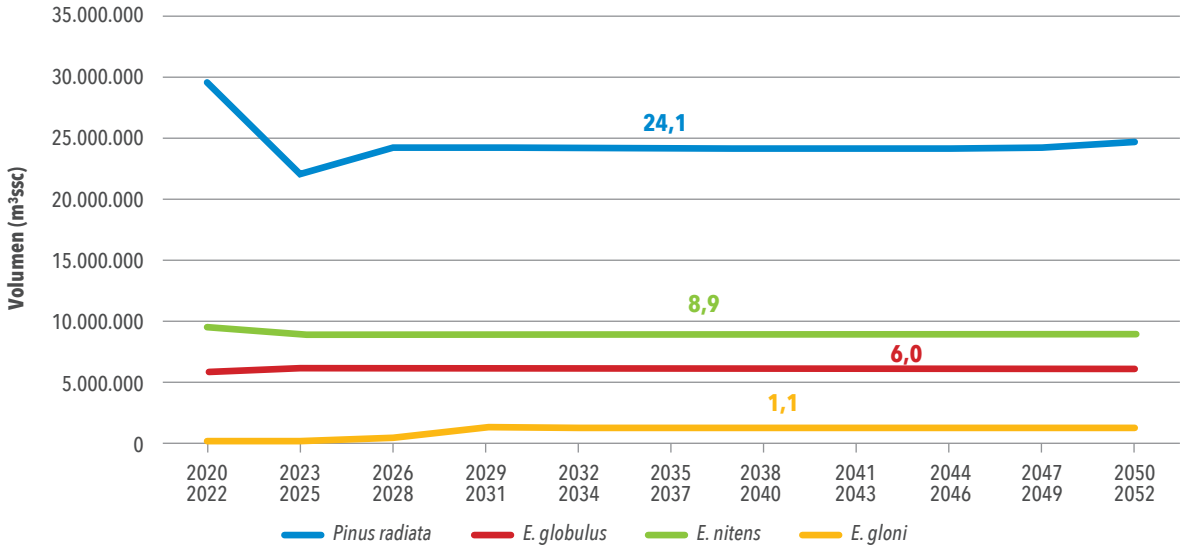


Figura Nº 18
DISPONIBILIDAD TOTAL POR ESPECIE EN EL ESCENARIO BASE HISTÓRICO.

5.2. Escenario Base 2022 (B) - Factor de Cambio Climático y Mejora Genética

El escenario base 2022 considera factores de parámetros iniciales asociados al cambio climático, reflejando el impacto de esta variable en el rendimiento proyectado bajo el escenario de mayor impacto RCP 8.5. A esto se suma el factor de mejora genética, asumiendo un porcentaje esperado de mejores rendimientos en el desarrollo de las plantaciones.

En cuanto a la proyección, pino radiata presenta una oferta sostenible de 24,6 millones de m³ssc de volumen de madera. *Eucalyptus globulus* alcanza una oferta de 5.7 millones de m³ssc, *E. nitens* 9,8 millones de m³ssc y *E. gloni* alcanza 1,0 millón de m³ssc de volumen de madera sostenible a partir del período 2029 – 2031. Las cifras resultantes para el escenario se presentan en el Cuadro N° 32 y Figura N° 19.

Cuadro N° 32
DISPONIBILIDAD TOTAL POR ESPECIE PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Volumen Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	29.529.346	5.792.634	9.384.098	17.681	**44.723.759**
2023-2025	21.521.580	5.731.420	7.974.420	42.447	**35.269.867**
2026-2028	24.377.105	5.731.420	9.871.317	487.076	**40.466.918**
2029-2031	24.640.098	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**41.333.441**
2032-2034	24.640.098	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**41.333.441**
2035-2037	24.640.098	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**41.333.441**
2038-2040	24.640.098	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**41.333.441**
2041-2043	24.640.098	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**41.333.441**
2044-2046	24.640.098	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**41.333.441**
2047-2049	24.785.211	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**41.478.554**
2050-2052	27.575.587	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**44.268.929**

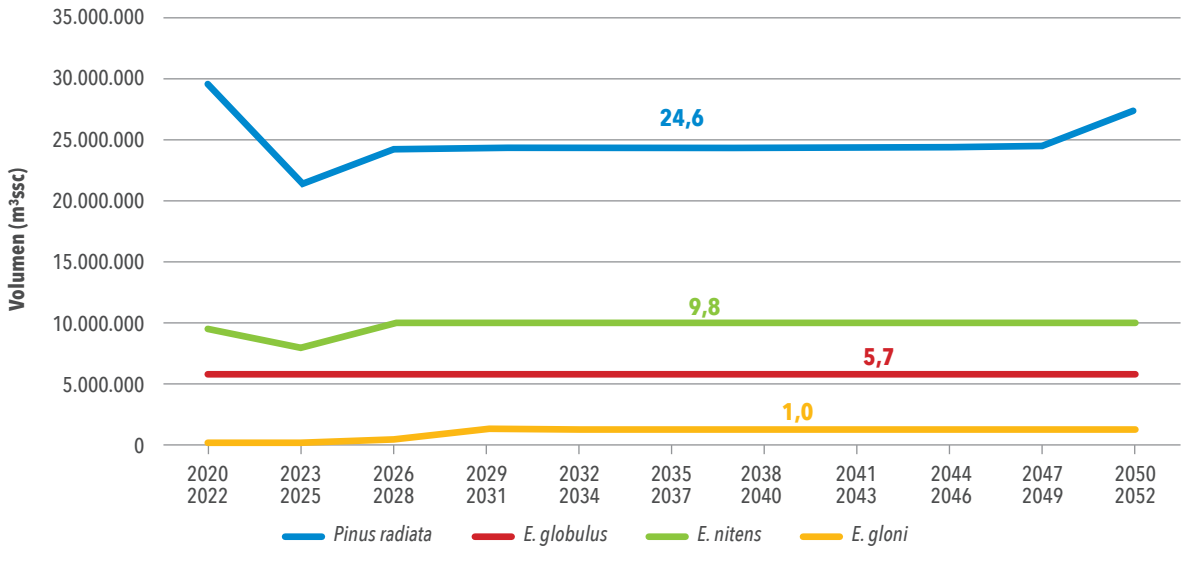


Figura N° 19
DISPONIBILIDAD TOTAL POR ESPECIE EN EL ESCENARIO BASE 2022.

5.3. Disponibilidad por Especie según Escenario

5.3.1. Oferta Pino Radiata

En el caso de pino radiata, en el escenario Base 2022 que considera parámetros iniciales de cambio climático y mejora genética se logra una proyección sostenible de 24,6 millones de m³ssc de volumen de madera, presentando a su vez una recuperación de 3 millones de m³ssc en los últimos períodos (2050 – 2052). Similar tendencia se presenta en el escenario Macro Regional.

El escenario Histórico presenta una estimación levemente inferior al escenario Base 2022, debido a que no cuenta con la variable de mejora genética. El escenario Acceso se presenta como el más pesimista debido que se restringe superficie disponible de plantaciones (Cuadro N° 33 y Figura N° 20).

Cuadro N° 33
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE PINO SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Año	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020-2022	29.529.346	**29.529.346**	29.529.346	29.529.346
2023-2025	22.021.777	**21.521.580**	22.876.103	18.408.802
2026-2028	24.121.157	**24.377.105**	24.713.404	21.148.439
2029-2031	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2032-2034	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2035-2037	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2038-2040	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2041-2043	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2044-2046	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2047-2049	24.121.157	**24.785.211**	30.465.917	22.887.889
2050-2052	24.607.727	**27.575.587**	31.166.807	23.237.204

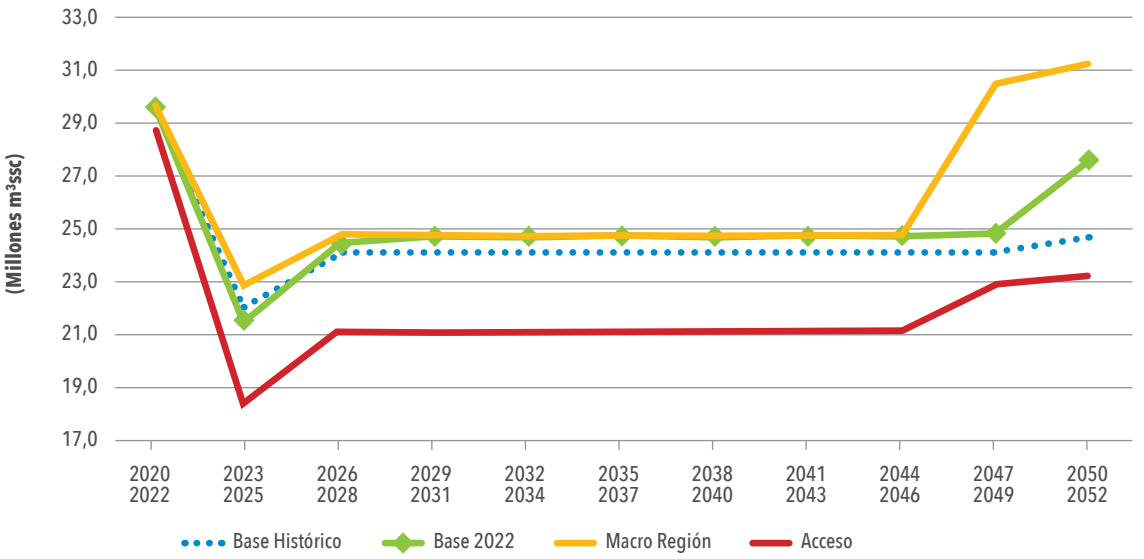


Figura N° 20
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE PINO RADIATA SEGÚN ESCENARIOS DE PROYECCIÓN.

5.3.2. Oferta *Eucalyptus globulus*

La disponibilidad de volumen anual de madera de *E. globulus* bajo el escenario Base 2022 es de 5.7 millones de m³ssc de madera en troza. Cifra muy inferior a los 9,0 millones de m³ssc proyectados en el estudio anterior (2018). Disminución que se relaciona por los menores rendimientos en crecimiento que presenta la especie producto de factores asociados al cambio climático (aumento de temperaturas y disminución de precipitaciones), relacionadas al efecto de la sequía y al factor plagas (*Gonipterus platensis*). Perdida de crecimiento observado en plantaciones establecidas posteriormente al año 2000, según lo indicado en el punto 3 del documento, observándose una disminución notoria a partir del período 2002 – 2004.

En el caso del escenario Histórico la proyección se presenta levemente más optimista producto de que no considera factores de cambio climático, que genera un gran impacto en la disponibilidad de volumen de madera para esta especie (Cuadro N° 34 y Figura N° 21).

Cuadro N° 34
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. globulus* SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Año	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020-2022	5.792.634	**5.792.634**	5.792.634	5.792.634
2023-2025	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2026-2028	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2029-2031	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2032-2034	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2035-2037	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2038-2040	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2041-2043	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2044-2046	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2047-2049	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2050-2052	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938

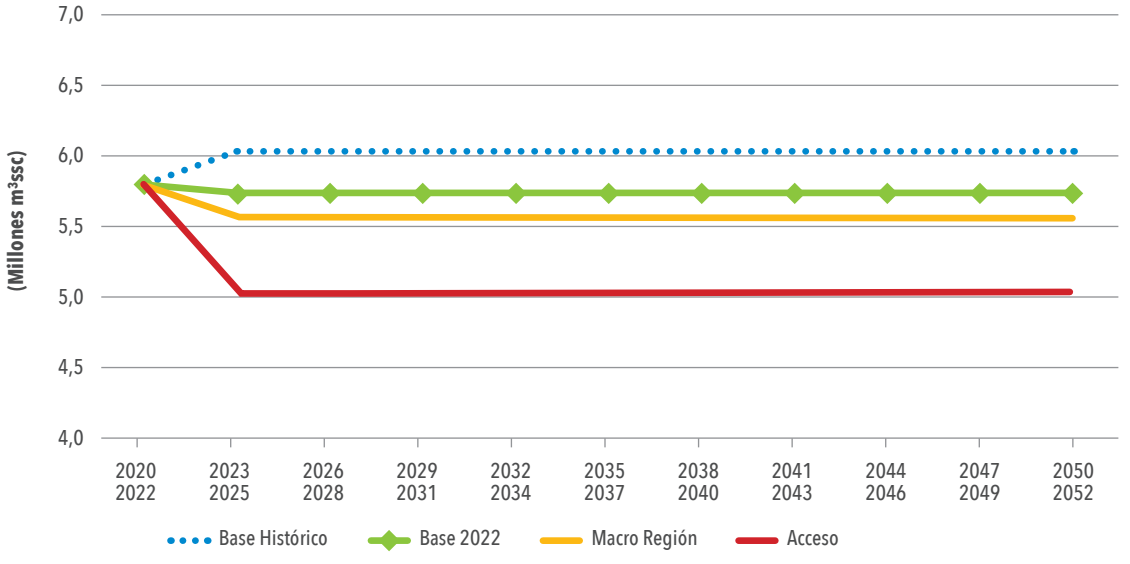


Figura N° 21
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. globlus* SEGÚN ESCENARIOS DE PROYECCIÓN.

5.3.3. Oferta *Eucalyptus nitens*

La proyección de oferta de volumen de madera para esta especie se presenta en torno a los 9,8 millones de m³ssc, siendo muy similar a los resultados del estudio anterior con 9,9 millones m³ssc (Cuadro N° 35 y Figura N° 22). Resultado del escenario que presentan parámetros iniciales sobre el cambio climático y mejoramiento genético.

Bajo el escenario Histórico el resultado de la proyección alcanza 8,9 millones de m³ssc, presentando una disminución del 10% en volumen respecto al escenario base del estudio anterior (2018), escenario que no consideraba factor de mejora genética. En el caso del Escenario Acceso, la oferta alcanza los 7,8 millones de m³ssc de volumen de madera en troza, debido a la restricción de accesibilidad de algunas zonas.

Cuadro Nº 36
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. nitens* SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Año	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020-2022	9.384.098	**9.384.098**	9.384.098	9.384.098
2023-2025	8.985.989	**7.974.420**	8.837.733	7.847.878
2026-2028	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2029-2031	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2032-2034	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2035-2037	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2038-2040	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2041-2043	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2044-2046	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2047-2049	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2050-2052	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878

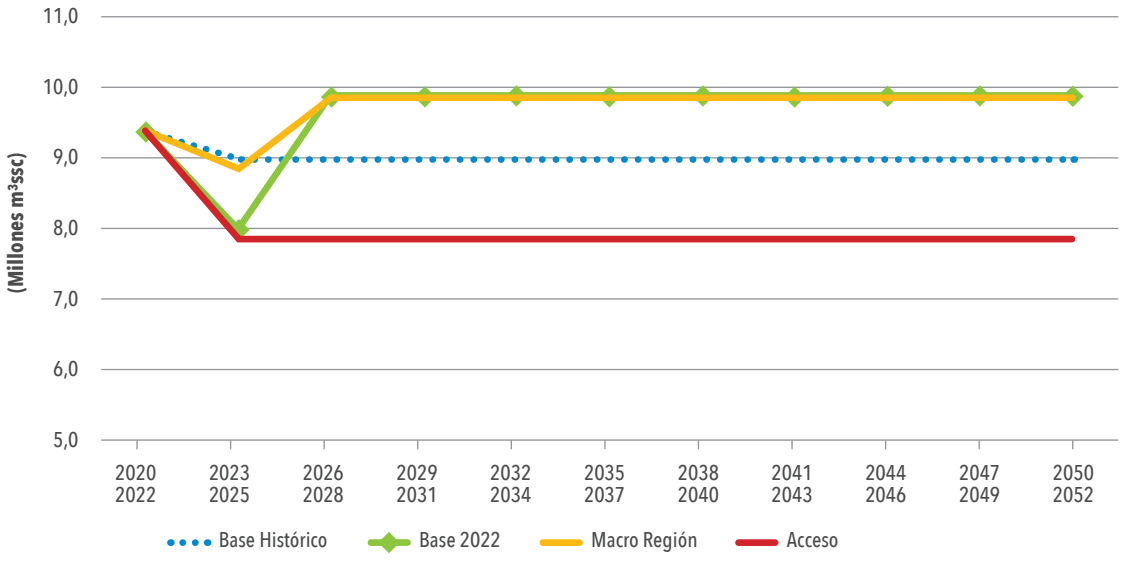


Figura Nº 22
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. nitens* SEGÚN ESCENARIOS DE PROYECCIÓN.

5.3.4. Oferta *Eucalyptus gloni*

La proyección de oferta de volumen de madera de *E. gloni* se presenta en torno 1,0 a 1,25 millónes de m³ssc a partir del período 2029 – 2031 según escenario de proyección (Cuadro Nº 36 y Figura Nº 23). Período en que se estima su mayor aporte en la oferta, sumado a reforestaciones a realizar en base a esta nueva especie.

La base de la proyección considera la información de superficie base en torno a las 35.000 hectáreas plantadas a diciembre del 2020, sumado a la información entregada por las empresas de intenciones de reforestación con *E. gloni* en los próximos años. Además de rendimientos medios entre valores de *E. nitens* y *E. globulus*, por zona de crecimiento y sitio.

Cuadro Nº 36
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. gloni* SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Año	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020-2022	3.719	**17.681**	3.529	3.529
2023-2025	64.043	**42.447**	37.104	45.797
2026-2028	537.812	**487.076**	518.186	428.259
2029-2031	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2032-2034	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2035-2037	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2038-2040	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2041-2043	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2044-2046	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2047-2049	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2050-2052	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476

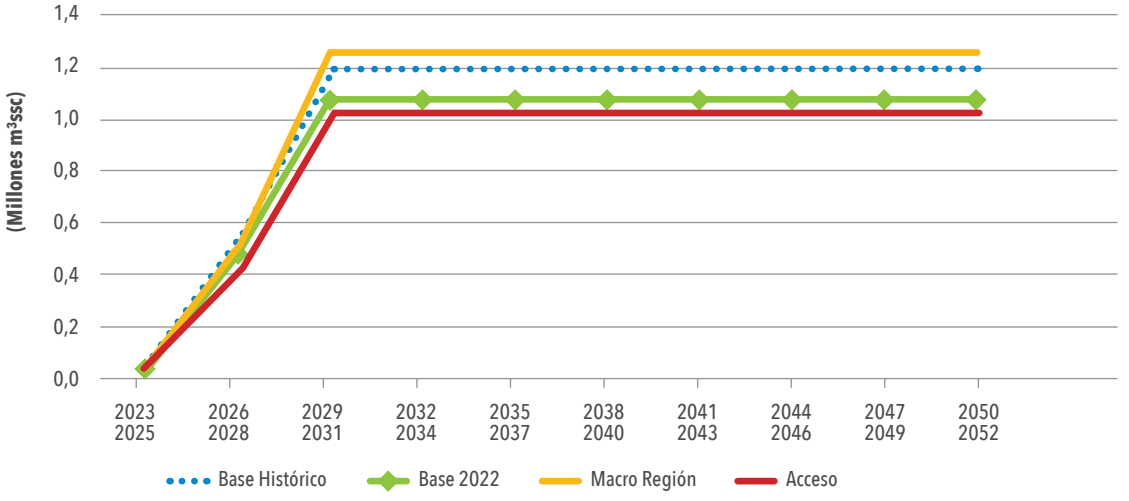


Figura Nº 23
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. gloni* SEGÚN ESCENARIOS DE PROYECCIÓN

5.4. Disponibilidad en el Escenario Macro Regional

Al proyectar la disponibilidad del recurso a nivel nacional el modelo supone libre movilidad de las maderas de cualquier punto a otro. Este escenario busca restringir esta movilidad para conocer la oferta de volumen de madera a nivel de las macro regiones en el horizonte de proyección.

Este escenario considera los mismos parámetros del escenario Base 2022. La proyección busca satisfacer la demanda de los primeros períodos para cada macro región, pero generando un Flujo de Oferta No Decreciente (FND) a nivel nacional, no así para cada macro región.

El resultado del escenario es bastante similar a la proyección del escenario Base 2022, presentando leves diferencias a nivel de especies y menores en el volumen total de madera.

A nivel de macro regiones, la disponibilidad de volumen de madera se concentra geográficamente en la macro región 3 (regiones de Biobío y Araucanía), presentando un porcentaje promedio del 56% de la oferta en volumen a nivel nacional. En segundo lugar, se presenta la macro región 2 (regiones del Maule y Ñuble) con el 27% de la oferta de volumen de madera. La macro región 4 (regiones de Los Ríos y Los Lagos) con el 15% y la macro región 1 (regiones de Valparaíso, Metropolitana y O`Higgins) con el 2% de la oferta de madera.

Por especies, la macro región 3, concentra el 49% del volumen de oferta de pino radiata, el 73% del volumen de *E. globulus*, el 61% del volumen disponible de *E. nitens* y el 77% del volumen de *E. gloni*. Para la macro región 3, concentra el 38% del volumen de pino radiata, 15% del volumen de *E. globulus* y 7% del volumen de *E. nitens*. La macro región 4, concentra el 10% del volumen de pino radiata, 7% del volumen de *E. globulus* y 32% del volumen de madera de *E. nitens* (Cuadro N° 37, Figura N° 24).

Cuadro N° 37
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL POR ESPECIE PARA EL ESCENARIO MACRO-REGIÓN.

Período	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Volumen Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	29.529.346	5.792.634	9.384.098	3.529	**44.709.606**
2023-2025	22.876.103	5.578.711	8.837.733	37.104	**37.329.650**
2026-2028	24.713.404	5.578.711	9.860.305	518.186	**40.670.606**
2029-2031	24.713.404	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**41.406.607**
2032-2034	24.713.404	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**41.406.607**
2035-2037	24.713.404	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**41.406.607**
2038-2040	24.713.404	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**41.406.607**
2041-2043	24.713.404	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**41.406.607**
2044-2046	24.713.404	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**41.406.607**
2047-2049	30.465.917	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**47.159.119**
2050-2052	31.166.807	5.578.711	9.860.305	1.254.187	**47.860.010**

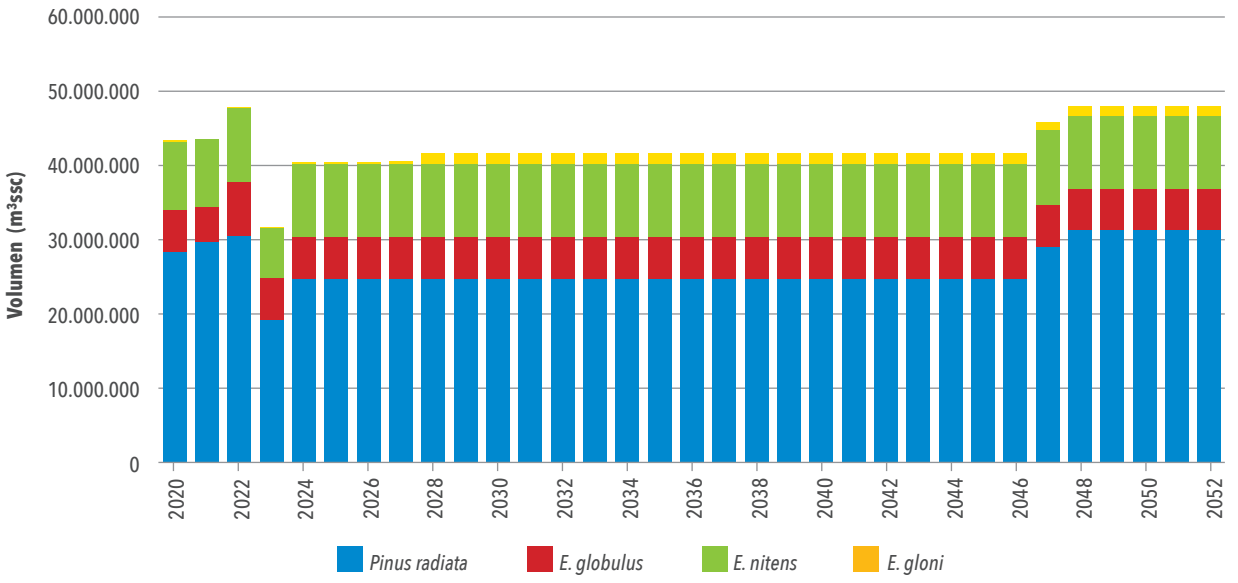


Figura Nº 24
DISPONIBILIDAD TOTAL POR ESPECIE EN EL ESCENARIO MACRO REGIONAL.

5.4.1. Macro Región I

En la Macro Región I la disponibilidad de madera total se presenta en promedio con 924.000 m³ssc de volumen de madera. La especie pino radiata presenta una oferta promedio de 652.179 m³ssc de volumen de madera, presentando valores anuales entre los 80.559 y 1,0 millón de m³ssc para el período proyectado (Cuadro Nº 38 y Figura Nº 25).

Cuadro Nº 38
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN I.

Período	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Volumen Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	710.720	3.020	-	-	**713.740**
2023-2025	657.543	942.537	2.312	-	**1.602.392**
2026-2028	1.061.200	235.794	387	-	**1.297.381**
2029-2031	726.378	10.389	-	-	**736.767**
2032-2034	420.636	329.796	-	-	**750.432**
2035-2037	80.559	37.822	-	-	**118.381**
2038-2040	333.618	697.238	-	-	**1.030.855**
2041-2043	926.552	332.123	2.040	-	**1.260.715**
2044-2046	785.608	60.553	374	-	**846.534**
2047-2049	589.590	312.637	-	-	**902.227**
2050-2052	881.572	33.092	-	-	**914.664**

Para la especie *E. globulus*, el valor promedio en el horizonte de proyección es de 272.273 m³ssc de volumen de madera, presentando valores entre los 3.000 y 942.537 m³ssc.

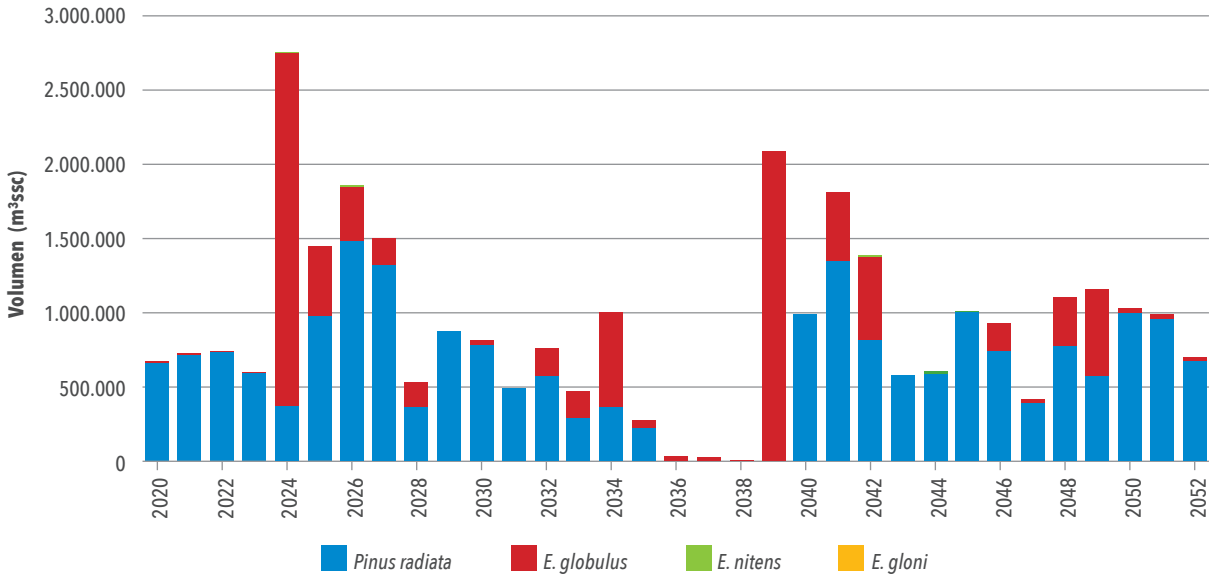


Figura N° 25
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN I.

5.4.2. Macro Región II

La Macro Región II muestra un nivel de disponibilidad anual promedio entre los 5,7 y 13,8 millones de m³ssc, presentando una oferta promedio de 11,5 millones de m³ssc para el período proyectado (Cuadro N° 39 y Figura N° 26).

La especie predominante en esta macro región corresponde a pino radiata que presenta una oferta que varía entre los 5,2 a 11,7 millones de m³ssc de volumen de madera. En forma secundaria se presentan las especies de eucaliptos, con un promedio de 837.508 m³ssc de oferta de *E. globulus*, 674.676 m³ssc de volumen de *E. nitens* y de 110.589 m³ssc para *E. gloni*.

Cuadro Nº 39
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN II.

Período	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Volumen Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	11.581.677	1.613.864	405.772	-	**13.601.314**
2023-2025	5.204.111	370.396	136.472	-	**5.710.979**
2026-2028	9.069.006	282.302	989.226	171.838	**10.512.373**
2029-2031	9.160.028	631.569	1.020.140	47.592	**10.859.329**
2032-2034	10.015.673	908.361	762.610	219.926	**11.906.570**
2035-2037	11.704.713	1.387.255	563.778	172.763	**13.828.509**
2038-2040	10.030.193	1.073.331	425.940	38.314	**11.567.778**
2041-2043	10.109.251	334.414	141.715	13.492	**10.598.872**
2044-2046	11.558.359	215.872	1.101.837	265.743	**13.141.812**
2047-2049	11.060.911	1.026.018	1.009.211	49.286	**13.145.426**
2050-2052	9.708.654	1.369.211	864.732	237.527	**12.180.124**

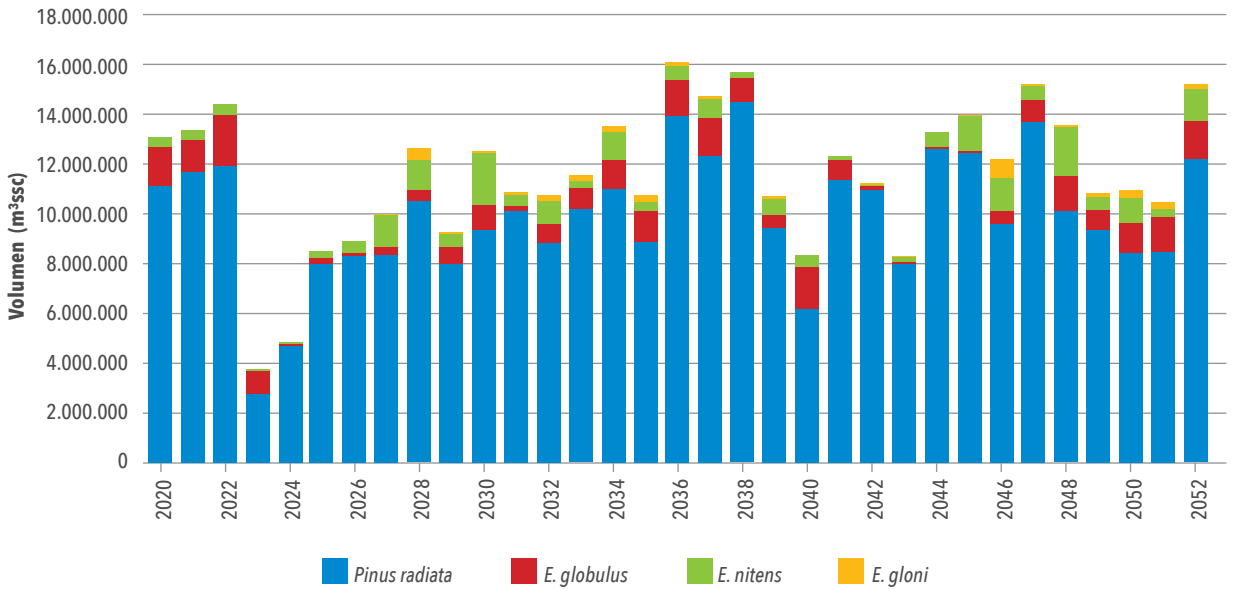


Figura Nº 26
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN II.

5.4.3. Macro Región III

La Macro Región III concentra el 56% del volumen de oferta a nivel nacional, presenta valores anuales promedios entre los 20,1 y 27,2 millones de m³ssc para el total de especies. La oferta promedio total es de 23,5 millones de m³ssc en el período proyectado.

La especie pino radiata presenta valores de volumen de oferta entre los 10,9 a 15,7 millones de m³ssc, con un promedio de 12,8 millones de m³ssc (Cuadro N° 40 y Figura N° 27). Para *E. globulus* los valores se presentan entre los 2,9 a 5,1 millones de m³ssc de volumen de madera, con un promedio de 4,0 millones de m³ssc.

En cuanto a *E. nitens* y *E. gloni*, se presenta una oferta promedio de 5,9 millones m³ssc para *E. nitens* y de 0,7 millones de m³ssc de volumen de madera para *E. gloni* para el período proyectado.

Cuadro N° 40
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN III.

Período	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Volumen Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	15.578.216	3.075.323	4.369.390	3.529	**23.026.457**
2023-2025	12.431.749	4.086.232	5.637.654	37.104	**22.192.739**
2026-2028	10.958.854	4.972.290	6.804.778	323.735	**23.059.656**
2029-2031	12.872.662	4.663.338	6.343.874	1.014.327	**24.894.200**
2032-2034	10.902.585	3.996.874	6.985.660	938.696	**22.823.815**
2035-2037	10.941.923	3.697.664	6.446.850	494.961	**21.581.398**
2038-2040	13.284.913	2.933.560	3.022.333	897.746	**20.138.552**
2041-2043	12.366.650	4.611.929	5.376.678	1.240.695	**23.595.952**
2044-2046	11.262.146	5.162.670	6.672.828	954.892	**24.052.535**
2047-2049	15.387.067	4.005.464	6.489.703	915.908	**26.798.142**
2050-2052	15.763.383	3.716.856	6.901.950	913.878	**27.296.067**

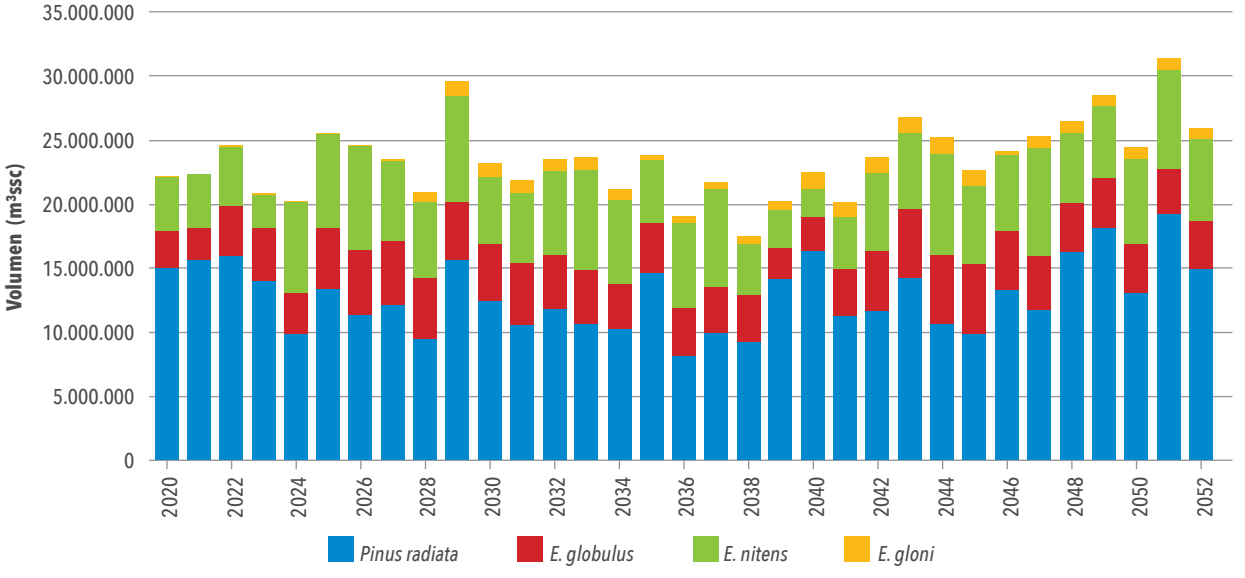


Figura N° 27
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN III.

5.4.4. Macro Región IV

Para esta zona, se presenta una disponibilidad media anual de 6,3 millones de m³ssc, representando el 15% del volumen de oferta a nivel nacional. Los valores se presentan en el rango de 3,3 a 8,6 millones de m³ssc en el período proyectado (Cuadro N° 41 y Figura N° 28).

La especie *E. nitens* se presenta como la principal especie, presentando valores de volumen de oferta entre los 2,0 a 6,4 millones de m³ssc con un promedio de 3,1 millones de m³.

Para *Pinus radiata* los valores se presentan entre los 1,0 a 4,8 millones de m³ssc de volumen de madera, con un promedio de 2,6 millones de m³.

Para *E. globulus* el valor promedio es de 0,4 millones de m³ssc, asociado a los niveles de superficie plantada presentes en la macro región, sumado al cambio de especie por *E. gloni* en el período proyectado.

Cuadro N° 41
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN IV.

Período	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Volumen Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	1.658.733	1.100.426	4.608.937	-	**7.368.096**
2023-2025	4.582.701	179.546	3.061.294	-	**7.823.541**
2026-2028	3.624.344	88.326	2.065.914	22.613	**5.801.197**
2029-2031	1.954.338	273.415	2.496.290	192.268	**4.916.311**
2032-2034	3.374.511	343.680	2.112.035	95.565	**5.925.790**
2035-2037	1.986.209	455.969	2.849.677	586.463	**5.878.319**
2038-2040	1.064.681	874.582	6.412.032	318.127	**8.669.422**
2041-2043	1.310.952	300.245	4.339.872	-	**5.951.069**
2044-2046	1.107.291	139.616	2.085.266	33.552	**3.365.725**
2047-2049	3.428.350	234.592	2.361.390	288.993	**6.313.325**
2050-2052	4.813.198	459.552	2.093.623	102.781	**7.469.154**

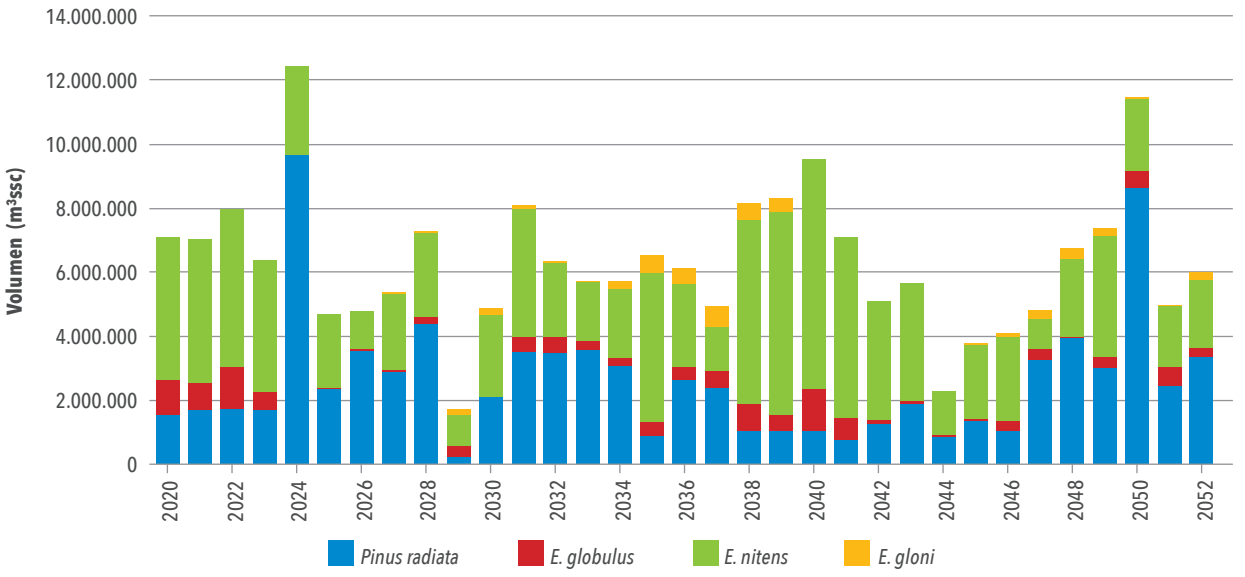


Figura N° 28
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR ESPECIE EN LA MACRO-REGIÓN IV.

5.5. Disponibilidad en Escenario Base por Producto

Los resultados del escenario base presentan una similitud con los resultados del estudio anterior, presentando una oferta restringida para Pino radiata, siendo esta menor a los actuales niveles de consumo y expectativas de demanda del sector. En esta misma línea se observa una disminución del volumen en pie para *E. globulus* respecto al estudio anterior (2018).

Para *E. nitens*, los resultados obtenidos se presentan muy similares a los del estudio anterior, estabilizando en torno a los 10 millones de m³ssc en el trienio 2023-2025.

Sin embargo, para realizar un análisis correcto de los resultados, es necesario desagregar la información por tipo genérico de producto, destacando los productos de trozas pulpables y trozas aserrables según especie.

En los siguientes cuadros y figuras se entregan los volúmenes en pie por tipo de producto (troza) de acuerdo a los resultados del modelo de proyección para diferentes escenarios, no habiendo ajustes o correcciones por degradación de volumen en trozas que ocurre o se detecta en la cosecha (Cuadro N° 42 y Figura N° 29).

Cuadro Nº 42

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN PROMEDIO DE PINO RADIATA POR TIPO DE TROZA. ESCENARIO BASE 2022.

Período	Volumen de productos en Pino radiata							Total
	PL1_28	PC2_28	Aser1	Aser2	Aser3	Aser4	Pulp	
	(m³ ssc/año)							
2020-2022	2.269.972	746.343	3.191.024	7.564.387	5.929.387	7.826.854	2.001.379	**29.529.346**
2023-2025	990.532	865.748	3.870.967	7.184.861	3.897.980	3.713.337	998.155	**21.521.580**
2026-2028	1.136.344	719.937	2.453.012	7.114.272	5.386.523	5.918.644	1.648.372	**24.377.105**
2029-2031	907.008	949.273	3.243.570	6.809.570	4.900.668	6.121.654	1.708.356	**24.640.098**
2032-2034	996.875	859.406	3.238.725	6.679.171	5.035.912	6.005.211	1.824.799	**24.640.098**
2035-2037	1.356.726	499.555	2.839.530	6.527.257	5.587.021	6.038.698	1.791.312	**24.640.098**
2038-2040	1.476.173	380.108	2.328.975	6.565.527	6.059.305	6.146.182	1.683.828	**24.640.098**
2041-2043	1.313.416	542.864	2.612.331	7.102.356	5.239.121	6.172.514	1.657.496	**24.640.098**
2044-2046	1.223.612	632.669	2.530.487	7.239.441	5.183.879	6.188.900	1.641.110	**24.640.098**
2047-2049	1.476.193	380.088	2.600.250	7.137.304	5.361.367	6.250.948	1.579.062	**24.785.211**
2050-2052	1.150.803	948.269	3.635.256	8.090.719	5.920.530	6.281.892	1.548.118	**27.575.587**

PL1_28: Trozas podadas, largo 5,25 m y diámetros ≥ 28 cm
PC2_28: Trozas podadas, largo 2,65 m y diámetros ≥ 28 cm
Aser1: Trozas aserrables 1, largo 4,10 m y diámetros ≥ 28 cm
Aser2: Trozas aserrables 2, largo 4,10 m y diámetros ≥ 22 cm
Aser3: Trozas aserrables 3, largo 3,30 m y diámetros ≥ 18 cm
Aser4: Trozas aserrables 4, largo 2,44 m y diámetros ≥ 12 cm
Pulp: Trozas pulpables, largo 2,44 m y diámetros ≥ 8 cm

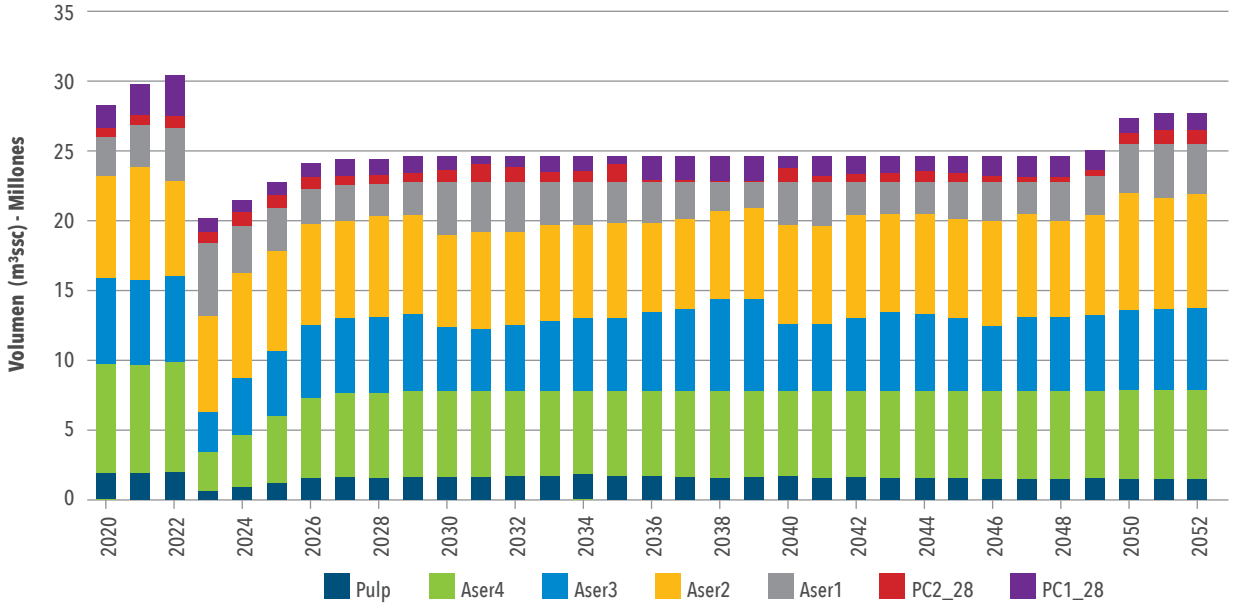


Figura Nº 29

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL DE PINO RADIATA POR TIPO DE TROZA. ESCENARIO BASE 2022.

La disponibilidad de oferta de trozas podadas en el período 2023 al 2050 se presenta en torno a los 1,85 millones de m³ssc, considerando los productos podado largo (PL1_28) y podado corto (PC2_28). La oferta de trozas aserrables, que abarca los productos Aser1, Aser2 y Aser3 se presenta en el rango de los 15 millones de m³ssc de volumen de madera, presentando niveles de oferta restrictivas si se consideran los actuales niveles de consumo del sector.

Para el segmento de trozas pulpables de pino radiata en el escenario base, que considera los productos Aser4 (metro ruma) y pulpable, la oferta de volumen de madera presenta una baja disponibilidad para el período 2023 de 4,7 millones de m³ssc. En los períodos siguientes esta oferta crece significativamente presentando una proyección no decreciente de 7,8 millones de m³ssc de volumen de madera en troza (período 2028 al 2050). Oferta que presenta un déficit de volumen de madera respecto a los actuales consumos del sector, que presenta en promedio una demanda de 9,8 millones de m³ssc, sin considerar el volumen proveniente de astillas.

En este contexto, el abastecimiento del segmento de la celulosa se presenta como una demanda rígida o poco flexible de madera en troza, generando una gran competencia por trozos de calidades más altas (principalmente trozos aserrables), con el objetivo de poder suplir este déficit para este segmento de industria.

Cuadro Nº 43

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN PROMEDIO DE *E. globulus, E. nitens* y *E. gloni* POR TIPO DE TROZA PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Año	Volumen de productos en Eucaliptos			Total
	E. globulus	*E. nitens*	*E. gloni*	
	(m³ ssc/año)			
2020-2022	5.792.634	9.384.098	17.681	**15.194.413**
2023-2025	5.731.420	7.974.420	42.447	**13.748.287**
2026-2028	5.731.420	9.871.317	487.076	**16.089.813**
2029-2031	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2032-2034	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2035-2037	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2038-2040	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2041-2043	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2044-2046	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2047-2049	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2050-2052	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**

Respecto de la disponibilidad de oferta de madera de eucaliptos se presenta una oferta no decreciente para *E. globulus* de 5,7 millones de m³ssc de volumen de madera en pie para el período 2023 al 2050 (Cuadro Nº 43), siendo esta menor a la proyectada en el estudio anterior (2018). Disminución que se puede explicar por la baja de rendimientos en algunas zonas de crecimiento, sumado al cambio de superficie plantada a *E. gloni*.

La oferta de *E. nitens* se mantiene dentro de los rangos obtenidos en el estudio anterior, presentando una proyección

de volumen no decreciente de 9,8 millones de m³ssc de madera en pie para el período 2023 al 2050. Especie que mantiene rangos de crecimientos similares a los definidos en estudio anterior, sumado a un leve incremento en superficie plantada (Cuadro N° 43 y Figura N° 30).

El híbrido *E. gloni*, presenta un bajo volumen de oferta para los siete (7) primeros periodos de proyección, producto del aporte de las primeras superficies plantadas que comienzan alcanzar los rangos de cosecha. Este aporte se incrementa desde el 2028 al 2050, presentando una oferta no decreciente de 1,1 millones de m³ssc de volumen de madera en pie, siendo un complemento al volumen total que proyectan *E. globulus* y *E. nitens* (Cuadro N° 43 y Figura N° 30).

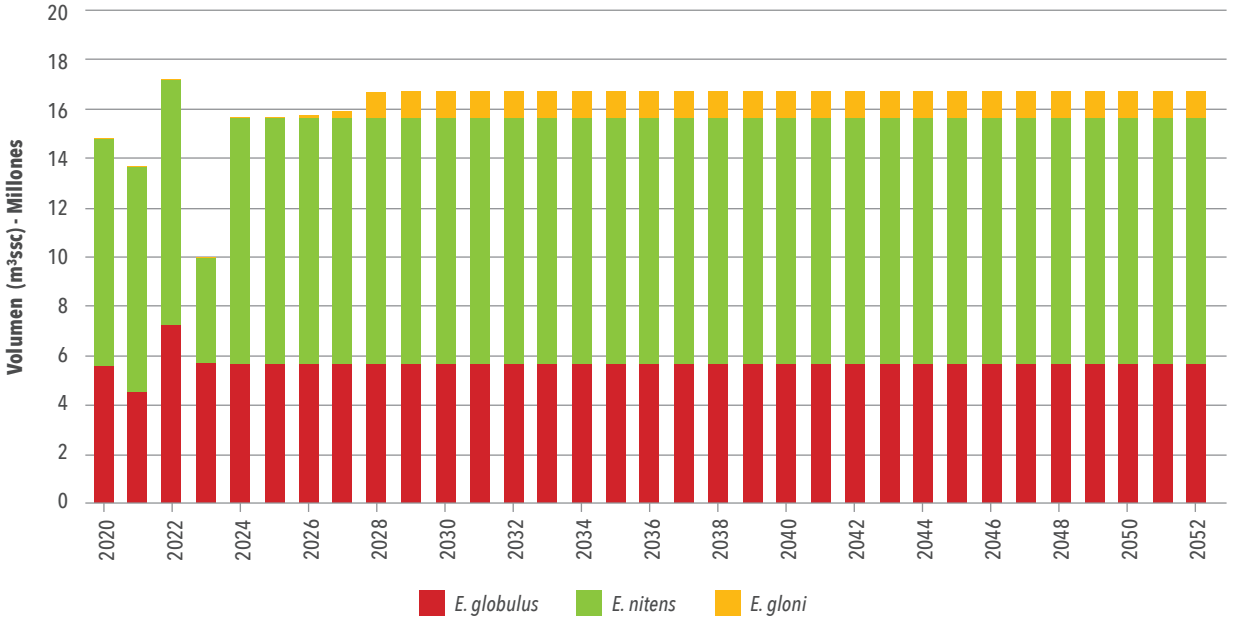


Figura N° 30
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN ANUAL DE EUCALIPTOS POR TIPO DE TROZA. ESCENARIO BASE 2022.

5.6. Cosecha Proyectada en Escenario Base

En los siguientes cuadros se presenta la información sobre las variables de superficie, rendimientos y edades de cosecha obtenidas en la proyección para el escenario base. Esto considerando los diferentes esquemas de manejo, agrupados por tipo de productos, siendo la suma agregada de productos que salen de este tipo de manejo sin considerar el tipo de producto en específico.

En el Cuadro N° 44, se describen las superficies medias anuales de cosecha del escenario base, para los distintos tipos de esquema de manejo propuestos, que se agrupan en los siguientes regímenes:

- **Objetivo de producto pulpable y aserrable nudoso:** Esquema 1 sin raleo y esquema 2 con raleo a desecho.
- **Objetivo aserrable nudoso:** Esquemas 3 y 4. Presentando raleo a desecho y raleo comercial con distintas densidades.
- **Objetivo podado:** Esquemas 5 y 6, presentando podas baja y alta, con distintas densidades finales a la edad de cosecha.

Cuadro Nº 44

SUPERFICIE DE COSECHA PROMEDIO POR TIPO DE ESPECIE. ESCENARIO BASE 2022.

Período	Pino radiata				*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*
	Pulpable	Aserrable	Podado	Total Pino	Pulpable	Pulpable	Pulpable
	(ha/año)						
2020-2022	28.880	10.622	37.465	76.967	33.844	15.936	41
2023-2025	9.560	10.511	21.994	42.065	39.256	13.804	106
2026-2028	26.482	9.812	22.870	59.164	32.363	17.570	1.634
2029-2031	19.390	17.253	25.440	62.083	27.848	18.889	3.814
2032-2034	24.640	11.396	20.947	56.984	34.907	18.807	3.361
2035-2037	27.543	9.448	17.485	54.476	37.058	17.735	2.892
2038-2040	30.754	2.101	17.314	50.169	36.927	15.758	2.581
2041-2043	22.107	11.206	20.490	53.803	34.308	15.103	2.822
2044-2046	14.584	22.568	21.263	58.415	29.888	15.750	2.864
2047-2049	21.594	7.044	24.421	53.059	37.566	16.864	2.866
2050-2052	23.093	9.810	22.065	54.968	38.699	16.291	3.065

En el Cuadro Nº 44 se observa especialmente en el primer trienio el nivel de corta que se necesita en pino radiata para satisfacer la demanda observada, y como en periodos de flujo continuo esta superficie de corta promedia las 55.000 hectáreas.

En el caso de los eucaliptos, la superficie promedio para el período está cercana a las 53.000 hectáreas considerando el conjunto de las especies.

En los Cuadros Nº 45 y Nº 46 se presenta la información respecto a las edades medias de cosecha final y los volúmenes medios de cosecha por régimen de manejo y trienio.

Cuadro Nº 45

EDAD MEDIA DE COSECHA ANUAL POR TIPO DE ESPECIE PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	Pino M1 - M2	Pino M3 - M4	Pino M5 - M6	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*
	(año)					
2020-2022	22	24	25	17	18	20
2023-2025	23	28	25	19	16	17
2026-2028	20	24	25	17	16	14
2029-2031	19	24	26	19	16	13
2032-2034	20	23	25	18	15	15
2035-2037	20	22	25	18	16	16
2038-2040	21	22	25	17	17	16
2041-2043	23	23	24	17	17	14
2044-2046	23	24	25	15	17	16
2047-2049	23	24	26	15	17	16
2050-2052	23	24	26	15	17	16

Cuadro Nº 46

VOLUMEN MEDIO DE COSECHA PROMEDIO POR TIPO DE ESPECIE. ESCENARIO BASE 2022.

Período	Pino radiata			*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*
	Pulpable	Aserrable	Podado	Pulpable	Pulpable	Pulpable
	(m³/ha)					
2020-2022	353	253	445	171	589	427
2023-2025	495	567	493	146	578	401
2026-2028	373	407	460	177	562	298
2029-2031	302	390	474	206	523	286
2032-2034	362	407	529	164	525	324
2035-2037	403	398	559	155	557	377
2038-2040	443	691	552	155	626	423
2041-2043	384	490	520	167	654	387
2044-2046	386	367	504	192	627	381
2047-2049	463	452	475	153	585	380
2050-2052	463	455	564	148	606	356

La tendencia marcada por las empresas es que los manejos podados se aplican en los mejores sitios y es por esto que sus rendimientos son mayores. Dentro de los esquemas de manejo podado (manejos 5 y 6), se genera un mayor volumen total e incluye el volumen de cosecha sumado los volúmenes de las actividades de raleos anteriores. Los

esquemas 3 y 4 también presentan aporte de volumen de trozas provenientes de raleos comerciales. En el cuadro N° 47, se presenta la información de volumen medio de raleo por tipo de producto (aserrable o pulpable).

Cuadro N° 47
VOLUMEN MEDIO DE RALEO ANUAL POR TIPO DE PRODUCTO. ESCENARIO BASE 2022.

Año	Pino radiata		Total
	Producto Aserrable	Producto Pulpable	
	(m³ssc/año)		
2020-2022	271.529	706.574	**978.103**
2023-2025	243.673	599.223	**842.896**
2026-2028	206.771	632.094	**838.865**
2029-2031	374.174	919.508	**1.293.682**
2032-2034	490.589	1.191.301	**1.681.890**
2035-2037	439.657	1.051.973	**1.491.631**
2038-2040	601.773	1.046.444	**1.648.218**
2041-2043	404.989	1.169.840	**1.574.829**
2044-2046	367.924	812.463	**1.180.387**
2047-2049	302.224	728.921	**1.031.145**
2050-2052	246.792	769.443	**1.016.234**

Aserrable: productos 2, 3, 4, 5
Pulpable: productos 6 y 7

5.7. Balance Oferta y Demanda de Volumen en el Escenario Base 2022

En los últimos años la oferta de volumen de madera en troza para el total de especies (Pino radiata, *E. globulus* y *E. nitens*) ha presentado una disminución de la oferta de volumen de madera en pie considerando las estimaciones realizadas a comienzos de década (2013). Esta disminución se presentó en un rango de -8,0% a -8,5% para el período 2017 – 2040, equivalente a -3,7 millones de m³ssc de madera en trozas, para posteriormente disminuir ese déficit a -3,5% (-1,6 MM m³ssc) al final del horizonte evaluado (período 2047) (Büchner *et al*., 2021). Respuesta que puede tener su base en cuanto a menores incrementos de superficie plantada, menores crecimientos de las plantaciones, perdida del recurso por los mega incendios del 2017, cambios de usos productivos, entro otros, generando una presión sobre el recurso.

En este contexto, en el Cuadro N° 48 se presenta información resumida sobre la disponibilidad de oferta proyectada en este estudio con el consumo proyectado por las empresas por especie para los períodos iniciales del horizonte de proyección 2020 al 2025. Información de referencia que permite contrastar las actuales proyecciones de oferta sostenible en tiempo con las expectativas que tiene el sector para cubrir sus necesidades de demanda y producción en el corto plazo.

Cuadro Nº 48
DISPONIBILIDAD PROYECTADA DEL ESCENARIO BASE 2022 FRENTE A CONSUMO PROYECTADO POR LAS EMPRESAS PARA LAS DIFERENTES ESPECIES 2020 A 2025.

Período	Oferta Pino	Consumo Proyectado Pino	Oferta *E. globulus*	Consumo Proyectado *E. globulus*	Oferta *E. nitens*	Consumo Proyectado *E. nitens*	Oferta *E. gloni*	Consumo Proyectado *E. gloni*
	(m³ ssc/año)							
2020	28.322.476	**28.322.476**	5.636.637	**5.636.637**	9.117.985	**9.117.985**	12.241	-
2021	29.808.694	**29.808.694**	4.504.326	**4.504.326**	9.136.789	**9.136.789**	29.664	-
2022	30.456.867	**30.456.867**	7.236.938	**7.236.938**	9.897.521	**9.897.521**	11.139	-
2023	20.248.961	**30.238.084**	5.731.420	**7.067.887**	4.180.626	**10.384.601**	42.447	-
2024	21.511.036	**30.478.586**	5.731.420	**7.067.887**	9.871.317	**10.345.041**	42.447	-
2025	22.804.743	**30.478.177**	5.731.420	**7.067.887**	9.871.317	**10.343.216**	42.447	-

Para la especie pino radiata, en el Cuadro Nº 49 y Figura Nº 31 se presenta el balance en cifras de disponibilidad proyectada frente a la estimación de demanda proyectada para el período 2020 a 2025.

La demanda proyectada representa una expectativa de consumo por parte del sector sumado a la tendencia de consumo de los años anteriores. En cuanto a cifras, se aprecia claramente que el recurso no soporta la demanda proyectada para los próximos períodos, presentándose un desbalance de volumen de madera a nivel de productos aserrable y pulpable. En la Figura Nº 31 se observa el déficit de volumen total para el período 2022 a 2025.

Cuadro Nº 49
BALANCE DISPONIBILIDAD PROYECTADA DEL ESCENARIO BASE 2022 FRENTE A CONSUMO PROYECTADO POR LAS EMPRESAS PARA PINO RADIATA.

Período	Oferta Aserr + Podado	dda_pin_ase	Diferencia	Oferta Pulpable	dda_pin_pul	Diferencia
	(m³ ssc/año)					
2020	18.495.636	18.495.636	-	9.826.840	9.826.840	-
2021	20.059.707	20.059.707	-	9.748.987	9.748.987	-
2022	20.547.995	20.547.995	-	9.908.872	9.908.872	-
2023	16.810.088	20.422.134	**-3.612.046**	3.438.873	9.815.950	**-6.377.077**
2024	16.810.088	20.534.311	**-3.724.223**	4.700.948	9.944.275	**-5.243.327**
2025	16.810.088	20.469.124	**-3.659.036**	5.994.654	10.009.053	**-4.014.399**

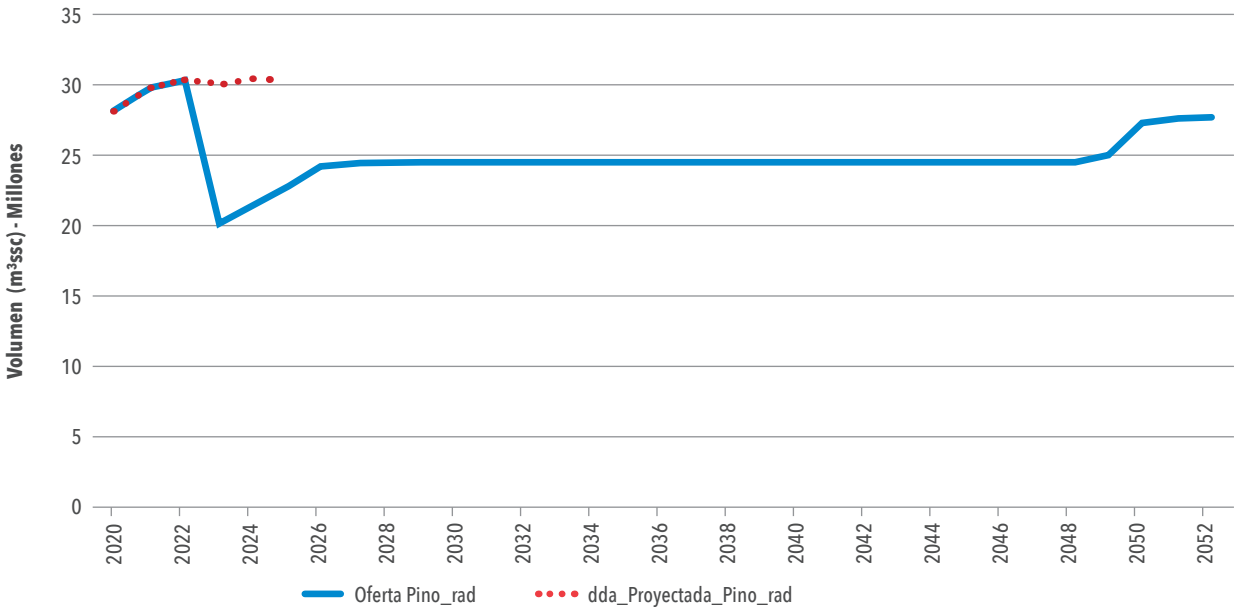


Figura N° 31
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL DE PINO EN EL ESCENARIO BASE 2022 Y DEMANDA PROYECTADA.

Para el conjunto de especies de eucaliptos se presenta la información de balance en el Cuadro N° 50 y Figura N° 32. En este sentido, la disponibilidad en forma conjunta alcanza los 13,7 millones m³ssc promedio anual, para el período inicial de proyección (2023 a 2025), presentando un déficit, solo para el año 2023 de -8,1 millones de m³ssc, para luego llegar a un déficit de -2,5 millones de m³ssc de volumen de madera en troza para los años 2024 y 2025. Posteriormente para el período 2028 al 2050, se presenta una proyección de oferta no decreciente de 16,7 millones de m³ssc ajustándose más a los rangos las demandas proyectadas por el sector.

En la Figura N° 32 se presenta la información de volumen de oferta proyectada para el total de especies de eucaliptos (*E. globulus* + *E. nitens* + *E. gloni*) y consumo ejecutado 2021 y 2022 en conjunto a la demanda proyectada para el 2022 al 2025.

Cuadro N° 50
BALANCE DISPONIBILIDAD PROYECTADA PARA EL ESCENARIO BASE 2022
FRENTE A CONSUMO PROYECTADO POR LAS EMPRESAS EN EUCALIPTOS.

Período	Oferta Aserr + Podado	dda_pin_ase	Diferencia
	(m³ ssc/año)		
2020	14.766.863	14.754.622	-
2021	13.670.779	13.641.115	-
2022	17.145.598	17.134.459	-
2023	9.954.493	18.148.321	**-8.193.828**
2024	15.645.184	18.157.287	**-2.512.103**
2025	15.645.184	18.155.461	**-2.510.277**

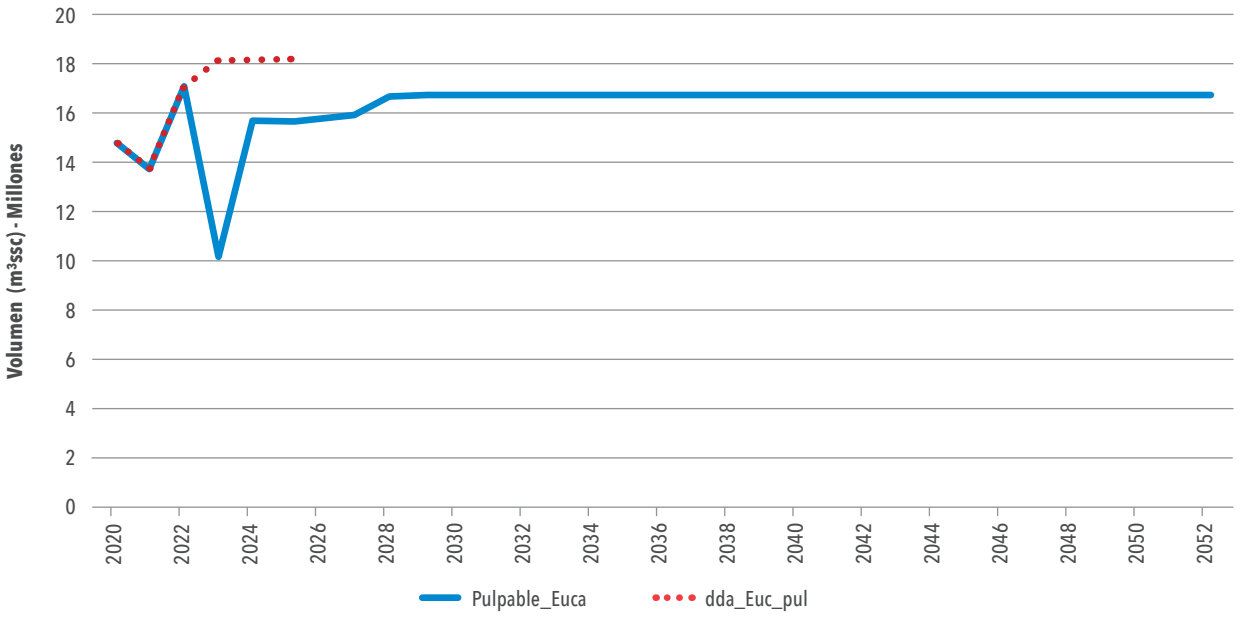


Figura N° 32
DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN TOTAL DE EUCALIPTOS EN EL ESCENARIO BASE Y DEMANDA PROYECTADA.

06 CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

Los actuales resultados de proyección de madera en pie del estudio muestran una leve disminución en la oferta de volumen total de madera futura para el total de especies, para el escenario base 2022, considerando valores de 43.216.564 m³ssc (estudio 2018) a 41.333.441 (estudio 2022), representando una disminución del -4,3%, equivalente en promedio a -1,8 millón de m³ssc de volumen de madera en pie.

En términos generales se observa con preocupación los desafíos que enfrenta el sector respecto a las mayores presiones que se han generado en la última década, considerando factores asociados a incendios de mayor magnitud en los últimos años, provocando pérdida del recurso; cambio de especies; planes de reconversión de plantaciones a bosque nativo; casi nula incorporación de nueva superficie plantada debido al término de los incentivos estatales en el año 2012; mayores presiones por el uso del suelo; y menores crecimientos de algunas especies en determinadas zonas del territorio que se asocian a efectos del cambio climático, producto de la prolongada sequía en la zona central que afectan el ritmo de crecimiento de las especies madereras. Además, se suman la demanda futura que conlleva la intención de fortalecer la construcción en madera, como una forma más sustentable de construcción, dados los desafíos climáticos que se enfrentan.

En términos de superficie plantada, no se han presentado nuevas incorporaciones de superficie plantada en el territorio presentando valores entre los 2,2 y 2,4 millones de hectáreas plantadas en el período 2010 al 2022. En este contexto, se puede destacar el trabajo a nivel privado y colaborativo del sector, para buscar especies que se adaptan mejor a las condiciones particulares de cada territorio, donde *Eucalyptus gloni* será una alternativa en aquellas zonas donde las otras especies de eucaliptos presentan bajos crecimientos debido a las nuevas condiciones de temperatura y precipitaciones que se observan en la actualidad. A la fecha esta especie se encuentra en una superficie plantada de 35.000 hectáreas, cifra a incrementarse en los próximos años debido al cambio de especie principalmente desde *E. globulus* a *E. gloni*.

Para pino radiata se presenta una mayor superficie plantada en comparación al estudio anterior (+60.326 ha), situación que se debe principalmente a la recuperación de las áreas afectadas por los grandes incendios del 2017. Sin embargo, parte de esta recuperación en el segmento de medianos y pequeños propietarios corresponden a zonas con regeneración natural, siendo un problema en áreas que presentan una exuberante regeneración, situación que dificulta el normal desarrollo y crecimiento, afectando considerablemente la calidad y potencial uso del recurso a futuro para el sector maderero.

En cuanto a la proyección de la oferta de madera, se observan cifras muy similares a las obtenidas en el estudio anterior de 24,6 millones m³ssc de volumen de madera en pie. Cifra inferior a los actuales valores de consumo de madera en troza y expectativas de demanda del sector para los próximos años, proyectando un consumo en promedio de 30 millones de m³ssc de volumen de madera en troza. Déficit de oferta de madera que puede afectar la sostenibilidad del recurso en el corto o mediano plazo de mantener los actuales niveles de consumo.

En el caso de los eucaliptos se presenta una mayor superficie plantada respecto a la utilizada en el estudio anterior, que ascienden a 63.000 ha. Esto explicado por la recuperación de áreas afectadas por los incendios del 2017 y, en menor medida, a un incremento de plantaciones de *E. nitens*. Para el caso de *E. globulus* se observa una baja de superficie

en el segmento de empresas, explicado por la tendencia de reforestar algunas áreas cosechadas de *E. globulus* con el hibrido *E. gloni* o con pino radiata, que ha sido más resiliente a los efectos de la sequía. En cuanto al segmento de pequeños y medianos propietarios, la mayor superficie se explica por la regeneración y reforestación de *E. globulus* y *E. nitens* en las áreas afectadas por los incendios del 2017.

Respecto a las estimaciones de oferta de volumen de madera. *E. globulus* registra una proyección de 5,7 millones de m^3ssc de volumen de madera en pie, presentando una disminución respecto al estudio anterior de -2,5 millones de m^3ssc de volumen, equivalente al 30% del volumen. Esta disminución se explica principalmente por ajuste a la baja de los rendimientos de estas plantaciones, producto de la prolongada sequía en la zona central del país, sumado al daño por el defoliador *Gonipterus platensis* que afecta el normal crecimiento de estas plantaciones. Además, se considera el cambio de especie en la superficie cosechada por plantaciones de pino radiata o *E. gloni*.

En cuanto a *E. nitens*, la oferta de volumen proyectada es muy similar a la obtenida en el estudio anterior, presentando una proyección 9,8 millones de m^3ssc de volumen de madera. Oferta que se presenta en la zona entre las regiones de Biobío a Los Lagos.

Para *E. gloni*, se proyecta una oferta de 1,1 millones de m^3ssc de volumen de madera en troza a partir del período 2029 -2031. Cifras que aún están sujetas a la recopilación de mayor información respecto de los rendimientos operacionales, que validen estos resultados. Sin embargo, esta oferta contribuirá a suplir el déficit de volumen de *E. globulus* en la oferta total de trozas de eucaliptos.

Sin duda la disminución de plantaciones de pino radiata en pequeños y medianos propietarios ha complicado también a la pyme maderera, que trabaja principalmente en base a esta especie y que en su mayoría no cuenta con bosques propios, generando déficits en la producción de este segmento industrial.

De acuerdo a estos resultados será necesario mejorar aún más la eficiencia en el uso de los recursos existentes, fortalecer las estrategias que permitan disminuir el impacto de los incendios forestales, junto con considerar estimular la inversión privada en este sector que sigue mostrando una creciente demanda.

REFERENCIAS

Álvarez González, Verónica; Poblete Hernández, Pamela; Soto Aguirre, Daniel; Gysling Caselli, Janina; Kahler González, Carlos; Pardo Velásquez, Evaristo; Bañados Munita, Juan Carlos y Baeza Rocha, Daniela (2022). Anuario Forestal 2022. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 187. P. 280.

Álvarez, Verónica y Bañados, Juan Carlos (2021). Exportaciones Forestales Enero-diciembre 2021. Instituto Forestal, Chile. Boletín Estadístico N° 184, marzo 2022 P. 54

Büchner, Carlos; Martin, Marjorie; Sagardia, Rodrigo; Rojas, Yasna; Guzmán, Felipe; Barrientos, Marco; Guiñez, Rodrigo y Aravena, Alan (2021). Análisis de los factores que están incidiendo en la oferta de madera de plantaciones forestales en los últimos años. Regiones de Valparaíso a Los Lagos período 2010 – 2019. Instituto Forestal, Chile. Documento de Divulgación N° 60. 40 p.

Büchner, Carlos; Martin, Marjorie; Sagardia, Rodrigo; Avila, Alberto; Molina, Eduardo; Rojas, Yasna; Muñoz, Juan Carlos; Barros, Santiago; Rose, Joceline; Barrientos, Marco; Barrales, Luis y Guiñez, Rodrigo (2018). Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pinus radiata, Eucalyptus globulus y Eucalyptus nitens 2017 - 2047. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 220. P. 123

CONAF (2021). Plantaciones Forestales Efectuadas Durante el Año 2020. Corporación Nacional Forestal). Gerencia de Bosques y Cambio Climático. Departamento de Bosques Plantados. Chile, Santiago. 81p.

INFOR (1999). Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata en Chile: 1998-2027. Informe Técnico N° 142, enero 1999. Instituto Forestal - CORFO. 45p.

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 (2007). Disponibilidad de Madera de Eucalyptus en Chile: 2006 - 2025. Informe Técnico N° 173, febrero 2007. Instituto Forestal – MINAGRI. 57p.

INFOR (2013). Disponibilidad de Madera de Plantaciones de Pino Radiata y Eucalipto (2010-2040). Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 194. P. 77.

Rojas, Y.; Büchner, C.; Martin, M.; Müller-Using, S. y & Bahamondez, C. (2021). Importancia del sector forestal en la contabilidad de gases de efecto invernadero (GEI) del país. Ciencia & Investigación Forestal, 27(3), 35–47. https://doi.org/10.52904/0718-4646.2021.558

Sagardia, Rodrigo; Bahamondez, Carlos; Ávila, Alberto; Reyes, René y Vergara, Gerardo (2021). Los Recursos Forestales en Chile 2021. Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal, Chile. Informe Técnico N° 248. p. 196.

APÉNDICES

Apéndice 1

CONSUMO DE MADERA EN TROZA DE PINO RADIATA Y EUCALIPTOS, POR RUBRO INDUSTRIAL 1990 – 2020.

Pino radiata										
Año	Total	Pulpa Mecánica	Pulpa Química (1)	Madera Aserrada	Tableros y Chapas	Trozas Aserrables Exportación	Trozas Pulpables Exportación	Astillas	Postes y Polines	Otros (2)
	(miles de m³ssc)									
1990	10.717,7	413,7	2.023,4	6.000,3	456,6	1.030,4	234,9	386,6	-	171,8
1991	11.374,0	472,3	2.917,3	5.822,5	449,7	751,1	312,8	504,6	-	143,7
1992	14.007,1	499,8	5.718,3	5.426,5	473,9	1.029,0	161,9	446,7	-	251,0
1993	14.625,9	463,4	5.465,2	5.635,3	607,5	1.390,3	62,1	711,8	-	290,3
1994	16.005,6	500,6	5.976,9	6.182,2	642,3	1.549,5	121,7	701,6	-	330,8
1995	18.547,7	755,4	6.253,0	7.403,1	722,3	1.664,5	274,4	1.158,9	-	316,1
1996	17.995,1	523,8	5.998,1	7.852,4	634,6	1.391,2	131,7	1.111,3	-	352,0
1997	18.369,1	525,8	5.773,1	8.925,5	620,2	1.436,1	105,1	658,8	-	324,5
1998	16.409,2	577,2	5.654,0	8.469,9	643,4	221,3	115,5	511,7	-	216,2
1999	17.739,2	634,6	5.281,0	9.700,7	730,8	395,2	95,7	389,4	-	511,8
2000	18.806,3	763,8	5.732,9	10.618,3	809,6	64,0	94,9	276,3	-	446,5
2001	20.384,6	1.012,2	6.441,3	11.287,6	954,7	38,8	117,5	162,0	-	370,5
2002	20.187,8	852,4	5.268,4	11.999,4	1.192,8	139,1	136,9	158,7	-	440,1
2003	22.087,5	814,6	5.992,4	13.143,7	1.325,5	25,0	148,0	229,4	-	408,9
2004	25.801,6	1.286,9	7.277,7	14.911,0	1.584,7	68,0	116,9	108,2	-	448,2
2005	25.729,1	1.206,2	6.775,2	15.400,9	1.775,4	1,6	62,5	44,3	-	463,0
2006	25.539,4	1.201,8	5.782,1	16.092,0	2.095,9	-	31,3	5,4	-	330,9
2007	27.495,0	1.291,9	8.301,5	15.342,2	2.189,4	8,0	5,8	29,2	-	327,0
2008	26.952,6	1.303,5	8.916,5	13.369,6	2.830,0	-	-	230,0	-	303,0
2009	24.752,9	1.378,4	8.929,1	10.899,9	3.039,9	0,1	-	268,3	-	237,1
2010	22.888,9	1.252,8	6.337,6	11.638,3	3.045,1	0,1	0,6	309,0	-	305,4
2011	26.211,7	829,3	8.541,8	12.627,9	3.450,2	40,8	0,2	358,9	-	362,6
2012	26.420,8	1.200,8	8.119,3	13.199,8	3.048,3	3,9	-	466,3	-	382,3
2013	28.864,6	911,9	9.261,4	14.493,0	3.360,2	7,1	-	453,8	-	377,1
2014	30.266,5	568,7	9.764,0	15.054,8	4.029,7	23,5	-	485,7	-	340,2
2015	30.688,5	808,8	8.949,0	15.766,8	4.317,6	3,0	-	557,5	-	285,8
2016	30.847,0	748,1	8.859,8	16.052,5	4.417,1	25,7	-	425,1	-	318,7
2017	30.670,7	737,9	9.214,0	15.580,6	3.998,6	99,8	-	696,3	-	343,5
2018	31.915,6	787,9	9.214,0	16.111,9	4.419,5	226,0	-	759,4	-	334,5
2019	30.121,8	801,8	8.925,8	15.251,1	4.250,6	227,1	-	336,8	-	328,6
2020	28.322,5	699,5	7.660,0	15.021,1	4.038,5	128,5	-	430,0	-	345,0

Eucaliptos										
Año	Total	Pulpa Mecánica	Pulpa Química (1)	Madera Aserrada	Tableros y Chapas	Trozas Aserrables Exportación	Trozas Pulpables Exportación	Astillas	Postes y Polines	Otros (2)
	(miles de m³ssc)									
1990	1.150,1	-	158,3	86,9	17,9	0,2	343,8	543,0	-	-
1991	2.610,1	-	810,1	129,5	25,2	-	268,6	1.376,7	-	-
1992	1.820,1	-	767,8	114,1	19,4	-	82,2	836,6	-	-
1993	1.734,3	-	740,9	104,3	20,2	0,1	92,9	775,9	-	-
1994	1.929,6	1,6	739,8	86,8	23,5	5,7	151,4	920,8	-	-
1995	2.214,3	1,6	951,0	52,8	22,8	-	224,0	962,1	-	-
1996	1.799,4	-	837,4	43,8	18,9	-	73,1	826,2	-	-
1997	2.024,8	-	921,1	32,5	22,1	-	146,6	902,5	-	-
1998	2.368,0	-	1.175,0	22,1	20,8	-	70,1	1.080,0	-	-
1999	3.306,3	-	1.360,0	19,0	17,0	0,1	412,5	1.489,6	-	8,1
2000	3.987,2	-	1.548,8	22,1	17,9	0,8	505,4	1.888,8	-	3,4
2001	3.974,6	-	1.205,3	17,2	13,6	-	347,0	2.385,8	-	5,7
2002	4.388,7	-	1.835,9	14,2	10,8	-	233,5	2.289,6	-	4,7
2003	4.596,1	-	1.737,7	12,0	10,4	-	120,6	2.713,6	-	1,8
2004	5.341,2	6,0	2.641,1	11,3	6,9	-	81,3	2.590,0	-	4,6
2005	5.946,7	92,2	2.805,1	25,0	10,0	0,1	16,0	2.989,1	-	9,2
2006	6.769,5	82,5	3.339,0	33,0	1,2	0,1	16,2	3.282,4	-	15,1
2007	10.057,7	-	6.188,2	25,8	1,8	-	0,2	3.824,0	-	17,7
2008	12.055,1	-	6.749,2	6,7	285,7	-	-	5.007,7	-	5,9
2009	10.909,9	-	6.290,5	6,8	152,9	0,8	0,1	4.454,7	-	4,2
2010	10.879,6	21,8	5.147,2	6,0	329,1	2,0	23,8	5.346,7	-	3,0
2011	12.209,2	-	6.203,5	4,7	273,6	1,4	-	5.721,8	-	4,0
2012	11.826,4	13,6	6.220,3	9,8	335,2	1,5	-	5.237,1	-	8,9
2013	11.447,5	-	6.365,8	10,7	403,8	0,2	-	4.659,4	-	7,7
2014	11.635,3	-	6.407,9	12,1	302,7	4,0	-	4.902,0	-	6,6
2015	12.096,3	-	6.995,8	26,1	278,0	21,2	-	4.771,8	-	3,3
2016	13.018,9	-	6.305,0	19,8	277,1	14,0	-	6.400,8	-	2,1
2017	14.475,4	-	7.275,0	15,9	300,7	40,6	-	6.840,5	-	2,6
2018	15.313,8	-	7.535,2	14,6	354,6	31,8	-	7.376,2	-	1,3
2019	14.675,7	-	7.352,8	12,6	328,9	7,0	-	6.972,2	-	2,3
2020	14.760,9	-	8.147,2	9,2	375,2	4,2	-	6.223,4	-	1,6

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*.

F_{przsmj}: Superficie [ha] a forestar por el propietario *p*, en la región *r*, en zona de crecimiento *z*, clase de sitio *s*, estableciendo una plantación en el periodo *j* con esquema de manejo *m*.

F_{prj}: Superficie [ha] a forestar por el propietario *p*, en la región *r*, estableciendo una plantación en el periodo *j*.

V_{prmkj}: Volumen [m³] 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 [m³] de producto *k*, obtenido por corta final en el periodo *j*, en la región *r*.

D_{rkj}: Volumen total [m³] de producto *k*, demandado por corta final en el periodo *j*, en la región *r*.

R_{rmj}: Volumen [m³] de producto pulpable obtenido por raleo comercial, en el periodo *j*, en la región *r*, proveniente de una plantación con esquema de manejo *m*.

$TRAN_{przsm1m2t}$: Superficie de cambio de especie, de un propietario *p*, en la región *r*, en zona *z*, en sitio *s* que tenía un manejo *m1* y pasa a manejo *m2* en el periodo *t*. Donde a través del manejo se puede especificar el tipo de especie (manejo 9 corresponde a *E. globulus*, manejo 10 es *E. nitens* y manejo 11 es *E. gloni*).

CP_{rzsmt}: Superficie que se reconvierte de plantaciones, se cosecha y se deja sin reforestar en una región *r*, en zona *z*, sitio *s*, en un manejo *m* y en el período *t*.

Descripción de los coeficientes del modelo

v_{kzsme}: Rendimiento [m³/ha] de producto *k*, por corta final de una plantación en zona de crecimiento *z*, clase de sitio *s*, esquema de manejo *m*, que es cosechada a la edad de *e* periodos. Este coeficiente esta corregido por el efecto de las plagas, cosecha, técnicas de establecimiento y genética.

r_{zsme}: Rendimiento [m³/ha] de producto pulpable, 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*.

FOR_{prj}: Coeficiente RHS del modelo, correspondiente a la superficie [ha] disponible para forestación del propietario *p*, en la región *r*, en el periodo *j*.

$SMIN_{mi}$: Coeficiente RHS del modelo, correspondiente a la superficie [ha] mínima exigida para plantaciones del periodo *i*, con esquema de manejo *m* en el inventario final.

$DDA_{sp,t}$: Vector de demanda proyectado por especie *sp* (en caso de pino se detalla a nivel de Pulpable y Aserrable) para el periodo de tiempo proyectado *t*.

$CAMBIO_{przsm1m2}$: Superficie de cambio de especie para el propietario *p*, en la región *r*, en zona *z*, desde en el manejo actual *m1* al manejo futuro *m2*.

$CONVER_{rzm}$: Superficie de que se deja de forestar en una región *r*, en zona *z*, del manejo *m*.

Formulación del problema lineal

Función objetivo

$$MAX\ Z = \sum_{k=1}^{11} v_{kzsm(j-i)} * \sum_{p=1}^{4} \sum_{r=5}^{14} \sum_{a=1}^{3} X_{przsmij}$$

Restricciones

- Restricción de inventario inicial

$$Al_{przsmij}) \sum_{j=0}^{30} X_{przsmij} + W_{przsmij} = SUP_{przsmij}$$

$$p = 1,..,4;\ \ z = 1,..,9;$$
$$r = 5,..,14;\ \ m = 1,..,12;$$
$$s = 1,..,4;\ \ i = -10,..,-1;$$

- Cuantificación de superficie cosechada

$$SC_{rzsmj}) \sum_{p=1}^{4} \sum_{j=0}^{30} X_{przsmij} - S_{rzsmj} = 0$$

$$r = 5,..,14;\ \ z = 1,..,9;$$
$$s = 1,..,4;\ m = 1,..,12;$$
$$i = -10,..,3;$$

- Cuantificación de volumen de corta final

$$VC_{rzmkj}) \sum_{z=1}^{9} \sum_{s=1}^{4} \sum_{i=-10}^{3} \left(v_{kzsm(j-i)} * \sum_{p=1}^{4} X_{przsmij}\right) - V_{prmkj} = 0$$

$$r = 5,..,14;\ \ m = 1,..,12;$$
$$k = 1,..,11;\ \ j = 0,..,30;$$

- Cuantificación de volumen de raleo

$$VR_{rzmrj}) \sum_{z=1}^{9} \sum_{s=1}^{4} \sum_{i=-10}^{3} \left(vr_{zsmr(j-i)} * \sum_{p=1}^{4} X_{przsmij}\right) - VRAL_{prmkj} = 0$$

$$r = 5,..,14;\ \ mr = 2,..,10;$$
$$k = 1,..,11;\ \ j = 0,..,30;$$

- Reforestación (continuidad del inventario)

$$VR_{przsmj}) \sum_{i}^{T} X_{przsmij} + F_{przsmj} + \sum_{i}^{10} TRAN_{m2} - \sum_{i}^{10} CP_i - \sum_{i}^{10} TRAN_{m1} - \sum_{l=j+6}^{9} X_{przsmjl} - W_{przsmj} = 0$$

- Superficie disponible para forestación

$$FT_{prj}) F_{prj} \leq FOR_{prj}$$
$$p = 1,..,4;\ r = 5,..,14;$$
$$j = 0,..,30;$$

- Cuantificación de superficie forestada

$$FB_{prj}) F_{prj} - \sum_{z=1}^{9} \sum_{s=1}^{4} \sum_{m=1}^{12} F_{przsmj} = 0$$
$$p = 1,..,4;\ r = 5,..,14;$$
$$j = 0,..,30;$$

- Cuantificación de oferta total

$$VT_{rkj}) \sum_{p=1}^{4} \sum_{m=1}^{12} V_{prmkj} - 0_{rkj} = 0$$
$$r = 5,..,14;\ k = 1,..,11;$$
$$j = 0,..,30;$$

- Superficie mínima por clase de edad en inventario final

$$IF_{mi}) \sum_{p=1}^{4} \sum_{r=5}^{10} \sum_{z=1}^{9} \sum_{s=1}^{4} W_{przsmi} \geq SMIN_{mi}$$
$$m = 1,..,12;\ i = 0,..,30;$$

- Demanda

$$ND_j) \sum_{r=5}^{10} \sum_{k=1}^{11} 0_{rkj} - \sum_{r=5}^{10} \sum_{k=1}^{11} D_{rkj} \geq 0$$

- Oferta total no decreciente en el tiempo

$$ND_j) \sum_{r=5}^{10} \sum_{k=1}^{11} 0_{rkj} - \sum_{r=5}^{10} \sum_{k=1}^{11} 0_{rk(j-1)} \geq 0$$

$$j = 1,..,30;$$

- Reconversión de plantaciones

$$RCP) \; CONVER_{rzm} - \sum_{s=1}^{4} \sum_{t=0}^{10} CP_{przsmt} = 0$$

- Cambio de Especies

$$CSP_j) CAMBIO_{przm1m2} - \sum_{s=1}^{4} \sum_{t=0}^{10} TRAN_{przsm1m2} = 0$$

Apéndice 3

SUPERFICIE TOTAL NACIONAL DE PLANTACIONES POR ESPECIE, EDAD Y RÉGIMEN DE MANEJO.

Edad	Pino radiata			*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	Manejo 1	Manejo 2 al 4	Manejo 5 y 6	9	10	11	
	(ha)						
1	19.921	13.828	10.520	16.407	19.431	5.711	**85.819**
2	37.617	15.905	15.227	32.966	21.408	6.870	**129.993**
3	51.040	21.008	17.540	39.983	15.722	10.498	**155.792**
4	31.469	11.467	18.507	33.049	14.376	7.122	**115.989**
5	23.381	10.609	14.681	32.689	14.040	3.071	**98.470**
6	19.931	9.770	16.029	36.482	16.088	1.198	**99.497**
7	17.512	11.003	15.483	33.636	14.685	170	**92.488**
8	18.532	9.657	16.612	31.019	17.289	207	**93.317**
9	15.671	11.745	18.873	39.012	17.324	56	**102.681**
10	12.737	10.917	19.321	29.604	18.063	92	**90.735**
11	16.982	12.787	22.887	30.089	18.715	119	**101.579**
12	16.400	15.847	20.467	28.336	19.644	97	**100.791**
13	15.821	14.859	25.780	23.156	16.373	135	**96.125**
14	16.639	16.871	23.801	26.424	12.184	50	**95.968**
15	12.829	19.283	25.015	26.409	6.662	20	**90.218**
16	14.567	16.504	23.420	28.224	5.273	61	**88.050**
17	11.452	13.035	25.914	16.868	3.222	48	**70.539**
18	8.685	9.471	26.322	15.146	3.537	8	**63.170**
19	6.339	7.586	24.079	10.864	2.280	3	**51.150**
20	5.277	7.092	21.448	36.588	18.934	7	**89.345**
21	6.067	10.331	26.537				**42.935**
22	4.193	5.885	24.010				**34.088**
23	4.710	9.204	17.604				**31.518**
24	4.971	7.622	13.301				**25.894**
25	3.440	4.877	11.502				**19.819**
26	4.331	6.287	7.843				**18.461**
27	2.397	3.041	5.844				**11.282**
28	1.857	3.388	5.085				**10.331**
29	1.741	3.445	5.174				**10.361**
30	7.369	8.719	17.377				**33.465**
Total	**413.880**	**322.046**	**536.205**	**566.950**	**275.248**	**35.544**	**2.149.872**

Apéndice 4

SUPERFICIE REGIONAL DE PLANTACIONES POR ESPECIE Y EDAD.

REGIÓN DE VALPARAÍSO

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	Total
	(ha)		
1	24	818	**842**
2	0	925	**925**
3	3	689	**692**
4	31	1.272	**1.304**
5	59	1.647	**1.706**
6	74	1.302	**1.376**
7	12	1.664	**1.675**
8	98	1.098	**1.195**
9	58	2.848	**2.906**
10	86	2.727	**2.813**
11	127	3.270	**3.397**
12	103	1.676	**1.778**
13	59	988	**1.047**
14	278	1.649	**1.927**
15	73	2.022	**2.096**
16	139	1.943	**2.082**
17	110	2.416	**2.526**
18	176	1.259	**1.435**
19	215	983	**1.198**
20	266	3.238	**3.504**
21	408	0	**408**
22	142	0	**142**
23	479	0	**479**
24	245	0	**245**
25	74	0	**74**
26	375	0	**375**
27	189	0	**189**
28	99	0	**99**
29	123	0	**123**
30	993	0	**993**
Total	**5.119**	**34.435**	**39.553**

REGIÓN METROPOLITANA

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	Total
	(ha)		
1	0	147	**147**
2	0	212	**212**
3	0	94	**94**
4	0	235	**235**
5	0	423	**423**
6	0	467	**467**
7	0	232	**232**
8	0	315	**315**
9	0	336	**336**
10	0	373	**373**
11	0	243	**243**
12	0	213	**213**
13	1	589	**590**
14	0	215	**215**
15	0	67	**67**
16	0	110	**110**
17	0	95	**95**
18	0	84	**84**
19	0	83	**83**
20	0	230	**230**
21	0	0	**0**
22	0	0	**0**
23	0	0	**0**
24	0	0	**0**
25	0	0	**0**
26	0	0	**0**
27	0	0	**0**
28	12	0	**12**
29	4	0	**4**
30	0	0	**0**
Total	**17**	**4.763**	**4.780**

REGIÓN DE O`HIGGINS

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	Total
	(ha)			
1	1.215	21	0	**1.236**
2	4.839	1.417	0	**6.257**
3	5.342	4.685	0	**10.027**
4	2.991	2.425	0	**5.416**
5	888	1.114	0	**2.002**
6	897	1.432	0	**2.329**
7	1.776	1.844	0	**3.620**
8	2.235	2.024	0	**4.259**
9	2.409	3.887	7	**6.303**
10	1.404	2.160	0	**3.564**
11	4.284	2.953	0	**7.237**
12	2.210	4.346	0	**6.556**
13	1.974	3.719	0	**5.693**
14	1.682	2.624	0	**4.306**
15	1.306	1.188	0	**2.495**
16	1.754	2.000	0	**3.755**
17	1.425	1.144	0	**2.569**
18	1.810	1.174	0	**2.984**
19	2.441	833	0	**3.274**
20	2.502	3.309	14	**5.824**
21	4.040	0	0	**4.040**
22	906	0	0	**906**
23	3.024	0	0	**3.024**
24	975	0	0	**975**
25	64	0	0	**64**
26	1.513	0	0	**1.513**
27	596	0	0	**596**
28	674	0	0	**674**
29	171	0	0	**171**
30	785	0	0	**785**
Total	**58.132**	**44.300**	**20**	**102.453**

REGIÓN DEL MAULE

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)				
1	17.198	1.644	4	0	**18.846**
2	28.286	3.424	218	47	**31.975**
3	43.978	4.345	0	4	**48.327**
4	26.752	4.438	123	1	**31.313**
5	13.934	1.965	0	88	**15.988**
6	11.731	2.084	0	2	**13.817**
7	12.470	3.222	599	57	**16.348**
8	10.192	1.838	269	0	**12.299**
9	10.702	3.968	345	3	**15.018**
10	9.315	2.513	365	29	**12.221**
11	10.975	2.239	238	45	**13.497**
12	13.019	2.852	36	0	**15.908**
13	12.461	2.451	33	0	**14.945**
14	14.315	4.143	156	0	**18.614**
15	15.082	2.481	101	0	**17.664**
16	13.994	3.363	2	0	**17.359**
17	13.239	1.472	63	0	**14.774**
18	9.392	1.470	0	0	**10.862**
19	8.957	685	22	0	**9.664**
20	8.306	1.093	154	0	**9.553**
21	8.018	0	0	0	**8.018**
22	7.840	0	0	0	**7.840**
23	5.630	0	0	0	**5.630**
24	6.811	0	0	0	**6.811**
25	5.623	0	0	0	**5.623**
26	4.462	0	0	0	**4.462**
27	2.893	0	0	0	**2.893**
28	1.989	0	0	0	**1.989**
29	2.201	0	0	0	**2.201**
30	6.468	0	0	0	**6.468**
Total	**356.237**	**51.692**	**2.727**	**274**	**410.930**

REGIÓN DEL ÑUBLE

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)				
1	6.646	4.239	901	603	**12.388**
2	11.616	4.972	2.326	602	**19.517**
3	11.444	3.997	831	1.715	**17.987**
4	7.373	3.667	527	1.203	**12.770**
5	6.650	5.541	818	1.012	**14.021**
6	7.821	5.144	1.530	563	**15.057**
7	6.183	3.482	1.537	25	**11.227**
8	8.865	4.952	1.918	39	**15.774**
9	10.401	4.545	2.018	2	**16.967**
10	7.377	3.635	1.545	0	**12.556**
11	10.258	3.006	1.327	0	**14.591**
12	9.200	4.239	700	0	**14.140**
13	9.596	1.749	432	0	**11.778**
14	8.816	3.948	278	0	**13.042**
15	8.502	3.842	561	0	**12.905**
16	7.461	3.480	191	0	**11.133**
17	6.628	2.166	193	0	**8.987**
18	6.768	944	77	0	**7.790**
19	6.275	526	2	0	**6.802**
20	4.006	1.065	121	0	**5.192**
21	6.136	0	0	0	**6.136**
22	3.792	0	0	0	**3.792**
23	4.161	0	0	0	**4.161**
24	1.310	0	0	0	**1.310**
25	1.733	0	0	0	**1.733**
26	1.492	0	0	0	**1.492**
27	710	0	0	0	**710**
28	755	0	0	0	**755**
29	398	0	0	0	**398**
30	2.048	0	0	0	**2.048**
Total	**184.422**	**69.138**	**17.832**	**5.765**	**277.158**

REGIÓN DEL BIO BIO

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)				
1	9.055	4.926	8.632	2.850	**25.463**
2	13.600	11.727	7.441	3.353	**36.121**
3	17.731	14.478	4.622	5.572	**42.403**
4	11.484	12.104	6.217	3.387	**33.192**
5	13.962	10.796	5.365	858	**30.980**
6	11.890	12.690	5.406	486	**30.471**
7	10.872	14.465	5.249	68	**30.653**
8	10.484	12.149	6.888	85	**29.606**
9	9.687	11.690	7.426	6	**28.809**
10	11.566	9.162	7.721	33	**28.482**
11	12.702	6.474	6.568	28	**25.772**
12	14.346	5.986	8.076	83	**28.491**
13	17.158	5.748	8.036	68	**31.009**
14	17.528	7.712	2.902	35	**28.177**
15	16.923	6.173	1.703	3	**24.801**
16	16.673	5.444	820	42	**22.979**
17	16.474	3.982	500	48	**21.004**
18	15.970	4.499	549	8	**21.026**
19	10.718	4.414	249	3	**15.383**
20	9.890	13.666	3.168	7	**26.731**
21	13.032				**13.032**
22	11.949				**11.949**
23	8.771				**8.771**
24	6.365				**6.365**
25	4.210				**4.210**
26	3.069				**3.069**
27	2.234				**2.234**
28	1.621				**1.621**
29	1.453				**1.453**
30	6.921				**6.921**
Total	**328.336**	**178.284**	**97.537**	**17.022**	**621.179**

REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)				
1	9.057	2.869	6.163	477	**18.567**
2	9.278	7.674	6.330	998	**24.279**
3	9.555	9.020	5.870	928	**25.373**
4	9.728	6.302	3.412	1.342	**20.785**
5	10.495	8.835	4.103	941	**24.374**
6	11.004	10.081	4.567	101	**25.753**
7	8.568	7.426	4.803	19	**20.817**
8	8.967	6.713	4.479	83	**20.242**
9	9.348	9.110	3.843	45	**22.346**
10	8.614	7.342	4.797	31	**20.785**
11	9.737	9.017	5.762	46	**24.563**
12	8.431	6.681	5.701	15	**20.828**
13	10.534	6.733	2.516	68	**19.851**
14	10.857	5.192	1.294	15	**17.359**
15	11.243	9.269	887	17	**21.415**
16	11.405	10.638	1.341	17	**23.400**
17	9.492	4.422	655	0	**14.569**
18	6.957	4.011	1.361	0	**12.329**
19	7.094	2.175	427	0	**9.697**
20	6.839	7.859	4.618	0	**19.316**
21	8.123	0	0	0	**8.123**
22	6.893	0	0	0	**6.893**
23	6.514	0	0	0	**6.514**
24	7.116	0	0	0	**7.116**
25	4.867	0	0	0	**4.867**
26	5.468	0	0	0	**5.468**
27	2.936	0	0	0	**2.936**
28	3.098	0	0	0	**3.098**
29	3.123	0	0	0	**3.123**
30	7.169	0	0	0	**7.169**
Total	**242.511**	**141.371**	**72.929**	**5.141**	**461.953**

REGIÓN DE LOS RÍOS

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)				
1	893	470	3.198	1.501	**6.063**
2	729	687	3.131	1.635	**6.183**
3	1.175	665	3.052	1.821	**6.713**
4	2.359	601	2.937	1.116	**7.013**
5	2.028	707	3.158	173	**6.066**
6	2.131	1.382	2.986	47	**6.546**
7	3.831	269	1.883	0	**5.983**
8	3.700	690	3.017	0	**7.407**
9	3.431	422	2.944	0	**6.797**
10	4.365	370	2.515	0	**7.250**
11	4.074	743	3.232	0	**8.049**
12	4.342	885	3.341	0	**8.568**
13	3.811	421	2.900	0	**7.132**
14	3.413	334	2.878	0	**6.625**
15	3.124	843	2.689	0	**6.656**
16	2.336	705	2.508	0	**5.549**
17	2.490	917	1.454	0	**4.860**
18	2.880	1.395	1.343	0	**5.618**
19	2.016	889	1.222	0	**4.127**
20	1.874	4.488	8.370	0	**14.732**
21	2.905	0	0	0	**2.905**
22	2.492	0	0	0	**2.492**
23	2.570	0	0	0	**2.570**
24	2.633	0	0	0	**2.633**
25	2.390	0	0	0	**2.390**
26	1.054	0	0	0	**1.054**
27	1.386	0	0	0	**1.386**
28	1.735	0	0	0	**1.735**
29	2.569	0	0	0	**2.569**
30	8.754	0	0	0	**8.754**
Total	**83.489**	**17.884**	**58.759**	**6.293**	**166.425**

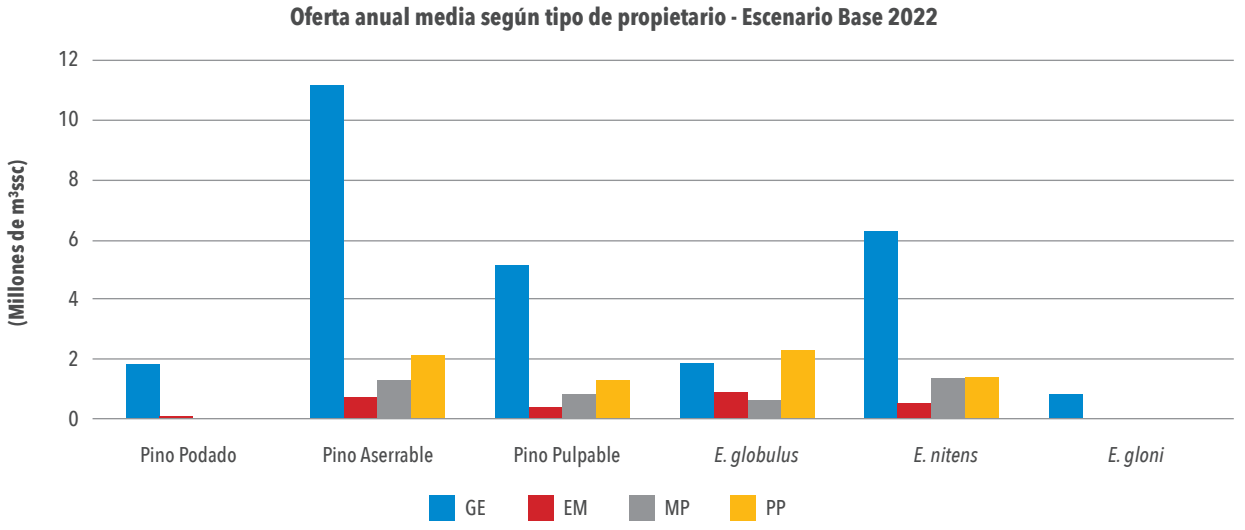
REGIÓN DE LOS LAGOS

Edad	Pino radiata	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(ha)				
1	181	1.273	534	280	**2.267**
2	401	1.927	1.963	234	**4.525**
3	361	2.009	1.348	459	**4.176**
4	724	2.004	1.159	73	**3.961**
5	654	1.659	596	0	**2.909**
6	182	1.900	1.599	0	**3.681**
7	287	1.033	614	0	**1.934**
8	262	1.240	718	0	**2.220**
9	254	2.205	740	0	**3.199**
10	248	1.323	1.119	0	**2.690**
11	500	2.143	1.588	0	**4.231**
12	1.064	1.458	1.789	0	**4.311**
13	866	759	2.455	0	**4.080**
14	422	606	4.675	0	**5.702**
15	874	525	720	0	**2.119**
16	729	542	412	2	**1.684**
17	542	255	357	0	**1.154**
18	525	310	207	0	**1.042**
19	289	275	358	0	**922**
20	134	1.639	2.490	0	**4.263**
21	272	0	0	0	**272**
22	75	0	0	0	**75**
23	368	0	0	0	**368**
24	439	0	0	0	**439**
25	857	0	0	0	**857**
26	1.028	0	0	0	**1.028**
27	337	0	0	0	**337**
28	348	0	0	0	**348**
29	318	0	0	0	**318**
30	326	0	0	0	**326**
Total	**13.867**	**25.083**	**25.443**	**1.048**	**65.440**

Apéndice 5

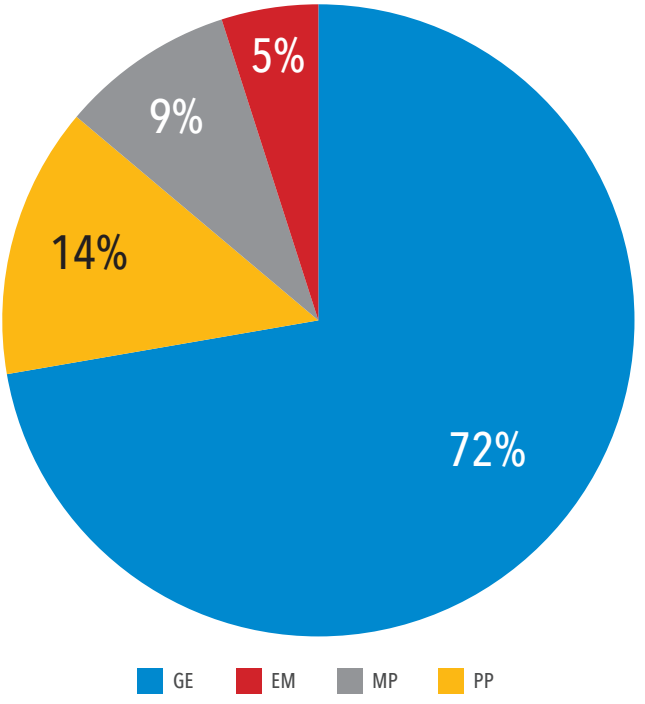
DISPONIBILIDAD MEDIAL ANUAL POR TIPO DE PROPIETARIO Y PRODUCTO SEGÚN ESPECIE PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Tipo de Propietario	Pino Podado	Pino Aserrable	Pino Pulpable	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*
	(m³ ssc)					
Grandes Empresas (GE)	1.848.879	11.194.856	5.149.247	1.903.757	6.284.934	842.876
Empresas Medianas (EM)	71.103	741.618	386.259	899.265	555.219	0
Medianos Propietarios (MP)	41.160	1.303.218	854.851	651.000	1.388.023	0
Pequeños Propietarios (PP)	22.669	2.129.461	1.313.899	2.282.963	1.426.403	37

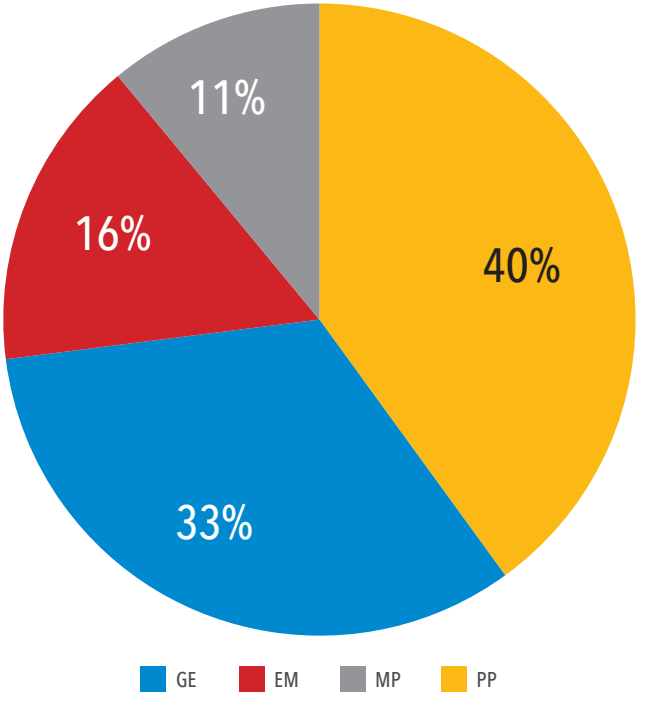


PROPORCIÓN DEL VOLUMEN PROMEDIO SEGÚN SEGMENTO DE PROPIETARIOS PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

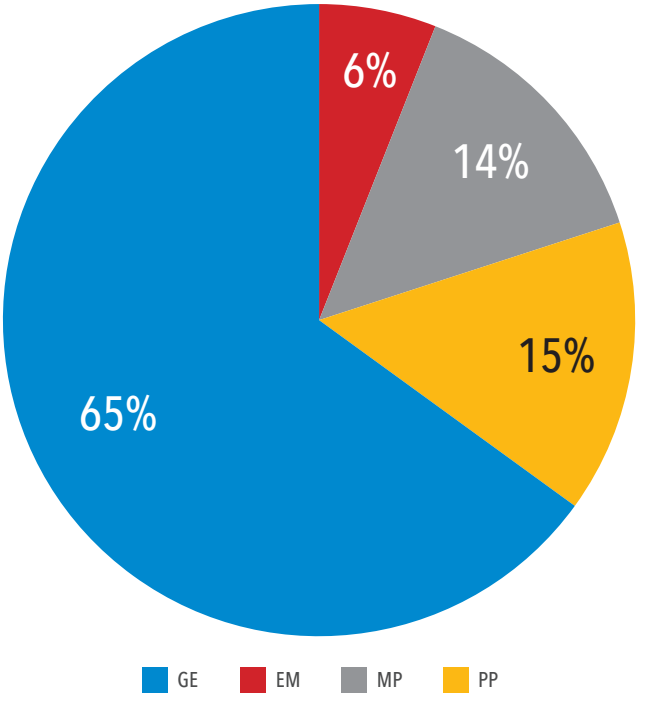
Pino radiata



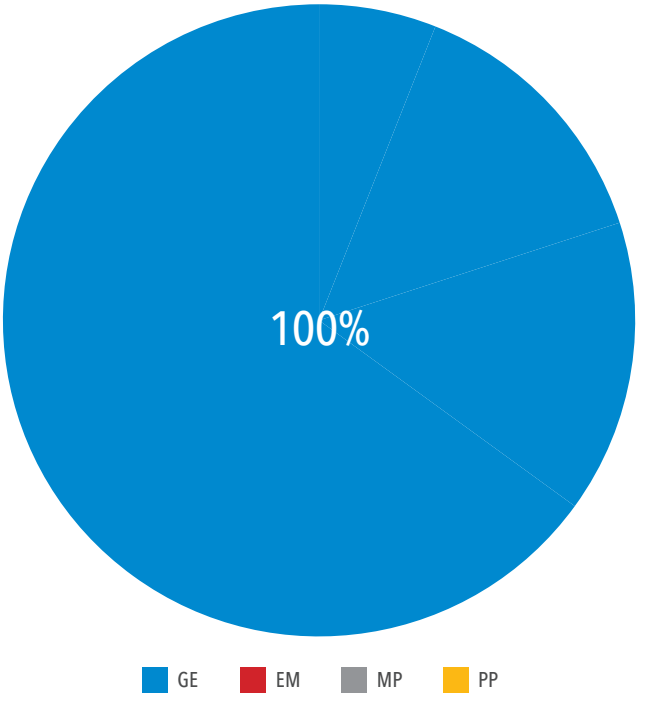
E. globulus



E. nitens



E. gloni



DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL PARA EL CONJUNTO DE ESPECIES POR TIPO DE PROPIETARIO PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	GE	*EM*	*MP*	*PP*	Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	29.685.365	2.193.743	4.751.804	8.092.847	**44.723.759**
2023-2025	21.622.411	2.023.588	4.033.468	7.590.400	**35.269.867**
2026-2028	24.491.311	2.677.542	5.060.025	8.238.040	**40.466.918**
2029-2031	26.797.303	2.716.124	4.537.730	7.282.284	**41.333.441**
2032-2034	27.836.958	3.141.429	3.681.857	6.673.197	**41.333.441**
2035-2037	28.848.748	2.415.254	3.409.874	6.659.565	**41.333.441**
2038-2040	28.957.023	2.515.595	4.032.791	5.828.032	**41.333.441**
2041-2043	29.500.618	2.894.905	3.305.381	5.632.537	**41.333.441**
2044-2046	25.271.344	3.498.159	4.958.578	7.605.360	**41.333.441**
2047-2049	27.627.076	2.104.720	4.539.082	7.207.676	**41.478.554**
2050-2052	28.831.893	3.007.035	4.310.176	8.119.826	**44.268.929**

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL PARA PINO RADIATA POR TIPO DE PROPIETARIO PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	GE	*EM*	*MP*	*PP*	Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	21.418.858	1.282.918	2.646.513	4.181.057	**29.529.346**
2023-2025	14.663.772	767.504	2.497.879	3.592.424	**21.521.580**
2026-2028	16.520.874	1.102.281	2.555.558	4.198.391	**24.377.105**
2029-2031	17.290.300	899.136	2.436.036	4.014.627	**24.640.098**
2032-2034	17.861.404	1.695.902	1.677.465	3.405.327	**24.640.098**
2035-2037	18.465.916	1.163.204	1.759.730	3.251.249	**24.640.098**
2038-2040	19.589.804	1.266.645	1.849.604	1.934.046	**24.640.098**
2041-2043	19.453.827	1.481.653	1.729.839	1.974.780	**24.640.098**
2044-2046	17.020.102	1.547.044	2.617.258	3.455.694	**24.640.098**
2047-2049	18.155.131	556.690	2.237.260	3.836.131	**24.785.211**
2050-2052	19.682.814	1.425.795	2.184.373	4.282.605	**27.575.587**

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL PARA *E. globulus* POR TIPO DE PROPIETARIO PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	GE	*EM*	*MP*	*PP*	Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	2.669.354	462.092	535.096	2.126.093	**5.792.634**
2023-2025	1.469.494	721.380	701.213	2.839.333	**5.731.420**
2026-2028	1.490.441	1.028.155	804.005	2.408.819	**5.731.420**
2029-2031	2.050.711	1.266.339	474.706	1.939.664	**5.731.420**
2032-2034	2.145.462	879.233	718.417	1.988.307	**5.731.420**
2035-2037	1.756.702	881.681	660.640	2.432.396	**5.731.420**
2038-2040	2.168.790	542.143	704.120	2.316.367	**5.731.420**
2041-2043	1.956.987	776.167	620.527	2.377.739	**5.731.420**
2044-2046	1.451.319	1.330.113	593.993	2.355.994	**5.731.420**
2047-2049	2.046.059	1.049.658	635.054	2.000.649	**5.731.420**
2050-2052	1.736.012	954.953	713.224	2.327.231	**5.731.420**

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL PARA *E. nitens* POR TIPO DE PROPIETARIO PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	GE	*EM*	*MP*	*PP*	Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	5.579.472	448.733	1.570.196	1.785.698	**9.384.098**
2023-2025	5.446.914	534.704	834.376	1.158.426	**7.974.420**
2026-2028	5.992.920	547.106	1.700.462	1.630.830	**9.871.317**
2029-2031	6.365.686	550.649	1.626.987	1.327.994	**9.871.317**
2032-2034	6.739.486	566.294	1.285.974	1.279.563	**9.871.317**
2035-2037	7.535.525	370.369	989.504	975.919	**9.871.317**
2038-2040	6.107.824	706.807	1.479.067	1.577.619	**9.871.317**
2041-2043	6.999.388	637.086	955.014	1.279.829	**9.871.317**
2044-2046	5.709.317	621.002	1.747.327	1.793.671	**9.871.317**
2047-2049	6.335.281	498.372	1.666.768	1.370.896	**9.871.317**
2050-2052	6.322.462	626.287	1.412.579	1.509.990	**9.871.317**

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL PARA *E. gloni* POR TIPO DE PROPIETARIO PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	GE	*EM*	*MP*	*PP*	Total
	(m³ ssc/año)				
2020-2022	17.681	-	-	-	**17.681**
2023-2025	42.230	-	-	217	**42.447**
2026-2028	487.076	-	-	-	**487.076**
2029-2031	1.090.605	-	-	-	**1.090.605**
2032-2034	1.090.605	-	-	-	**1.090.605**
2035-2037	1.090.605	-	-	-	**1.090.605**
2038-2040	1.090.605	-	-	-	**1.090.605**
2041-2043	1.090.416	-	-	189	**1.090.605**
2044-2046	1.090.605	-	-	-	**1.090.605**
2047-2049	1.090.605	-	-	-	**1.090.605**
2050-2052	1.090.605	-	-	-	**1.090.605**

Apéndice 6

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE PINO RADIATA SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Período	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020	28.322.476	**28.322.476**	28.322.476	28.322.476
2021	29.808.694	**29.808.694**	29.808.694	29.808.694
2022	30.456.867	**30.456.867**	30.456.867	30.456.867
2023	20.260.899	**20.248.961**	19.201.501	17.354.132
2024	21.683.277	**21.511.036**	24.713.404	17.825.562
2025	24.121.157	**22.804.743**	24.713.404	20.046.712
2026	24.121.157	**24.162.719**	24.713.404	21.148.439
2027	24.121.157	**24.484.298**	24.713.404	21.148.439
2028	24.121.157	**24.484.298**	24.713.404	21.148.439
2029	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2030	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2031	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2032	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2033	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2034	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2035	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2036	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2037	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2038	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2039	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2040	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2041	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2042	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2043	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2044	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2045	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2046	24.121.157	**24.640.098**	24.713.404	21.148.439
2047	24.121.157	**24.640.098**	29.064.136	22.216.484
2048	24.121.157	**24.640.098**	31.166.807	23.223.592
2049	24.121.157	**25.075.437**	31.166.807	23.223.592
2050	24.591.765	**27.332.796**	31.166.807	23.223.592
2051	24.591.765	**27.670.781**	31.166.807	23.223.592
2052	24.639.652	**27.723.185**	31.166.807	23.264.427

Apéndice 7

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. globulus* SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Período	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020	5.636.637	**5.636.637**	5.636.637	5.636.637
2021	4.504.326	**4.504.326**	4.504.326	4.504.326
2022	7.236.938	**7.236.938**	7.236.938	7.236.938
2023	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2024	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2025	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2026	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2027	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2028	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2029	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2030	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2031	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2032	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2033	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2034	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2035	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2036	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2037	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2038	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2039	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2040	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2041	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2042	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2043	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2044	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2045	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2046	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2047	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2048	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2049	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2050	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2051	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938
2052	6.023.078	**5.731.420**	5.578.711	5.031.938

Apéndice 8

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. nitens* SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Período	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020	9.117.985	**9.117.985**	9.117.985	9.117.985
2021	9.136.789	**9.136.789**	9.136.789	9.136.789
2022	9.897.521	**9.897.521**	9.897.521	9.897.521
2023	8.985.989	**4.180.626**	6.792.588	7.847.878
2024	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2025	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2026	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2027	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2028	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2029	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2030	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2031	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2032	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2033	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2034	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2035	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2036	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2037	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2038	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2039	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2040	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2041	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2042	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2043	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2044	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2045	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2046	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2047	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2048	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2049	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2050	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2051	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878
2052	8.985.989	**9.871.317**	9.860.305	7.847.878

Apéndice 9

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE *E. gloni* SEGÚN ESCENARIO DE PROYECCIÓN.

Período	Base Histórico	Base 2022	Macro Región	Acceso
	(m³ ssc/año)			
2020	4.459	**12.241**	4.426	4.426
2021	-	**29.664**	-	1.091
2022	6.700	**11.139**	6.160	5.069
2023	28.506	**42.447**	26.728	26.728
2024	81.812	**42.447**	26.728	55.332
2025	81.812	**42.447**	57.855	55.332
2026	81.812	**88.201**	57.855	55.332
2027	338.317	**325.073**	242.518	509.630
2028	1.193.307	**1.047.954**	1.254.187	719.817
2029	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2030	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2031	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2032	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2033	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2034	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2035	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2036	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2037	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2038	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2039	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2040	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2041	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2042	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2043	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2044	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2045	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2046	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2047	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2048	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2049	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2050	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2051	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476
2052	1.193.307	**1.090.605**	1.254.187	1.031.476

Apéndice 10

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN POR TIPO DE TROZA POR ESPECIE PARA EL ESCENARIO BASE 2022.

Período	Volumen de productos en Pino radiata							Total
	PL1_28	PC2_28	Aser1	Aser2	Aser3	Aser4	Pulp	
	(m³ ssc/año)							
2020	1.709.667	569.528	2.788.926	7.278.223	6.149.293	7.835.256	1.991.584	**28.322.476**
2021	2.154.628	838.645	2.971.243	8.080.809	6.014.382	7.800.483	1.948.504	**29.808.694**
2022	2.945.622	830.856	3.812.903	7.334.129	5.624.486	7.844.824	2.064.048	**30.456.867**
2023	1.040.946	815.335	5.184.191	6.843.273	2.926.344	2.697.161	741.712	**20.248.961**
2024	940.432	915.848	3.356.701	7.553.739	4.043.368	3.719.473	981.475	**21.511.036**
2025	990.219	866.062	3.072.009	7.157.571	4.724.228	4.723.377	1.271.277	**22.804.743**
2026	1.038.185	818.096	2.535.217	7.147.532	5.271.059	5.755.154	1.597.476	**24.162.719**
2027	1.248.034	608.247	2.548.241	7.014.576	5.390.991	5.990.889	1.683.320	**24.484.298**
2028	1.122.814	733.467	2.275.580	7.180.709	5.497.519	6.009.889	1.664.321	**24.484.298**
2029	1.188.027	668.254	2.395.039	6.954.259	5.604.510	6.146.601	1.683.409	**24.640.098**
2030	964.816	891.465	3.751.423	6.566.795	4.635.590	6.115.530	1.714.480	**24.640.098**
2031	568.180	1.288.100	3.584.250	6.907.655	4.461.903	6.102.830	1.727.180	**24.640.098**
2032	771.727	1.084.554	3.549.532	6.612.897	4.791.379	6.061.334	1.768.676	**24.640.098**
2033	1.138.117	718.163	3.099.475	6.766.668	5.087.665	6.000.436	1.829.574	**24.640.098**
2034	1.080.782	775.499	3.067.169	6.657.947	5.228.691	5.953.862	1.876.148	**24.640.098**
2035	513.661	1.342.620	2.907.038	6.842.873	5.203.897	5.975.243	1.854.767	**24.640.098**
2036	1.763.929	92.351	2.949.386	6.365.163	5.639.259	6.044.934	1.785.076	**24.640.098**
2037	1.792.586	63.694	2.662.167	6.373.734	5.917.907	6.095.916	1.734.094	**24.640.098**
2038	1.804.643	51.637	2.086.020	6.252.369	6.615.419	6.236.039	1.593.971	**24.640.098**
2039	1.758.674	97.606	1.831.386	6.466.120	6.656.302	6.144.531	1.685.479	**24.640.098**
2040	865.200	991.081	3.069.520	6.978.093	4.906.195	6.057.977	1.772.033	**24.640.098**
2041	1.380.912	475.369	3.187.124	6.889.913	4.876.771	6.181.168	1.648.842	**24.640.098**
2042	1.338.445	517.836	2.346.596	7.397.286	5.209.926	6.135.011	1.694.999	**24.640.098**
2043	1.220.892	635.389	2.303.272	7.019.870	5.630.667	6.201.362	1.628.648	**24.640.098**
2044	1.062.358	793.922	2.236.527	7.122.360	5.594.921	6.169.991	1.660.019	**24.640.098**
2045	1.232.022	624.259	2.616.936	7.074.131	5.262.740	6.150.516	1.679.494	**24.640.098**
2046	1.376.456	479.825	2.737.999	7.521.832	4.693.976	6.246.194	1.583.816	**24.640.098**
2047	1.457.736	398.545	2.276.749	7.391.067	5.285.992	6.287.746	1.542.264	**24.640.098**
2048	1.529.515	326.766	2.712.256	6.902.497	5.339.055	6.296.118	1.533.892	**24.640.098**
2049	1.441.327	414.953	2.811.744	7.118.349	5.459.054	6.168.979	1.661.031	**25.075.437**
2050	998.420	857.860	3.494.886	8.344.221	5.807.398	6.244.163	1.585.847	**27.332.796**
2051	1.201.257	993.008	3.821.772	7.879.674	5.945.059	6.277.098	1.552.912	**27.670.781**
2052	1.252.732	993.938	3.589.109	8.048.262	6.009.134	6.324.416	1.505.594	**27.723.185**

PL1_28: Trozas podadas, largo 5,25 m y diámetros ≥28cm.
PC2_28: Trozas podadas cortas, largo 2,65 m y diámetros ≥28cm.
Aser1: Trozas aserrables, largo 4,10 m y diámetros ≥28cm.
Aser2: Trozas aserrables, largo 4,10 m y diámetros ≥22cm.
Aser3: Trozas aserrables, largo 3,30 m y diámetros ≥18cm.
Aser4: Trozas aserrables, largo 2,44 m y diámetros ≥12cm.
Pulp: Trozas pulpable, largo 2,44 m y diámetros ≥8cm.

DISPONIBILIDAD DE VOLUMEN DE EUCALIPTOS POR TIPO DE TROZA.

Edad	*E. globulus*	*E. nitens*	*E. gloni*	Total
	(m³ ssc/año)			
2020	5.636.637	9.117.985	12.241	**14.766.863**
2021	4.504.326	9.136.789	29.664	**13.670.779**
2022	7.236.938	9.897.521	11.139	**17.145.598**
2023	5.731.420	4.180.626	42.447	**9.954.493**
2024	5.731.420	9.871.317	42.447	**15.645.184**
2025	5.731.420	9.871.317	42.447	**15.645.184**
2026	5.731.420	9.871.317	88.201	**15.690.938**
2027	5.731.420	9.871.317	325.073	**15.927.810**
2028	5.731.420	9.871.317	1.047.954	**16.650.691**
2029	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2030	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2031	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2032	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2033	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2034	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2035	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2036	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2037	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2038	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2039	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2040	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2041	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2042	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2043	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2044	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2045	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2046	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2047	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2048	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2049	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2050	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2051	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**
2052	5.731.420	9.871.317	1.090.605	**16.693.342**

Pulp: Trozas pulpable Eucaliptos, largo 2,44 m y diámetros ≥6cm.

www.infor.cl