



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

INFORME FINAL

“ESCENARIO LÍNEA BASE DE EMISIONES GEI DEL SECTOR FORESTAL Y CAMBIO DE USO DE SUELO”

PNUD SDP 112/2012



JUNIO 2013

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	14
2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN BASE DISPONIBLE	15
2.1 BOSQUE NATIVO	15
2.1.1 Fuentes de información	15
2.1.2 Análisis información disponible	16
2.2 PLANTACIONES	27
2.2.1 Fuentes de información	27
2.2.2 Análisis de información disponible.....	28
3. METODOLOGÍA	32
3.1 METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN PARA BOSQUE NATIVO	32
3.1.1 Diagrama metodológico	32
3.1.2 Determinación de superficie de bosque nativo en el año base	32
3.1.3 Determinación del volumen de bosque nativo en el año base.....	34
3.1.4 Proyección del volumen de bosque nativo	36
3.1.5 Determinación de stock de CO ₂ al año base y proyección captura de CO ₂	42
3.1.6 Proyección de emisiones de CO ₂ del bosque nativo	43
3.1.1 Proyección de Balance de CO ₂ Bosque nativo	47
3.2 METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN DE LAS PLANTACIONES EXÓTICAS.....	47
3.2.1 Proyección de superficie y Volumen de Pino.....	48
3.2.1 Proyección de superficie y Volumen de Eucaliptus	49
3.2.2 Proyección de Capturas de CO ₂ para Pino y Eucaliptus	49
3.2.3 Proyección de Emisiones de CO ₂	50
3.2.4 Proyección de Balance de CO ₂ Plantaciones	53
3.2.5 Consideraciones	53
3.3 METODOLOGÍA DE PROYECCIÓN DE OTRAS PLANTACIONES.....	55
3.3.1 Determinación y proyección superficie, otras plantaciones.....	55
3.3.2 Proyección del volumen, otras plantaciones.....	56
3.3.3 Cálculo y proyección stock y capturas de CO ₂ , otras plantaciones	57
3.3.4 Cálculo y proyección de emisiones de CO ₂ de las otras plantaciones	58
4. RESULTADOS.....	60
4.1 BOSQUE NATIVO	60
4.1.1 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050	61
4.1.2 Resultados de Proyección de superficie	62
4.1.3 Resultados de Proyección de volumen	63
4.1.4 Resultados de proyección del stock de carbono	64
4.1.5 Resultados de proyección de la captura de CO ₂	65
4.1.6 Resultados de proyección de las emisiones de CO ₂	66
4.1.7 Balance neto de CO ₂ del bosque nativo	69
4.2 PINO RADIATA	69
4.2.1 Resultados de Proyección de Superficie y Volumen	69
4.2.2 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050	74
4.2.3 Balance neto de CO ₂ , Pino.....	74

4.3 EUCALYPTUS GLOBULUS (EG) Y EUCALYPTUS NITENS (EN)	74
4.3.1 Resultados de Proyección de Superficie y Volumen	74
4.3.2 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050	78
4.3.3 Balance neto de CO ₂ Eucaliptus	79
4.4 OTRAS PLANTACIONES	79
4.4.1 Resultados de Proyección de Superficie y Volumen	79
4.4.2 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050	81
4.4.3 Balance neto de CO ₂ Otras plantaciones	81
4.5 RESULTADOS AGREGADOS	82
4.5.1 Suelos forestales bajo manejo	82
4.5.2 Suelos forestales bajo manejo – Expansión forestal y abandono bosque nativo renoval.....	84
4.5.3 Suelos forestales bajo manejo – Cosecha forestal.....	85
4.5.4 Incendios forestales	86
4.5.5 Cambio de Uso de Suelo-Sustitución.....	87
4.6 BALANCE NETO DE SUELOS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO SUELOS FORESTALES	88
5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	89
5.1 SENSIBILIDAD 1: INCREMENTO DE VOLUMEN UTILIZANDO EL INCREMENTO MEDIO ANUAL (IMA) EN BOSQUE NATIVO ..	89
5.2 SENSIBILIDAD 2: INCREMENTO DE VOLUMEN UTILIZANDO EL IMA (BASADO EN EL QUE USÓ EL INGEI) Y VALORES POR DEFECTO (IPCC) PARA LOS PARÁMETROS DE DENSIDAD, FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA (FEB) Y FRACCIÓN DE CARBONO EN BOSQUE NATIVO	90
5.3 SENSIBILIDAD 3: INCREMENTO DE VOLUMEN DE PLANTACIONES DE PINO Y EUCALIPTUS CONSIDERANDO VALORES POR DEFECTO INFORMADOS POR EL IPCC PARA LOS PARÁMETROS DE DENSIDAD, FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA (FEB) Y FRACCIÓN DE CARBONO	91
5.4 SENSIBILIDAD 4: RESULTADO AGREGADO DE LAS SENSIBILIDADES 2 Y 3. CONSIDERA TODOS LOS SUPUESTOS ANTERIORES.	92
6. CONCLUSIONES	93
7. BIBLIOGRAFÍA	96
8. ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de información de clasificación de bosques en Tipo Forestal Roble-raulí-coihue.....	16
Tabla 2. Clasificación de bosques en Tipo Forestal y Subtipo.....	21
Tabla 3. Clases de altura por tipo de estructura de bosque.....	24
Tabla 4. Participación en la plantación acumulada del periodo 1998 a 2006 de las otras especies forestales consideradas en el estudio.....	30
Tabla 5. Requerimiento de biomasa del bosque nativo por consumo de leña.....	45
Tabla 6. Stock de CO ₂ del bosque nativo removido por extracción de leña.....	46
Tabla 7. Costos de productores de celulosa blanqueada de fibra larga (US\$/tonelada métrica).....	51
Tabla 8. Distribución porcentual de la superficie por especie en las nuevas regiones administrativas existentes desde el año 2007.....	60
Tabla 9. Resumen superficie, stock, captura, emisiones y balance de CO ₂ del bosque nativo renoval y renoval adulto chileno año 2007 a 2050.....	61
Tabla 10. Superficie de Bosque Nativo Renoval y Renoval Adulto por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (hectáreas).....	62
Tabla 11. Volumen de Bosque Nativo Renoval y Renoval Adulto por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (m ³ /ha).....	63
Tabla 12. Stock de CO ₂ de Bosque Nativo Renoval y Renoval Adulto por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (con Base en Volúmenes de UACH) (tonCO ₂ e).....	64
Tabla 13. Captura de CO ₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (con Base en Volúmenes de UACH) (tonCO ₂ e).....	65
Tabla 14. Emisiones CO ₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto de Incendios Forestales (Base Volúmenes UACH) (tonCO ₂ e/año).....	66
Tabla 15. Emisiones CO ₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto Cortas Ilegales Detectadas (Base Volúmenes UACH) (ton CO ₂ e/año).....	66
Tabla 16. Emisiones CO ₂ Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto Cortas Ilegales NO Detectadas (Base Volúmenes de UACH) (tonCO ₂ e/año).....	67
Tabla 17. Emisiones CO ₂ Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto de Manejo (Base Volúmenes de UACH)(tonCO ₂ e/año).....	67
Tabla 18. Emisiones CO ₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 por efecto de Consumo Leña (con Base en Volúmenes de UACH)(tonCO ₂ e/ha/año).....	68
Tabla 19. Resumen de capturas, emisiones y balance de CO ₂ de bosque nativo proyectadas para el periodo 2007-2050 (con base UACH)(GgCO ₂ e).....	69
Tabla 20. Proyección de superficie (ha) de Pino 2007 a 2050.....	69
Tabla 21. Proyección de volumen de Pino 2007 a 2050.....	70
Tabla 22. Resultado de Balance neto proyectado de 2007 a 2050 para Pino.....	74
Tabla 23. Proyección de Superficie de Eucaliptus para 2007 a 2050.....	75
Tabla 24. Proyección de volumen de Eucaliptus 2007 a 2050.....	75
Tabla 25. Comparación de volumen (m ³) del INFOR, metodología propuesta y metodología con IMA de bosque de eucaliptus normalizado.....	77
Tabla 26. Proyección de Captura neta de Eucaliptus Globulus de 2007 a 2050.....	79
Tabla 27. Proyección de Captura neta de Eucaliptus Nitens de 2007 a 2050.....	79
Tabla 28. Superficie acumulada al año 2006 por especie y región administrativa del país.....	80
Tabla 29. Proyección de superficie de Otras Plantaciones de 2007 a 2050.....	80
Tabla 30. Resumen de variables básicas para otras plantaciones.....	81
Tabla 31. Balance de carbono de Otras Plantaciones.....	81
Tabla 32. Balance neto sector forestal.....	88
Tabla 33. Proyección de Captura de bosque nativo, sensibilidad 1.....	89

Tabla 34. Proyección de Emisiones de bosque nativo, sensibilidad 1	89
Tabla 35. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 1	90
Tabla 36. Proyección de Captura de bosque nativo, sensibilidad 2	90
Tabla 37. Proyección de Emisiones de bosque nativo, sensibilidad 2	90
Tabla 38. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 2	91
Tabla 39. Proyección de Captura de plantaciones, sensibilidad 3.....	91
Tabla 40. Proyección de Emisiones de plantaciones, sensibilidad 3	91
Tabla 41. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 3	92
Tabla 42. Proyección de Capturas del sector forestal, sensibilidad 4	92
Tabla 43. Proyección de Emisiones del sector forestal, sensibilidad 4.....	92
Tabla 44. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 4	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Superficie nacional de bosque nativo según estructura y altura al año 1997	24
Ilustración 2. Criterios para la generación de la composición teórica.....	26
Ilustración 3. Ejemplo de ponderación de variables de entrada (Tipo Forestal Esclerófilo)	27
Ilustración 4. Años de actualización del Catastro por Región	33
Ilustración 5. Criterios para la distribución teórica del volumen	35
Ilustración 6. Forma típica de la curva de crecimiento de un árbol	38
Ilustración 7. Relación entre la curva de crecimiento acumulado y las curvas de IMA e ICA	39
Ilustración 8. Gráfico comparativo entre costos de productores de celulosa y el precio de exportación FOB de celulosa entre el 2005 y el 2010 (US\$/tonelada métrica)	52
Ilustración 9. Gráfico de Proyección de Volumen de Pino (2003-2030).....	71
Ilustración 10. Proyección de volumen de pino para la captura de carbono	73
Ilustración 11. Gráfico de Proyección de Volumen de Eucalipto de 2006 a 2030.	76
Ilustración 12. Gráfico de Proyección de Volumen Consolidado para Eucaliptus de 2006 a 2030.	78
Ilustración 13. Gráfico de Proyección de superficie forestal total.	83
Ilustración 14. Proyección de captura de CO ₂ por expansión forestal.	84
Ilustración 15. Proyección de emisiones de CO ₂ por Cosecha Forestal.....	85
Ilustración 16. Proyección de emisiones de CO ₂ por Incendios.	86
Ilustración 17. Gráfico de Balance neto sector forestal	88
Ilustración 18. Gráfico de Resultados de balance Neto del Sector Forestal, Escenario Base y Sensibilidades	95

Resumen Ejecutivo

El presente documento corresponde al informe final desarrollado por POCH Ambiental para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en el contexto de la consultoría licitada para el estudio de “Escenario de línea base de emisiones del Sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo en el marco del Proyecto MAPS Chile”.

En el marco de este estudio, el objetivo es proyectar el balance de emisiones de GEI para el sector forestal y cambio de uso de suelo a nivel nacional para el escenario Línea Base (LB), en el horizonte de evaluación 2007-2050, con año base 2007.

Para dicho objetivo, el análisis de la información y posteriormente la metodología aplicada, fueron divididos en Bosque Nativo por una parte y las Plantaciones Exóticas por otra (Pino radiata, Eucaliptus globulus y nitens y otras plantaciones de menor superficie), obteniendo el balance entre capturas y emisiones de ambas partes.

Para el sub-sector de bosque nativo y según la clasificación para el inventario, se considera sólo la categoría de renoval y renoval adulto. La metodología desarrollada considera una desagregación por tipo forestal, se parte de la superficie informada en los catastros de CONAF al año 2006 (que corresponde a la misma superficie a la considerada por la Segunda Comunicación Nacional para el año 2006). El volumen de biomasa correspondiente al año 2006 se obtiene de información pública de la Universidad Austral de Chile; esta información es desagregada por tipo forestal utilizando criterio experto; para la proyección de volumen por tipo forestal, el estudio considera el Incremento Periódico Anual (IPA) por tipo el cual es obtenido a partir de información pública del INFOR. Una vez obtenida la proyección del volumen se estima el stock de CO₂ y la captura a partir de la metodología propuesta por el IPCC para determinar el contenido de CO₂ almacenado por tipo forestal.

Las emisiones del sub-sector bosque nativo se obtienen de las categorías Incendios, Cortas Ilegales Detectadas y No Detectadas, Manejo y Consumo de Leña. La información de estos fenómenos provienen de datos históricos de CONAF (ajustados en base a la opinión del equipo MAPS para evitar la sobreestimación) y de FAO-INFOR para la extracción de leña. Para la proyección del consumo de leña, se utilizan las proyecciones de las variables de precio de los combustibles, variación del PIB (datos proporcionados por el equipo MAPS) y el crecimiento demográfico (datos de INE-CEPAL 2005); considerando que el consumo de leña aumenta en base al aumento del precio de los combustibles y el crecimiento poblacional, y disminuye con el aumento del PIB.

El resultado entre las capturas asociadas al crecimiento del stock de bosque nativo y sus emisiones, otorgan un balance de carbono como sumidero neto negativo asociado al bosque nativo, que va en aumento desde el 2007 al 2020 y luego comienza a descender hasta el 2050, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 11. Resumen balance de CO₂ bosque nativo proyectado para el periodo 2007-2050 (GgCO₂e)

Bosque nativo	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-16.670	-18.623	-19.733	-21.906	-20.887	-18.958	-17.336
Emisiones (GgCO ₂)	12.070	11.785	11.937	12.786	14.199	15.004	15.434
Balance neto (GgCO₂)	-4.600	-6.838	-7.796	-9.121	-6.687	-3.954	-1.902

Para el sub-sector de plantaciones exóticas, existen varios modelos disponibles para proyectar el crecimiento y cosecha de las plantaciones. La primera opción del equipo consultor fue utilizar el “Modelo Austral” de los profesores Gonzalo Paredes (QEPD) y Mauricio Ruiz-Tagle de la Universidad Austral. Este modelo ha sido utilizado por estudios previos de disponibilidad de madera de plantaciones a nivel nacional, así como por parte de las principales empresas forestales. Dentro de la información necesaria para correr el modelo, se requiere conocer el stock de plantaciones de manera desagregada (por rodal). Esta información fue solicitada al INFOR, sin embargo, por razones de resguardo de la privacidad de los datos proporcionados por las empresas, ésta no fue puesta a disposición del consultor en la manera solicitada. En consecuencia, la utilización de este modelo para proyectar crecimiento de plantaciones fue descartada.

Dado lo anterior, se consideró la información pública disponible del INFOR respecto a la proyección del volumen de Pino y Eucaliptus (Informes de Disponibilidad Maderera), ya que ésta corresponde a la mejor información pública disponible del sector forestal de plantaciones exóticas en Chile. Esta información fue utilizada para determinar la captura de carbono asociada al crecimiento de biomasa y las emisiones asociadas a la demanda de madera de cada especie. De manera complementaria, se desarrolló una metodología para validar la proyección de volumen presentada por el INFOR en sus informes de disponibilidad maderera. Esta metodología y la justificación respecto a la utilización de los volúmenes del INFOR se encuentra ampliamente detallada y analizada en este informe. Cabe destacar que la proyección de volumen realizada por en los informes del INFOR parte de la misma superficie que la considerada en la Segunda Comunicación Nacional para plantaciones forestales al año 2006; sin embargo a diferencia de la segunda comunicación el presente estudio considera que debido al fin del subsidio forestal en diciembre del 2012, se genera un estancamiento del aumento de superficie de plantaciones (lo cual se condice con los considerado en los informes de disponibilidad maderera del INFOR).

Es importante destacar que, el volumen de disponibilidad maderera por especie es considerado como el incremento de volumen de la especie y por lo tanto como el volumen que corresponde a la captura neta de carbono, debido a que se considera que las plantaciones se encuentran en estado normalizado, es decir la disponibilidad maderera

refleja el incremento anual. Sin embargo, a pesar de que las plantaciones de Eucaliptus Globulus entre 2006 y 2011, y Eucaliptus Nitens en el año 2006 no estaban normalizadas, se determinó -en conjunto con el equipo de investigación de MAPS- considerar para ese período la tasa de incremento de volumen (IMA) del año 2013; año en el que las plantaciones sí estaban normalizadas (de acuerdo a la información del INFOR).

Por otra parte, las emisiones asociadas a plantaciones provienen de incendios y de cosechas. Las primeras, están incluidas en el volumen de disponibilidad maderera informado por INFOR (ya tiene descontado el efecto de los incendios), y con respecto a las emisiones por cosecha, estas se calculan a partir de la proyección de demanda de volumen realizada por la CORMA e informada por el INFOR. Cabe decir que esta demanda se ajusta a la disponibilidad maderera desde el año 2006 para Pino, año 2013 para Eucaliptus Globulus y año 2011 para Eucaliptus Nitens, por lo que el estudio considera que a contar de esos años la demanda se ajusta a la disponibilidad, tanto en Pino como Eucaliptus. Por lo tanto, al estar ajustada la disponibilidad maderera con la demanda no se tiene un diferencial entre capturas y emisiones es decir se tiene que Pino es sumidero cero desde el año 2006 en adelante y Eucaliptus desde el año 2013 en adelante.

Tabla 2. Resultado de Captura, Cosecha y Balance proyectado de 2007 a 2050 para Pino.

Pino	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-38.937	-41.521	-41.521	-38.807	-38.807	-38.807	-38.807
Cosecha (GgCO ₂)	38.937	41.521	41.521	38.807	38.807	38.807	38.807
Balance neto (GgCO₂)	0						

Tabla 3. Proyección de Captura neta de Eucaliptus Globulus de 2007 a 2050.

Eucaliptus Globulus	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-12.501	-15.148	-16.913	-16.913	-16.913	-16.913	-16.913
Cosecha (GgCO ₂)	11.555	12.056	14.423	16.913	16.913	16.913	16.913
Balance neto (GgCO₂)	-946	-3.092	-2.489	0	0	0	0

Tabla 4. Proyección de Captura neta de Eucaliptus Nitens de 2007 a 2050.

Eucaliptus Nitens	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980
Cosecha (GgCO ₂)	5.642	6.551	6.980	6.980	6.980	6.980	6.980
Balance neto (GgCO₂)	-1.337	-429	0	0	0	0	0

Además, se estima el balance neto para otras plantaciones dentro de las que se consideran las especies Acacia Saligna, Atriplex nummularia, Pinus ponderosa, Populus sp, Prosopis Chilensis, Proposis tamarugo, Pseudotsuga mezesii y otras. Para determinar las capturas de carbono se parte con la superficie plantada al año 2006 (de acuerdo a los catastros de CONAF) y esta se proyecta a partir de la tasa promedio histórica de forestación, para cada especie y región, calculada con los antecedentes disponibles de

CONAF. La proyección del volumen se realiza basado en el Incremento Medio Anual (IMA) por especie de acuerdo a la información pública disponible, luego de manera análoga a la metodología considerada para el resto del sector forestal se determina la captura de carbono considerando las guías del IPCC. En relación a las emisiones se consideran los incendios y las cosechas; respecto a incendios se considera la tasa promedio de superficie anual incendiada, informada para plantaciones exóticas por parte de INFOR; respecto a las cosechas se determina el volumen de cosecha en función de una tasa de corta promedio calculada a partir de la edad de cosecha establecida para cada especie y la superficie acumulada cada año. Finalmente el balance neto se establece considerando las capturas y emisiones asociadas a cada especie; la siguiente tabla resume los resultados obtenidos.

Tabla 5. Proyección de Captura neta otras especies forestales de 2007 a 2050.

Otras plantaciones	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-1.869	-1.982	2.057	2.358	-2.734	-3.110	-3.486
Cosecha (GgCO ₂)	1.297	1.416	1.489	1.747	2.050	2.361	2.687
Incendios (GgCO ₂)	151	159	164	185	210	236	262
Balance neto (GgCO₂)	-421	-407	-405	-427	-474	-514	-538

Respecto a las emisiones asociadas a “cambio de uso de suelo” por el sector forestal estas corresponden al ítem Sustitución. Cabe destacar que, si bien en Chile reemplazar bosque nativo por plantaciones es ilegal, esto es reconocido como una actividad que forma parte de las causas de disminución del bosque nativo y por lo tanto es una actividad que genera emisiones de GEI. Sin embargo, la sustitución de Bosque Nativo ocurre principalmente en terrenos que han sido sujetos a incendios o talas ilegales, es decir estas emisiones ya han sido contabilizadas en la sección emisiones del Bosque nativo y por lo tanto no se vuelven a contabilizar con la finalidad de evitar el doble conteo.

En suma, los resultados muestran que todo el sector forestal se mantiene como un sumidero neto de carbono durante todo el periodo proyectado (2007 a 2050) aunque no con las mismas tasas. Lo que sostiene las cifras de sumidero son las capturas de bosque nativo renoval y renoval adulto, pero éstas decaen a partir del año 2020 debido a la tasa de incremento periódico anual la cual está asociada a la edad. La tendencia muestra un aumento que llega a una captura de aproximadamente 10.700 GgCO₂e hasta el 2012, para luego empezar a disminuir y quedar en 2.400 GgCO₂e de captura en el 2050, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 6. Balance neto sector forestal

Sector Forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
CAPTURA	-76.958	-84.253	-87.204	-86.964	-86.320	-84.767	-83.522
EMISION	69.653	73.488	76.514	77.416	79.158	80.300	81.082
BALANCE NETO	-7.305	-10.766	-10.690	-9.548	-7.162	-4.468	-2.440

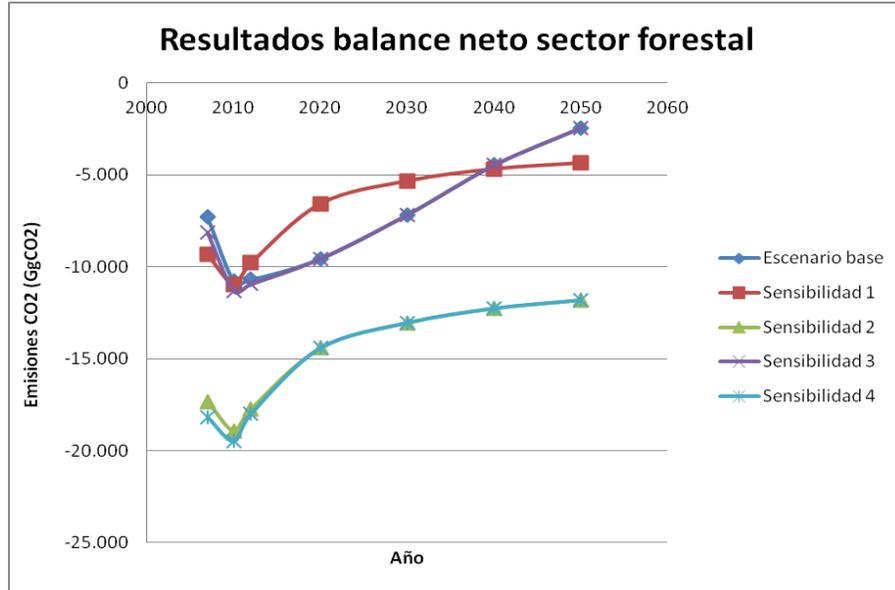
Al comparar los resultados de este estudio con los reportados por el INGEI¹ para el año 2006, se observa una diferencia de aproximadamente 12.000 GgCO₂ de emisión entre el año 2006 y 2007. Lo anterior se sustenta en la aplicación de distintas metodologías y parámetros para estimar la dinámica de crecimiento de bosque nativo y de plantaciones exóticas. Considerando lo anterior se desarrollaron 4 escenarios de sensibilidad que consideran:

- Sensibilidad 1: Incremento de volumen en Bosque Nativo utilizando el Incremento Medio Anual (IMA) (basado en el que usó el INGEI);
- Sensibilidad 2: Incremento de volumen en Bosque Nativo utilizando el IMA (basado en el que usó el INGEI) y valores por defecto informados por el IPCC para los parámetros de Densidad, Factor de Expansión de Biomasa (FEB) y Fracción de Carbono para Bosque Nativo;
- Sensibilidad 3: Incremento de volumen de plantaciones de pino y eucaliptus considerando valores por defecto informados por el IPCC para los parámetros de Densidad, Factor de Expansión de Biomasa (FEB) y Fracción de Carbono;
- Sensibilidad 4: Resultados agregados de las sensibilidades 2 y 3 (considera los supuestos especificados anteriormente).

El resultado de los análisis de sensibilidad se resume en el siguiente gráfico.

¹ Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

Ilustración 1. Gráfico de Resultados de balance Neto del Sector Forestal, Escenario Base y Sensibilidades



Como se puede ver, las variables que más influyen en la diferencia de los resultados obtenidos con respecto a la informado por el INGEI son las asociadas al Bosque Nativo, principalmente lo que tiene relación con la utilización de los factores de Densidad, Factor de Expansión de Biomasa (FEB) y Fracción de Carbono (sensibilidad 2).

Por lo tanto, es posible concluir que si bien en base a la información disponible fue posible establecer proyecciones de captura y emisiones de GEI, hace falta mayor nivel de desagregación y disponibilidad de información pública, que permita contar con datos robustos para determinar escenarios de proyección futuros más representativos y acordes con la información disponible por parte de los actores del sector. Específicamente información que permita corroborar y aunar criterios nacionales respecto a datos asociados a Bosque Nativo, a su incremento anual y a los parámetros de densidad, factores de expansión y fracción de carbono por especie.

1. INTRODUCCIÓN

La iniciativa MAPS proviene del proyecto “Escenarios de Mitigación de Largo Plazo” desarrollado en Sudáfrica entre 2005 y 2008. El resultado del proyecto fue la formulación de un conjunto de escenarios de mitigación de emisiones, con el objetivo de orientar las decisiones y políticas de ese país frente a las negociaciones internacionales que sucederían en Copenhague. El fruto internacional de ese trabajo se vio el 2010, cuando surgió concretamente el programa de trabajo MAPS, enfocado a apoyar a países en desarrollo a elaborar planes de mitigación que sean compatibles con los desafíos del cambio climático y sus responsabilidades de reducción contraídas. En este sentido, Chile adoptó el compromiso voluntario de lograr una reducción de 20% por debajo de su trayectoria de emisiones de línea base al 2020, proyectadas desde el año 2007. De esta manera, el proyecto MAPS-Chile ayuda a estimar distintos escenarios de proyección de las emisiones de GEI², para poder determinar las acciones a seguir para cumplir con el compromiso adquirido.

En este contexto, el objetivo de este estudio es Proyectar el balance de emisiones de GEI para el sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo a nivel nacional para el escenario Línea Base (LB) o Crecimiento Sin Restricciones (CSR), en el horizonte de evaluación 2007- 2050. Para dicho objetivo se presentan en este documento, tanto la metodología aprobada por el grupo MAPS para la proyección del escenario de línea base de emisiones del sector forestal y cambio de uso de suelo, como los resultados obtenidos, en base al cumplimiento de los objetivos planteados por el proyecto.

² GEI: Gases de Efecto Invernadero

2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN BASE DISPONIBLE

2.1 Bosque nativo

2.1.1 Fuentes de información

Las principales fuentes de información utilizadas son:

- Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile elaborado con base en el año 1997 (1999), CONAF-CONAMA-BIRF
- Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, monitoreo de cambios y actualizaciones periodo 1997-2011 (2011), CONAF
- Chile: Forest Species and Stand Types (2007), Donoso, P.J. y C. Donoso
- Asignación de Tipo y Subtipo Forestal, condiciones indicadas en el Anexo 2, CONAF
- Los Recursos Forestales en Chile. Informe Final Inventario Continuo de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales (2009), INFOR

Las fuentes bibliográficas de donde se obtienen los factores de Densidad, FEB y FC para Tipo y Sub-tipo forestal de bosque nativo son las siguientes:

- Chemical characterization of Chilean hardwoods (1991), Mansilla, H., García, R., Tapia, J., Durán, H., Urzúa, S.
- Prospección de productos de (*Nothofagus obliqua* (MIRB.)) y (*Nothofagus alpina* (POEPP. ET ENDL.)) (2008) Illanes, F.
- Compendio de directrices para enseñanza de Ingeniería (2003), CONAMA.
- Recopilación de Experiencias Silvícolas en el “Bosque Nativo Maulino” (2005), Aguilera, M., Benavides, G.
- Biomasa Aérea y contenidos de carbono en una plantación de siete años de Quillaja saponaria Mol. del secano interior de Chile central (2008). Quintana A.
- Los Recursos Forestales en Chile, Informe Final Inventario Continuo de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales (2009), INFOR.
- Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas (2002), Gayoso, J., Guerra, J., Alarcón, D.
- Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile (2001) Gayoso, J.

2.1.2 Análisis información disponible

La información disponible no se encuentra desagregada en los mismos niveles (tipo, subtipo, estructura, cobertura y clase) por lo tanto la primera etapa consiste en el desarrollo del marco conceptual para sistematizar la información de superficie, volumen, crecimiento, factores de expansión de biomasa, densidades básicas y fracción de carbono de las especies del bosque nativo chileno, teniendo como base la información y clasificaciones utilizadas en el Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile elaborado con base en el año 1997 (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999) y actualizaciones posteriores. El momento del tiempo de consolidación de la información corresponde a diciembre del año 2006.

La información proporcionada en el Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile se presenta en distintos niveles de desagregación, considerándose para la definición del esquema de sistematización de la información los cinco niveles siguientes:

- Primer nivel: Tipo forestal
- Segundo nivel: Subtipo forestal
- Tercer nivel: Estructura del bosque
- Cuarto nivel: Cobertura del bosque
- Quinto nivel: Clase de Altura

Estos niveles, su relación y las categorías correspondientes en cada caso aparecen representados en el siguiente esquema de sistematización de la información, ejemplificado para el Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue.

Tabla 2. Resumen de información de clasificación de bosques en Tipo Forestal Roble-raulí-coihue.

Tipo Forestal	Subtipo Forestal	Estructura	Cobertura	Clase de altura
Roble-Raulí-Coihue	Roble-Raulí-Coihue	Bosque adulto	Denso	2 a 4 m
	Coihue	Renoval	Semidenso	4 a 8 m
	Roble	Bosque adulto-renoval	Abierto	8 a 12 m
		Bosque achaparrado		12 a 20 m

Tipo Forestal	Subtipo Forestal	Estructura	Cobertura	Clase de altura
				20 a 32 m
				Mayor a 32 m

Fuente: CONAF, Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (1999)

Así, la combinación de los posibles valores de estructura, cobertura y clase de altura genera 45 combinaciones distintas que podrían darse para cada uno de los subtipos forestales del Tipo Forestal Roble-Raulí-Coihue. Cabe aclarar que el resultado no es de 72 combinaciones dado que las clases de altura no son todas posibles en función de la estructura del bosque.

Adicionalmente, la base cartográfica, junto con incorporar las clasificaciones anteriores, considera además la ubicación geográfica de cada polígono tanto en términos de sus coordenadas como de su ubicación administrativa al nivel mínimo de comuna.

La descripción de cada nivel considerado se presenta a continuación.

Primer nivel: Tipo Forestal

Los tipos forestales son grupos de bosques clasificados de acuerdo a diversos criterios, que definen y delimitan las diferentes categorías de bosques presentes en Chile. De acuerdo a su definición genérica, se considera como Tipo Forestal a una superficie relativamente extensa de bosque que se caracteriza por estar constituidos de una o más especies forestales y que pueden o no estar situados en condiciones iguales de sitio (Donoso, 1994).

A su vez el D.S. Nº 193, de 1998, en su artículo 1º define el Tipo Forestal como "una agrupación arbórea que crece en un área determinada, caracterizada por las especies predominantes en los estratos superiores del bosque o porque éstas tengan una altura mínima dada".

(http://www.gestionforestal.cl:81/pt_02/bosquenativo/txt/metodolog%C3%Ada.htm).

Los tipos forestales vigentes se desprenden de la clasificación de los bosques nativos de Chile realizada por Donoso (1981), consecuencia de un acuerdo tomado en conjunto por profesionales e investigadores de CONAF, INFOR, PNUD y las Facultades de Ciencias Forestales de la Universidad de Chile y Universidad Austral de Chile, lo que significó una reclasificación de los bosques existentes a la fecha, además de transformarse en un documento de carácter oficial a través del Reglamento N° 259 del Decreto Ley 701 (Donoso, 1994) (Anexo 1).

La clasificación en tipos forestales es más bien artificial y responde a conveniencias o necesidades de orden silvicultural, comercial o de política forestal (Donoso, 1994). Esta clasificación se realizó en función de las especies presentes y dominantes que conforman la estructura y los estratos superiores de los bosques chilenos, en función de la ubicación geográfica de la comunidad forestal y considerando aspectos de su dinámica sucesional, lo que dio como resultado la existencia de 12 tipos forestales de bosque nativo chileno.

Cabe hacer notar que en el Catastro del año 1997 aparecen sólo 11 de los 12 Tipos Forestales, esto porque para el Tipo Forestal Palma Chilena el pequeño tamaño de los rodales que lo constituían no permitió su cartografía a escala 1:50.000. Sí aparece registrado con una superficie de 716 ha en la información proporcionada al año 2011 (CONAF, 2011).

Segundo nivel: Subtipo Forestal

Existe para el bosque nativo más de una clasificación de los subtipos forestales, a saber:

a) Definición legal. Los tipos forestales vigentes, con los subtipos correspondientes en cada caso, de acuerdo a lo establecido por Donoso (1981) e incorporado en la legislación forestal del país son los siguientes:

1. Tipo forestal esclerófilo

- Subtipo Espinal
- Subtipo rodales mixtos de especies arbóreas esclerófilas
- Subtipo bosques hidrófilos de quebradas

2. Tipo forestal Palma chilena

3. Tipo forestal Roble-Hualo

- Subtipo bosquetes costeros septentrionales de Roble o Hualo

- Subtipo bosques andinos de Roble de altura
 - Subtipo bosques de Hualo
 - Subtipo bosquetes de Raulí
 - Subtipo bosques higrófilos de quebradas
4. Tipo forestal Ciprés de la Cordillera
 5. Tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe
 - Subtipo renoval y bosque puro secundario
 - Subtipo remanentes originales
 - Subtipo bosques degradados
 6. Tipo forestal Lenga
 - Subtipo bosques achaparrados y krummholz de Lenga
 - Subtipo bosque de Lenga puro
 - Subtipo bosque mixto de Lenga-Coigüe
 7. Tipo forestal Araucaria
 8. Tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa
 9. Tipo forestal Siempreverde
 - Subtipo Ñadi
 - Subtipo Olivillo costero
 - Subtipo siempreverde con intolerantes emergentes
 - Subtipo siempreverde de tolerantes
 - Subtipo renovales de Canelo
 10. Tipo forestal Alerce
 11. Tipo forestal Ciprés de las Guaitecas
 12. Tipo forestal Coigüe de Magallanes

b) Definición técnica. Asociada a las Normas de Adhesión de CONAF, particularmente para el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue y el Tipo Forestal Siempreverde. En el caso del primer Tipo Forestal, se restringe la aplicación de las normas a rodales no mayores de 20 ha, con un límite de 500 ha por predio, que pertenezcan a los siguientes subtipos definidos en la misma norma.

(http://www.gestionforestal.cl:81/pt_02/bosquenativo/txt/Ro_Ra_Co/norma%20conaf%20roble%20rauli%20coigue.htm):

- Renovales de Roble-Raulí
- Renovales de Coihue
- Renovales de Roble-Raulí que incluyen Coihue
- Renovales de Roble-Raulí con especies tolerantes
- Renovales de Coihue con especies tolerantes

c) Definición usada en el Catastro. Según se plantea en la web de CONAF (<http://www.conaf.cl/conaf/seccion-definiciones.html>), Tipo Forestal corresponde a una clasificación de los bosques basada en él o los árboles predominantes en un área determinada. Para el Catastro se definieron los doce tipos forestales que contemplan la legislación y veinticinco subtipos, a saber:

Tabla 3. Clasificación de bosques en Tipo Forestal y Subtipo.

TIPO FORESTAL	SUBTIPO
Alerce	-
Ciprés de las Guaitecas	-
Araucaria	-
Ciprés de la Cordillera	-
Palma chilena	-
Lenga	Lenga Lenga-Coihue de Magallanes Lenga -Coihue común Ñirre
Coihue de Magallanes	-
Roble Hualo	Roble-Hualo Roble del norte
Roble-Raulí-Coihue	Roble-Raulí-Coihue Coihue Roble
Coihue-Raulí-Tepa	Coihue-Raulí-Tepa Coihue Coihue-Tepa
Esclerófilo	Tamarugo Algarrobo Espino Frangel Belloto o Lingue Peumo, Quillay y Litre Esclerófilo
Siempreverde	Olivillo del norte Renoval de Canelo Tepú Mirtáceas Coihue de Chiloé Siempreverde

Fuente: CONAF, Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (1999)

Las condiciones usadas para la asignación de un Tipo y Subtipo Forestal son las indicadas en el Anexo 2. Para efectos de aplicar esta clasificación, debe entenderse por especie dominante las especies que ocupan la mayor cobertura de copas del dosel dominante y del dosel intermedio en una formación vegetal. Para que una especie haya sido considerada dominante debe ocupar el menos el 25% de la cobertura de copas. En los bosques pluriestratificados se describieron las especies dominantes de cada estrato. En las praderas las especies dominantes corresponden a hierbas. En el catastro se identifican hasta seis especies dominantes.

Tercer nivel: Estructura del bosque

La estructura corresponde a la arquitectura de la formación vegetal bosque nativo, distinguiéndose las siguientes estructuras: bosque nativo adulto, bosque nativo renoval, bosque nativo adulto renoval, bosque nativo achaparrado.

Bosque nativo adulto: bosque primario, por lo general heterogéneo en cuanto a su estructura vertical, tamaño de copas, distribución de diámetros y edades, los árboles tienen una altura superior a los 8 m. Presenta un estrato arbustivo de densidad variable y eventualmente tiene presencia de un estrato de regeneración.

Renoval: corresponde a un bosque nativo secundario originado ya sea de semillas y/o reproducción vegetativa después de una perturbación antrópica o natural (incendio, tala rasa, derrumbe). En general son homogéneos en su estructura vertical y sus diámetros.

Bosque achaparrado: bosques adultos que tienen una altura entre 2 a 8 m. Se caracterizan por su poco crecimiento en altura o crecimiento reptante debido generalmente por condiciones ambientales desfavorables en las que crece (altitud, bajas temperaturas, fuertes vientos, aridez, mal drenaje, alta pedregosidad, suelos delgados, etc.).

En concordancia con los supuestos utilizados en el cálculo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero contenido en la Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención, se considera que el stock inicial está dado sólo por las estructuras “Renoval” y “Bosque Adulto Renoval” que son las que se asume poseen intervención antrópica tal y

como plantean directrices del IPCC³ 2006. Cabe aclarar que, los bosques mediterráneos se consideran altamente intervenidos por la acción humana, y que estos representados por el Tipo Forestal Esclerófilo en sus estructuras de Renoval y Bosque Adultos Renoval están incorporados por defecto de acuerdo a la metodología aplicada. A su vez, no se considera al Bosque Achaparrado en la estimación, debido a que es un bosque adulto que no sigue creciendo por lo que se considera que su aporte es despreciable.

Cuarto nivel: Cobertura del bosque

Corresponde a la proyección de la copa del estrato arbóreo o arbustivo en el suelo, medido en porcentaje y expresado en densidad.

La densidad es la expresión simplificada de la cobertura de copas de los tipos biológicos que conforman una determinada formación, expresada en las categorías densas, semidensas, abiertas y muy abiertas; se aplica a las praderas y matorrales; matorral pradera, matorral arborescente; matorral con suculentas, formación de suculentas, bosque nativo y terrenos sobre el límite altitudinal de la vegetación. A modo de ejemplo un Renoval denso tiene > 75% de árboles, 0-100% de arbustos y 0-100% de hierbas. Un matorral semidenso tiene <25% de árboles, 50-75% de arbustos, entre 0-100% de hierbas.

Específicamente en el Catastro de 1997 se utilizaron para el bosque nativo las categorías Denso (> a 75% de cobertura arbórea), Semidenso (entre 50% a 75% de cobertura arbórea) y Abierto (entre 25% a 50% de cobertura arbórea).

Quinto nivel: Clase de Altura

Con esta variable se evalúa el estado de desarrollo de los rodales, registrándose clases de altura que comienzan en los 2 m (caso de renovales y bosque achaparrado) y llegan a más de 32 m (para el bosque adulto). El detalle de las clases de altura por tipo de estructura se presenta en el cuadro siguiente y la superficie asociada a cada una de ellas en el año 1997 en la figura que le sigue.

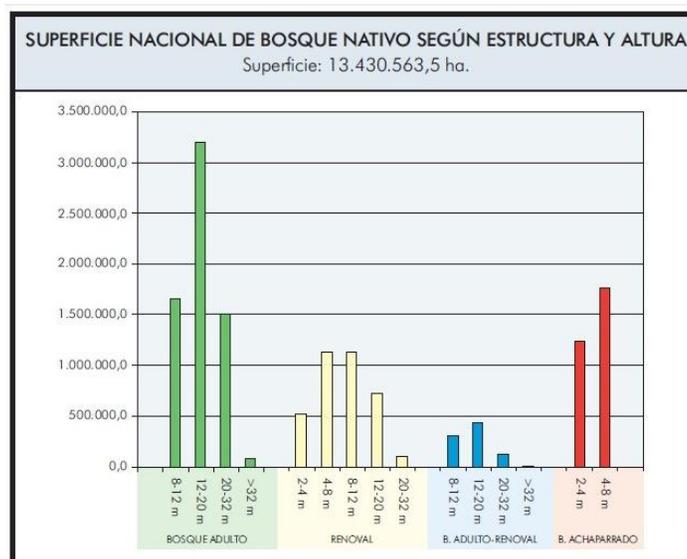
³ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

Tabla 4. Clases de altura por tipo de estructura de bosque

USO	ALTURA
Bosque adulto	8 a 12 m 12 a 20 m 20 a 32 m Mayor a 32 m
Renoval	2 a 4 m 4 a 8 m 8 a 12 m 12 a 20 m 20 a 32 m
Bosque adulto-renoval	8 a 12 m 12 a 20 m 20 a 32 m Mayor a 32 m
Bosque achaparrado	2 a 4 m 4 a 8 m

Fuente: CONAF, Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (1999)

Ilustración 1. Superficie nacional de bosque nativo según estructura y altura al año 1997



Fuente: CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales.

La combinación de los posibles valores de estructura, cobertura y clase de altura genera 45 combinaciones distintas que podrían darse para cada uno de los 25 subtipos forestales.

Sexto nivel: Composición

En el sexto nivel de desagregación de variables se ha definido para este estudio la composición, la cual se establecerá en función de la participación relativa de las especies dominantes (6) registradas en las bases de datos del Catastro. Según la presencia (participación) de las especies en cada uno de los 6 niveles de dominancia, obtenida para cada Tipo Forestal desde la información del Catastro, como se ejemplifica en el cuadro siguiente para algunos Tipos Forestales, y la ponderación de acuerdo a la superficie de cada polígono, se estableció un índice de importancia para cada una de ellas con lo que se genera una composición teórica para cada subtipo forestal. Las especies arbóreas presentes en cada Tipo Forestal son las indicadas por Donoso y Donoso (2007) y se presentan en el Anexo 3.

Ilustración 2. Criterios para la generación de la composición teórica

Tipo Forestal Coihue-Raulí-Tepa. SubTipo: Coihue		Tipo Forestal Coihue-Raulí-Tepa		Tipo Forestal Coihue-Raulí-Tepa SubTipo: Coihue-Tepa	
Participación(%)	Especie	Participación(%)	Especie	Participación(%)	Especie
34%	Coihue	32%	Coihue	35%	Coihue
14%	Ulmo	30%	Raulí	29%	Tepa
13%	Tepa	13%	Roble	10%	Mañío de hojas cortas
9%	Tíneo	10%	Tepa	10%	Ulmo
7%	Mañío de hojas cortas	3%	Laurel	4%	Tíneo
22%	Otras Especies	13%	Otras Especies	12%	Otras Especies

Tipo Forestal Esclerófilo. Subtipo: Espino		Tipo Forestal Esclerófilo. Subtipo: Frangel		Tipo Forestal Esclerófilo. Subtipo: Pemuo-Quillay-Litre	
Participación(%)	Especie	Participación(%)	Especie	Participación(%)	Especie
41%	Espino	33%	Frangel	20%	Quillay
10%	Quillay	13%	Otras Especies	20%	Litre
9%	Algarrobo	9%	Otras Especies	19%	Peumo
8%	Tevo	9%	Otras Especies	14%	Boldo
6%	Huingán	8%	Otras Especies	10%	Tevo
25%	Otras Especies	27%	Otras Especies	17%	Otras Especies

Fuente: CONAF, Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (1999) y, Donoso y Donoso (2007).

A nivel de especie se registró la información básica que permite la cuantificación del stock de carbono en el bosque nativo, obtenida a partir de fuentes bibliográficas confiables que son debidamente identificadas en el Anexo 4 y la bibliografía. Las variables básicas obtenidas por especie son:

- Densidad básica de la madera (ton secas/m³)
- Factor de expansión de biomasa fustal (FEB, adimensional)
- Fracción de carbono (FC, %)

Para cada composición teórica, la variable de entrada fue ponderada según la participación de la especie correspondiente, como se ejemplifica para el Tipo Forestal Esclerófilo, subtipo forestal Peumo-Quillay-Litre en la figura siguiente.

Ilustración 3. Ejemplo de ponderación de variables de entrada (Tipo Forestal Esclerófilo)

				Valores Ponderados por Especie						
				Densidad	FEB		FC			
STF Peumo-Quillay-Litre			100%	100	0,576	57,64	1,400	80,70	44,54%	131,9
Dominancia	Especie	% Part	Volumen (m3/ha)	Densidad (ton/m3)	Biomasa Fustal (ton/ha)	FEB (factor)	Biomasa Aérea (ton/ha)	FC (%)	CO2 (tonCO2e/ha)	
esp 1	Quillay	20%	20,4	0,556	11,3	1,400	15,8	46,280	26,9	
esp 2	Litre	20%	19,9	0,660	13,1	1,400	18,4	44,100	29,8	
esp 3	Peumo	19%	18,5	0,520	9,6	1,400	13,5	44,100	21,8	
esp 4	Boldo	14%	13,8	0,572	7,9	1,400	11,0	44,100	17,9	
esp 5	Tevo	10%	10,3	0,572	5,9	1,400	8,2	44,100	13,3	
esp 6	Otras Especies	17%	17,1	0,572	9,8	1,400	13,7	44,100	22,2	

Fuente: numerosos autores en Anexo 4 y Bibliografía.

Adicionalmente, dado que no siempre estarán disponibles las variables requeridas a nivel de cada especie en la literatura, se registrará información también a nivel de grupo de especies, subtipo o tipo forestal, tal como se puede ver en el anexo 4. Cabe destacar que, cuando no se contó con algún antecedente en ninguno de los niveles, se utilizó los valores por defecto presentados por FAO (2004), IPCC (2006) y Schlegel (2001). La prioridad de uso de los antecedentes que se obtengan y registren será siempre de lo más específico a lo más general, apuntando a estar lo más cercano al tier 3 del IPCC cuando sea factible.

2.2 Plantaciones

2.2.1 Fuentes de información

Las principales fuentes de información utilizadas son:

- Informe Técnico N°170 de Disponibilidad de Madera de Plantaciones de pino radiata en Chile 2003-2032 (2005), INFOR
- Informe Técnico N°173 de Disponibilidad de Madera de Eucalyptus en Chile 2006-2025 (2007), INFOR
- “Estimación del Carbono Capturado en las Plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptos Relacionadas con el DL-701 de 1974” (2007), ODEPA-Larozé

- “Tablas Auxiliares de Producción, Proyecto Fondef D01/1021” (2005), Fundación Chile.
- Estadísticas Forestales Chilenas 1996 a 2006, INFOR
- Anuario Forestal 2008 y 2011, INFOR
- Estadísticas forestales de CONAF (<http://www.conaf.cl/bosques/seccion-estadisticas-forestales.html>)

2.2.2 Análisis de información disponible

Para el caso de Pino y Eucaliptus:

Existen varios modelos disponibles para proyectar el crecimiento y cosecha de las plantaciones exóticas. La primera opción del equipo consultor fue utilizar el “Modelo Austral” de los profesores Gonzalo Paredes (QEPD) y Mauricio Ruiz-Tagle de la Universidad Austral.

Este modelo ha sido utilizado por los estudios previos de disponibilidad de madera de plantaciones a nivel nacional⁴, así como por parte de las principales empresas forestales para el modelamiento de sus propios planes de producción y crecimiento patrimonial. La utilización de este modelo fue aprobada por el Equipo de Investigación. Para ver mayor detalle del modelo, sus consideraciones y funcionamiento ir a Anexo 12.

De acuerdo a lo que se había presentado al equipo MAPS, para poder utilizar el modelo se requería de información específica por rodal a ser proporcionada por el INFOR, como por ejemplo el stock de plantaciones por: Especie; Año de plantación (hasta 2006); Categoría geográfica (zona/región/comuna); Categoría de productividad (clase de sitio); Categoría de especie-manejo por especie, etc... El detalle de la información requerida se encuentra en la solicitud de información desarrollada por el equipo consultor (Ver anexo 13).

Dicha información fue solicitada al INFOR, sin embargo, el INFOR aclaró que la información requerida No es pública; argumentando que existe confidencialidad entre empresas forestales e INFOR, y por lo tanto, este último no está facultado para entregar dicha información.

⁴Por ejemplo estudio de “Disponibilidad de madera de eucaliptus en Chile 2006-2025”, INFOR.

Considerando que sin esta información de detalle no es posible correr el modelo propuesto de manera de agregar valor a los resultados de proyección; el equipo consultor propuso considerar la información pública disponible respecto al volumen de plantaciones exóticas y su proyección; esta información se encuentra detallada en los Informes de Disponibilidad de Madera del INFOR y corresponde a la mejor información pública disponible. De manera adicional y con la finalidad de validar la proyección de volumen del INFOR y entregar un modelo que permite analizar otros escenarios y evaluar distintas opciones, se desarrolló una metodología que permite proyectar el volumen de plantaciones exóticas a partir de información pública. Las variables básicas requeridas por especie para el desarrollo de esta metodología son:

- Superficie plantada (ha/año)
- Incremento en la superficie (ha/año)
- Rendimiento en volumen o biomasa (m³/ha o ton/ha)
- Crecimiento medio anual en volumen o biomasa (m³/ha/año o ton/ha/año)
- Edad de rotación estimada (años)
- Densidad básica de la madera (ton secas/m³)
- Factor de expansión de biomasa fustal (FEB, adimensional)
- Fracción de carbono (FC, %)

Tal y como se especifica en la sección de metodología esta información se encuentra desagregada a distintos niveles para Pino y Eucaliptus por lo tanto el tratamiento de la información es distinto dependiendo de la especie.

Para el caso de otras plantaciones:

Teniendo como base la información y clasificaciones presentadas en las Estadísticas Forestales Chilenas 2006 (INFOR, 2007), Anuario Forestal 2008 (INFOR, 2008) y las estadísticas forestales de CONAF (<http://www.conaf.cl/bosques/seccion-estadisticas-forestales.html>), se definió como especies principales para el análisis las siguientes: *Atriplex nummularia* (Atriplex), *Prosopis tamarugo* (Tamarugo), *Prosopis chilensis* (Algarrobo), *Populus sp* (Álamo), *Pseudotsuga menziesii* (Pino oregón), *Pinus ponderosa* (Pino ponderosa) y *Acacia saligna* (Acacia azul). El resto de especies se agrupan bajo la categoría “Restantes especies”.

La base inicial de decisión para incluir estas especies como las principales, se relaciona con la participación en la superficie forestada en Chile entre los años 1998 y 2006, la que, descontando de las cifras *Pinus radiata* y *Eucalyptus sp*, totaliza 77.568,0 ha. Para *Pinus ponderosa* se tiene un total de 16.268,2 ha forestadas (20,97%), para *Acacia saligna* 12.300,1 ha (15,86%), para *Atriplex nummularia* 9.749,2 ha (12,57%) y para *Pseudotsuga menziesii* 6.217,2 (8,02%).

Tabla 5. Participación en la plantación acumulada del periodo 1998 a 2006 de las otras especies forestales consideradas en el estudio.

ESPECIE		PLANTACIÓN 1998 A 2006			
		Superficie (ha)		Participación (%)	
Nombre científico	Nombre común	Forestación	Reforestación	Forestación	Reforestación
<i>Pinus ponderosa</i>	Pino	16.268,2	0,4	20,97	0,002
<i>Acacia saligna</i>	Acacia azul	12.300,1	11,5	15,86	0,065
<i>Atriplex nummularia</i>	Atriplex	9.749,2	101,9	12,57	0,576
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Pino oregon	6.217,2	585,6	8,02	3,310
<i>Prosopis chilensis</i>	Algarrobo	1.336,6	3,2	1,72	0,018
<i>Populus sp</i>	Alamo	607,5	16,0	0,78	0,090
<i>Prosopis tamarugo</i>	Tamarugo	154,1	3,0	0,20	0,017
TOTAL		46.632,9	721,6	60,12	4,079

Fuente: Estadísticas Forestales Chilenas 2006, INFOR (2007), Anuario Forestal 2008, INFOR y las estadísticas forestales de CONAF.

Un segundo elemento de decisión se relaciona con la particularidad del establecimiento de especies forestales en la zona norte del país, lo que motiva considerar en el análisis a *Prosopis chilensis* y *Prosopis tamarugo*, y la relevancia que tiene en la zona central del país el cultivo de *Populus sp*.

Estas 7 especies totalizan 46.632,9 ha plantadas entre 1998 y 2006, lo que corresponde a un 60,12% de la superficie total de otras especies establecidas en ese periodo en el país.

El momento del tiempo de consolidación de la información corresponde a diciembre del año 2006.

De manera análoga al caso de Pino y Eucaliptus, a nivel de especie se consideró la información básica que permite la cuantificación del stock de carbono, obtenida a partir de fuentes bibliográficas confiables e identificables. Las variables básicas obtenidas por especie son:

- Superficie plantada (ha/año)
- Incremento en la superficie (ha/año)
- Rendimiento en volumen o biomasa (m³/ha o ton/ha)
- Crecimiento medio anual en volumen o biomasa (m³/ha/año o ton/ha/año)
- Edad de rotación estimada (años)
- Densidad básica de la madera (ton secas/m³)
- Factor de expansión de biomasa fustal (FEB, adimensional)
- Fracción de carbono (FC, %)

Cuando no se contó con algún antecedente en ninguno de los niveles, se utilizó los valores por defecto presentados por FAO (2004) e IPCC (2006). La prioridad de uso de los antecedentes que se obtuvieron y registraron fue siempre de lo más específico a lo más general.

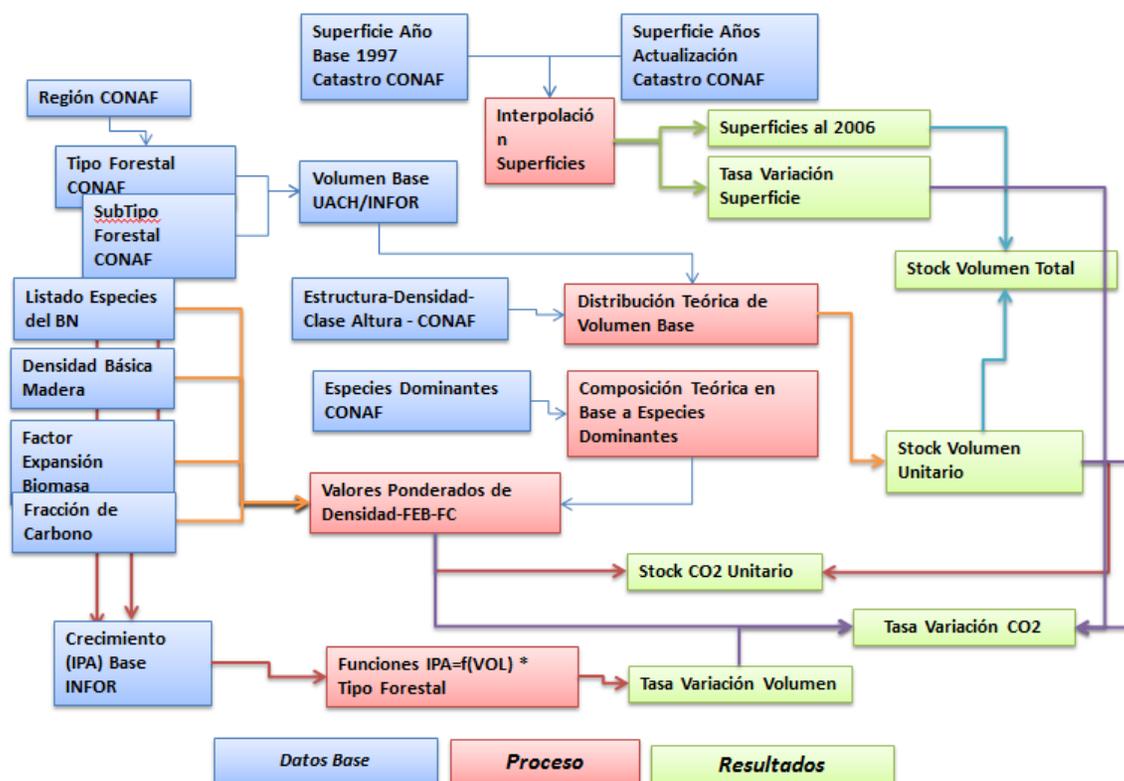
Complementariamente, en la revisión de literatura se captura también información de densidad anhidra y densidad verde, con la cual se puede estimar la densidad básica; incremento corriente anual (ICA), el cual se puede relacionar con el IMA; otros factores de expansión de biomasa, como el de biomasa subterránea y biomasa total (aérea y subterránea); y la fracción de carbono de los distintos componentes del árbol (fuste, ramas y hojas, raíces). Con esta revisión de literatura se podrá informar los vacíos de información que se detecten en cuanto a contar con los parámetros clave que permitan realizar a futuro las estimaciones de carbono forestal a nivel del tier 3 del IPCC.

3. METODOLOGÍA

3.1 Metodología de proyección para bosque nativo

3.1.1 Diagrama metodológico

Una vez aclarados los conceptos anteriores detallados en el punto 2, se procede a definir el diagrama metodológico necesario para la proyección de bosque nativo y la estimación de capturas y emisiones de carbono. A continuación se encuentra el diagrama que es explicado en detalle en los puntos a continuación.



3.1.2 Determinación de superficie de bosque nativo en el año base

En relación a la superficie referencial, la información utilizada corresponde a la misma empleada en el INGEI 2006 (Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chile), que se basa en datos proporcionados por el Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF-CONAMA). El siguiente cuadro presenta el año base (inicial) del Catastro

para las diferentes regiones, como también los años en que se han efectuado las diferentes actualizaciones, pudiendo constatar que existen, por un lado, regiones en las cuales se han efectuado dos actualizaciones –que presentan una mayor dinámica de cambios desde el punto de vista silvoagropecuario– y, por otro, regiones que sólo cuentan con los datos del año base, o bien, con actualizaciones referidas a Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad, definidos por la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), como ocurre en algunas de las regiones del norte del país (CONAF, 2011).

Ilustración 4. Años de actualización del Catastro por Región

Regiones	Año Base	Año primera Actualización	Año segunda Actualización
Arica y Parinacota			
Tarapacá			
Antofagasta		2009 *	
Atacama		2008 *	
Coquimbo		2003	2008 *
Valparaíso		2001	
Metropolitana		2001	
L.G.B. O'Higgins	1997	2001	2005
Maule		1999	2009
Biobío		1998	2008
La Araucanía		2007	
Los Ríos		1998	2006
Los Lagos		1998	2006
Aisén		2010-2011	
Magallanes		2005	

*: Actualización desarrollada sólo a nivel de Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad.

Fuente: CONAF, Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (2011).

Dado que el cálculo del stock debe realizarse con base en el mes de diciembre de 2006, partiendo de la información de superficies de bosque nativo del año 1997, disponible en el sitio <http://sit.conaf.cl/>, y de acuerdo a los años de actualización, consolidados en la información presentada por CONAF (2011), se estima la tasa de cambio anual nacional de superficie de bosque nativo del país, antecedente con el cual se realiza la proyección de las superficies desde el año 1997 al año 2006, que constituye la línea base para posteriormente realizar los cálculos de stock de CO₂. Para la actualización de superficie

posterior (2007 a 2050) se usó la misma tasa de variación histórica calculada con los datos disponibles, considerando su desagregación en los niveles indicados previamente de tipo y subtipo forestal, estructura, cobertura y clases de altura.

3.1.3 Determinación del volumen de bosque nativo en el año base

Dado que el Catastro de Bosque Nativo no incorpora la información de volumen para los distintos subtipos forestales o especies, esta información tuvo que ser obtenida a partir de otros antecedentes públicos, a saber información de la Universidad Austral de Chile (ver detalle en Anexo 5), la cual entrega antecedentes de volumen a nivel de subtipo forestal y estructura. A partir de esto se realizó la distribución teórica para todos los niveles de información de cada subtipo forestal, de la base del volumen registrado para el bosque adulto en cada caso. Cabe indicar que la clasificación de los subtipos utilizada por la UACH no es correspondiente con los subtipos definidos para el catastro.

Considerando lo anterior, se decidió realizar una estimación adicional del volumen a partir de información del INFOR (2009); si bien esta información es posterior al 2006, es utilizada sólo como respaldo con la finalidad de validar la información de la UACH.

Los antecedentes presentados por INFOR (2009) tienen menor especificidad, ya que consideran como nivel mínimo el Tipo Forestal y como área geográfica aquella comprendida entre la Región del Maule y la Región de Aysén. El volumen por Tipo Forestal fue distribuido teóricamente a partir del volumen promedio a cada uno de los niveles de estructura-cobertura-clase de altura, con los criterios que se indican en el cuadro siguiente.

Ilustración 5. Criterios para la distribución teórica del volumen⁵

Criterios	ESTRUCTURA	COBERTURA	CLASE DE ALTURA	% Volumen
33%	Bosque Adulto	Denso	8 a 12	33,0%
	Bosque Adulto	Denso	12 a 20	55,3%
	Bosque Adulto	Denso	20 a 32	77,7%
100%	Bosque Adulto	Denso	mayor a 32	100,0%
Máximo	Bosque Adulto	Semidenso	8 a 12	24,8%
	Bosque Adulto	Semidenso	12 a 20	41,5%
	Bosque Adulto	Semidenso	20 a 32	58,3%
75%	Bosque Adulto	Semidenso	mayor a 32	75,0%
	Bosque Adulto	Abierto	8 a 12	16,5%
	Bosque Adulto	Abierto	12 a 20	27,7%
	Bosque Adulto	Abierto	20 a 32	38,8%
50%	Bosque Adulto	Abierto	mayor a 32	50,0%
75% del BA	Renoval	Denso	2 a 4	6,2%
	Renoval	Denso	4 a 8	12,4%
	Renoval	Denso	8 a 12	24,8%
	Renoval	Denso	12 a 20	41,5%
	Renoval	Denso	20 a 32	58,3%
	Renoval	Semidenso	2 a 4	4,6%
	Renoval	Semidenso	4 a 8	9,3%
	Renoval	Semidenso	8 a 12	18,6%
	Renoval	Semidenso	12 a 20	31,1%
	Renoval	Semidenso	20 a 32	43,7%
	Renoval	Abierto	2 a 4	3,1%
	Renoval	Abierto	4 a 8	6,2%
	Renoval	Abierto	8 a 12	12,4%
	Renoval	Abierto	12 a 20	20,8%
	Renoval	Abierto	20 a 32	29,1%
	Promedio	Bosque Adulto-Renoval	Denso	8 a 12
BA-Renoval	Bosque Adulto-Renoval	Denso	12 a 20	48,4%
	Bosque Adulto-Renoval	Denso	20 a 32	68,0%
	Bosque Adulto-Renoval	Denso	mayor a 32	87,5%
	Bosque Adulto-Renoval	Semidenso	8 a 12	21,7%
	Bosque Adulto-Renoval	Semidenso	12 a 20	36,3%
	Bosque Adulto-Renoval	Semidenso	20 a 32	51,0%
	Bosque Adulto-Renoval	Semidenso	mayor a 32	65,6%
	Bosque Adulto-Renoval	Abierto	8 a 12	14,4%
	Bosque Adulto-Renoval	Abierto	12 a 20	24,2%
	Bosque Adulto-Renoval	Abierto	20 a 32	34,0%
50% del renoval	Bosque Adulto-Renoval	Abierto	mayor a 32	43,8%
	Bosque achaparrado	Denso	2 a 4	3,1%
	Bosque achaparrado	Denso	4 a 8	6,2%
	Bosque achaparrado	Semidenso	2 a 4	2,3%
	Bosque achaparrado	Semidenso	4 a 8	4,6%
	Bosque achaparrado	Abierto	2 a 4	1,5%
	Bosque achaparrado	Abierto	4 a 8	3,1%

Fuente: Criterio experto, revisado por equipo MAPS específicamente por CONAF.

⁵ De acuerdo a lo sugerido por el Grupo de Construcción de Escenarios y el Comité Directivo, se procedió a reducir las proporciones de volumen en algunas de las categorías señaladas por los profesionales. Es importante destacar que el modelo de cálculo se encuentra absolutamente parametrizado, con lo cual, en la medida que se cuente con antecedentes más precisos, será posible recalculer los resultados sin mayores inconvenientes.

La distribución teórica del volumen para las distintas combinaciones de Estructura-Cobertura y Clase de Altura se ha construido en base a juicio experto y la mejor información bibliográfica disponible, la que normalmente es de una superficie acotada que no permite una extrapolación directa al análisis país. Con esto, se pretende cuantificar, en base a estos antecedentes teóricos básicos, las distintas categorías de bosque que se encuentran en el catastro, para asignar un volumen inicial que permita avanzar en los cálculos posteriores.

Es absolutamente claro, que lo que correspondería en rigor sería contar con antecedentes específicos (extraídos de parcelas de muestreo temporales o permanentes) para cada combinación de estas variables, llegando incluso a nivel de Región o Provincia; sin embargo, este tipo de antecedentes no se encuentran disponibles al momento de realizar este análisis, siendo una de las brechas a tener en consideración a futuro.

No obstante lo anterior, la lógica utilizada -incluidos los ajustes sugeridos por los revisores- permite contar con una aproximación racional más allá de situaciones específicas que normalmente se escapan a las grandes cifras.

El resultado del proceso anterior es el stock de volumen por unidad de superficie para cada Tipo Forestal y subclasificación de estructura-cobertura-clase de altura correspondiente, asignado al año 2006, considerando la información de UACH y del INFOR (2009) en forma paralela, a fin de analizar cómo afecta la fuente de información utilizada a las estimaciones. En ambos casos, la prioridad de uso de la información va de lo más específico a lo más general; vale decir, si existe información a nivel de subtipo forestal se utiliza ésta en lugar de la información disponible para el Tipo Forestal.

3.1.4 Proyección del volumen de bosque nativo

La siguiente etapa consiste en la proyección de volumen de bosque nativo, que permitirá realizar posteriormente la proyección del stock de carbono del bosque nativo chileno del año 2007 al año 2050, considerando como hitos cada década. Esto implica interpretar en el modelo matemático el comportamiento biológico de los bosques nativos del país y, en base a esta lógica, sentar las bases para realizar estimaciones que sean consistentes y teóricamente válidas. Para esto, se considera la curva de crecimiento en volumen de un bosque, en la cual junto con incorporar el comportamiento biológico de los árboles

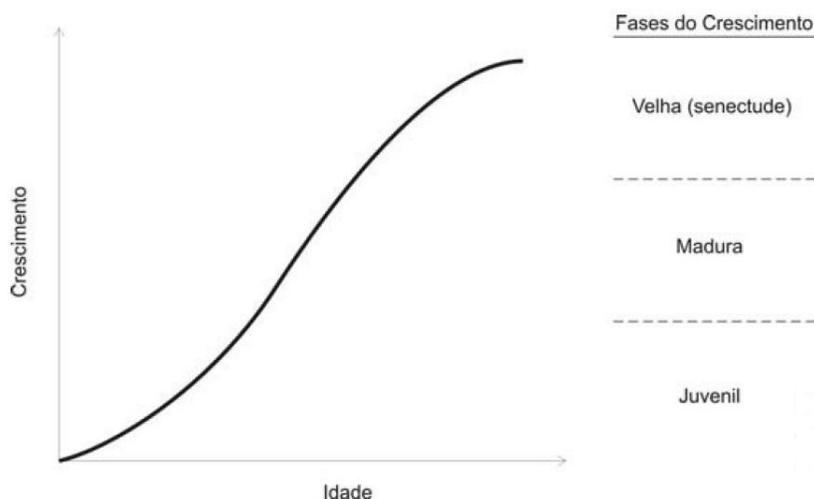
individuales, también debe integrar el fenómeno de competencia, que genera mortalidad natural.

El crecimiento biológico corresponde al incremento gradual de un organismo en un determinado periodo de tiempo, en donde el crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento de dicho organismo (Prodan *et al.*, 1997). El crecimiento de los árboles, resultado del aumento de sus dimensiones en un período de tiempo es un fenómeno muy complejo en el que intervienen numerosas variables. La biología propia de la especie, el clima, suelo, competencia, disturbios, son determinantes (Juárez de Galíndez, 2001). La curva de crecimiento biológico de un árbol individual debe cumplir con cinco leyes:

1. El tamaño es una función monótona creciente de la edad: en una expresión menos formal significa que los organismos no decrecen en tamaño cuándo son más viejos.
2. Los resultados del crecimiento biológico son, por si solos, típicamente capaces de crecer: vale decir, el crecimiento biológico es fundamentalmente del tipo multiplicativo.
3. En un ambiente sin perturbación el crecimiento ocurre a una velocidad constante, uniforme y específica: la constancia que la ley requiere se refiere al ambiente externo, pero también al interno.
4. Sobre ciertas condiciones de desarrollo, la aceleración específica del crecimiento es siempre negativa: la tasa de crecimiento puede elevarse y después caer, como ocurre con cualquier organismo; el crecimiento se puede expresar por intermedio de una curva de tipo sigmoideal, donde la tasa específica de crecimiento siempre cae. Con alguna excepción para esta regla general, significa que “aquellos resultados del crecimiento biológico, aunque capaces de crecer, no son capaces de crecer tan rápido como sus precursores”. Por tanto la senescencia es un proceso que acontece continuamente a lo largo de la vida.
5. La tasa específica de crecimiento declina más y más lentamente a medida que el organismo aumenta en edad: de modo más simple, “los organismos envejecen más rápido cuándo ellos son jóvenes” o también, “los organismos envejecen más lentamente cuándo ellos son más viejos”.

El crecimiento es representado gráficamente y matemáticamente por una curva sigmoideal o curva en “S”, en que la primera fase corresponde a la edad juvenil, la segunda a la edad madura o rectilínea y la tercera a la edad senil (vieja). Cada fase mantiene un ritmo de crecimiento característico de la vida total del árbol y juntos forman la curva de crecimiento. La edad juvenil se caracteriza por un crecimiento rápido muchas veces del tipo exponencial. En la edad madura, el árbol normalmente presenta periodos iguales con crecimiento semejantes (rectilíneos). La edad senil se caracteriza por un crecimiento cada vez más insignificante, desde un punto de vista relativo, mostrando una asíntota de la curva.

Ilustración 6. Forma típica de la curva de crecimiento de un árbol

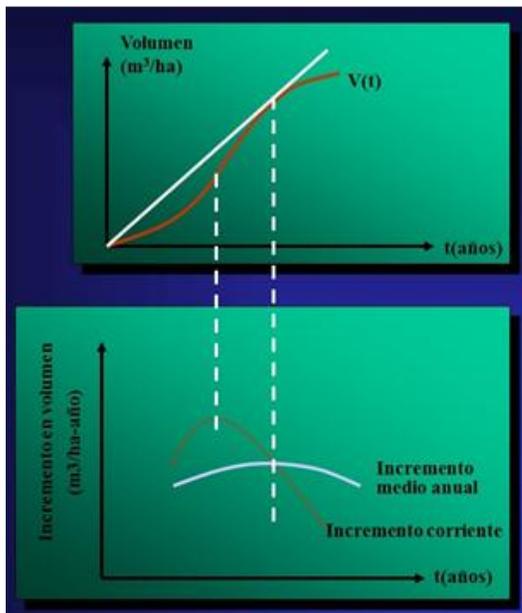


Fuente: Imaña, J. y O. Encinas. 2008.

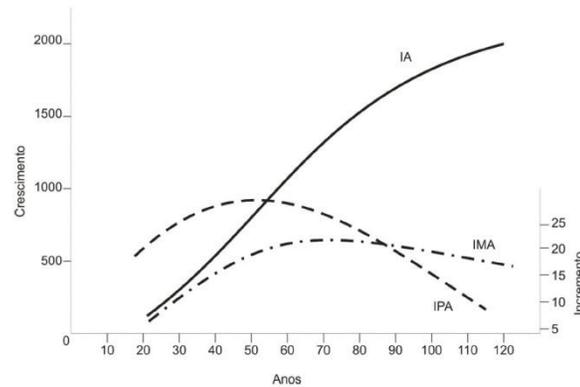
En términos matemáticos, Sweda (1984) clasifica las funciones de crecimiento en empíricas, cuasi-teóricas y teóricas. Las ecuaciones empíricas son aquellas sin un argumento racional tras ellas pero que se han adoptado en base al conocimiento de la forma de la curva de crecimiento acumulado; ejemplo de ellas son las funciones polinómicas. Las ecuaciones teóricas son derivadas a partir de supuestos generales, en donde cada uno de los parámetros estimados tiene alguna connotación biológica en el comportamiento de la curva; ejemplo de estas son las ecuaciones de Mitscherlich, Logística, Gompertz y de Relaciones Polimórficas. Un modelo empírico utilizado habitualmente es el exponencial, reducible a la forma lineal, presentado por INFOR (1989): $V(t) = a t^b e^{ct}$; donde V: volumen (m^3/ha), t: edad (años) y $c < 0$.

La generación de curvas de desarrollo de rodal en volumen fustal por subtipo forestal y tipo forestal, para cada uno de los niveles de análisis establecidos para la información de stock, se realizó en función del desempeño teórico del IPA y su relación con la curva de crecimiento biológico en volumen, la cual se ilustra en la siguiente figura.

Ilustración 7. Relación entre la curva de crecimiento acumulado y las curvas de IMA e ICA



Fuente: elaboración propia.



IA: crecimiento acumulado
IMA: incremento medio anual
IPA: incremento periódico anual
(calculado cada año, luego es análogo a ICA)

FUENTE: Imaña, J. y O. Encinas. 2008.

Cuándo el IPA es mayor que el IMA es señal que el IMA está creciendo; por otro lado, cuándo el IPA es menor que el IMA significa que el IMA está decreciendo. De esta forma el punto de intersección del IMA/ ICA indica el punto con el valor máximo de producción forestal por unidad de área, en otras palabras el punto de máximo IMA. Así, el máximo IPA indicará el punto en el cual se pasa de la fase de crecimiento juvenil a la fase de madurez, y a su vez el punto de máximo IMA (rotación biológica) indicará la edad en la cual comienza la etapa de senectud.

En función de los antecedentes disponibles, se determinó el Incremento Periódico Anual para cada Tipo Forestal, para la Región del Maule a la Región de Aysén, relacionando, además, la información de volumen por tipo forestal con la información de IPA, a través del correspondiente conglomerado para el cual fue registrada.

A fin de no usar valores promedio solamente, y reflejar las etapas de crecimiento de un rodal y el fenómeno de competencia, el desempeño del IPA de cada Tipo Forestal se estableció en función del stock en volumen para el cual el incremento fue registrado. Esto se justifica en que el volumen existente se relaciona directamente con el DAP⁶ y la altura de los árboles que componen el bosque, variables que a su vez indican estado de desarrollo, y, al mismo tiempo, el stock en volumen también es considerado un buen indicador de la densidad de un rodal. Con un sustento biológico y dinámico, la ley sobre la que se apoyan las relaciones tamaño-densidad es la "Regla de los $-3/2$ ", que describe en rodales regulares el comportamiento de variables relacionadas con el tamaño y la densidad de los mismos en condiciones extremas de ocupación. Esta ley también se denomina "Ley del Autorraleo" de poblaciones vegetales, pues analiza la mortalidad ocasionada por la competencia extrema en poblaciones regulares (Chauchard *et al.*, 1995). En términos forestales la ley se aplica con el volumen del árbol promedio o también se puede expresar en relación al volumen total por hectárea del rodal (Chauchard *et al.*, 1999).

Dada la forma gráfica resultante del análisis de dispersión de los datos disponibles, se genera la curva de IPA para cada Tipo Forestal, y algunos subtipos forestales, representada funcionalmente por una parábola hacia abajo, simétrica en torno a su punto de máximo. En términos matemáticos, para una parábola con vértice fuera del origen (ordinaria), específicamente con vértice en (h, k) , y foco en $(h, k + p)$, la ecuación que la representa es:

$$(x-h)^2 = 4 p (y-k), \text{ ó}$$

$$y = a x^2 + b x + c \text{ (con } a = 1 / 4p, b = - h / 2p, \text{ y } c = h^2 / 4p - k)$$

⁶ DAP: Diámetro de la Altura de Pecho, se mide en un punto de referencia, por lo general a 1,3m del suelo, una vez limpiada la hojarasca acumulada.

Se complementan los datos entregados por UACH o INFOR incluyendo dos puntos más en la base de datos: (0,0) y (máximo volumen,0). Esto debido a que si no existe volumen no puede haber crecimiento, y a que existe teóricamente un volumen máximo en el cual ya se ha alcanzado la etapa de senectud y por ende el incremento periódico se hace cero para ese punto; con volúmenes mayores el IPA sería negativo, según la ley de rendimientos marginales decrecientes. Dado que este volumen máximo no está establecido en la literatura, y que está condicionado al sitio forestal para cada Tipo Forestal, en términos prácticos se estableció el valor máximo de volumen por tipo forestal como el promedio de los 3 valores más altos registrados en los antecedentes disponibles.

Así se genera sobre cada diagrama de dispersión una línea de tendencia polinómica de grado 2, para la cual se presenta su correspondiente ecuación y coeficiente de determinación (R^2) en el Anexo 6. Para el Tipo Forestal Ciprés de la Guaitecas, dado que no existen antecedentes de volumen y crecimiento, se asume la curva de IPA del Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera.

Con cada una de estas funciones es posible establecer el IPA en volumen para cada año, por subtipo o tipo forestal, entre el 2007 y el 2050, en términos del cambio de stock en volumen que se vaya sucediendo para el mismo periodo de tiempo. La restricción impuesta al modelo implica asumir que si el incremento en volumen entre 2 años consecutivos resulta negativo, se mantiene el volumen del año previo.

En términos generales el modelo de cálculo de cambio en volumen de un bosque entre dos años consecutivos está dado por la expresión:

$$V_{t+1} = V_t + IPA_{t,t+1} - M_{t,t+1} - C_{t,t+1}$$

Donde,

V_{t+1} : Volumen estimado en el momento del tiempo $t + 1$ (m^3/ha)

V_t : Volumen existente en el momento del tiempo t (m^3/ha)

$IPA_{t,t+1}$: Incremento Periódico Anual en Volumen estimado en el periodo $t,t+1$ ($m^3/ha/año$)

$M_{t,t+1}$: Mortalidad natural estimada en el periodo $t,t+1$ (m^3/ha)

$C_{t,t+1}$: Cortas estimadas en el periodo $t,t+1$ (m^3/ha)

Dado que la mortalidad natural está implícita en la estimación del IPA en función del volumen existente, al incremento en stock en volumen deberá restarse posteriormente las pérdidas por efecto de cortas. La metodología relacionada con la estimación e incorporación de las pérdidas de volumen en el modelo se explica en el subcapítulo siguiente.

3.1.5 Determinación de stock de CO₂ al año base y proyección captura de CO₂

Con la información registrada a nivel de especie, se siguió la metodología propuesta por el IPCC (2006) para establecer el contenido de carbono y posteriormente, usando la relación estequiométrica 44/12 (3,667), el contenido de CO₂ almacenado por especie o grupo de especies del bosque nativo chileno. La expresión de cálculo corresponde a la siguiente:

$$C_{ba}(\text{ton/ha}) = V (\text{m}^3/\text{ha}) * D (\text{ton/m}^3) * \text{FEB} * \text{FC} (\%)$$

Donde:

C_{ba} : Carbono biomasa aérea (ton/ha)

V : Volumen fustal (m³/ha)

D : Densidad básica de la madera (ton secas/m³verde)

FEB: Factor de Expansión de la Biomasa (de biomasa fustal a biomasa aérea; adimensional)

FC : Fracción de Carbono (%)

Los valores de densidad básica, factor de expansión y fracción de carbono por especie fueron ponderados en función de la composición teórica definida para cada subtipo forestal a fin de poder realizar las estimaciones posteriores a nivel de subtipo forestal.

Estos valores se encuentran detallados en el anexo 11.

Con el resultado de superficie de bosque nativo y de stock de volumen unitario (m³/ha) se estima el stock de volumen, y consecuentemente de CO₂, para el año 2006.

Calculado el cambio en stock en volumen, y consecuente incremento en biomasa, se obtendrá los stock en CO₂ por unidad de superficie (ton CO₂/ha) para cada año, el que multiplicado por la superficie de cada polígono de la base de datos del Catastro permitirá

establecer el stock de CO₂ por Tipo Forestal y región administrativa del país año a año, y por diferencia la proyección de las capturas de CO₂ anuales.

3.1.6 Proyección de emisiones de CO₂ del bosque nativo

Las emisiones de CO₂ establecidas para el bosque nativo analizadas provienen de incendios, cortas y extracción de leña.

Incendios

Se contabiliza la pérdida de superficie por esta causa utilizando las series temporales de datos estadísticos proporcionados por la Gerencia Manejo del Fuego de la CONAF, específicamente el Resumen Nacional de Ocurrencia por Provincias y Comunas, considerando los incendios ocurridos en la vegetación natural en las categorías Arbolado (bosque adulto) y Matorral (renovales), para el periodo 1986-2006 (Anexo 7). Si bien la superficie afectada se registra a nivel de comuna, los datos se consolidaron a nivel de Región. Con los antecedentes históricos se establece la superficie anual promedio de pérdida por incendios para cada tipo de bosque, la cual se mantiene constante durante el periodo de proyección 2007-2050. Además, para efectos de establecer la emisión por región del país, se asume que la pérdida de stock de CO₂ por causa de incendios corresponde en promedio al 50% del stock total en la superficie afectada para el Bosque Adulto (Arbolado) y del 75% del stock total de CO₂ en la superficie afectada para los Renovales (Matorral). A partir de la metodología anterior se tiene que las emisiones por incendio van aumentando progresivamente en el periodo analizado debido a que la metodología considerada contempla que cada vez se incendian superficies que han visto aumentado su volumen, con la finalidad de disminuir este efecto; se considera una reducción de 25% anual⁷ sobre el total de emisiones nacionales obtenidas producto de incendios –tanto para arbolado como para matorral.

⁷ Fuente: Criterio experto consensuado con equipo MAPS.

Cortas

Esta causa de emisión se subdivide en tres niveles:

- cortas anuales registradas en planes de manejo,
- cortas ilegales detectadas y
- cortas ilegales no detectadas

Las cortas anuales registradas en planes de manejo y las ilegales detectadas, se establecieron a partir de antecedentes históricos proporcionados por la Corporación Nacional Forestal.

Para el caso de cortas ilegales detectadas, registradas en el proceso de fiscalización forestal, los antecedentes fueron obtenidos del Departamento de Fiscalización Forestal y se presentan en el Anexo 8, mostrando la superficie anual afectada por Tipo Forestal y Región administrativa del país. En base a esta información se utilizó, para efectos de la estimación y proyección, la superficie máxima de corta anual registrada en el periodo 2005-2009 y se asumió que en esa superficie la extracción de volumen corresponde al 8% del volumen en existencia. Se estima que esta extracción corresponde a un tercio de las cortas ilegales no detectadas.

De acuerdo a la metodología anterior, se mantiene la proporción de superficie cortada tanto en la corta ilegal detectada y no detectada. Con la finalidad de considerar un incremento más controlado, en acuerdo con el grupo MAPS, se considera una reducción paulatina de las emisiones estimadas producto de corta ilegal (detectada y no detectada) hasta llegar al 50% de lo estimado para el año 2050, para esto se aplica un 10% menos a las emisiones anuales entre 2008-2015, 20% entre 2016-2025, 30% entre 2026-2035, 40% entre 2036-2045 y 50% desde el 2046 hasta el fin del horizonte en el escenario.

Para las cortas realizadas en los bosques producto de las acciones de manejo, se cuenta con la información histórica de superficie de bosque nativo registrada como a intervenir en los planes de manejo presentados a la CONAF en el periodo 1995-2006 (Anexo 9), obtenida del Departamento de Bosque Nativo para cada región administrativa del país. Para establecer la superficie promedio anual efectivamente ejecutada se asume un factor de 33,3% en base a la opinión de los funcionarios de CONAF. Además, en la superficie ejecutada se asume primeramente una extracción del 35% del volumen existente por

unidad de superficie, dado que este es el máximo establecido por la Ley (en términos de área basal para la mayoría de los tipos forestales del país) sin embargo, este volumen involucra distintos productos, entre los que hay leña por lo que, finalmente y para no contabilizar doblemente las emisiones por leña “legal”, se establece a juicio de experto que las cortas registradas para calcular las emisiones son el 10% del volumen total en pie.

Extracción Leña

Para establecer el volumen de extracción de leña desde el bosque nativo se usa como información de entrada los antecedentes de oferta, consumo y balance de dentroenergía por Región presentados por FAO-INFOR (2010) (Anexo 10), que considera información disponible al año 2006. Así, es posible establecer la parte del consumo que debe cubrir el sector forestal, y particularmente el subsector bosque nativo, para cada una de las regiones del país.

Tabla 6. Requerimiento de biomasa del bosque nativo por consumo de leña

REGION	Consumo Total (KG/año)	Oferta Frutales (KG/año)	Ofertas Industrias (KG/año)	Consumo a Cubrir por Sector Forestal (KG/año)	Oferta Plantaciones (KG/año)	Requerimiento de BN (KG/año)
4	184.510.810	199.418.094	37.350	- 14.944.634	-	-
5	84.856.600	423.851.751	13.109.850	- 352.105.001	199.962.775	-
13	65.286.490	303.225.328	138.150	- 238.076.988	379.224	-
6	526.687.500	253.539.855	70.839.500	202.308.145	243.487.162	-
7	1.975.897.000	55.797.196	305.028.400	1.615.071.404	374.264.797	1.240.806.607
8	2.746.054.000	2.346.329	829.226.650	1.914.481.021	471.450.392	1.443.030.629
9	1.775.277.000	4.295.929	178.654.600	1.592.326.471	388.383.319	1.203.943.152
14	974.300.000	276.847	64.708.650	909.314.503	138.479.550	770.834.953
10	1.855.403.000	35.900	46.697.900	1.808.669.200	119.416.142	1.689.253.058
11	332.410.030	-	6.615.900	325.794.130	-	325.794.130
12	143.164.300	-	16.653.200	126.511.100	-	126.511.100
Total general	10.663.846.730	1.242.787.229	1.531.710.150	7.889.349.351	1.935.823.361	6.800.173.629

Fuente: FAO-INFOR (2010).

Cabe aclarar que, el consumo a cubrir por el sector forestal corresponde al segmento de demanda del consumo total que no es cubierto por la oferta de leña proveniente de frutales y desechos industriales. De esta manera se tiene que, por ejemplo en las regiones de Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana el consumo a cubrir es negativo, es decir hay un exceso de oferta de biomasa de frutales e industrias, además de la oferta disponible de plantaciones, por lo tanto no habría requerimiento de biomasa de bosque nativo.

Para llevar el requerimiento de leña del bosque nativo de peso a stock de CO₂, se asume una densidad promedio de la madera de 550 kg/m³ y que la extracción de volumen por estos efectos es de 80 m³/ha (juicio experto). El resultado de esta estimación se muestra en la Ilustración 9.

Es importante considerar que al conocer el requerimiento en peso de leña de bosque nativo, se tiene directamente el dato de leña es decir no es pertinente considerar el Factor de Expansión de Biomasa (FEB).

Tabla 7. Stock de CO₂ del bosque nativo removido por extracción de leña

REGION	Requerimiento del Bosque nativo Nativo			
	Peso (ton/año)	Volumen (m ³ /año)	Superficie (ha/año)	Stock CO ₂ (ton CO ₂ e/año)
Coquimbo	-	-	-	-
Valparaíso	-	-	-	-
Metropolitana	-	-	-	-
O'Higgins	-	-	-	-
Maule	1.240.807	2.256.012	28.200	2.024.767
Bío Bío	1.443.031	2.623.692	32.796	2.354.759
La Araucanía	1.203.943	2.188.988	27.362	1.964.612
Los Ríos	770.835	1.401.518	17.519	1.257.860
Los Lagos	1.689.253	3.071.369	38.392	2.756.548
Aysén	325.794	592.353	7.404	531.636
Magallanes	126.511	230.020	2.875	206.443
Total general	6.800.174	12.363.952	154.549	11.096.625

Fuente: Juicio experto (de acuerdo a lo detallado anteriormente)

En base a estos antecedentes se establece cual es la participación regional de pérdida de stock de CO₂ del bosque nativo el año 2006, manteniéndose constante esta participación del consumo regional en la proyección del 2007 al 2050.

Para proyectar el consumo nacional de leña generada a partir de biomasa del bosque nativo entre el año 2007 y 2050, se utilizan como variables de entrada la proyección en la variación del precio de los combustibles y la proyección de la variación del PIB, proporcionados por MAPS Chile, y se incluyó además la proyección del crecimiento demográfico (INE-CEPAL, 2005), ponderados en un 40%, 20% y 40% respectivamente (juicio experto).

Los impactos de las variables en el consumo de leña son los siguientes:

- Precio de Combustibles: En la medida que aumentan los precios de los combustibles se espera que el consumo de leña se incremente (la incidencia se estima en un 40% de aumento en el modelo).
- Variación del PIB: Se considera que existe una correlación negativa⁸ entre el PIB y el consumo de leña. La incidencia se estima en un 20% de modelo.
- Crecimiento Demográfico: En la medida que aumenta la población se asume que el consumo de leña también aumentará (la incidencia se estima en un 40% de aumento en el modelo).

En consecuencia el modelo de cálculo se puede generalizar como sigue:

Consumo Leña_(año n+1) = Consumo Leña_(año n) * (Variación Precio Combustible*0.4 - Variación PIB*0.2 + Tasa Crecimiento Demográfico*0.4)

3.1.1 Proyección de Balance de CO₂ Bosque nativo

Se realiza una suma simple entre los resultados de proyección de capturas (en negativo) y los de emisiones.

3.2 Metodología de proyección de las plantaciones exóticas

De acuerdo a lo detallado en el capítulo 2.2 del presente informe, la propuesta original del equipo consultor consideraba utilizar el “Modelo Austral” de los profesores Gonzalo Paredes (QEPD) y Mauricio Ruiz-Tagle de la Universidad Austral; sin embargo esto no fue posible ya que la información requerida para correr el modelo no fue proporcionada al equipo consultor por parte del INFOR por razones de privacidad de los datos proporcionados por las empresas.

Considerando lo anterior, la metodología consensuada con el equipo MAPS considera la utilización de los informes de Disponibilidad de Madera de plantaciones de Pino Radiata y

⁸ La correlación negativa entre el PIB y el consumo de leña fue propuesta por el grupo de construcción de escenarios de MAPS basado en estadísticas de países como Finlandia.

Disponibilidad de Madera de plantaciones de Eucaliptus⁹, los cuales especifican directamente la disponibilidad y proyección de volumen y demanda para cada una de las especies. Cabe destacar que, el informe de disponibilidad maderera de cada especie es público y es desarrollado por los expertos del INFOR en conjunto con un equipo técnico conformado por las principales empresas forestales del país, es decir corresponde a la mejor información disponible para la proyección de plantaciones exóticas.

A pesar de lo anterior, y de acuerdo a los objetivos del estudio, se desarrolló una metodología que permite determinar a partir de la superficie plantada, el volumen de plantaciones y su proyección al año 2050 para cada especie. Esta metodología permite validar los resultados presentados en los informes de disponibilidad maderera del INFOR y además contar con una planilla que permitirá evaluar nuevos escenarios a futuro. Esta metodología se presenta en el Anexo 14, las correspondientes planillas se entregaron y validaron con el equipo MAPS.

Considerando lo anterior a continuación se detalla la metodología considerada para determinar el balance neto de carbono de las plantaciones exóticas.

3.2.1 Proyección de superficie y Volumen de Pino

De acuerdo a lo especificado anteriormente, el volumen disponible para cosecha y su proyección se obtiene de lo informado por Disponibilidad Maderera de INFOR para los años 2003 a 2032. En el caso de Pino las plantaciones se encuentran normalizadas¹⁰ para el año 2006 en adelante, por lo tanto se tiene que el volumen disponible para cosecha corresponde al volumen que crece cada año en dicha plantación; es decir este incremento en volumen corresponde al volumen que debe ser asociado a la captura anual de CO₂ que tuvo la especie.

El volumen proyectado por el INFOR es comparado con el volumen obtenido a partir de la metodología desarrollada por Poch (anexo 14) y una vez analizadas las diferencias entre ambos se determina el volumen disponible a ser considerado. Los resultados obtenidos y la comparación de estos se puede ver en la sección Resultados, Ilustración 9 e Ilustración 10 para la proyección compilada de acuerdo al análisis realizado.

⁹ INFOR. 2005. Informe Técnico N°170 de Disponibilidad de Madera de Plantaciones de pino radiata en Chile 2003-2032 e Informe Técnico N°173 de Disponibilidad de Madera de Eucalyptus en Chile 2006-2025

¹⁰ Una plantación en estado normalizado es aquella en la que la masa de plantaciones considerada tiene una estructura de edades tal que la superficie a cosechar en el año considerado (2006 en este caso) es aproximadamente igual a $1/(\text{edad de rotación})$ de la superficie total

3.2.1 Proyección de superficie y Volumen de Eucaliptus

La proyección se obtiene de lo informado por Disponibilidad Maderera de INFOR para los años 2006 a 2025. A diferencia del Pino, las plantaciones de Eucaliptus se encuentran normalizadas¹¹ desde el año 2012 para E. Globulus y desde el año 2006 en el caso de Nitens. Debido a esto, y en consenso con el equipo MAPS, en vez de considerar el volumen disponible para cosecha de los no normalizados, se calculó el volumen considerando la tasa media de incremento de cada especie cuando se encuentra en situación normalizada. El detalle de este análisis se puede encontrar en la Sección Resultados, donde la Tabla 25 muestra la comparación entre el volumen disponible Libre y el correspondiente a Eucalipto en estado normalizado.

De esta manera, el volumen proyectado por el INFOR es comparado con el volumen obtenido a partir de la metodología desarrollada por Poch (anexo 14) y una vez analizadas las diferencias entre ambos se determina el volumen disponible a ser considerado. Los resultados obtenidos y la comparación de estos se puede ver en la sección Resultados, Ilustración 11 e Ilustración 12 para la proyección compilada de acuerdo al análisis realizado.

3.2.2 Proyección de Capturas de CO₂ para Pino y Eucaliptus

En este paso, el objetivo es obtener la Proyección de Capturas de CO₂ de acuerdo al Volumen disponible proyectado. Para esto de acuerdo a la metodología IPCC se utiliza el Volumen Proyectado obtenido del paso anterior y los factores de Expansión de Biomasa Fustal (FEB), Fracción de Carbono (FC) y Densidad básica de la madera (D) obtenidos a partir del estudio ODEPA-Larozé (Anexo 16). La expresión de cálculo corresponde a la siguiente ecuación:

$$C_{ba} \text{ (ton/ha)} = V \text{ (m}^3\text{/ha)} * D \text{ (ton/m}^3\text{)} * FEB * F C \text{ (\%)}$$

Donde:

C_{ba} : Carbono biomasa (ton)

V : Volumen fustal (m³)

D : Densidad básica de la madera (ton secas/m³verde)

¹¹ Una plantación en estado normalizado es aquella en la que la masa de plantaciones considerada tiene una estructura de edades tal que la superficie a cosechar en el año considerado (2006 en este caso) es aproximadamente igual a 1/(edad de rotación) de la superficie total

FEB: Factor de Expansión de la Biomasa

FC : Fracción de Carbono (%)

Posteriormente, usando la relación estequiométrica 44/12 (3,667), se calcula el contenido de CO₂ del volumen disponible para cosecha por especie, lo que corresponde a las capturas (al estar el volumen de las plantaciones en estado normalizado). Cabe señalar que las capturas se anotan en números negativos.

3.2.3 Proyección de Emisiones de CO₂

Las emisiones del sub sector plantaciones vienen dadas por los incendios y las cosechas.

Incendios

Los incendios están asumidos dentro de los volúmenes disponibles para cosecha informados por el INFOR en la Disponibilidad Maderera, tanto para Pino como para Eucalipto, por lo tanto ya están contabilizados al considerar los volúmenes de disponibilidad del INFOR.

Cosechas

En cuanto al volumen cosechado de cada especie, esta información proviene de la proyección de demanda realizada por la CORMA para cada especie, e informada en el informe de Disponibilidad Maderera correspondiente. Cabe aclarar que, en el caso de Pino la CORMA proyecta la demanda entre el año 2003 y 2010 y que durante todo este periodo la demanda se encuentra ajustada al volumen disponible para cosecha, es decir se demanda todo lo que está disponible. En cambio en el caso del Eucalipto la proyección de la CORMA es entre el año 2006 y 2011 y sólo desde el 2011 en adelante la demanda se ajusta al volumen disponible de cosecha. En base a lo anterior, la metodología desarrollada por Poch considera que una vez que la demanda se ajusta al volumen disponible de cosecha esto se mantiene en el tiempo. Lo anterior se ve justificado por el hecho de que el sector forestal chileno es de los más competitivos a nivel internacional, por lo que, al tener costos más baratos, se estima que siempre existirá demanda por el producto nacional.

Como referencia de que Chile es de los países más competitivos a continuación se presenta una tabla comparativa de los costos de producción entre Chile (empresa Arauco), y productores de Canadá, Estados Unidos, Suecia y Finlandia.

Tabla 8. Costos de productores de celulosa blanqueada de fibra larga (US\$/tonelada métrica).

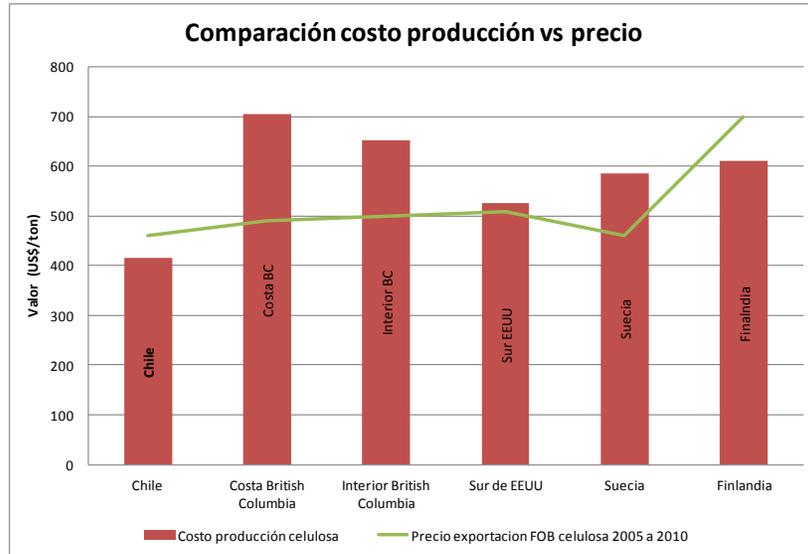
Item	Arauco Chile	Costa British Columbia	Interior British Columbia	Sur EEUU	Suecia	Finlandia
Madera	132	243	193	151	319	339
Costo Total	276	582	510	397	511	513
Costo Total envío	415	705	653	525	587	610

Fuente: Elaboración propia en base a Form 20-F, Reporte anual, proveniente de datos de Arauco y Resource Information Systems, Inc. Datos históricos de la celulosa mundial anual, diciembre 2007. <http://www.risiinfo.com/risi-store/do/product/detail/world-pulp-annual-historical-data.html>

Además, la siguiente figura compara los costos detallados en la tabla anterior con el precio de exportación FOB de celulosa¹² en el periodo 2005 a 2010. Tal y como se puede apreciar el precio de exportación FOB de celulosa durante los últimos años ha estado por sobre el valor de costo de producción de Chile.

¹² Fuente: INFOR, Sector Forestal Chileno 2011, http://www.infor.cl/images/SectorForestalChileno/2011/Sector_Forestal_Chileno_2011.pdf

Ilustración 8. Gráfico comparativo entre costos de productores de celulosa y el precio de exportación FOB de celulosa entre el 2005 y el 2010 (US\$/tonelada métrica)



Fuente: elaboración propia en base a información del documento “El Sector Forestal Chileno 2011”, INFOR.

De esta manera se confirma que el sector forestal chileno es de los más competitivos a nivel internacional y por lo tanto se sustenta el supuesto de que la demanda proyectada se ajustará a la disponibilidad maderera.

Por lo tanto, a partir de la demanda proyectada por la CORMA para cada especie, se determinan las emisiones de acuerdo a la misma metodología IPCC utilizada para el cálculo de capturas, que incluye los factores de Expansión de Biomasa Fustal (FEB), Fracción de Carbono (FC) y Densidad básica de la madera (D) obtenidos a partir del estudio ODEPA-Laroze (Anexo 16).

La expresión de cálculo corresponde a la siguiente ecuación:

$$C_{ba} \text{ (ton/ha)} = V \text{ (m}^3\text{/ha)} * D \text{ (ton/m}^3\text{)} * FEB * FC \text{ (\%)}$$

Donde:

Cba : Carbono biomasa (ton)

V : Volumen fustal (m³)

D : Densidad básica de la madera (ton secas/m³verde)

FEB: Factor de Expansión de la Biomasa

FC : Fracción de Carbono (%)

Posteriormente, se utiliza la relación estequiométrica 44/12 (3,667), para calcular el contenido de CO₂ del volumen cosechado por especie, que corresponde a las emisiones de cada una de ellas (éstas se anotan en números positivos).

3.2.4 Proyección de Balance de CO₂ Plantaciones

Se realiza una suma simple entre los resultados de proyección de capturas (en negativo) y los de emisiones.

- Pino: Debido a que la demanda (emisiones por cosechas) se ajusta a la disponibilidad de volumen de plantaciones (capturas por crecimiento de la biomasa), no hay un diferencial disponible por lo tanto se tiene que el Pino tiene un balance proyectado igual a cero.
- Eucalipto: Dado que entre el 2006 y 2012 el bosque de eucaliptus no se encuentra normalizado, se tiene que esta plantación presenta un balance positivo en estos primeros años de proyección (ver Sección de Resultados), es decir hay crecimiento de volumen de biomasa que no es demandado (debido a que no ha llegado a su edad de corta). A partir del año 2012, el balance es cero ya que el volumen disponible para cosecha (volumen equivalente al crecimiento de biomasa) se ajusta a la demanda; es decir las capturas asociadas al crecimiento se ajustan a las emisiones asociadas a la cosecha; por lo tanto se tiene que desde el 2012 el Eucaliptus tiene un balance proyectado igual a cero.

3.2.5 Consideraciones

Se considera que existen seis factores generales que pueden afectar la proyección del volumen disponible para cosecha de las plantaciones; es decir factores que pueden afectar la captura y/o emisiones de carbono. A continuación se detallan estos factores y se analiza si tendrían un efecto en la metodología para determinar el volumen de captura y emisiones de CO₂ en las plantaciones.

1. Incendios forestales: estos podrían disminuir el resultado global del sumidero cero, volviéndolo negativo, sin embargo, en la práctica en el caso de las plantaciones, lo que se quema en un año dado se vuelve a plantar al año siguiente, por lo tanto no se consideran efectos adversos. Como se especificó anteriormente, este factor ya se encuentra incorporado en la disponibilidad maderera que informa INFOR.

2. Mejoras genéticas: esta variable supone un efecto positivo en el sumidero, ya que aumenta la productividad de la plantación, pero se ve contrarrestada con las pérdidas debido al ataque de plagas y a la disponibilidad de agua, que afecta tanto por la disminución de la disponibilidad como por la competencia que ejercen otros sectores. Esta variable se aborda más detalladamente en la Sección Resultados ya que a partir de los resultados de la validación de los volúmenes del INFOR con la metodología propuesta se observa una diferencia relacionada con esta variable.
3. Disponibilidad de suelos: el incremento anual de superficie considerado no se ve afectado, ya que no se ha detectado un cambio de uso de suelo, tanto hacia plantaciones como desde ellas. El detalle de esta variable se aborda con mayor especificación en la sección resultados.
4. Cambio Climático: En el escenario A2 del cambio climático una baja de rendimiento en las zonas de plantación actuales supone un desplazamiento hacia el sur y si bien, en estas regiones hay disponibilidad de suelos aptos para uso forestal, en la IX región los suelos son mapuches. Por lo tanto, en caso de que se produzca un desplazamiento de las plantaciones y que no haya una disponibilidad efectiva de suelo, las plantaciones podrían entrar en competencia con el bosque nativo.
5. Disminución de la demanda externa: si bien este escenario podría dejar margen para un sumidero de carbono positivo, el sector forestal chileno es de los más competitivos a nivel internacional, por lo que, al tener costos más baratos, se estima que siempre habrá demanda por el producto nacional. De la misma manera, se considera que un aumento en la superficie de las plantaciones producirá un mayor volumen disponible que será prontamente captado por la demanda exterior.
6. Precio de los combustibles: En caso de que el precio de los combustibles aumentara por sobre el precio de la madera, se podría tener una modificación en el comportamiento del sector. De acuerdo a los antecedentes disponibles a diciembre del 2006, no se esperaba una modificación tan importante en los precios.

Para el segundo estudio de MAPS se podría considerar un escenario en que el precio de los combustibles fuese mayor al costo de la madera. En este caso el equipo consultor propone considerar un precio de 50 USD/m³ para madera. A partir de este valor se puede calcular el precio por Kcal aportado por la madera considerando una densidad de la madera de 1.000 kg/m³ y un poder calorífico de la madera verde de 2.000 Kcal/kg.

A partir de lo anterior se obtiene que el valor por Kcal aportado por la madera el cual puede ser comparado por el valor en las mismas unidades del combustible a analizar.

Cabe aclarar que el costo de la madera se calcula, de acuerdo a juicio experto, considerando:

$$C_m = \left(C_T + C_p - C_s + \frac{C_a}{r} \right) \times (1 + r) - \left(C_T + \frac{C_a}{r} \right)$$

Donde:

C_m: Costo de la madera (USD/ha)

C_t: Costo del terreno (2.000 a 5.000 USD/ha)

C_p: Costo de plantar (1.500 USD/ha)

C_s: Costo Subsidio (750 USD/ha)

C_a: Costo de administración (50 USD/ha año)

r: Tasa de descuento (8%)

n: edad de rotación del cultivo

A partir de este costo y con la información de la superficie y volumen disponible se puede estimar un costo de la madera en USD/m³.

3.3 Metodología de proyección de otras plantaciones

3.3.1 Determinación y proyección superficie, otras plantaciones

En relación a la superficie, esta se obtuvo para el año 2006 directamente de los antecedentes aportados por INFOR (2007) para las especies Atriplex, Tamarugo, Algarrobo, Álamo y Pino oregón, así como para la categoría “Otras especies” presentada en estas estadísticas a nivel de especie y región.

Para obtener la superficie al año 2006 de la especie Pino ponderosa se utilizó la información de superficie de bosques plantados por especie según región presentada a diciembre de 2007 por INFOR (2008), a la cual se descontó la superficie de forestación del año 2007 para esta especie por región presentada en las estadísticas de plantaciones de CONAF (<http://www.conaf.cl/bosques/seccion-estadisticas-forestales.html>). Con esta información se corrige (descuenta) la superficie de la categoría “Otras especies” del año 2006.

Para obtener la superficie al año 2006 de la especie Acacia azul, se utilizaron los antecedentes disponibles en la web de CONAF de forestación acumulada con esta especie desde el año 2000 al 2006, bajo el supuesto de que es el año 2000 donde se establecen las

primeras plantaciones de esta especie pues en los años 1998 y 1999 no aparecen registros de superficies forestadas.

Con esta nueva información se corrige (descuenta) nuevamente la superficie de la categoría “Otras especies” del año 2006, quedando ya definida como “Restantes especies”. Así se constituye la línea base de superficie para posteriormente realizar los cálculos de stock de CO₂.

Para la actualización de superficie posterior (2007 a 2050) se usó la tasa promedio histórica de forestación, para cada especie y región, calculada con los antecedentes disponibles en la página web de CONAF (<http://www.conaf.cl/bosques/seccion-estadisticas-forestales.html>) para los años 2007 a 2011. Las razones para utilizar los antecedentes 2007-2011 y no 1998-2011 se fundamentan en:

- aislar posibles efectos de situaciones de fomento forestal general, o de incentivos particulares a la diversificación forestal, que hayan motivado altas tasas de forestación con algunas de las especies en análisis previo al año 2006, y considerar la tasa de forestación anual que efectivamente se dio dentro de los años iniciales del periodo de proyección.

3.3.2 Proyección del volumen, otras plantaciones

La siguiente etapa consiste en el desarrollo del marco conceptual para realizar la proyección del volumen de las otras especies forestales plantadas en Chile del año 2007 al año 2050, considerando como hitos cada década, en particular el año 2020.

En términos teóricos, el modelo de proyección para la estimación de la captura de CO₂ se relaciona directamente con la curva de crecimiento en volumen de un bosque artificial. Dado que no se cuenta con curvas de crecimiento ni valores de incremento periódico, en función de los antecedentes bibliográficos disponibles, se determinó el Incremento Medio Anual para cada especie, en volumen o biomasa.

En términos generales el modelo de cálculo de cambio en volumen entre dos años consecutivos está dado por la expresión:

$$V_{t+1} = V_t + IMA_{t,t+1} - M_{t,t+1} - C_{t,t+1}$$

Donde,

V_{t+1} : Volumen estimado en el momento del tiempo $t + 1$ (m^3/ha)

V_t : Volumen existente en el momento del tiempo t (m^3/ha)

$IMA_{t,t+1}$: Incremento Medio Anual en Volumen estimado en el periodo $t,t+1$ ($m^3/ha/año$)

$M_{t,t+1}$: Mortalidad natural estimada en el periodo $t,t+1$ (m^3/ha)

$C_{t,t+1}$: Cortas estimadas en el periodo $t,t+1$ (m^3/ha)

Dado que la mortalidad natural está implícita en la estimación del IMA, al incremento en stock en volumen deberá restarse posteriormente las pérdidas por efecto de cortas. La metodología relacionada con la estimación e incorporación de las pérdidas de volumen en el modelo se explica en la sección emisiones.

Calculado el cambio en stock en volumen, y consecuente incremento en biomasa, se obtendrá los stock en CO_2 por unidad de superficie ($ton\ CO_2/ha$) para cada año, el que multiplicado por la superficie permitirá establecer el stock de CO_2 por especie y región administrativa del país.

3.3.3 Cálculo y proyección stock y capturas de CO_2 , otras plantaciones

Con la información registrada a nivel de especie, se siguió en términos generales la metodología propuesta por el IPCC para establecer el contenido de carbono y posteriormente, usando la relación estequiométrica 44/12 (3,667), el contenido de CO_2 almacenado por especie para las otras especies forestales plantadas en Chile. La expresión general de cálculo corresponde a la siguiente:

$$C_{ba} \text{ (ton/ha)} = V \text{ (m}^3\text{/ha)} * D \text{ (ton/m}^3\text{)} * FEB * FC \text{ (\%)}$$

Dónde:

C_{ba} : Carbono biomasa aérea (ton/ha)

V : Volumen fustal promedio (m^3/ha)

D : Densidad básica de la madera (ton secas/ m^3 verde)

FEB: Factor de Expansión de la Biomasa (de biomasa fustal a biomasa aérea; adimensional)

FC : Fracción de Carbono (%)

El resultado del proceso anterior es el stock de volumen por unidad de superficie para cada especie y región.

Dado que para las especies Acacia azul y Atriplex no se cuenta con antecedentes bibliográficos de rendimiento en volumen fustal sino que directamente de rendimiento en biomasa total, la expresión general se transforma en:

$$C_{ba} \text{ (ton/ha)} = BT \text{ (ton/ha)} * FC \text{ (\%)}$$

Dónde:

C_{ba} : Carbono biomasa aérea (ton/ha)

BT : Biomasa total (ton/ha)

FC : Fracción de Carbono (%)

Calculado el cambio en stock en volumen, y consecuente incremento en biomasa, se obtendrá los stock en CO₂ por unidad de superficie (ton CO₂/ha) para cada año, el que multiplicado por la superficie permitirá establecer el stock de CO₂ por especie y región administrativa del país año a año, y por diferencia las capturas de CO₂ anuales.

3.3.4 Cálculo y proyección de emisiones de CO₂ de las otras plantaciones

Las emisiones de CO₂ de otras especies forestales en general provienen de incendios y cosechas.

Incendios

En este caso no se cuenta con estadísticas de superficie incendiada de otras plantaciones, por lo tanto se considera que el promedio de porcentaje de superficie incendiada de Pino y Eucaliptus. A partir de este porcentaje y la superficie de otras plantaciones se calcula la superficie incendiada anualmente.

Luego a partir de la superficie incendiada, considerando el promedio de rendimiento y edad media, se determina el volumen incendiado por especie. Cabe destacar que, se considera que todos los años se quema el mismo porcentaje de plantaciones para todas las edades, por esta razón se considera la edad media de corte de cada plantación. Además como son plantaciones comerciales se considera que al año siguiente del incendio el terreno ha sido vuelto a reforestar con la misma especie.

Una vez determinado el volumen incendiado, se determina la biomasa aérea que fue incendiada considerando el Factor de expansión de biomasa (FEB), Fracción de Carbono (FC) y Densidad especificados en el anexo 11 para cada especie.

Finalmente el CO₂ emitido por concepto de incendio se determina considerando, una eficiencia de combustión de 90% (IPCC 2006) y una fracción de biomasa incendiada de 89% (actualización inventario de GEI LULUCF año 2006).

Cosechas

Para el caso particular de las otras especies analizadas se establece la emisión de CO₂ a causa de las cortas de cosecha, en función de una tasa de corta promedio calculada a partir de la edad de cosecha establecida para cada especie y la superficie acumulada cada año. El supuesto de trabajo es que cada año se corta una fracción de la superficie total existente igual al cociente 100/edad de rotación, y que esta superficie se reforesta al año inmediatamente siguiente con la misma especie que existía al momento de la cosecha. Se asume, además, que en el stock de superficie al año 2006 se cuenta con plantaciones de todas y cada una de las edades, repartidas en términos iguales de superficie.

Un elemento adicional considerado en las estimaciones realizadas se relaciona con la división administrativa realizada en las regiones I y X a contar del año 2007, en donde la Región I se separa en I y XV, y la Región X en X y XIV. Para salvar esta situación en las estimaciones se utiliza los mismos criterios empleados por MMA (2011) y los antecedentes presentados en las estadísticas de CONAF (<http://www.conaf.cl/bosques/seccion-estadisticas-forestales.html>). Esto es, se distribuye la superficie en ambas regiones de manera diferenciada por especie, en los porcentajes indicados en la tabla siguiente.

Tabla 9. Distribución porcentual de la superficie por especie en las nuevas regiones administrativas existentes desde el año 2007.

ESPECIE	PARTICIPACIÓN POR REGION (%)			
	I	XV	X	XIV
<i>Pinus ponderosa</i>	-	-	-	-
<i>Acacia saligna</i>	10	90	-	-
<i>Atriplex nummularia</i>	10	90	-	-
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	-	-	10	90
<i>Prosopis chilensis</i>	40	60	-	-
<i>Populus sp</i>	-	-	30	70
<i>Prosopis tamarugo</i>	100	0	-	-
Restantes especies	5	95	30	70

Fuente: Elaboración propia, en base a estadísticas de CONAF

<http://www.conaf.cl/bosques/seccion-estadisticas-forestales.html>

4. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados desagregados considerando la sección 4.1 para bosque nativo y la sección 4.2 para plantaciones.

4.1 Bosque nativo

Una vez obtenida la superficie de bosque nativo renoval y renoval adulto, es necesario conocer el volumen de biomasa para poder calcular el contenido de carbono.

El resultado del proceso detallado en la metodología es el stock de volumen por unidad de superficie para cada Tipo Forestal y subclasificación de estructura-cobertura-clase de altura correspondiente asignado al año 2006, considerando la información de UACH e INFOR, analizadas en forma paralela con el fin de conocer cómo afecta las estimaciones la fuente de información utilizada. Tal como se aprecia en el siguiente cuadro de resultados totales, ambas fuentes (UACH e INFOR) arrojan números muy similares. Por lo tanto, se valida la utilización de los datos de UACH, que son los que estaban disponibles a diciembre del 2006.

Tabla 10. Resumen superficie, stock, captura, emisiones y balance de CO₂ del bosque nativo renoval y renoval adulto chileno año 2007 a 2050.

Año	Superficie (ha)	Captura CO ₂ (tonCO ₂ e)		Emisiones CO ₂ (tonCO ₂ e)		Balance CO ₂ (tonCO ₂ e)	
		UACH	INFOR	UACH	INFOR	UACH	INFOR
2007	4.635.032	- 16.670.425	- 15.159.929	12.070.345	11.977.943	-4.600.080	-3.181.986
2010	4.639.143	- 18.622.834	- 17.410.207	11.784.694	11.690.224	-6.838.140	-5.719.982
2012	4.641.886	- 19.733.190	- 18.797.713	11.937.322	11.841.872	-7.795.868	-6.955.841
2020	4.652.872	- 21.906.312	- 22.093.367	12.785.587	12.688.296	-9.120.724	-9.405.071
2030	4.666.642	- 20.886.552	- 21.562.963	14.199.227	14.140.369	-6.687.325	-7.422.593
2040	4.680.452	- 18.957.683	- 19.593.851	15.003.600	14.897.193	-3.954.082	-4.696.658
2050	4.694.303	- 17.336.112	- 17.948.547	15.433.635	15.324.893	-1.902.477	-2.623.654

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo anterior, el resultado final para el bosque nativo renoval y renoval adulto es que presentaría un sumidero neto positivo de carbono, este disminuye a lo largo de la proyección, producto en mayor medida a la disminución de las capturas debido al aumento en la edad del bosque que se traduce en una disminución en el incremento periódico anual (IPA).

4.1.1 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050

Para Bosque Nativo no se justifica un tratamiento diferenciado ya que no hay información que permita sustentar algún cambio en las tasas de incremento del bosque o en los manejos asociados al bosque nativo.

El detalle de los resultados se presenta a continuación.

4.1.2 Resultados de Proyección de superficie

Tabla 11. Superficie de Bosque Nativo Renoval y Renoval Adulto por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (hectáreas)

Región	Año					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	7.264	7.271	7.292	7.314	7.336	7.357
04 Coquimbo	30.983	31.011	31.102	31.194	31.287	31.379
05 Valparaíso	93.542	93.625	93.902	94.180	94.458	94.738
06 O'Higgins	122.350	122.458	122.821	123.184	123.549	123.914
07 Maule	334.238	334.534	335.524	336.517	337.513	338.512
08 Bio Bio	601.211	601.744	603.525	605.311	607.103	608.899
09 Araucanía	573.897	574.406	576.106	577.811	579.521	581.236
10 Los Lagos	896.671	897.467	900.123	902.786	905.458	908.138
11 Aysén	1.146.658	1.147.675	1.151.072	1.154.478	1.157.895	1.161.321
12 Magallanes	400.375	400.730	401.916	403.106	404.299	405.495
13 Metropolitana	105.021	105.114	105.425	105.737	106.050	106.364
14 Los Ríos	322.821	323.107	324.064	325.023	325.984	326.949
Total general	4.635.032	4.639.143	4.652.872	4.666.642	4.680.452	4.694.303

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 Resultados de Proyección de volumen

De acuerdo a lo detallado anteriormente la proyección de volumen, stock de carbono y capturas se realiza considerando la información de la UACH (que fue validada con la información del INFOR).

Tabla 12. Volumen de Bosque Nativo Renoval y Renoval Adulto por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (m³/ha)

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	9	10	14	20	27	35
04 Coquimbo	144	164	241	342	465	607
05 Valparaíso	487	527	681	877	1.122	1.417
06 O'Higgins	1.548	1.739	2.567	3.614	4.717	5.719
07 Maule	7.272	8.574	13.726	19.308	24.314	28.102
08 Bio Bio	21.113	24.371	37.026	50.106	61.527	71.399
09 Araucanía	26.149	29.754	43.184	57.063	70.221	82.833
10 Los Lagos	40.797	46.671	68.320	90.474	112.283	134.209
11 Aysén	20.535	23.583	35.113	47.290	59.793	72.811
12 Magallanes	13.385	14.935	20.853	27.800	35.469	43.416
13 Metropolitana	534	574	743	983	1.300	1.657
14 Los Ríos	16.165	18.349	26.445	34.800	42.815	50.583
Total general	148.139	169.252	248.914	332.677	414.054	492.790

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 Resultados de proyección del stock de carbono

Tabla 13. Stock de CO₂ de Bosque Nativo Renoval y Renoval Adulto por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (con Base en Volúmenes de UACH) (tonCO₂e)

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	1.167	4.962	21.295	44.546	75.994	115.802
04 Coquimbo	6.163	26.052	119.052	221.560	364.460	533.577
05 Valparaíso	22.437	94.115	417.694	758.742	1.215.706	1.734.089
06 O'Higgins	57.424	245.042	1.137.520	2.079.502	3.256.976	4.447.831
07 Maule	898.595	3.916.998	18.451.677	32.023.249	45.380.053	54.933.652
08 Bio Bio	2.574.211	11.079.743	49.203.842	80.975.581	110.206.481	132.769.493
09 Araucanía	2.819.543	12.055.390	51.222.756	80.970.999	107.391.618	128.325.750
10 Los Lagos	3.959.188	16.586.915	66.800.441	105.567.418	146.977.481	189.312.222
11 Aysén	3.172.697	13.382.746	58.775.269	101.404.171	149.538.988	196.741.614
12 Magallanes	1.505.447	6.242.450	26.234.603	45.056.561	67.548.012	90.394.364
13 Metropolitana	24.864	105.244	484.923	910.078	1.500.347	2.159.638
14 Los Ríos	1.628.689	6.904.625	28.730.078	45.022.864	59.783.936	72.069.052
Total general	337.703.639	391.677.495	622.634.352	816.068.486	1.014.273.264	1.194.570.300

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5 Resultados de proyección de la captura de CO₂

Tabla 14. Captura de CO₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 (con Base en Volúmenes de UACH) (tonCO₂e)

Región	Año					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	-1.167	-1.316	-1.918	-2.679	-3.531	-4.325
04 Coquimbo	-6.163	-6.869	-9.571	-12.628	-15.592	-17.833
05 Valparaíso	-22.437	-24.634	-32.724	-41.329	-48.981	-53.531
06 O'Higgins	-57.424	-65.145	-91.625	-111.910	-120.602	-115.739
07 Maule	-898.595	-1.059.403	-1.460.846	-1.481.752	-1.181.834	-771.580
08 Bio Bio	-2.574.211	-2.961.228	-3.671.678	-3.321.184	-2.595.646	-2.015.958
09 Araucanía	-2.819.543	-3.200.190	-3.629.117	-3.025.143	-2.356.961	-1.912.880
10 Los Lagos	-3.959.188	-4.322.560	-4.551.681	-4.176.992	-4.159.815	-4.293.864
11 Aysén	-3.172.697	-3.518.509	-4.476.554	-4.822.534	-4.779.506	-4.672.556
12 Magallanes	-1.505.447	-1.615.497	-1.942.859	-2.175.174	-2.289.564	-2.257.507
13 Metropolitana	-24.864	-27.786	-39.312	-52.577	-63.483	-66.540
14 Los Ríos	-1.628.689	-1.819.696	-1.998.428	-1.662.650	-1.342.168	-1.153.799
Total general	-16.670.425	-18.622.834	-21.906.312	-20.886.552	-18.957.683	-17.336.112

Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Resultados de proyección de las emisiones de CO₂

Tabla 15. Emisiones CO₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto de Incendios Forestales (Base Volúmenes UACH) (tonCO₂e/año)

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	-	-	-	-	-	-
04 Coquimbo	4.852	5.394	7.480	10.012	12.959	16.213
05 Valparaíso	68.593	75.505	101.288	131.080	164.296	199.693
06 O'Higgins	60.639	68.450	102.019	142.583	182.513	217.022
07 Maule	61.647	70.814	105.829	141.274	171.176	193.062
08 Bio Bio	138.317	157.319	230.252	305.275	371.513	429.675
09 Araucanía	169.933	186.807	246.711	305.895	360.616	411.846
10 Los Lagos	247.933	271.354	353.800	437.527	519.543	598.620
11 Aysén	93.821	104.113	140.640	178.415	216.336	253.463
12 Magallanes	20.253	22.481	30.884	40.594	51.200	62.133
13 Metropolitana	9.630	10.356	13.430	17.767	23.468	29.899
14 Los Ríos	25.920	28.789	39.057	49.392	59.232	68.722
Total general	901.538	1.001.383	1.371.391	1.759.815	2.132.853	2.480.348

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Emisiones CO₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto Cortas Ilegales Detectadas (Base Volúmenes UACH) (ton CO₂e/año)

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	4	4	5	6	7	8
04 Coquimbo	71	71	90	108	123	130
05 Valparaíso	46	45	52	59	64	67
06 O'Higgins	499	507	672	823	907	903
07 Maule	534	558	765	916	971	927
08 Bio Bio	2.227	2.274	2.932	3.378	3.508	3.370
09 Araucanía	1.363	1.369	1.677	1.875	1.939	1.882
10 Los Lagos	4.737	4.766	5.858	6.593	6.903	6.800
11 Aysén	256	260	328	378	405	407
12 Magallanes	735	733	891	1.019	1.095	1.102
13 Metropolitana	150	145	167	194	219	233

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
14 Los Ríos	1.354	1.355	1.638	1.816	1.874	1.819
Total general	11.975	12.088	15.075	17.166	18.015	17.648

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Emisiones CO₂ Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto Cortas Ilegales NO Detectadas (Base Volúmenes de UACH) (tonCO₂e/año)

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	12	12	15	18	21	23
04 Coquimbo	213	214	271	325	368	391
05 Valparaíso	137	134	156	176	193	202
06 O'Higgins	1.498	1.522	2.015	2.470	2.722	2.708
07 Maule	1.601	1.675	2.296	2.748	2.913	2.782
08 Bio Bio	6.681	6.821	8.796	10.135	10.523	10.110
09 Araucanía	4.089	4.108	5.030	5.626	5.818	5.645
10 Los Lagos	14.211	14.299	17.573	19.780	20.710	20.401
11 Aysén	768	780	985	1.133	1.214	1.220
12 Magallanes	2.205	2.200	2.672	3.056	3.286	3.307
13 Metropolitana	450	435	502	581	658	698
14 Los Ríos	4.061	4.065	4.914	5.449	5.621	5.456
Total general	35.926	36.265	45.225	51.499	54.046	52.944

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Emisiones CO₂ Bosque Nativo por Región proyectadas para periodo 2007-2050 por efecto de Manejo (Base Volúmenes de UACH)(tonCo₂e/año)

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	0	0	0	0	0	0
04 Coquimbo	0	0	0	0	0	0
05 Valparaíso	9	10	13	17	22	28
06 O'Higgins	977	1.102	1.642	2.300	2.957	3.529
07 Maule	4.644	5.399	8.322	11.386	14.080	16.137
08 Bio Bio	7.652	8.680	12.593	16.584	20.087	23.158
09 Araucanía	21.574	24.083	33.179	42.411	51.162	59.572

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
10 Los Lagos	23.235	25.976	35.915	46.201	56.435	66.711
11 Aysén	7.276	8.214	11.662	15.333	19.164	23.119
12 Magallanes	301	334	456	596	748	903
13 Metropolitana	19	20	26	34	45	58
14 Los Ríos	16.007	17.806	24.214	30.684	36.927	43.017
Total general	81.694	91.623	128.022	165.547	201.628	236.232

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Emisiones CO₂ de Bosque Nativo por Región proyectadas para el periodo 2007-2050 por efecto de Consumo Leña (con Base en Volúmenes de UACH)(tonCO₂e/ha/año)

Región	AÑO					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
1 Tarapacá	0	0	0	0	0	0
04 Coquimbo	0	0	0	0	0	0
05 Valparaíso	0	0	0	0	0	0
06 O'Higgins	0	0	0	0	0	0
07 Maule	2.014.291	1.942.056	2.048.350	2.227.045	2.298.546	2.307.561
08 Bio Bio	2.342.576	2.258.568	2.382.186	2.590.004	2.673.158	2.683.642
09 Araucanía	1.954.448	1.884.359	1.987.495	2.160.881	2.230.258	2.239.005
10 Los Lagos	2.742.286	2.643.945	2.788.656	3.031.933	3.129.276	3.141.549
11 Aysén	528.885	509.919	537.828	584.747	603.521	605.888
12 Magallanes	205.375	198.010	208.847	227.067	234.357	235.276
13 Metropolitana	0	0	0	0	0	0
14 Los Ríos	1.251.352	1.206.477	1.272.511	1.383.523	1.427.942	1.433.542
Total general	11.039.213	10.643.334	11.225.874	12.205.200	12.597.058	12.646.464

Fuente: Elaboración propia.

4.1.7 Balance neto de CO₂ del bosque nativo

Considerando tanto las capturas asociadas al stock de bosque nativo como las emisiones, se tiene un balance de carbono que entrega como resultado el sumidero neto de carbono asociado al bosque nativo tal como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 20. Resumen de capturas, emisiones y balance de CO₂ de bosque nativo proyectadas para el periodo 2007-2050 (con base UACH)(GgCO₂e)

Bosque nativo	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-16.670	-18.623	-19.733	-21.906	-20.887	-18.958	-17.336
Emisiones (GgCO ₂)	12.070	11.785	11.937	12.786	14.199	15.004	15.434
Balance neto (GgCO₂)	-4.600	-6.838	-7.796	-9.121	-6.687	-3.954	-1.902

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Pino radiata

4.2.1 Resultados de Proyección de Superficie y Volumen

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir de la información pública disponible del INFOR (Disponibilidad maderera de Pino) y se comparan con los de la metodología desarrollada por el consultor; para determinar cuáles serán los valores a considerar para la proyección de captura de carbono.

En Pino, los valores de superficie del INFOR son:

Tabla 21. Proyección de superficie (ha) de Pino 2007 a 2050.

Superficie existente (ha)							
Especie	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Pino Radiatta	1.450.639	1.495.639	1.525.639	1.525.639	1.525.639	1.525.639	1.525.639

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que de acuerdo a lo especificado en la sección de metodología, el incremento de superficie considerado por el INFOR corresponde a 15.000 ha/año en cambio el considerado por la metodología propuesta corresponde a 5.344,5 ha/año. En ambos casos el incremento se aplica en el periodo comprendido por los años 2006 a 2011.

Desde a que desde el 2012 en adelante se considera que no hay incremento en la superficie debido a que se termina la ley de fomento y al 2006 no había indicios de que esta se fuera a extender (en efecto a la fecha nos encontramos sin ley de fomento activa). Lo anterior se puede verificar en el informe de disponibilidad maderera de Pino del INFOR, donde también se considera un congelamiento de la tasa de forestación luego del 2012.

De acuerdo a lo especificado en la sección de metodología, la proyección de volumen del escenario de largo plazo del Estudio Disponibilidad Maderera de INFOR para Pino fue comparada con el volumen estimado por la metodología propuesta. La siguiente tabla resume los resultados informados por el INFOR.

Tabla 22. Proyección de volumen de Pino 2007 a 2050.

Pino Radiatta	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
INFOR	29.495.648	31.452.549	31.452.548	31.452.549	32.403.047	38.705.408	38.705.408

Fuente: Elaboración propia.

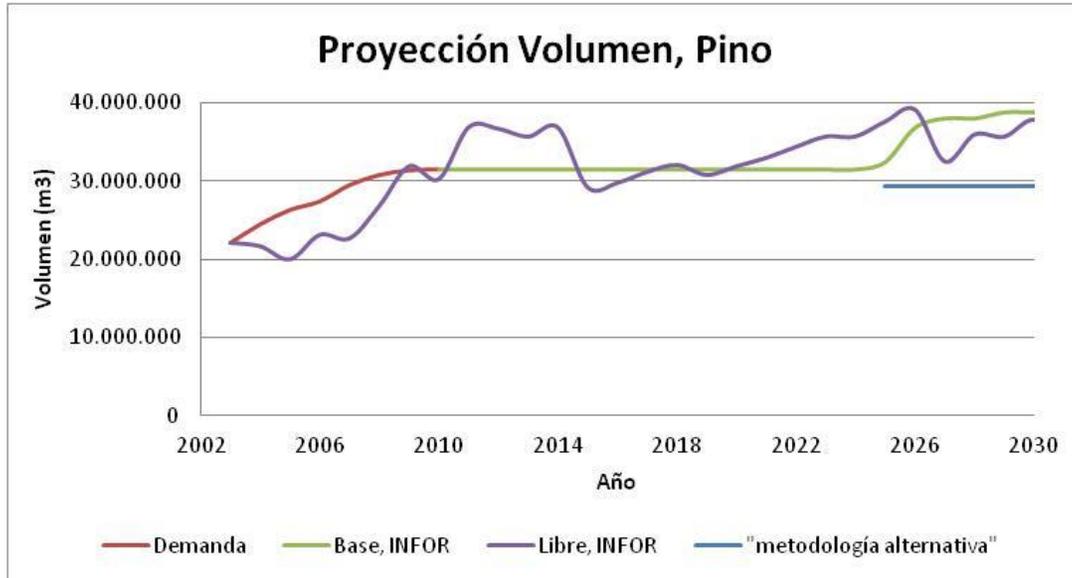
Cabe destacar que el estudio del INFOR, el incremento de superficie se estimó en 15.000 ha/año y que el análisis desarrollado por el INFOR considera tanto la disponibilidad base¹³ (corresponde al volumen especificado en la tabla anterior) como la disponibilidad Libre¹⁴.

El siguiente gráfico resume los resultados de lo especificado por el INFOR para ambas disponibilidades base y libre, la demanda esperada y la metodología desarrollada.

¹³ El Escenario de Disponibilidad Base consiste en que se ajusta el volumen disponible para satisfacer la demanda para el periodo 2003-2010, considerando un criterio de corta no decreciente (Fuente: Disponibilidad Maderera, INFOR).

¹⁴ El Escenario de Disponibilidad Libre consiste en que el volumen es cosechado a medida que alcanza su madurez biológica, sin restricciones más que el nivel de cosecha observado al año 0. Este escenario permite conocer cómo fluctuaría la oferta de no haber restricciones o compromisos de abastecimiento industrial Fuente: Disponibilidad Maderera, INFOR).

Ilustración 9. Gráfico de Proyección de Volumen de Pino (2003-2030)



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo, a los resultados obtenidos, se puede observar que en el escenario Base del INFOR durante los años 2003 a 2010 el volumen de Pino disponible fue ajustado para suplir la demanda (Disponibilidad Base), reduciendo la cantidad de volumen futuro disponible que había sido proyectada por INFOR en su escenario de disponibilidad Libre.

Como se puede ver los datos del INFOR, en el escenario base, muestran una proyección de largo plazo más optimista que la de la metodología desarrollada (metodología alternativa en el gráfico). Las principales diferencias entre el escenario base de INFOR y los resultados de la metodología propuesta son:

- 1) Tasa de forestación: INFOR considera 15 mil hectáreas al año, en cambio la metodología propuesta considera 5.400 ha/año (de acuerdo al incremento histórico de la superficie de Pino de las Estadísticas Forestales Nacionales entre los años 1996 y 2006). Lo anterior resulta en que el escenario base considere hasta entre el año 2012 y 2025 un volumen constante de 31,4 millones de m³ssc en cambio para el mismo periodo la metodología alternativa resulta en un volumen constante de 29,4 millones de m³ssc.

Cabe destacar que, en cuanto al primer punto, si se realiza la proyección de volumen con la metodología, considerando el incremento estimado por INFOR de 15.000 ha, el resultado es 31,3 millones de m³ssc, respecto a los 31,4 millones de

m³ssc proyectados por el Escenario Base de INFOR. Lo cual valida la metodología propuesta.

Respecto al congelamiento de la tasa de forestación luego del 2012, de acuerdo a lo señalado anteriormente el equipo consultor valida este supuesto ya que se considera que a contar del año 2013, la expansión en las plantaciones se hará cero, principalmente debido a la debilidad del principal argumento para extender el DL701, esto es demostrar que se necesita el subsidio para hacer viable las plantaciones. En otras palabras, desde el punto de vista de estrategia política se considera que las plantaciones no se seguirán expandiendo, puesto que en el caso de que así fuese, la pregunta lógica sería ¿para qué sirve el subsidio si de todas maneras hay expansión?

- 2) Mejoramiento Genético: El INFOR considera que el mejoramiento genético favorecerá la producción en ganancias de volumen del orden de 25% para grandes empresas y entre 10% y 20% para el resto de los propietarios, en la superficie plantada desde el 2003 y con efectos a partir del 2025; en cambio la metodología alternativa considera que el aumento en la productividad debido al mejoramiento genético se ve contrarrestado por el efecto negativo de las plagas; es decir no considera aumentos en la producción debido a este factor.

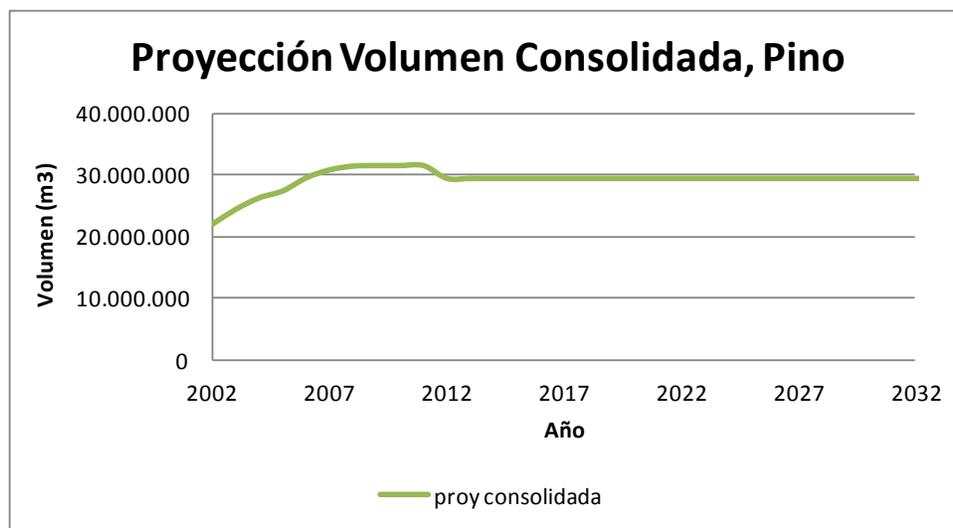
Lo anterior está justificado en el hecho de que los datos considerados por el INFOR se basan en resultados de aumento de productividad en parcelas experimentales; sin embargo, en la práctica la aplicación de estas mejoras genéticas en campos de grandes extensiones no ha demostrado que es posible alcanzar tales incrementos de rendimiento. En efecto se tiene que en Chile producto de tener monocultivos de gran escala, se genera una interrelación con el medio ambiente que se vuelve vulnerable, generando situaciones de plagas y enfermedades que resultan en la disminución del aumento en productividad que se podría haber obtenido por el mejoramiento genético. A modo de ejemplo se cita la plaga que se detectó durante los años 2007 y 2008 en 80.000 ha de la empresa Arauco la cual tuvo un efecto negativo en la producción y después de varias investigaciones se descubrió que esta plaga había sido provocada por un hongo que se había propagado fácilmente en la plantación (Fuente: consulta a ejecutivos de empresas forestales).

Para el caso de los propietarios (pequeños y medianos), la metodología propuesta por el consultor no considera aumentos en la producción asociados a mejoramiento genético ya que se considera que el subsidio que reciben estos propietarios no es suficiente para que puedan adquirir plantaciones con mayor productividad. En efecto de acuerdo al estudio denominado “Evaluación de la

efectividad del fomento forestal en Chile, 1996-2003”¹⁵ el subsidio entregado a través de la ley 19.561 (que modifica y prolonga el DL 701) no ha cumplido con el objetivo de incrementar sustantivamente la tasa de forestación en el sector de pequeños propietarios. Lo anterior descansa en el hecho de que la tasa promedio de forestación lograda por los pequeños propietarios, luego de 7 años de entrada en vigencia de la ley 19.561, correspondía a 7.813,2 ha/año lo que es levemente superior a las 7.467,5 ha/año que se tenían como promedio en gran parte de la década de los 90 (1990 a 1998) con el antiguo sistema de bonificación. De esta manera considerando que antecedentes disponibles al 2006 mostraban que el subsidio a la forestación para el caso de pequeños propietarios no había cumplido el objetivo de fomentar la forestación el consultor no considera que los pequeños propietarios cuenten con recursos para adquirir plantaciones de mayor productividad que las adquiridas anteriormente.

Considerando lo anterior, para el caso de Pino se considera la proyección del escenario base del INFOR hasta el año 2012 y a contar de ese año en adelante se considera el resultado de la metodología desarrollada por el consultor. De esta manera se tiene la siguiente proyección de volumen disponible para el caso de Pino.

Ilustración 10. Proyección de volumen de pino para la captura de carbono



Fuente: Elaboración propia.

¹⁵ “Evaluación de la efectividad del fomento forestal en Chile, 1996-2003”, Gerardo Valdebenito, Universidad de Chile, Septiembre 2005

4.2.2 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050

No se considera un tratamiento metodológico diferenciado para el posterior periodo de proyección entre el 2031 y el 2050, debido a que se estima que se mantendrá el estancamiento de la tasa de forestación de Pino desde el 2012, y que la mayor productividad esperada debido al mejoramiento genético, continuará siendo anulada por las pérdidas ocurridas por efecto de plagas propagadas fácilmente en los monocultivos de gran escala.

Por lo que no cambiará el volumen de disponibilidad y cosecha.

4.2.3 Balance neto de CO₂, Pino

Tabla 23. Resultado de Balance neto proyectado de 2007 a 2050 para Pino.

Pino	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-38.937	-41.521	-41.521	-38.807	-38.807	-38.807	-38.807
Cosecha (GgCO ₂)	38.937	41.521	41.521	38.807	38.807	38.807	38.807
Balance neto (GgCO₂)	0						

De esta manera, con respecto a la captura y emisiones de carbono asociadas a las plantaciones de pino radiata, se tiene que al estar la demanda ajustada a la disponibilidad de volumen, no hay un diferencial disponible de plantaciones que permita capturar carbono, sino que se tiene que el pino actúa como un sumidero cero en cuanto a que la disponibilidad está y estará ajustada a la demanda; es importante destacar que los volúmenes de expansión y cosecha considerados ya incluyen el efecto incendio, razón por la cual no se presentan como una variable adicional.

4.3 Eucalyptus Globulus (EG) y Eucalyptus Nitens (EN)

4.3.1 Resultados de Proyección de Superficie y Volumen

A continuación se muestran los resultados públicos del INFOR en cuanto a disponibilidad maderera de Eucaliptus y se comparan con los de la metodología desarrollada por el consultor, para determinar cuáles serán los valores a considerar para la proyección de captura de carbono.

Los resultados disponibles del INFOR muestran que la proyección de superficie esperada es de:

Tabla 24. Proyección de Superficie de Eucaliptus para 2007 a 2050.

Superficie existente (ha)							
Especie	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Eucaliptus Globulus	425.013	515.013	575.013	575.013	575.013	575.013	575.013
Eucaliptus Nitens	139.741	148.741	154.741	154.741	154.741	154.741	154.741

Fuente: Elaboración propia.

El incremento de superficie considerado de acuerdo a la metodología del INFOR corresponde a 30.000 ha/año para el caso de Globulus y 3.000 ha/año para el caso de Nitens. La metodología desarrollada considera un incremento total (para ambas especies) de 31.388 ha/año, este valor corresponde al promedio ponderado de los aumentos de superficie en eucaliptus registrados desde el año 1996 al 2006 de acuerdo a los informes de Estadísticas forestales del INFOR. En ambos casos (INFOR y metodología propuesta), el incremento en superficie se aplica en el periodo comprendido por los años 2006 a 2011. Desde el 2012 en adelante se considera que no hay incremento en la superficie debido a que se termina la ley de fomento y al 2006 no había indicios de que esta se fuera a extender (en efecto a la fecha nos encontramos sin ley de fomento activa). Lo anterior se puede verificar en el informe de disponibilidad maderera de Eucaliptus del INFOR, donde también se considera un congelamiento de la tasa de forestación luego del 2012. La siguiente tabla resume la proyección de volumen de eucaliptus al año 2005 de acuerdo al INFOR.

Tabla 25. Proyección de volumen de Eucaliptus 2007 a 2050

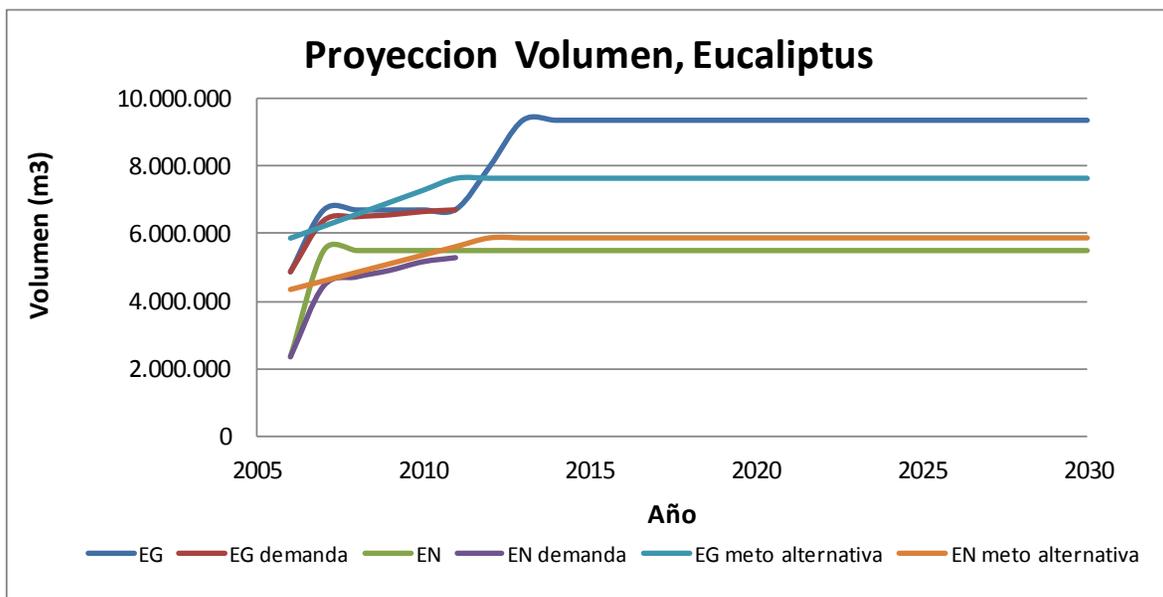
Año	INFOR	
	EG	EN
2006	4.851.998	2.356.996
2007	6.686.656	5.482.628
2008	6.686.564	5.482.628
2009	6.686.564	5.482.628
2010	6.686.564	5.482.628
2011	6.715.148	5.482.628
2012	7.971.493	5.482.628
2013 en adelante	9.347.230	5.482.628

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo especificado en la sección de metodología, la proyección de volumen del Estudio Disponibilidad Maderera de INFOR para Eucaliptus fue comparada la proyección estimada a partir de la metodología propuesta. Cabe destacar que en el estudio del INFOR, el incremento de superficie se estimó en 30.000 ha/año para EG y 3.000 ha/año para EN y que el análisis desarrollado por el INFOR considera la disponibilidad Libre¹⁶. Es importante destacar que en este caso, sólo se presenta el resultado de disponibilidad libre, debido a que a diferencia del Pino, el eucaliptus al año 2006 aún no se encuentra en estado de plantación normalizada (una plantación en estado normalizado es aquella en la que la masa de plantaciones considerada tiene una estructura de edades tal que la superficie a cosechar en el año considerado (2006 en este caso) es aproximadamente igual a 1/(edad de rotación) de la superficie total).

El siguiente gráfico resume los resultados de la metodología desarrollada y lo especificado por el INFOR.

Ilustración 11. Gráfico de Proyección de Volumen de Eucalipto de 2006 a 2030.



Fuente: Elaboración propia.

¹⁶ El Escenario de Disponibilidad Libre consiste en que el volumen es cosechado a medida que alcanza su madurez biológica, sin restricciones más que el nivel de cosecha observado al año 0. Este escenario permite conocer cómo fluctuaría la oferta de no haber restricciones o compromisos de abastecimiento industrial Fuente: Disponibilidad Maderera, INFOR).

Es importante destacar que en el caso del Eucalipto, es difícil cortar antes del recurso, porque por densidad (calidad de la fibra) y tasa de crecimiento (los árboles no deberían cortarse en fechas muy anteriores a 10-12 años), por lo tanto la disponibilidad maderera se proyecta con algunos "saltos" en base a la superficie efectiva de plantación. Lo que explica el "salto" entre el año 2006 y 2007 para ambas especies.

Para la proyección de volumen consolidada a ser utilizada se considerará la información de la Disponibilidad Maderera de INFOR, ya que ésta corresponde a la mejor información disponible a diciembre del 2006. Sin embargo, a pesar de que las plantaciones de Eucaliptus Globulus entre 2006 y 2011, y Eucaliptus Nitens en el año 2006 no estaban normalizadas, se determinó -en conjunto con el equipo de investigación de MAPS- considerar para ese período la tasa de incremento de volumen (IMA) del año 2013; año en el que las plantaciones sí estaban normalizadas (de acuerdo a la información del INFOR).

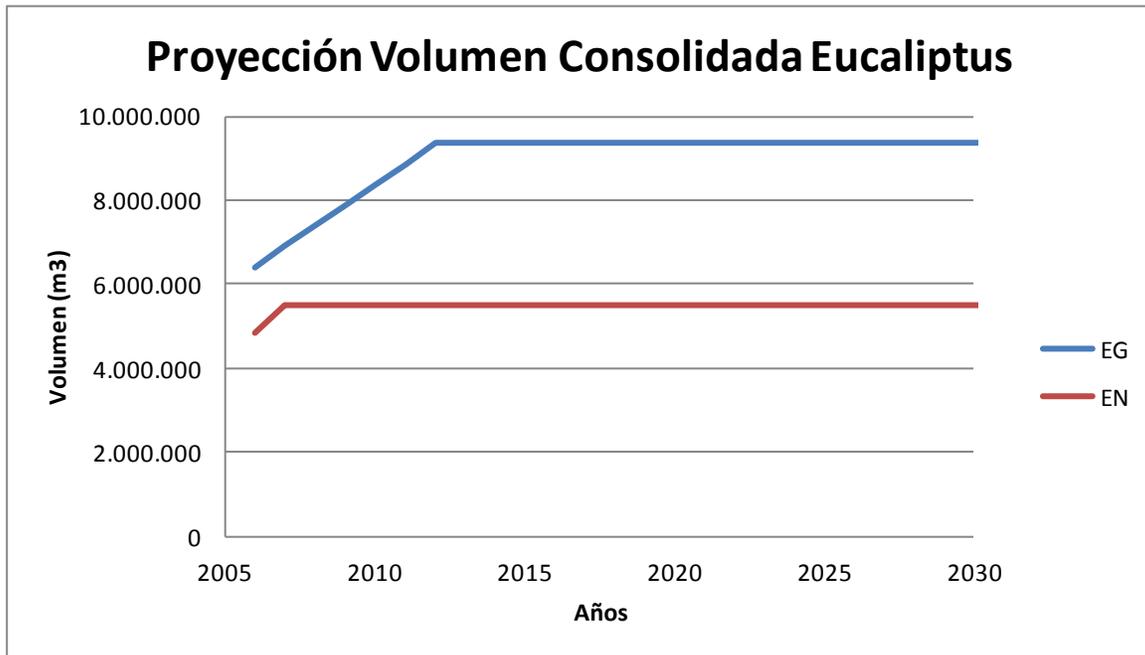
Tabla 26. Comparación de volumen (m³) del INFOR, metodología propuesta y metodología con IMA de bosque de eucaliptus normalizado

Año	INFOR		Metodología propuesta		Volumen con IMA	
	EG	EN	EG	EN	EG	EN
2006	4.851.998	2.356.996	6.356.354	4.291.023	6.421.209	4.844.872
2007	6.686.656	5.482.628	6.730.969	4.543.916	6.908.879	5.482.628
2008	6.686.564	5.482.628	7.105.584	4.796.810	7.396.549	5.482.628
2009	6.686.564	5.482.628	7.480.199	5.049.704	7.884.219	5.482.628
2010	6.686.564	5.482.628	7.854.814	5.302.597	8.371.890	5.482.628
2011	6.715.148	5.482.628	8.229.429	5.555.491	8.859.560	5.482.628
2012	7.971.493	5.482.628	8.229.429	5.808.385	9.347.230	5.482.628
2013 en adelante	9.347.230	5.482.628	8.229.429	5.808.385	9.347.230	5.482.628

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera el volumen considerado para captura de carbono, fue el correspondiente al Volumen obtenido a partir de la metodología propuesta con IMA normalizado para los años 2006 a 2011 en el caso de EG y 2006 en el caso de EN; en adelante considerando que el bosque ya estaba normalizado se considera la información de volumen del INFOR debido a que es la mejor información disponible.

Ilustración 12. Gráfico de Proyección de Volumen Consolidado para Eucaliptus de 2006 a 2030.



Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050

Con respecto a un tratamiento metodológico diferenciado para el periodo de proyección entre el 2031 y el 2050, se considera que el resultado como sumidero neto de carbono igual a cero se mantiene, debido a que los rendimientos de crecimiento de Eucaliptus se mantendrían constantes.

A diferencia del Pino, que se puede plantar prácticamente el cualquier tipo de suelo, el eucaliptus tiene más requerimientos; por lo tanto las opciones para aumentar los rendimientos de esta especie son: contar con mejores suelos o tener más agua o luz disponible. Para contar con suelos de mejor calidad se debería competir por suelos agrícolas, lo cual no ha ocurrido a nivel mundial ni se espera que ocurra en Chile. La otra alternativa es competir con suelo destinado a Bosque Nativo, lo cual a la fecha es ilegal y no se espera que cambie a futuro. Respecto al agua, la opción sería desplazar los cultivos hacia el Sur del país, ya que el agua es un factor de estrés para el Eucaliptus, sin embargo en ese caso hay notoriamente menos luz por lo tanto menos fotosíntesis y competencia por los suelos además del conocido “conflicto mapuche”.

Por lo tanto no se espera un aumento en los rendimientos de eucaliptus.

4.3.3 Balance neto de CO₂ Eucaliptus

Tabla 27. Proyección de Captura neta de Eucaliptus Globulus de 2007 a 2050.

Eucaliptus Globulus	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-12.501	-15.148	-16.913	-16.913	-16.913	-16.913	-16.913
Cosecha (GgCO ₂)	11.555	12.056	14.423	16.913	16.913	16.913	16.913
Balance neto (GgCO₂)	-946	-3.092	-2.489	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Proyección de Captura neta de Eucaliptus Nitens de 2007 a 2050.

Eucaliptus Nitens	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980	-6.980
Cosecha (GgCO ₂)	5.642	6.551	6.980	6.980	6.980	6.980	6.980
Balance neto (GgCO₂)	-1.337	-429	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Es decir al año 2012, el sumidero neto de carbono asociado a eucaliptus pasa a ser cero (el detalle se encuentra en las planillas de cálculo asociadas al informe).

4.4 Otras plantaciones

4.4.1 Resultados de Proyección de Superficie y Volumen

La superficie por especie y región al año 2006, que constituye la línea base de la proyección de superficie, se presenta en tabla siguiente.

Tabla 29. Superficie acumulada al año 2006 por especie y región administrativa del país.

Región	Acacia saligna	Atriplex nummularia	Pinus ponderosa	Populus sp	Prosopis chilensis	Prosopis tamarugo	Pseudotsuga mezesii	Restantes Especies	Total general
1 Tarapacá	1,1	0,9		1,0	1.298,4	20.635,0		33,3	21.969,7
2 Antofagasta	27,3	40,0			280,0	41,0		763,7	1.152,0
3 Atacama	116,8	29,0		1,0	371,0	12,0		1.280,2	1.810,0
04 Coquimbo	11.870,8	61.509,0		12,0	1.340,0	478,0		5.652,2	80.862,0
05 Valparaíso	261,8	194,0		7,0	7,0			488,2	958,0
06 O'Higgins	13,0			1.590,0				1.315,3	2.918,3
07 Maule	-			2.896,0			216,0	1.407,0	4.519,0
08 Bio Bio	-		172,0	881,0			295,0	803,0	2.151,0
09 Araucanía			959,0	290,0			7.153,0	301,2	8.703,2
10 Los Lagos			49,4	142,8			469,2	1.564,6	2.226,0
11 Aysén			21.910,4	5,0			4.692,0	13.630,6	40.238,0
12 Magallanes			-	13,0			6,0	214,0	233,0
13 Metropolitana				1,0	5,0			2.524,0	2.530,0
14 Los Ríos			3,0	333,2			4.222,8	702,8	5.261,8
15 Arica Parinacota	9,6	8,1			1.947,6			633,0	2.598,3
Total general	12.300,4	61.781,0	23.093,8	6.173,0	5.249,0	21.166,0	17.054,0	31.313,1	178.130,3

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información anterior y considerando la metodología definida anteriormente para otras plantaciones se obtiene que la proyección de la superficie a partir del año 2006 es la siguiente:

Tabla 30. Proyección de superficie de Otras Plantaciones de 2007 a 2050.

Superficie Otras plantaciones	Año					
	2007	2010	2020	2030	2040	2050
Total nacional (ha)	181.210	190.447	221.240	252.033	282.825	313.618

Fuente: Elaboración propia.

Luego considerando la metodología descrita en el punto anterior y la siguiente información básica a nivel de especie se obtiene la cuantificación del stock de carbono de las otras especies forestales.

Tabla 31. Resumen de variables básicas para otras plantaciones.

Variabes	Acacia saligna	Atriplex nummularia	Pinus ponderosa	Populus sp	Prosopis chilensis	Prosopis tamarugo	Pseudotsuga meziesii	Restantes Especies
Rendimiento (m ³ /ha)	8,9	40,1	275,2	341,0	32,1	32,1	314,0	149,1
I M A (m ³ /ha/año)	2,2	8,0	9,7	25,1	0,9	0,9	14,2	8,7
Densidad básica (ton/m ³)	0,590	0,500	0,401	0,394	0,800	0,800	0,441	0,550
FEB (adimensional)	1,40	1,40	1,67	1,40	1,40	1,40	1,55	1,62
FC (%)	0,50	0,46	0,47	0,50	0,44	0,44	0,50	0,50
Edad cosecha (años)	10	10	36	14	36	36	32	20

Fuente: Elaboración propia, en base a las fuentes de información detalladas en anexos y en la planilla de calculo correspondiente.

4.4.2 Tratamiento diferenciado para periodo 2031-2050

No se considera tratamiento diferenciado para el periodo 2031 a 2050, se considera que la tasa de forestación de otras plantaciones se mantendrá al igual que los rendimientos por especie.

4.4.3 Balance neto de CO₂ Otras plantaciones

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos para otras plantaciones.

Tabla 32. Balance de carbono de Otras Plantaciones

Otras plantaciones	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Captura (GgCO ₂)	-1.869	-1.982	-2.057	-2.358	-2.734	-3.110	-3.486
Cosecha (GgCO ₂)	1.297	1.416	1.489	1.747	2.050	2.361	2.687
Incendios (GgCO ₂)	151	159	164	185	210	236	262
Balance neto (GgCO₂)	-421	-407	-405	-427	-474	-514	-538

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, se determinan las emisiones asociadas a incendios ya que a diferencia del caso de Pino y Eucaliptus el volumen asociado al crecimiento de biomasa no tiene considerado los incendios. Para determinar la tasa de incendios se considera que la tasa de incendio corresponde a un 0,78% de la superficie anual¹⁷.

¹⁷ En base a la información especificada en los estudios de Disponibilidad Maderera de Pino y Eucaliptus del INFOR. El valor considerado corresponde al promedio de lo informado para ambas especies.

4.5 Resultados agregados

A partir de los resultados y análisis desarrollado en el punto 4 se cuenta con toda la información requerida para la categoría **suelos forestales**, sub-categoría **suelos forestales que permanece como suelos forestales** de acuerdo a los requerimientos de inventario de GEI del IPCC.

A continuación se resumen los resultados para cada uno de los ítems considerados en este submódulo, cabe destacar que los nombres se han homologado con aquellos utilizados en la última actualización del inventario al año 2006 para el sector forestal.

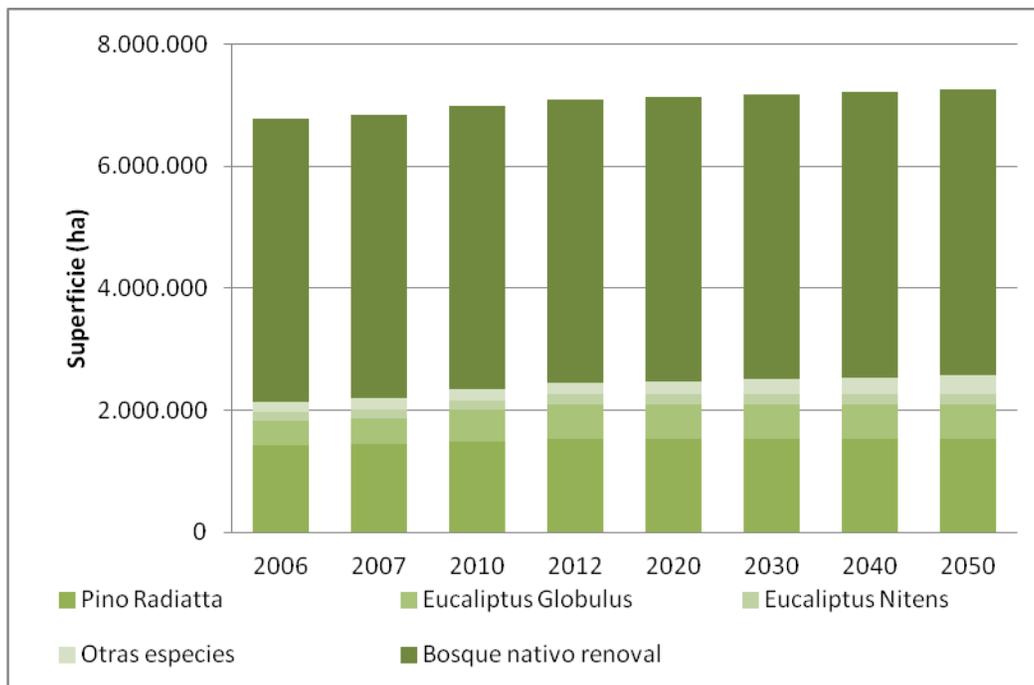
4.5.1 Suelos forestales bajo manejo

Corresponden a los suelos forestales que se encuentran bajo manejo antropogénico y que están sujetos a crecimiento (expansión) y por lo tanto a captura de CO₂. Es decir a las superficies de Plantaciones exóticas.

Además se considera el Bosque Nativo Renoval y Renoval Adulto que está en etapa de abandono.

Cabe destacar que las superficies consideradas son prácticamente las mismas que las consideradas en la última actualización del inventario del sector al año 2006 desarrollada por el INIA.

Ilustración 13. Gráfico de Proyección de superficie forestal total.

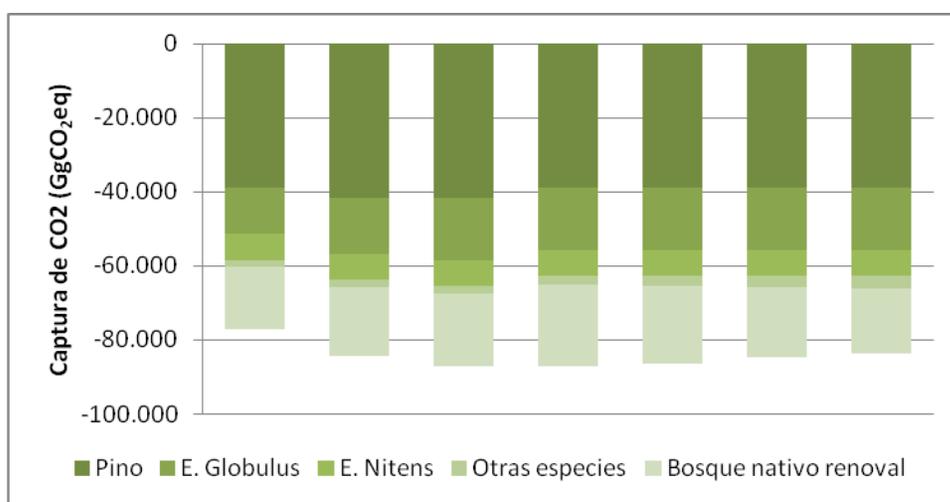


Fuente: Elaboración propia.

4.5.2 Suelos forestales bajo manejo – Expansión forestal y abandono bosque nativo renoval

A partir de la superficie de cada especie y considerando la metodología y resultados detallados en los puntos anteriores se obtienen las capturas asociadas a esta categoría, las que se resumen en el siguiente gráfico. Cabe destacar que las capturas se consideran como emisiones negativas.

Ilustración 14. Proyección de captura de CO₂ por expansión forestal.

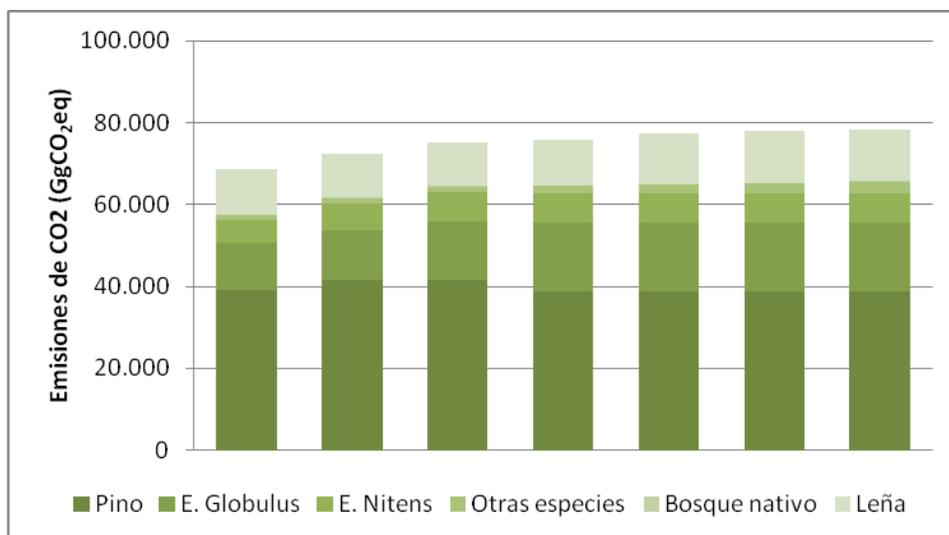


Fuente: Elaboración propia (El gráfico considera los años: 2007, 2010, 2012, 2020, 2030, 2040 y 2050)

4.5.3 Suelos forestales bajo manejo – Cosecha forestal

A partir de la superficie de cada especie y considerando la metodología y resultados detallados en los puntos anteriores se obtienen las emisiones asociadas a esta categoría, las que se resumen en el siguiente gráfico.

Ilustración 15. Proyección de emisiones de CO₂ por Cosecha Forestal



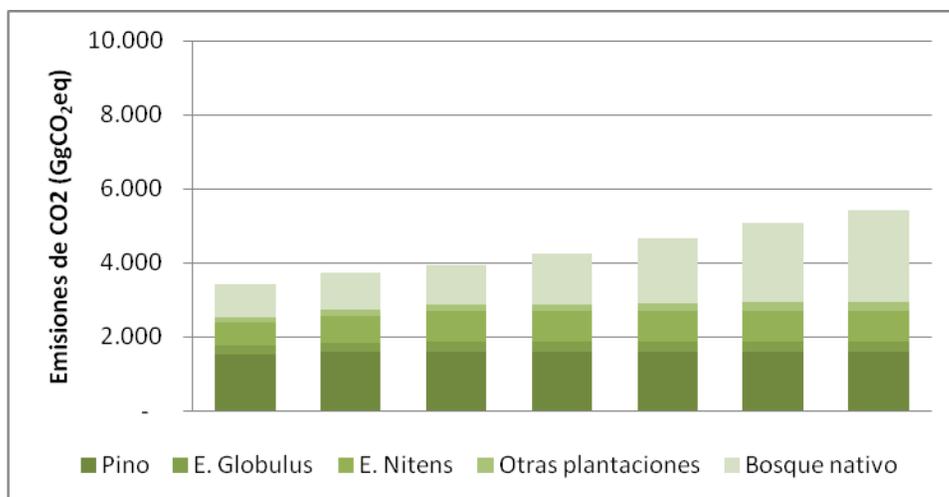
Fuente: Elaboración propia. (El gráfico considera los años: 2007, 2010, 2012, 2020, 2030, 2040 y 2050)

Cabe aclarar que en el caso del Bosque nativo la cosecha comercial considera los resultados de cortas ilegales detectadas, cortas ilegales no detectadas y manejo ejecutado.

4.5.4 Incendios forestales

Esta categoría considera las emisiones de incendios forestales asociadas a Bosque nativo, Pino, Eucaliptus y otras plantaciones. El siguiente gráfico resume las emisiones asociadas a cada una de las especies.

Ilustración 16. Proyección de emisiones de CO₂ por Incendios.



Fuente: Elaboración propia (El gráfico considera los años: 2007, 2010, 2012, 2020, 2030, 2040 y 2050)

Cabe destacar que, tal como fue detallado en las secciones anteriores del informe la proyección de volumen disponible de Pino y Eucaliptus ya considera la pérdida por incendios, por lo tanto las emisiones asociadas a esta categoría están incluidas anteriormente. El gráfico anterior especifica cuanto son estas emisiones sólo de manera referencial ya que este valor no es considerado en el balance global realizado (ya que se estaría contabilizando dos veces).

4.5.5 Cambio de Uso de Suelo-Sustitución

Dentro de la categoría suelos forestales que permanecen como suelos forestales, específicamente en relación a la sustitución de Bosque Nativo por Plantaciones Forestales, se aclara que si bien esta actividad es ilegal en Chile, está reconocida por CONAF como una de las causales de disminución del bosque nativo en Chile y por lo tanto es una actividad que genera emisiones de GEI.

Específicamente, con relación a las emisiones de GEI, la sustitución de Bosque Nativo ocurre en terrenos que han sido sujetos a incendios o talas ilegales (detectadas o no detectadas), considerando que las emisiones de incendios y talas ilegales de bosque nativo se encuentran contabilizadas como emisiones dentro de la misma categoría (Suelos Forestales que permanecen como suelos forestales), no se vuelven a considerar estas emisiones en la sección sustitución.

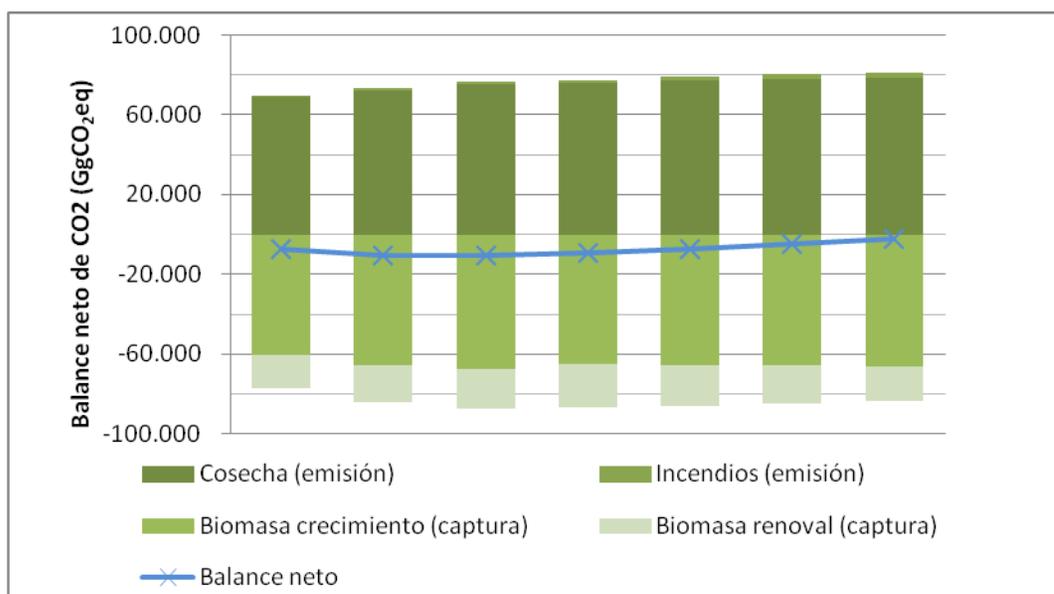
Lo anterior tiene por objetivo el evitar el doble conteo de emisiones de GEI en el sector forestal, sin embargo es importante tener en consideración que puede existir un caso no considerado en la situación planteada anteriormente, este caso corresponde a las superficies de bosque nativo en las que se realiza una tala ilegal pero no se saca toda la biomasa remanente por lo que se realiza una quema no controlada.

Las emisiones no contabilizadas por este caso se consideran no significativas ya que la biomasa involucrada debería ser despreciable (en caso contrario el propietario la hubiese talado para su posterior comercialización).

4.6 Balance neto de suelos forestales que permanecen como suelos forestales

El siguiente gráfico resume el balance neto para el sector.

Ilustración 17. Gráfico de Balance neto sector forestal



Fuente: Elaboración propia (El gráfico considera los años: 2007, 2010, 2012, 2020, 2030, 2040 y 2050)

De esta manera se tiene que el balance neto para el sector corresponde a:

Tabla 33. Balance neto sector forestal

Sector Forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
CAPTURA	-76.958	-84.253	-87.204	-86.964	-86.320	-84.767	-83.522
EMISION	69.653	73.488	76.514	77.416	79.158	80.300	81.082
BALANCE NETO	-7.305	-10.766	-10.690	-9.548	-7.162	-4.468	-2.440

Fuente: Elaboración propia.

Es decir el sector forestal se mantiene como un sumidero neto de carbono, sin embargo a contar de la década del 2020 el sumidero va disminuyendo.

5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

A continuación se presentan los 4 escenarios de sensibilidad, de acuerdo a lo solicitado por el equipo de investigación de MAPS. Estos escenarios de sensibilidad consideran utilizar la información considerada en la actualización del INGEI realizada el año 2010 y que corresponden a los resultados presentados en la segunda comunicación nacional.

5.1 Sensibilidad 1: Incremento de volumen utilizando el Incremento Medio Anual (IMA)¹⁸ en Bosque Nativo

De acuerdo a lo señalado en el presente informe la metodología presentada para bosque nativo considera la utilización del Incremento Periódico Anual (IPA) para determinar la proyección de volumen de bosque nativo, la sensibilidad desarrollada consiste en considerar el IMA utilizado en la segunda comunicación nacional en vez del IPA. La modificación anterior fue acordada con el grupo de investigación de MAPS con el objetivo de evaluar la incidencia en la captura y emisiones de carbono de Bosque Nativo, la siguiente tabla resume los resultados obtenidos.

Tabla 34. Proyección de Captura de bosque nativo, sensibilidad 1

Sensibilidad 1, Comparación Captura							
Bosque nativo	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	-16.670	-18.623	-19.733	-21.906	-20.887	-18.958	-17.336
Sensibilidad 1 (GgCO ₂)	-18.802	-18.819	-18.830	-18.874	-18.930	-18.986	-19.042

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Proyección de Emisiones de bosque nativo, sensibilidad 1

Sensibilidad 1, Comparación Emisiones							
Bosque nativo	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	12.070	11.785	11.937	12.786	14.199	15.004	15.434
Sensibilidad 1 (GgCO ₂)	12.161	11.783	11.929	12.731	14.071	14.820	15.223

Fuente: Elaboración propia

¹⁸ Tasa de incremento medio anual a nivel regional, utilizada en el Inventario de Gases de Efecto Invernadero Chile, “*Templates_LULUCF_2006-rev*”

Tabla 36. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 1

Sensibilidad 1, Balance neto							
Sector forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
CAPTURA (GgCO ₂)	-79.089	-84.449	-86.300	-83.932	-84.364	-84.796	-85.228
EMISION (GgCO ₂)	69.743	73.486	76.506	77.361	79.031	80.117	80.871
BALANCE NETO (GgCO₂)	-9.346	-10.963	-9.795	-6.570	-5.333	-4.679	-4.357

Fuente: Elaboración propia

5.2 Sensibilidad 2: Incremento de volumen utilizando el IMA (basado en el que usó el INGEI) y valores por defecto (IPCC) para los parámetros de Densidad, Factor de Expansión de Biomasa (FEB) y Fracción de Carbono en Bosque Nativo

De acuerdo a lo señalado en el presente informe la metodología presentada para bosque nativo considera la utilización del IPA para determinar la proyección de volumen de bosque nativo, la sensibilidad desarrollada consiste en considerar el IMA utilizado en la segunda comunicación nacional en vez del IPA. Y además considerar los valores de densidad, fracción de expansión de biomasa y fracción de carbono utilizados en la segunda comunicación nacional (que corresponden a valores por defecto del IPCC que se utilizaron en el INGEI).

Tabla 37. Proyección de Captura de bosque nativo, sensibilidad 2

Sensibilidad 2, Comparación Captura							
Bosque nativo	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	-16.670	-18.623	-19.733	-21.906	-20.887	-18.958	-17.336
Sensibilidad 2 (GgCO ₂)	-27.212	-27.236	-27.252	-27.317	-27.398	-27.479	-27.560

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Proyección de Emisiones de bosque nativo, sensibilidad 2

Sensibilidad 2, Comparación Emisiones							
Bosque nativo	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	12.070	11.785	11.937	12.786	14.199	15.004	15.434
Sensibilidad 2 (GgCO ₂)	12.594	12.230	12.409	13.337	14.835	15.739	16.294

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 2

Sensibilidad 2, Balance neto							
Sector forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
CAPTURA (GgCO ₂)	-87.499	-92.867	-94.723	-92.374	-92.831	-93.289	-93.746
EMISION (GgCO ₂)	70.177	73.933	76.985	77.968	79.794	81.035	81.942
BALANCE NETO (GgCO₂)	-17.322	-18.934	-17.738	-14.407	-13.038	-12.254	-11.803

Fuente: Elaboración propia

5.3 Sensibilidad 3: Incremento de volumen de plantaciones de pino y eucaliptus considerando valores por defecto informados por el IPCC para los parámetros de Densidad, Factor de Expansión de Biomasa (FEB) y Fracción de Carbono

De acuerdo a lo señalado en el presente informe la metodología presentada para plantaciones considera información nacional disponible para las variables de densidad, fracción de expansión de biomasa y fracción de carbono por especie, la sensibilidad desarrollada considera utilizar los valores de densidad, fracción de expansión de biomasa y fracción de carbono utilizados en la segunda comunicación nacional (que corresponden a valores por defecto del IPCC) para plantaciones de Pino y Eucaliptus.

Tabla 40. Proyección de Captura de plantaciones, sensibilidad 3

Sensibilidad 3, Comparación Captura							
Plantaciones de Pino y Euca	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	-58.418	-63.648	-65.413	-62.699	-62.699	-62.699	-62.699
Sensibilidad 3 (GgCO ₂)	-62.610	-68.039	-69.979	-67.333	-67.333	-67.333	-67.333

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41. Proyección de Emisiones de plantaciones, sensibilidad 3

Sensibilidad 3, Comparación Emisiones							
Plantaciones de Pino y Euca	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	56.134	60.128	62.924	62.699	62.699	62.699	62.699
Sensibilidad 3 (GgCO ₂)	59.480	63.970	67.243	67.333	67.333	67.333	67.333

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 3

Sensibilidad 3, Balance neto							
Sector forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
CAPTURA (GgCO ₂)	-81.150	-88.644	-91.770	-91.598	-90.954	-89.402	-88.156
EMISION (GgCO ₂)	72.999	77.330	80.833	82.050	83.793	84.934	85.716
BALANCE NETO (GgCO₂)	-8.151	-11.314	-10.937	-9.548	-7.162	-4.468	-2.440

Fuente: Elaboración propia

5.4 Sensibilidad 4: Resultado agregado de las sensibilidades 2 y 3. Considera todos los supuestos anteriores.

La presente sensibilidad considera la utilización de IMA para determinar el crecimiento del bosque nativo y de los valores de densidad, fracción de expansión de biomasa y fracción de carbono de la segunda comunicación nacional para todo el sector forestal.

Tabla 43. Proyección de Capturas del sector forestal, sensibilidad 4

Sensibilidad 4, Comparación Captura							
Sector forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	-76.958	-84.253	-87.204	-86.964	-86.320	-84.767	-83.522
Sensibilidad 4 (GgCO ₂)	-91.692	-97.258	-99.289	-97.009	-97.465	-97.923	-98.380

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Proyección de Emisiones del sector forestal, sensibilidad 4

Sensibilidad 4, Comparación Emisiones							
Sector forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
Escenario base (GgCO ₂)	69.654	73.489	76.515	77.418	79.160	80.302	81.084
Sensibilidad 4 (GgCO ₂)	73.523	77.775	81.304	82.602	84.428	85.669	86.577

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Balance neto del sector forestal, sensibilidad 4

Sensibilidad 4, Balance neto							
Sector forestal	2007	2010	2012	2020	2030	2040	2050
CAPTURA (GgCO ₂)	-91.692	-97.258	-99.289	-97.009	-97.465	-97.923	-98.380
EMISION (GgCO ₂)	73.523	77.775	81.304	82.602	84.428	85.669	86.577
BALANCE NETO (GgCO₂)	-18.169	-19.482	-17.985	-14.407	-13.038	-12.254	-11.803

Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES

El sector forestal se mantiene como un sumidero neto de carbono durante toda la proyección realizada, es decir desde el año 2007 hasta el año 2050. Sin embargo, la tendencia en la cantidad de captura de CO_{2e} muestra que el sector continuará aumentando su captura desde aproximadamente 7.300 GgCO_{2e} al año 2007 a 10.700 GgCO_{2e} al año 2012, luego del año 2012 la captura comienza a disminuir debido a que se considera que la tasa de forestación de plantaciones exóticas es nula a partir del 2013 y además a partir de los primeros años de la década del 2020 se tiene que el bosque renoval comienza a disminuir su tasa de incremento anual periódico (IPA) por lo cual disminuye también la captura asociada a esta especie; con esto se tiene que finalmente la captura de CO_{2e} iría disminuyendo para llegar al año 2050 a una captura muy reducida de aproximadamente 2.400 GgCO_{2e}.

De esta manera se tiene que la tendencia en el sumidero neto se encuentra basada principalmente en tendencia en la captura del Bosque Nativo Renoval y Renoval adulto, el cual de acuerdo a los antecedentes presentados se espera capture carbono de manera importante hasta los primeros años del 2020 para luego empezar a decaer debido a la disminución en su tasa de crecimiento asociada a la edad, y está basada en mucho menor medida en las plantaciones de Eucaliptus las cuales constituyen un sumidero neto de carbono sólo hasta el año 2012.

Respecto a la información disponible de la actualización del inventario del sector forestal para el año 2006, realizada por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en el año 2010, se tiene que si bien las superficies consideradas como base para el año 2006 para plantaciones y bosque nativo son prácticamente las mismas a las consideradas en el presente estudio; los resultados obtenidos al comparar el del balance neto presentado por este estudio para el año 2007 difieren en aproximadamente 12.000 GgCO₂ de emisión, lo anterior se debe principalmente a que en el escenario base del presente estudio se está considerando:

- Metodología para la proyección de volumen de bosque nativo basada en el Incremento Periódico Anual (IPA), en cambio en el INGEI se consideró el Incremento Medio Anual (IMA).
- Información pública del INFOR respecto a los volúmenes disponibles de madera exótica (Pino y Eucaliptus), la cual corresponde a información consensuada y analizada con los principales actores del sector privado; en cambio el INGEI

considera una estimación teórica de la proyección del volumen en base a factores por defecto.

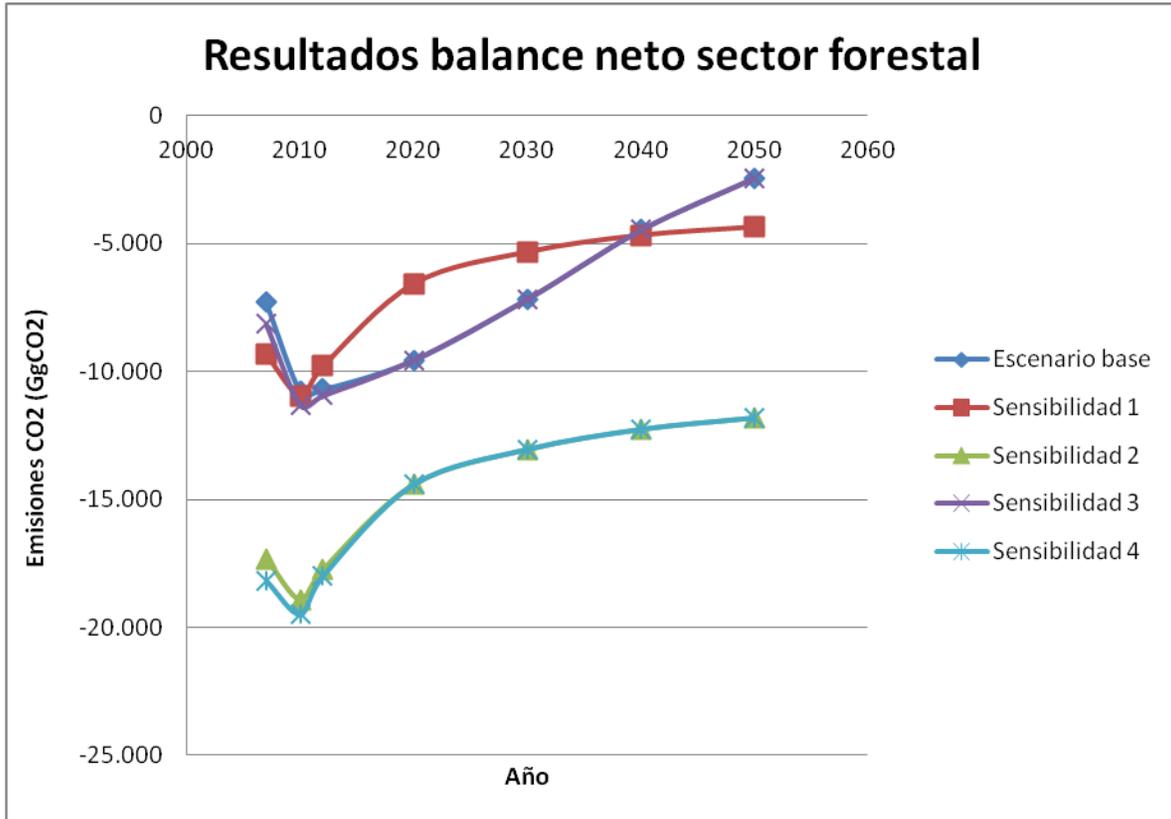
- Factores de Expansión, Densidad y Fracción de Carbono específicos tanto para el bosque nativo por especie, como para Pino, *Eucalipto globulus* y *Eucaliptus nitens*. Lo factores utilizados corresponden a información pública disponible a Diciembre del 2006 específicamente para Chile, en cambio la información utilizada por el INGEI corresponde a valores por defecto del IPCC.

El análisis de las diferencias especificadas anteriormente mostró que la diferencia asociada a la determinación de volumen disponible de plantaciones exóticas no tiene una incidencia significativa en el balance neto final, por lo cual en el informe se presentan 4 escenarios de sensibilidad correspondientes a:

- Sensibilidad 1: Incremento de volumen en Bosque Nativo utilizando el Incremento Medio Anual (IMA) (basado en el que usó el INGEI)
- Sensibilidad 2: Incremento de volumen en Bosque Nativo utilizando el IMA (basado en el que usó el INGEI) y valores por defecto informados por el IPCC para los parámetros de Densidad, Factor de Expansión de Biomasa (FEB) y Fracción de Carbono para Bosque Nativo
- Sensibilidad 3: Incremento de volumen de plantaciones de pino y eucaliptus considerando valores por defecto informados por el IPCC para los parámetros de Densidad, Factor de Expansión de Biomasa (FEB) y Fracción de Carbono.
- Sensibilidad 4: Resultados agregados de las sensibilidades 2 y 3. Considera todos los supuestos de las sensibilidades anteriores.

El siguiente gráfico resume el resultado de balance neto obtenido para el escenario base y cada una de las sensibilidades desarrolladas.

Ilustración 18. Gráfico de Resultados de balance Neto del Sector Forestal, Escenario Base y Sensibilidades



Como se puede ver, las variables que más influye en los resultados obtenidos son las asociadas con el Bosque Nativo, principalmente lo asociado a la utilización de los factores de expansión, densidad y fracción de carbono (sensibilidad 2).

Por lo tanto, de acuerdo a lo indicado en el presente informe, es posible concluir que si bien, en base a la información disponible fue posible establecer proyecciones de captura y emisiones de GEI, hace falta mayor nivel de desagregación y disponibilidad de información pública, que permita contar con datos robustos que permitan determinar escenarios de proyección futuros más representativos y acordes con la información disponible por parte de los actores del sector. Específicamente información que permita corroborar y aunar criterios nacionales respecto a datos asociados a Bosque Nativo respecto a su incremento anual y a los parámetros de densidad, factores de expansión y fracción de carbono por especie.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, M., Benavides, G. 2005. Recopilación de Experiencias Silvícolas en el “Bosque Nativo Maulino”. Corporación Nacional Forestal del Maule. Chile. Disponible en http://igesam.cl/wp-content/uploads/2012/10/Experiencias_Silvicolas_Maule.pdf
2. Cárcamo, M. 2003. Simulación de cortas intermedias para la captura de carbono en un renoval de Lenga de la Reserva Forestal Coyhaique, XI Región. Trabajo de Titulación para optar al Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 41p. Disponible en <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fifc265s/doc/fifc265s.pdf>
3. Chauchard, L. M., González, M.; Maresca, L.; Rabino, A. y R. Sbrancia. 1995. Dinámica y manejo del bosque de *Nothofagus*: Aplicación de Leyes Fundamentales de la Densidad de Rodales. IV Jornadas Forestales Patagónicas, I,; 106-115.
4. Chauchard, L. M.; Sbrancia, R.; González, M.; Maresca, L y A. Rabino. 1999. Aplicación de leyes fundamentales de la densidad a bosques de *Nothofagus*: I. Regla de los -3/2 o ley del autorraleo. Bosque 20(2): 79-94.
5. CONAF. 2011. Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Monitoreo de cambios y actualizaciones. Periodo 1997 - 2011. Santiago, Chile. 25 p.
6. CONAF-GTZ. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile. Recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque nativo. Publicaciones Lo Castillo S. A. 420 p.
7. CONAMA. 2003. Compendio de directrices para enseñanza de Ingeniería. Proyecto. CORFO-FONTEC. Disponible en <http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2007/04/comp-ing.pdf>

8. CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago, Chile. 89 p.
9. Dobbs, C. 2005. Construcción de modelos de estimación de biomasa y área foliar para diez especies arbóreas de la ciudad de Santiago. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Disponible en http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2005/dobbs_c/sources/dobbs_c.pdf
10. Donoso, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Documento de Trabajo N°. 38. Investigación y Desarrollo Forestal (CONAF, PNUD-FAO) (Publicación FAO Chile).
11. Donoso, P. 1988. Caracterización y proposiciones silviculturales para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en el área de protección “Radal 7 Tazas”, VII Región. Revista *Bosque* 9(2): 103-114. Disponible en <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v9n2/art07.pdf>
12. Donoso, C. 1994. Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, Estructura y Dinámica. Segunda edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 484 p.
13. Donoso, P., Donoso, C., Sandoval, V. 1993. Proposición de zonas de crecimiento de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*) en su rango de distribución natural. Revista *BOSQUE* 14(2): 37-55. Disponible en <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v14n2/art06.pdf>
14. Donoso, C. 2007. Los Bosques de Chile en el Contexto Mundial. Importancia y Valor. AIFBN - Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo. Revista Bosque Nativo 41: 14 – 15. Disponible en: http://www.bosquenativo.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=190&Itemid=40.
15. Donoso, P.J. y C. Donoso. 2007. Chile: Forest Species and Stand Types. In: Forest Encyclopedia (Ed. F.W. Cubbage). Society of American Foresters and International

Society of Tropical Foresters. Disponible en:
<http://forestryencyclopedia.jot.com/WikiHome>.

16. FAO. 2004. Directrices para la Elaboración de los Informes Nacionales destinados al FRA 2005. Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales a 2005. Documento de Trabajo 82. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Departamento de Montes Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 75 p. Disponible en:
<http://www.fao.org/forestry/7031-017b346642fb62ed694769dafb8ecf034.pdf>.
17. FAO-INFOR. 2010. Análisis Espacial de la Producción y Consumo de Dendrocombustibles Usando la Metodología WISDOM: Bases para una Estrategia Dendroenergética Nacional Chile. Editores: Jorge Meza, FAO; Santiago Barros, INFOR. PROYECTO: PCT/CHI/3201 - Componente WISDOM Chile “Bases para una Estrategia Dendroenergética Nacional”, bajo la metodología de mapeo integrado de la oferta y demanda de dendroenergía (WISDOM por sus siglas en inglés). Santiago, Chile. 66 p. Disponible en:
<http://biblioteca1.infor.cl:81/DataFiles/26211.pdf>.
18. Florez, M. 2006. Crecimiento y calidad de plantaciones de *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. Et Mil. en distintas exposiciones y situaciones de competencia en la Provincia de Valdivia. Título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Disponible en
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fiff634c/doc/fiff634c.pdf>
19. Fundación Chile. 2005. Tablas auxiliares de producción, proyecto Fondef D01/1021.
20. Gayoso, J. 2001. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. Trabajo presentado en Taller Secuestro de carbono. Mérida, Venezuela. 22p. Disponible en
http://www.uach.cl/procarbono/pdf/docs_publicaciones/gayoso_2001_venezuela.pdf
21. Gayoso, J., Guerra, J., Alarcón, D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF D9811076. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Ciencias

Forestales. 50 p. Disponible en:

<http://www.uach.cl/procarbono/documentos.html>.

22. Gutiérrez, N. 2004. Evaluación del crecimiento y rendimiento volumétricos en ensayos de plantación de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina* al aplicar intervenciones silvícolas. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Departamento de Silvicultura. Escuela de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 47p. Disponible en http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2004/gutierrez_n/sources/gutierrez_n.pdf
23. Gutiérrez, AG. 2011. Representatividad de bosques nativos disminuyó en 4.2% en los últimos 15 años. AIFBN - Agrupación de Ingenieros Forestales por el Bosque Nativo Revista Bosque Nativo 49: 17 – 18. Disponible en: <http://bosque-ciencia.blogspot.com/2011/09/representatividad-de-bosques-nativos.html>
24. Illanes F. 2008. Prospección de productos de (*Nothofagus obliqua* (MIRB.)) y (*Nothofagus alpina* (POEPP. ET ENDL.)). Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Disponible en http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/ag-illanes_f/pdfAmont/ag-illanes_f.pdf
25. Imaña, J. y O. Encinas. 2008. Epidometría Forestal. Brasilia: Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal. Mérida: Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. 72 p. Disponible en: http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf
26. INE-CEPAL. 2005. Chile: Proyecciones y Estimaciones de Población. Total País 1950-2050. Serie de la Publicación (CEPAL): OI No 208. 103 p. Disponible en: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones/Informes/Microsoft%20Word%20-%20InforP_T.pdf

27. INFOR. 1989. *Eucalyptus*: Principios de silvicultura y manejo. Prado, J. y S. Barros (eds). Impresos Nova Ltda. Instituto Forestal, Santiago. 199 p.
28. INFOR. 2005. Informe Técnico N°170 de Disponibilidad de Madera de Plantaciones de pino radiata en Chile 2003-2032
29. INFOR. 2007. Informe Técnico N°173 de Disponibilidad de Madera de Eucalyptus en Chile 2006-2025
30. INFOR. 2007. Estadísticas Forestales Chilenas 2006. Boletín Estadístico 117. Instituto Forestal (INFOR). Santiago, Chile. 163 p. Disponible en: <http://biblioteca1.infor.cl:81/DataFiles/15561.pdf>.
31. INFOR. 2008. Anuario Forestal 2008. Boletín Estadístico 121. Instituto Forestal (INFOR). Santiago, Chile. 161 p. Disponible en: <http://biblioteca1.infor.cl:81/DataFiles/24888.pdf>.
32. Instituto Forestal. 2009. Sistematización silvícola, tecnológica y comercial de boldo (*Peumus boldus* mol.) en Chile. Disponible en http://www.gestionforestal.cl:81/boldo/publicaciones/informe_tecnico_boldo.pdf
33. INFOR. 2009. Los Recursos Forestales en Chile. Informe Final Inventario Continuo de Bosques Nativos y Actualización de Plantaciones Forestales. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 202 p. Disponible en: http://www.infor.cl/es/component/docman/doc_download/41-inventario-continuo-de-bosques-nativos-y-actualizaciones-de-plantaciones-forestales.html
34. INIA-CONAMA-PNUD. 2010. Complementos y actualización del inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para Chile en los sectores de agricultura, uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, y residuos antrópicos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Comisión Nacional del medio Ambiente (CONAMA) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Proyecto PNUD 43740, Contrato SCT/2009/18. Santiago, Chile. 192 p. Disponible en: http://www.sinia.cl/1292/articles-50188_recurso_2.pdf.

35. IPCC. 2006. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Editado por Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. Programa del IPCC sobre inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Publicado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para el IPCC. 628 p. Disponible en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_languages.html.

36. Juárez de Galíndez, M. 2001. Modelización estadística de curvas de crecimiento de árboles en bosques nativos; quebracho colorado, quebracho blanco y algarrobo blanco. Universidad Nacional de Córdoba. Tesis de Maestría. 131 p.

37. Mansilla, H., García, R., Tapia, J., Durán, H., Urzúa, S. 1991. Chemical characterization of Chilean hardwoods. *Wood Sci. Technol.* 25:145-149. Disponible en <http://www.springerlink.com/index/u9670476436t2161.pdf>

38. MMA. 2011. Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile. Santiago, Chile. 289 p. Disponible en: http://www.mma.gob.cl/1304/articles-50880_documentoCambioClimatico.pdf.

39. ODEPA; Laroze, A. 2007. Estimación del Carbono Capturado en las plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptos relacionadas con el DL-701 de 1974.

40. Parra, G. 2001. Funciones de biomasa total y por componentes del espino (*Acacia caven Mol.*) en Péncahue, VII Región. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Forestales. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Disponible en: <http://bosques.ciren.cl/xmlui/handle/123456789/166>

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

42. Quintana A. 2008. Biomasa Aérea y contenidos de carbono en una plantación de siete años de *Quillaja saponaria Mol.* del secano interior de Chile central. Título de

- Profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Disponible en http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/quintana_a/sources/quintana_a.pdf
43. Reyes, R., Donoso, P., Donoso, C., Navarro, C. 2009. Crecimiento de renovales de *Drimys winteri* después de 16 años de aplicados distintos tratamientos de raleo en las cordilleras de Los Andes y de la Costa en Chile. Revista *BOSQUE* 30(3): 117-126. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v30n3/art01.pdf>
44. Santelices, R., M. Riquelme. 2007. Antecedentes dasométricos de *Nothofagus alessandrii* de la procedencia Coipué. Revista *BOSQUE* 28(3): 281-287. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002007000300014&script=sci_arttext
45. Schlegel, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del Tipo Forestal Siempreverde. En: Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales 18 al 20 de Octubre del 2001 Valdivia – Chile. 11 p. Disponible en: http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/45_schlegel.PDF.
46. Sweda, T. 1984. Theoretical growth equations and their applications in forestry. Bull. Nagoya Univ. Forest. (7): 199-260.
47. Toral, M., Kennegiesser, U., Rosende, R. 1988. Biomasa y Boldina en Boldo (*Peumus boldus* Mol) VII Región. Ciencia e Investigación Forestal. Volumen 2, número 4. Disponible en <http://biblioteca1.infor.cl:81/DataFiles/18450.pdf>
48. Valdés, A. 2012. Estimación del contenido y balance de carbono en un bosque de *Nothofagus pumilio* y una turbera de *Sphagnum magellanicum* en Tierra del Fuego, Chile. Seminario de Título para optar al Título de Biólogo mención Medio Ambiente. Facultad de ciencias. Universidad de Chile. 60p. Disponible en <http://www.karukinkanatural.cl/imagenes/pk/2012Ariel-Valdes.pdf>

-
49. Varas, A. 2012. Gestión Bosque Nativo 2011 y Propuestas para el 2012. Presentación del Departamento de Bosque Nativo, CONAF. 50 p. Informe interno de CONAF.
50. Weber, S. 2004. Estado de desarrollo de *Nothofagus alessandrii* Espinosa, *Nothofagus glauca* (Phil.) Korner y *Nothofagus leonii* Espinosa ex-situ, en Valdivia. Trabajo para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Disponible en <http://www.arboretum.cl/Descargas/fifw375e.pdf>

8. ANEXOS

ANEXO 1: DEFINICIÓN LEGAL DE LOS TIPOS FORESTALES DEL BOSQUE NATIVO CHILENO

Reglamento Técnico del D. L. N° 701, Decreto Núm. 259. Santiago, 1º de Septiembre de 1980.

TITULO I, NÚMERO 2: NORMAS ESPECIALES DEL PLAN DE MANEJO DEL BOSQUE NATIVO.

Artículo 19º.- Para determinar el método de corta o explotación de bosque nativo, se reconocen los siguientes Tipos Forestales:

- a) Alerce (*Fitzroya cupressoides*): es aquella agrupación arbórea o arbustiva, en que exista a lo menos 1 individuo de esta especie por hectárea.
- b) Araucaria (*Araucaria araucana*): es aquella agrupación arbórea o arbustiva en que exista a lo menos 1 individuo de esta especie por hectárea.
- c) Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*): es aquel que se encuentra, en forma pura o asociado con otras especies, representado, a lo menos, por 40 individuos de la especie por hectárea, cada uno mayor de 2 metros de altura.
- d) Ciprés de las Guaitecas (*Pilgerodendron uviferum*): es aquel que se encuentra en forma pura o asociado con otras especies, representado, a lo menos, por 10 individuos de la especie por hectárea cada uno mayor de 2 metros de altura.
- e) Coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*): es aquel que se encuentra en forma pura o asociado con otras especies, representado, a lo menos, por un 50% de individuos de la especie por hectárea.
- f) Coigüe - Raulí - Tepa (*Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus alpina*, *Laureliopsis philippiana*): es aquel que se encuentra representado por alguna combinación de las especies señaladas, con excepción del caso en que Coigüe o Raulí constituyen más del 50% de los individuos por hectárea.
- g) Lengua (*Nothofagus pumilio*): es aquel que se encuentra en forma pura o asociado con otras especies, representado, a lo menos, por un 50% de individuos de la especie por hectárea.
- h) Roble - Raulí - Coigüe (*Nothofagus obliqua*, *Nothofagus alpina*, *Nothofagus dombeyi*): es aquel que se encuentra representado por la presencia de cualquiera de las 3 especies o una combinación de ellas, constituyendo la asociación o cualquiera de ellas más del 50% de los individuos por hectárea con un diámetro no inferior a 10 cm a 1,30 metros de altura.

- i) Roble - Hualo (*Nothofagus obliqua*, *Nothofagus glauca*): es aquel que se encuentra representado por la presencia de una o ambas especies constituyendo, a lo menos, un 50% de los individuos por hectárea.
- j) Siempreverde: es aquel que se encuentra representado en su estrato superior o intermedio por la siguiente asociación de especies : Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), Coigüe de Chiloé (*Nothofagus nítida*), Coigüe de Magallanes (*Nothofagus betuloides*), Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), Tineo (*Weinmannia trichosperma*), Tepa (*Laureliopsis philippiana*), Olivillo (*Aextoxicon punctatum*), Canelo (*Drimys winteri*), Mañío de Hojas Punzantes (*Podocarpus nubigenus*), Mañío de Hojas Cortas (*Saxegothaea conspicua*), Luma (*Amomyrtus luma*), Meli (*Amomyrtus meli*) y Pichapicha (*Myrceugenia planipes*).
- k) Esclerófilo: es aquel que se encuentra representado por la presencia de a lo menos una de las especies que a continuación se indican, o por la asociación de varias de ellas. Las especies que constituyen este tipo son: Quillay (*Quillaja saponaria*), Litre (*Lithraeacaustica*), Peumo (*Cryptocaria alba*), Espino (*Acacia caven*), Maitén (*Maytenus boaria*), Algarrobo (*Prosopis chilensis*), Belloto (*Beilschmiedia miersii*), Boldo (*Peumus boldus*), Bollén (*Kageneckia oblonga*), Molle (*Schinus latifolius*) y otras especies de distribución geográfica similar a las ya indicadas.
- l) Palma chilena (*Jubaea chilensis*): es aquel que se caracteriza por la presencia de uno o más individuos de la especie por hectárea.

ANEXO 2: CONDICIONES USADAS PARA LA ASIGNACIÓN DE UN TIPO Y SUBTIPO FORESTAL

(Fuente: <http://www.conaf.cl/conaf/seccion-definiciones.html>).

CONDICION	TIPO FORESTAL SUBTIPO	REGION
Especie dominante 1 a 3 es alerce	ALERCE	X
Especie dominante 1 a 3 es Ciprés de las Guaitecas. Si hubiera un rodal con alerce y ciprés de las Guaitecas, se asigna el tipo alerce	CIPRES DE LAS GUAITECAS	X a XII
Especie dominante 1 a 3 es Araucaria	ARAUCARIA	VIII a X
Especie dominante 1 a 3 es Ciprés de la Cordillera. Si un rodal tiene araucaria y ciprés de la cordillera se le asigna el tipo forestal araucaria	CIPRES DE LA CORDILLERA	V a la X
Especie dominante 1 a 3 es Palma chilena	PALMA CHILENA	V-RM-VI
Especie dominante 1 a 3 es Coihue de Magallanes y no hay lenga entre las especies dominantes 1 y 2	COIHUE DE MAGALLANES	X a XII
Especie dominante 1 a 2 es lenga y coigue de Magallanes. Puede incluir ñirre en cualquier orden	LENGA / Coihue de Magallanes	
Especie dominante 1 a 3 es lenga y no hay coigue de Magallanes ni coigue entre especies 1 a 3. Puede incluir ñirre en cualquier orden	LENGA / lenga	VII a XII
Especie dominante 1 a 3 es lenga y coigue	LENGA / lenga -coihue común	VII a X
Especie dominante 1 a 2 es ñirre no incluye lenga ni coihue de Magallanes. Puede estar presente roble, coigue o coigue de Chiloé.	LENGA / ñirre	VII a XII
Especie dominante 1 a 2 es hualo	ROBLE-HUALO / roble-hualo	RM a VIII
Especie dominante 1 a 3 es roble y no hay coigue , raulí ni hualo	ROBLE-HUALO / roble del norte	V, RM, VI
Especie dominante 1 a 3 es canelo y estructura renoval y coihue roble o raulí no está antes que canelo	SIEMPREVERDE/renoval de canelo	VIII a XII

CONDICION	TIPO FORESTAL SUBTIPO	REGION
Especie dominante 1 a 3 es raulí	ROBLE-RAULI-COIHUE / roble-raulí-coihue	VII a Malleco
Especie dominante 1 a 3 es coihue antes que roble	ROBLE-RAULI-COIHUE / coihue	VII a Malleco
Especie dominante 1 a 3 es roble antes que coihue sin raulí entre las especies 1 a 3	ROBLE-RAULI-COIHUE / roble	VII a X
Especie dominante 1 a 3 es raulí	COIHUE-RAULI-TEPA / coihue-raulí-tepa	Cautín a XI
Especie dominante 1 a 3 es coihue y no tiene raulí ni tepa. Puede tener roble	COIHUE-RAULI-TEPA / coihue	Cautín a XI
Especie dominante 1 a 3 es coihue o tepa y no tiene raulí	COIHUE-RAULI-TEPA / coihue-tepa	
Especie dominante 1 a 3 es ulmo o laurel o tineo o mañío o mañío de hojas cortas o ciruelillo o laurel o canelo o radial o avellano o lingue u olivillo	SIEMPREVERDE/ siempreverde	VIII a XII
Especie dominante 1 a 3 es tamarugo y está antes que algarrobo y espino	ESCLEROFILO / tamarugo	I a II
Especie dominante 1 a 3 es algarrobo y está antes que espino y tamarugo	ESCLEROFILO / algarrobo	I a IV
Especie dominante 1 a 3 es espino y está antes que algarrobo	ESCLEROFILO / espino	I a VIII
Especie dominante 1 a 3 es frangel	ESCLEROFILO / frangel	I a VIII
Especie dominante 1 a 3 es lingue o belloto	ESCLEROFILO / belloto o lingue	I a VIII
Especie dominante 1 a 3 es peumo o quillay o litre	ESCLEROFILO / peumo-quillay-litre	I a VIII
Especie dominante 1 a 3 es <i>Kagenechia oblonga</i> o <i>Schinus polygamus</i> o maitén o boldo o patagua	ESCLEROFILO/ esclerófilo	I a VIII
Especie dominante 1 a 3 es maitén	ESCLEROFILO / esclerófilo	X
Especie dominante 1 a 3 es olivillo	ESCLEROFILO / olivillo del norte	IV ó V
Especie dominante 1 a 2 es tepú	SIEMPREVERDE/ tepú	VIII a XII
Especie dominante 1 a 3 es	SIEMPREVERDE/ mirtáceas	VIII a XII

CONDICION	TIPO FORESTAL SUBTIPO	REGION
Especie dominante 1 a 3 es coigue de Chiloé	SIEMPREVERDE/ coihue de Chiloé	VIII a XII

ANEXO 3: NOMBRE COMÚN Y CIENTÍFICO DE ESPECIES ARBÓREAS CONTINENTALES DE CHILEY TIPO FORESTAL EN EL QUE SE ENCUENTRAN

(Fuente: Donoso, P.J. y C. Donoso. 2007. <http://forestryencyclopedia.jot.com/WikiHome.>)

Nombre común	Familia	Género	Especie	Autor	Latitud	Tipos forestales*
Roble	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>obliqua</i>	(Mirb.) Oerst.	32°40' - 41°	RH, RRC, CC, Ar
Hualo	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>glauca</i>	(Phil.) Krasser	33°40' - 34°50'	RH, CC
Huala	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>leoni</i>	Espinosa	33°40' - 34°50'	RH
Ruil	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>alessandri</i>	Espinosa	35°20' - 35°35'	RH
Coihue	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>dombeyi</i>	(Mirb.) Oerst.	30°30' - 47°	RRC, CRT, RH, Len, SV, CM, CC, Ar, AI
Raulí	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>nervosa</i>	(Poepp. Et Endl.) Oerst.	34°50' - 41°30'	RH, RRC, CRT, Le, Ar
Lenga	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>pumilio</i>	(Poepp. Et endl.) Krasser	34°30' - 55°	Le, CM, RRC, Ar, AI
Ñirre	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>antartica</i>	(G.Forst.) Oerst.	35°20' - 55°	Le, Ar, CG, AI
Coihue de Magallanes	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>betuloides</i>	(Mirb.) Oerst.	41° - 55°	Len, CM, SV, Ale, CG
Coihue de Chiloé	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>nitida</i>	(Mirb.) Oerst.	41° - 48°	AI, SV, CG
Luma	Myrtaceae	<i>Amomyrtus</i>	<i>luma</i>	(Mol.) Legrand & Kausel	35°30' - 55°	RRC, CRT, CG, SV, Ar
Meli	Myrtaceae	<i>Amomyrtus</i>	<i>melí</i>	(Mol.) Legrand & Kausel	39°50' - 43°	RRC, CRT, CG, SV, AI

Nombre común	Familia	Género	Especie	Autor	Latitud	Tipos forestales*
Temu	Myrtaceae	<i>Blepharocalyx</i>	<i>cruckshanksii</i>	(Hooker et Arnott) Niedenzu	34°20' - 43°	SV, CG
Pitra	Myrtaceae	<i>Myrceugenia</i>	<i>exsucca</i>	(DC) Berg.	32°50' - 43°	
--	Myrtaceae	<i>Myrceugenia</i>	<i>ovata</i>	(Hook. et Arn.) Berg	35°40' - 43°	
Patagua Valdiviana	Myrtaceae	<i>Myrceugenia</i>	<i>planipes</i>	(Hooker et Arnott) Berg	37° - 45°20'	
Northern Luma	Myrtaceae	<i>Legrandia</i>	<i>concinna</i>	(Philippi) Kausel	35°20' - 36°20'	RH, SV
Ranrán	Myrtaceae	<i>Myrceugenia</i>	<i>obtusa</i>	(DC) Berg.	30° - 38°30'	Ec
Chequén	Myrtaceae	<i>Luma</i>	<i>chequen</i>	(Molina) A. Gray	30° - 41°	
Arrayan	Myrtaceae	<i>Luma</i>	<i>apiculata</i>	(DC.) Burret	33° - 45°20'	SV, RH, RRC, CC, AI
Luma	Myrtaceae	<i>Myrceugenia</i>	<i>fernandeziana</i>	(Hook. Y Arn.) Johow	33°40'S / 79°50' W	Juan Fernández
Mañío de hojas punzantes	Podocarpaceae	<i>Podocarpus</i>	<i>nubigenus</i>	Lindl.	38°20' - 52°10'	CM, SV, AI, CG
Mañío de hojas largas	Podocarpaceae	<i>Podocarpus</i>	<i>salignus</i>	D. Don	35°40' - 40°30'	RH, CC, RRC
Mañío de hojas cortas	Podocarpaceae	<i>Saxegoatha</i>	<i>conspicua</i>	Lindl.	35°45' - 45°20'	RRC, CRT, SV, AI
Lleuque	Podocarpaceae	<i>Prumnopitys</i>	<i>andina</i>	(OPEP. Ex	35°40' - 38°20'	Ar

Nombre común	Familia	Género	Especie	Autor	Latitud	Tipos forestales*
				Ende.) de Laub		
Araucaria	Araucareceae	<i>Araucaria</i>	<i>araucana</i>	(Mol.)K. Koch.	37°40' – 39°	Ar
Ciprés de la Cordillera	Cupressaceae	<i>Austrocedrus</i>	<i>chilensis</i>	(D.Don) Pic.Serm. et Biz.	32°40' – 41°	CC
Alerce	Cupressaceae	<i>Fitzroya</i>	<i>cupressoides</i>	(Mol.) Johnston	39°50' – 43°20'	AI
Ciprés de las Guaitecas	Cupressaceae	<i>Pilgerodendron</i>	<i>uviferum</i>	(D.Don) Florin	39°45' – 52°20'	CG
Piñol/Avelanillo	Proteaceae	<i>Lomatia</i>	<i>dentata</i>	(R. et. P.) R.Br.	34°20' – 43°	RH, RRC, SV
Fuinque/Romerillo	Proteaceae	<i>Lomatia</i>	<i>ferruginea</i>	(Cav.) R	34°50' – 52°	RRC, CRT, SV, Ar, AI, CG
Radal	Proteaceae	<i>Lomatia</i>	<i>hirsuta</i>	(Lam.) Diles. Ex Macbr.	30° – 43°	RH, RRC, CC, Len, SV
Avellano	Proteaceae	<i>Gevuina</i>	<i>avellana</i>	Mol.	30° – 45°	RH, RRC, CRT, CC, CG, SV
Notro	Proteaceae	<i>Embothrium</i>	<i>coccineum</i>	J.R. et Forst.	35°30' – 52°30'	RRC, CM, Le, CG, Ar, AI, SV
Laurel	Monimiaceae	<i>Laurelia</i>	<i>sempervirens</i>	(Ruiz et Pavón) Tul.	34°30' – 41°20'	RRC, RH, CC, SV
Tepa	Monimiaceae	<i>Laurelia or Laureliopsis</i>	<i>philippiana</i>	(Looser) Shodde	36°45' – 45°30'	RRC, CRT, SV
Espino	Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>caven</i>	(Mol.) Mol.	28° – 36°30'	Es, PC
Pimiento boliviano	Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	<i>latifolius</i>	(Gill. Ex. Lindl.) Engler	30° – 38°	None

Nombre común	Familia	Género	Especie	Autor	Latitud	Tipos forestales*
Molle	Anacardiaceae	<i>Schinus</i>	<i>molle</i>	(Gill. ex Lindl.) Engler	30°-38°	Es, RH
Bollen	Rosaceae	<i>Kageneckia</i>	<i>oblonga</i>	R. et Pav.	31°-38°	Es, RH
Frangel	Rosaceae	<i>Kageneckia</i>	<i>angustifolia</i>	D. Don.	31°-35°	Es, RH
Olivillo	Aextoxicaceae	<i>Aextoxicon</i>	<i>punctatum</i>	R. et Pav.	30°40'-42°	Es, RH, RRC, CRT, CC, SV
Belloto del Sur	Lauraceae	<i>Beilschmiedia</i>	<i>berteroana</i>	(Gay) Kosterm.	33°35'-36°20'	Es, RH
Belloto del Norte	Lauraceae	<i>Beilschmiedia</i>	<i>miersii</i>	(Gay) Kosterm.	32°20'-33°35'	Es
Peumo	Lauraceae	<i>Cryptocarya</i>	<i>alba</i>	(Mol.) Looser	30°40'-39°50'	Es, PC, RH, CC
Lingue	Lauraceae	<i>Persea</i>	<i>lingue</i>	Nees	32°45'-41°20'	Es, RRC, CC, PC
Tiaca	Cunoniaceae	<i>Caldcluvia</i>	<i>paniculata</i>	(Cav.) D. Don.	36°20'-45°20'	SV
Tineo	Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	<i>trichosperma</i>	Cav.	35°20'-46°40'	CRT, CG, CM, SV, AI
Patagua	Elaeocarpaceae	<i>Crinodendron</i>	<i>patagua</i>	Mol.	32°50'-36°40'	Es
Trevo	Asteraceae	<i>Dasyphyllum</i>	<i>diacanthoides</i>	(Less.) Cabr.	34°50'-42°	CRT, SV
Palo Santo	Asteraceae	<i>Dasyphyllum</i>	<i>excelsum</i>	(D. Don) Cabrera	32°40'-35°45'	Es
Canelo	Winteraceae	<i>Drimys</i>	<i>winteri</i>	J.R. et Forster	30°40'-53°	Es, RH, RRC, CRT, Le, CM, CG, SV, Ar, AI
Canelo	Winteraceae	<i>Drimys</i>	<i>confertifolia</i>	Phil.	33°40'S / 79°50' W	Juan Fernández

Nombre común	Familia	Género	Especie	Autor	Latitud	Tipos forestales*
Ulmo	Eucryphiaceae	<i>Eucryphia</i>	<i>cordifolia</i>	Cav.	38°20'-42°50'	RRC, SV
Guindo Santo	Eucryphiaceae	<i>Eucryphia</i>	<i>glutinosa</i>	(P. et E.) Baillon	36°05'-38°14'	RH, RRC, CRT, Le, SV
Queule	Gomortegaceae	<i>Gomortega</i>	<i>keule</i>	(Mol.) Baillon	35°47'-37°41'	RH, RRH, SV
Palma chilena	Palmae	<i>Jubaea</i>	<i>chilensis</i>	(Mol.) Baill.	31°50'-34°50'	PC
Litre	Anacardiaceae	<i>Lithraea</i>	<i>caustica</i>	H. et A.	30° - 39°	Es, PC, RH, CC
Boldo	Monimiaceae	<i>Peumus</i>	<i>boldus</i>	Mol.	30°40'-40°30'	Es, RH, RRC, CC, PC
Pitao	Rutaceae	<i>Pitavia</i>	<i>punctata</i>	Mol.	35°21'-37°45'	RH, SV
Algarrobo	Fabaceae	<i>Prosopis</i>	<i>chilensis</i>	(Mol.) Stunz	18°-34°	None
Tamarugo	Fabaceae	<i>Prosopis</i>	<i>tamarugo</i>	Phil.	19°40'-33°20'	None
Sauco del Diablo	Araliaceae	<i>Pseudopanax</i>	<i>laetevirens</i>	(Gay) Harms.	36°20' - 53°	CRT, SV, CM, Ar, CG
Quillay	Quillajaceae	<i>Quillaja</i>	<i>saponaria</i>	Mol.	30° - 38°	Es, PC, RH, CC
Pelu	Fabaceae	<i>Sophora</i>	<i>microphylla</i>	Ait.	35°30'-43°25'	SV, RRC, CRT
Mayu	Fabaceae	<i>Sophora</i>	<i>macrocarpa</i>	J.E.Sm.	32°50' - 36°50'	RH, Es, PC, CC
Manzano	Urticaceae	<i>Bohemeria</i>	<i>excelsa</i>	(Bertero ex Steud.) Wedd.	33°40'S / 79°50' W	Juan Fernández
Peralillo	Rubiaceae	<i>Coprosma</i>	<i>pyrifolia</i>	(Hook y Arn.) Skottsbo.	33°40'S / 79°50' W	Juan Fernández

Nombre común	Familia	Género	Especie	Autor	Latitud	Tipos forestales*
Naranjillo	Rutaceae	<i>Fagara</i>	<i>mayu</i>	(Bertero ex Colla) Engler	33°40'S /79°50' W	Juan Fernández
Chonta	Arecaceae	<i>Juania</i>	<i>australis</i>	(Mart.) Drude ex Hook.f.	33°40'S /79°50' W	Juan Fernández
Juan Bueno	Verbenaceae	<i>Raphythamnus</i>	<i>venustus</i>	(Phil.) B.L. Rob.	33°40'S /79°50' W	Juan Fernández
Sándalo de Juan Fernández	Santalaceae	<i>Santalum</i>	<i>fernandezianum</i>	Phil.	33°40'S /79°50' W	Juan Fernández

*Tipos Forestales: Al: Alerce, Ar: Araucaria, CC: Ciprés de la Cordillera, CG: Ciprés de las Guaitecas, CM: Coihue de Magallanes, Es: Esclerofilo, PC: Palma Chilena, Le: Lengua, RH: Roble-Hualo, CG: Cipres de las Guaitecas, RRC: Roble-Raulí-Coihue, CRT: Coihue-Raulí-Tepa, SV: Siempreverde

ANEXO 4: VARIABLES BÁSICAS PARA LAS ESPECIES ARBÓREAS NATIVAS CONTINENTALES DE CHILE

En la información presentada se indica la fuente bibliográfica de la cual se obtuvo cada antecedente señalando el autor y entre paréntesis el año de la publicación y la página en la que se encuentra el dato obtenido. Por ejemplo: Gayoso *et al.* (2002, 25) indica que se trata de una publicación de Jorge Gayoso y otros autores, aparecida el año 2002 y que el antecedente entregado puede verificarse en la página 25 del mencionado texto.

Nothofagus obliqua

La especie *Nothofagus obliqua* tiene, según Gayoso *et al.* (2002. 25), un 43,53% de carbono en el fuste, 41,56% en las hojas, 39,56% en las ramas y 39,82% en la corteza. Es menor la variación que presenta con Gayoso (2001. 11) disminuyendo levemente en el carbono de las ramas a 38,33% y corteza con 38,14%, determinados entre la los 37°S a 40°30'S y 72°W a 73°30'W.

Del total de biomasa seca, un 73,62% es el aporte del fuste, las ramas aportan un 10,04%, las hojas un 1,21% y la corteza 15,13% (Gayoso *et al.* 2002. 33). Varía los porcentajes con Gayoso (2001. 9) con un 78,02% el fuste, un 10,675 las ramas, un 0,9% las hojas, un 10,41% la corteza, además de incluir la biomasa subterránea con 27,5%.

Mansilla, *et al.* (1991. 37-38) señala que la densidad básica de Roble es de 470 kg/m³, mientras que Gayoso *et al.* (2002. 37) señala 461 kg/m³, Illanes (2008. 9) señala 504 y 530 kg/m³, CONAMA (2003, 26) y Gayoso (2001. 12) mencionan con densidades de 492 y 580 kg/m³ respectivamente. CONAMA (2003. 26) determina la densidad anhídrida y nominal de Roble, con 634 y 607 kg/m³.

Donoso (1988. 105,110) señala los incrementos medios anuales en volumen de Roble en Curicó es de 13 m³/ha/año, por su parte Paredes (1982), citado por Donoso *et al.* (1993. 38) determina 10 m³/ha/año y Gutierrez (2004. 13-15) señala valores de 12,5, 20,2 y 19,3 m³/ha/año.

Nothofagus alpina

Nothofagus alpina presenta un contenido de carbono en el fuste de 44,39%, 43,60% en las hojas, 41,63% en las ramas, 45,15% en la corteza y en las raíces 45,81% (Gayoso *et al.* 2002, 25). Ligeramente diferente son los porcentajes presentados por Gayoso (2001, 11)

con 44,48 en el fuste, 44,37 en las hojas, 42,1 en las ramas y 46,67 en la corteza, determinados entre la los 37°S a 40°30'S y 72°W a 73°30'W.

El aporte a la biomasa seca total por parte de los componentes de Raulí es de 66,78% el fuste, 12,61% las ramas, 2,42% las hojas y 18,18% la corteza (Gayoso *et al.* 2002, 33). Aunque Gayoso (2001, 9) señala porcentajes diferentes de biomasa con 73,16% el fuste, 12,77% las ramas, 1,6% las hojas y 12,47% la corteza.

La densidad básica de la madera de esta especie según Gayoso *et al.* (2002, 37) es de 507,6 kg/m³, mientras que CONAMA (2003, 26) señala 463 kg/m³ para la básica, 508 kg/m³ para la anhidra y 531 kg/m³ para la nominal. Illanes (2004. 7-9) señala para la densidad básica valores de 459 y 467 kg/m³.

Donoso (1988. 105,110) señala los incrementos medios anuales en volumen de Roble en Malleco, Cautín y Valdivia van de 4 a 18 m³/ha/año, por su parte Illanes (2004. 7) menciona un incremento de 5,79 m³/ha/año, Aguilera y Benavides (2005. 142) señala 9,93 m³/ha/año, Grosse (1989) citado por Donoso *et al.* (1993. 38) determina 10 m³/ha/año, Espinoza *et al.* (1977) citado por Flores (2006. 10) 6,49 m³/ha/año para Lago Villarrica y Gutierrez (2004. 13-15) señala 12,5 m³/ha/año.

Raulí presenta, además un Factor de Expansión de la Biomasa total de 1,3324 (Gayoso *et al.* 2002, pag.47),

Nothofagus dombeyi

El contenido de carbono de la biomasa seca de *Nothofagus dombeyi* en el fuste es de 43,07%, en las ramas 40,78%, en las hojas 39,93% y 41,55% en la corteza (Gayoso *et al.* 2002. 25). Gayoso (2001. 11) señala para la misma especie porcentajes diferentes con 43,89% en el fuste, 45,26% las hojas, 42,65% las ramas y 43,54% la corteza, determinados entre la los 37°S a 40°30'S y 72°W a 73°30'W..

La densidad básica de su madera es de 504,2 kg/m³ (Gayoso *et al.* 2002. 37). Loewe *et al.* (1997) citada por Aguilera y Benavides (2005. 96) señala valores para anhidra de 640 kg/m³, para básica 594 kg/m³ y nominal de 663 kg/m³. Mientras que CONAMA (2003. 26) señala 464 kg/m³ para anhidra, 515 kg/m³ para básica y 594 kg/m³ la madera nominal.

El aporte a la biomasa seca total por parte de los componentes de Coihue es de 69,74% el fuste, 14,38% las ramas, 5,58% las hojas y 10,31% la corteza (Gayoso *et al.* 2002. 33). Aunque Gayoso (2001. 9) señala porcentajes diferentes de biomasa con 72,25% el fuste,

16,71% las ramas, 3,25% las hojas, 7,79% la corteza y la biomasa subterránea aporta con 27,5%.

Aextoxicon punctatum

Según Gayoso *et al.* (2002. 25), *Aextoxicon punctatum* presenta un contenido de carbono por componente de 43,32% en el fuste, en las hojas un 40,18%, en ramas un 40,87% y en la corteza un 36,73%. Por su parte Gayoso (2001. 9) indica un 41,3% para el fuste, 40,22% las hojas, 41% las ramas y 37,5% la corteza.

Aportan a la biomasa total un 66,78% el fuste, 12,61% las ramas, 2,42% las hojas y un 18,18% la corteza (Gayoso *et al.*, 2002. 32). Mientras que Gayoso (2001. 11) señala valores de 74,4% para el fuste, 16,23% para las ramas y 5,53% para las hojas y 3,83 para la corteza.

La densidad básica de la madera de Olivillo es 507,6 kg/m³ de acuerdo a (Gayoso *et al.*, 2002. 37), mayor a la que señala CONAMA (2003. 26) con 448 kg/m³, además de incluir la densidad anhidra de 545 kg/m³ y nominal de 510 kg/m³.

Gevuina avellana

Gayoso *et al.* (2002, 25) identificó el contenido de carbono de biomasa seca por componente de *Gevuina avellana* donde el fuste presenta un 43,35% de carbono, 38,21% las hojas, 40,77% las ramas y 41,50% la corteza. Gayoso (2001, 11) determinó un 43,2% para el fuste, 37,67% para las hojas, 41,11% para las ramas y 41,5% para la corteza.

La densidad básica de la madera calculada por Gayoso es de 506,7 kg/m³ (pag.37), mientras que la calculada por Gayoso (2001, 12) es de 462,4 kg/m³ y por CONAMA (2003, 26) es de 410 kg/m³, además de incluir los valores de la madera anhidra con 470 kg/m³ y la nominal con 430 kg/m³.

El porcentaje de aporte a la biomasa por parte del fuste es de 69,11, las ramas de 12,53 las ramas, las hojas de 5,24 y la corteza de 13,12 (Gayoso *et al.* 2002, 32). Por otro lado, Gayoso (2001, 9) los mismos componentes pero agregando la biomasa subterránea, donde obtuvo 71,3% en el fuste, 17,03% en las ramas, 2,95% en las hojas, 8,72% en la corteza y 27,5% subterránea.

Amomyrtus luma

Gayoso *et al.* (2002, 25) identificó el contenido de carbono de biomasa seca por componente de *Amomyrtus luma*, donde el fuste presenta un 43,32% de carbono, las hojas un 41,80%, las ramas un 42,23% y la corteza un 36,90%. Gayoso (2001, 11) presenta un porcentaje del fuste de 43,37%, las hojas 41,8%, las ramas 41,92% y corteza 36,87%.

La densidad básica de la madera calculada es de 764,5 kg/m³ (Gayoso *et al.*, 2002, 37). Gayoso (2001, 9) menciona una densidad de 775,8 kg/m³ y CONAMA (2003, 26) 1050 kg/m³, junto con la densidad anhidra y nominal, 1080 kg/m³ y 1150 kg/m³ respectivamente.

El porcentaje de aporte a la biomasa seca total es de 69,38 del fuste, 20,3 de las ramas, 4,98 de las hojas y 5,32 de la corteza (Gayoso *et al.*, 2002, 32). Mientras que Gayoso (2001, 9) señala 74,96% el fuste, 14,56% las ramas, 5,05% las hojas, la corteza 5,43% y la biomasa subterránea con 27,5%.

Weinmannia trichosperma

La especie *Weinmannia trichosperma* tiene un 42,60% de carbono en el fuste, 41,11% en las hojas, 43,69% en las ramas y 44,31% en la corteza (Gayoso *et al.* 2002, 25). Según Gayoso (2001, 11) estos valores difieren solamente en las ramas con 43,63 y en la corteza con 45,27%.

La densidad básica de su madera es de 540,8 kg/m³ (Gayoso *et al.* 2002, 37). CONAMA (2003,26) señala una densidad anhidra de 696 kg/m³, básica de 555 kg/m³ y nominal de 614 kg/m³.

El fuste aporta a la biomasa total en un 64,82%, mientras que las ramas lo hacen en 18,20%, las hojas 3,86% y la corteza 13,13% (Gayoso *et al.* 2002, 34). Por su parte Gayoso (2001, 9) define los porcentajes en 88,06 en el fuste, 6,09 en las ramas, 0,62 en las hojas, 5,23 en la corteza. Además de señalar la biomasa subterránea con 27,5%

Laurelia sempervirens

El contenido de carbono de biomasa seca por componente calculado por Gayoso *et al.* (2002, 25) para *Laurelia sempervirens* es de 44,45% de carbono en el fuste, 40,36% en las hojas, 42,62% en las ramas y en la corteza 43,20%. Gayoso (2001, 9) define los valores

como 44,44% de carbono en el fuste, 40,33% en las hojas, 42,5% en las ramas y 44,13% en la corteza.

La densidad básica de la madera en estado seco es de 438,2 kg/m³ (Gayoso *et al.*, 2001, 37). Gayoso (2001, 12) calcula la densidad como 421,5 kg/m³, mientras que CONAMA (2003, 26) señala 400 kg/m³ para la densidad básica, 514 kg/m³ para la anhidra y 467 kg/m³ para la nominal.

La cantidad de biomasa en los componentes del árbol son 69,11% el fuste, las ramas de 12,53%, las hojas de 5,24% y la corteza de 13,12% (Gayoso *et al.*, 2001, 33). Gayoso (2001, 9) señala valores de 76,35% en el fuste, 10,7% en las ramas, 1,75% en las hojas y 11,2% en la corteza.

Persea lingue

El contenido de carbono de la biomasa seca de *Persea lingue* en el fuste es de 43,51%, en las ramas 45,12%, en las hojas 43,18% y 44,03% en la corteza (Gayoso *et al.* 2002, pag.25). Por su parte Gayoso (2001, 11) determina un 42,98% para el fuste, 17,16% para las hojas, 42% para las rama y 43,33% para la corteza.

La densidad básica de la madera de Lingue es de 464,3 kg/m³ (Gayoso *et al.* 2002, 37). Mientras que Gayoso (2001, 9) señala que la densidad es de 460,1 kg/m³. CONAMA define los valores de la densidad anhidra como 596 kg/m³, básica 491 kg/m³ y nominal 530 kg/m³.

Los cantidad de biomasa de los componentes del árbol son 61,38%, las ramas en un 14,63%, las hojas en un 10,58% y la corteza con un 13,42% (Gayoso *et al.* 2002, 33). Gayoso (2001, 9) señala valores de 69,55% en el fuste, 17,16% en las ramas, 6,55% en las hojas y 6,73 la corteza.

Eucryphia cordifolia

Eucryphia cordifolia tiene un contenido de carbono en el fuste de 43,56%, en las hojas de 45,00%, en las ramas de 42,18% y en la corteza de 44,32% (Gayoso *et al.* 2002. pag. 25). Gayoso (2001, 11) difiere en alguno de los valores, como en las ramas con 43,69% y 43,98% la corteza.

El aporte a la biomasa seca total por parte de los componentes de Ulmo es de 76,27% el fuste, 10,00% las ramas, 4,31% las hojas, y 9,42% la corteza (Gayoso *et al.* 2002, 32). Gayoso (2001, 9) señala valores de 84,3% al fuste, 7,3% las ramas, 2,14% las hojas y de 6,26% la corteza. Además de añadir la biomasa subterránea con 27,5%.

La densidad básica de su madera es de 546,9 kg/m³ (Gayoso *et al.* 2002, 37), aunque Gayoso (2001, 12) señala como 623 kg/m³ y CONAMA (2003, 26) 537 kg/m³, además de calcular la densidad anhidra y nominal con 632 kg/m³ y 612 kg/m³ respectivamente.

Podocarpus nubigena

El contenido de carbono de biomasa seca por componente calculado por Gayoso *et al.* (2002, 25) para *Podocarpus nubigena* es de 47,31% de carbono en el fuste, 45,09% en las hojas, 43,44% en las ramas, en la corteza 40,09% y en las raíces 44,08%. Gayoso (2001, 11) difiere en alguno de los valores, como en las ramas con 41,16% y 40,72% la corteza.

La densidad básica de la madera es de 513,2 kg/m³ (Gayoso *et al.*, 2002, 37), Gayoso (2001, 12) la determina como 510,1 kg/m³, mientras que CONAMA (2003, 26) lo considera como 459, incluyendo además la densidad anhidra y nominal con valores de 516 kg/m³ y 479 kg/m³.

El aporte a la biomasa seca por parte de los componentes es de 65,30% el fuste, las ramas de 21,37%, las hojas de 7,55% y la corteza de 5,78% (Gayoso *et al.*, 2002, 33). Gayoso (2001, 9) considera valores de 68,18% para el fuste, 22,23% para las ramas, 4,97 para las hojas y 4,62 para la corteza. Además incluye la biomasa subterránea con 27,5%.

El factor de expansión de la biomasa de raíces en función de la biomasa aérea es de 1,3288% (Gayoso *et al.*, 2002, 47).

Laureliopsis philippiana

La especie *Laureliopsis philippiana* tiene un contenido de carbono en la biomasa seca por componente de 45,00% en el fuste, 42,51% de en las hojas, 42,93% en las ramas y un 43,37% en la corteza (Gayoso *et al.* 2007, pag.25, 45). Gayoso (2001, 11) difiere sólo en el valor de las ramas 43,47% y de la corteza 43,37%.

La densidad básica de su madera es de 438,2 kg/m³ (pag.37). Aunque Gayoso (2001, 12) lo considera con 492,6 kg/m³. CONAMA (2003, 26) determina que la densidad anhidra es de 515 kg/m³, la básica es de 418 kg/m³, y la nominal es de 478 kg/m³.

Su fuste corresponde al 71,77% de la biomasa seca total, las ramas un 14,62%, las hojas 7,06% y la corteza 6,54% (pag.33). Aunque Gayoso (2001, 9) considera valores de 76,96% en el fuste, 13,05% en las ramas, 4% en las hojas y 5,99% en la corteza. Además incluye la biomasa subterránea con 27,5%.

Drimys winteri

La especie de *Drimys winteri* tiene un contenido de carbono en la biomasa seca por componente de 44,74% en el fuste, 44,47% en las hojas, 48,31% en las ramas, 47,37% en la corteza y 44,7% en las raíces (Gayoso *et al.* 2001, 25, 45). Gayoso (2001, 11) difiere en las hojas con un 44,65%, en las ramas con un 47,35% y la corteza con un 47,92%.

La densidad básica de la madera de Canelo es de 431,2 kg/m³ (Gayoso *et al.*, 2002, 37), aunque Gayoso (2001, 12) lo señala con 440,2 kg/m³. CONAMA (2003, 26) determina la densidad básica y nominal con 431,1 kg/m³ y 478 kg/m³.

El factor de expansión de la biomasa de raíces en función de la biomasa aérea es de 1,2184% (Gayoso *et al.*, 2002, 47).

El fuste de Canelo corresponde al 71,6% de la biomasa seca total, las ramas un 12,17%, las hojas 3,79% y la corteza 12,44% (Gayoso *et al.*, 2002, 32). Aunque Gayoso (2001, 9) considera valores de 71,2% en el fuste, 15,08% en las ramas, 2,89% en las hojas y 10,83% en la corteza. Además incluye la biomasa subterránea con 27,5%.

Los incrementos medio anuales en volumen de Canelo en Hueicoya (40°09'S) en renovales de 16 años es de 12,9, 14,2 y 11,1 m³/ha/año según Reyes *et al.* (2009. 120-122). Gunckel (1980), citado por Müller-Using *et al.* (2009. 46) señala que en rodales de 50-70 años en Valdivia, el incremento varía entre 3,05 a 4,06 m³/ha/año, mientras que en rodales de 80 a 100 años los incrementos son de 6,2 a 12,9 m³/ha/año.

Saxegothaea conspicua

La especie *Saxegothaea conspicua* tiene un contenido de carbono de biomasa seca por componente con 47,78% en el fuste, 48,15% en las hojas, 44,58% en las ramas y 44,21% en la corteza, además de considerar el carbono en las raíces con 43,34% (Gayoso *et al.* 2002, 25, 45). Gayoso (2001, 11) difiere solamente en el fuste con donde considera un valor de 47,82%.

La densidad básica de su madera es de 547,0 kg/m³ (Gayoso *et al.* 2002, 37).

El factor de expansión de la biomasa de raíces en función de la biomasa aérea es de 1,2828% (Gayoso *et al.*, 2002, 47).

El fuste del árbol corresponde al 64,82% de la biomasa seca total, las ramas un 18,20%, las hojas 3,86% y la corteza 13,13% (Gayoso *et al.*, 2002, 34). Mientras que Gayoso (2001, 9) considera valores de 66,89% para el fuste, 18,31% para las ramas, 3,6% para las hojas y 16,21% para la corteza.

Dasyphyllum diacanthoides

La especie *Laureliopsis philippiana* tiene un contenido de carbono en la biomasa seca por componente de 43,6% en el fuste, 34,86% de en las hojas, 39,39% en las ramas y un 41,66% en la corteza (Gayoso *et al.* 2007, pag.25, 45). Gayoso (2001, 11) difiere sólo en el valor de las ramas 41,35% y de la corteza 42,02%.

La densidad básica de su madera es de 652,7 kg/m³ y de la anhidra de 632 kg/m³ (Gayoso *et al.* 2002, 37). Gayoso (2001,11) señala una densidad básica de 652,8 kg/m³.

El fuste aporta a la biomasa total en un 74,87%, mientras que las ramas lo hacen en 13,47%, las hojas 5,75% y la corteza 5,91% (Gayoso *et al.* 2002, 25). Por su parte Gayoso (2001, 9) define los porcentajes en 82,03 en el fuste, 14,59 en las ramas, 3,38 en las hojas, 6,16% en la corteza. Además de señalar la biomasa subterránea con 27,5%

Nothofagus pumilio

Lenga tiene una biomasa arbórea promedio en Tierra del Fuego de 432 ± 55 ton/ha y una biomasa arbórea subterránea de 50 ± 6 ton/ha. Lo que le da una biomasa arbórea total de 482 ± 61 ton/ha. Con un total de 241 ± 31 ton C/ha (Valdés, 2012, 22-23).

Cárcamo considera valores de biomas fustal de 70%, 9,2% aérea y 19% subterránea. Loguencio (2001) citado por Cárcamo (2003, 11) señala valores de 62,9% fustes, 18,6% de ramas, 3,6% de hojas y 16,21% de corteza. En bosques puros de Lenga Candentey (1995), citado por Cárcamo (2003, 11) 70% de biomasa en el fuste, 14% en las hojas, 1% la ramas, 14,8% corteza. En Bosques mixtos lengua-coigue, 65% del fuste, 16,3% de las ramas, 1,7% las hojas y 10,3% la corteza.

La densidad básica de Lenga según CORMA (2003. 26) es de 464 kg/m³, mientras que la densidad anhidra corresponde a 545 y la densidad nominal es de 527 kg/m³.

Cárcamo (2003, 32) señala diferentes valores para el incremento medio anual en volumen para Lenga, de 5,6 m³/ha/año, 2,5 m³/ha/año, 3,0 m³/ha/año, 3,1 m³/ha/año, y 4,5 m³/ha/año.

Nothofagus nitida

Nothofagus nitida presenta un contenido de carbono en el fuste de 44,43% en el fuste, 47,69% en las hojas, 44,31% en las ramas, 44,76% en la corteza y en las raíces 43,76% (Gayoso *et al.* 2001, 25). Gayoso (2001, 11) sólo difiere de en el fuste 44,41%.

El aporte a la biomasa seca total por parte de los componentes de Coigue de Chiloe es de 75,95% el fuste, 8,68% las ramas, 2,73% las hojas, y 12,64% la corteza (Gayoso *et al.* 2001, 33). Aunque Gayoso (2001, 11) considera valores de 76,04% en el fuste, 9,82% las ramas, 3,07% las hojas y 11,08% la corteza. Además incluye la biomasa subterránea con 27,5%.

La densidad básica de su madera es de 537,8 kg/m³ (Gayoso, 2001, 12).

El factor de expansión de la biomasa de raíces en función de la biomasa aérea es de 1,2415% (Gayoso *et al.*, 2002, 47).

Acacia caven

El fuste del árbol corresponde al 39,44% de la biomasa seca total, las ramas un 12,11%, las hojas 4,37% y la corteza 28,11% (Parra, 2001. 32).

La densidad básica de su madera es de 875 kg/m³ según INFOR (2002. A16). Por su parte Actividad Forestal (s.f. 29) señala que la densidad básica es de 938 kg/m³ y la anhidra de 925,6 kg/m³. Mientras que Mansilla *et al.* (1991. 37-38) señala 790 kg/m³.

Peumus boldus

El fuste del árbol corresponde al 51,6% de la biomasa seca total, las ramas un 34,8%, las hojas un 9,5% y la corteza 4,1% (Toral *et al* 24)

La densidad básica de su madera es de 875 kg/m³ según Infor (2002. A16) y 790 kg/m³ según Mansilla *et al.* (1991. 37-38).

Quillaja saponaria

El fuste del árbol corresponde al 34% de la biomasa seca total, las ramas un 27% y la corteza 30% Durán (2002. 29), Quintana (2008. 30) señala otros valores con un 50% el fuste, 32% las ramas y 17% las hojas.

Quillay tiene un contenido de carbono en la biomasa seca por componente de 48,16% en el fuste, 49,3% de en las hojas y 47,64% en las ramas Quintana (2008. 29). Gayoso *et al* (2002) citado por Quintana (2008) difiere en los valores, en el fuste tiene 44,4%, las hojas 43,7 % y de la ramas 43,32%, mientras que Dobbs (2005, 38) señala que el fuste tiene 48,1%, las ramas un 33,7% y las hojas un 18,2%.

La densidad básica de su madera es de 551 kg/m³ (Quintana, 2008. 29) según INFOR (2002. A16). Mientras que Mansilla *et al.* (1991. 37-38) señala 560 kg/m³.

Cryptocarya alba

Cryptocarya alba presenta una densidad básica de 460 kg/m³ según INFOR (2009. 61), mientras que Mansilla *et al.* (1991. 37-38) señala 580 kg/m³. Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes.

Lithraea caustica

Lithraea caustica presenta una densidad básica de 460 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Mientras que Mansilla *et al.* (1991. 37-38) señala 660 kg/m³. Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes.

Schinus latifolius

Schinus latifolius presenta una densidad básica de 460 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Kageneckia oblonga

Kageneckia oblonga presenta una densidad básica de 460 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Schinus molle

El fuste de *Schinus molle* corresponde al 61,8% de la biomasa seca total, las ramas un 34% y la corteza 3,6% (Dobbs, 2005. 38). Información sobre contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

El fuste del árbol Quintana (2008. 30) señala otros valores con un 50% el fuste, 32% las ramas y 17% las hojas.

Beilschmiedia miersii

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Myrceugenia obtusa

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Beilschmiedia berteroana

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Trevoa trinervis

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Luma apiculata

Luma apiculata presenta una densidad básica de 799,1 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Caldcluvia paniculata

Caldcluvia paniculata presenta una densidad básica de 555 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Myrceugenia exsucca

Myrceugenia exsucca presenta una densidad básica de 799,1 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Myrceugenia planipes

Myrceugenia planipes presenta una densidad básica de 799,1 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Amomyrtus meli

Amomyrtus meli presenta una densidad básica de 799,1 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Nothofagus glauca

Nothofagus glauca presenta una densidad básica de 590 kg/m³ (Mansilla *et al.* 1991. 37-38). EL incremento medio anual en volumen es de 3,86 m³/ha/año al sudeste de Linares (Weber, 2004. 4). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes.

Nothofagus alessandrii

Nothofagus alessandrii presenta un incremento medio anual en volumen de 4,3 (Santelices y Riquelme, 2007. 6), 8,4 a 11,4 m³/ha/año (Weber, 2004. 2). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes.

Lomatia hirsuta

Lomatia hirsuta presenta una densidad básica de 474,4 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Lomatia dentata

Lomatia dentata presenta una densidad básica de 474 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Sophora macrocarpa

Sophora macrocarpa presenta una densidad básica de 331 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Blepharocalyx cruckshanksii

Blepharocalyx cruckshanksii presenta una densidad básica de 799,1 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Sophora microphylla

Sophora microphylla presenta una densidad básica de 488 kg/m³ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Gomortega keule

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Eucryphia glutinosa

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Podocarpus salignus

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Jubaea chilensis.

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Austrocedrus chilensis

Austrocedrus chilensis presenta una densidad básica de 424 kg/m^3 , una densidad anhidra de 474 kg/m^3 y una densidad verde de 462 kg/m^3 (Corma, 2003. 26). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Araucaria araucana

Araucaria araucana presenta una densidad básica de 483 kg/m^3 , una densidad anhidra de 565 kg/m^3 y una densidad verde de 536 kg/m^3 (Corma, 2003. 26). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Lomatia ferruginea

Lomatia ferruginea presenta una densidad básica de $474,4 \text{ kg/m}^3$ (INFOR, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados

Fitzroya curpressoides

Fitzroya curpressoides presenta una densidad básica de 405 kg/m^3 , una densidad anhidra de 460 kg/m^3 y una densidad verde de 436 kg/m^3 (Corma, 2003. 26). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Nothofagus antarctica

Nothofagus antarctica presenta una densidad básica de 464 kg/m^3 (Corma, 2003. 26). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Podocarpus nubigenus

Información sobre densidad de la madera, biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Pilgerodendron uviferum

Pilgerodendron uviferum presenta una densidad básica de 405 kg/m³ (Infor, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Nothofagus betuloides

Nothofagus betuloides presenta una densidad básica de 618 kg/m³ (Infor, 2009. 61). Información sobre biomasa, contenido de carbono en sus componentes o incremento en volumen no fueron encontrados.

Especies sin clasificar entre los Tipos Forestales y sin información encontrada

Bohemeria excelsa

Coprosma pyrifolia

Crinodendron patagua

Dasyphyllum excelsum

Drimys confertifolia

Fagara mayu

Juania australis

Kageneckia angustifolia

Legrandia concinna

Luma chequen

Myceugenia ovata

Myrceugenia fernandeziana

Nothofagus leonni

Pitavia punctata

Prosopis chilensis

Prosopis tamarugo

Prumnopitys andina

Pseudopanax laetevirens

Raphithamnus venustus

Santalum fernandezianum

ANEXO 5: VOLUMEN POR TIPO Y SUBTIPO FORESTAL PROPORCIONADO POR LA UNIVERSIDAD AUSTRAL.

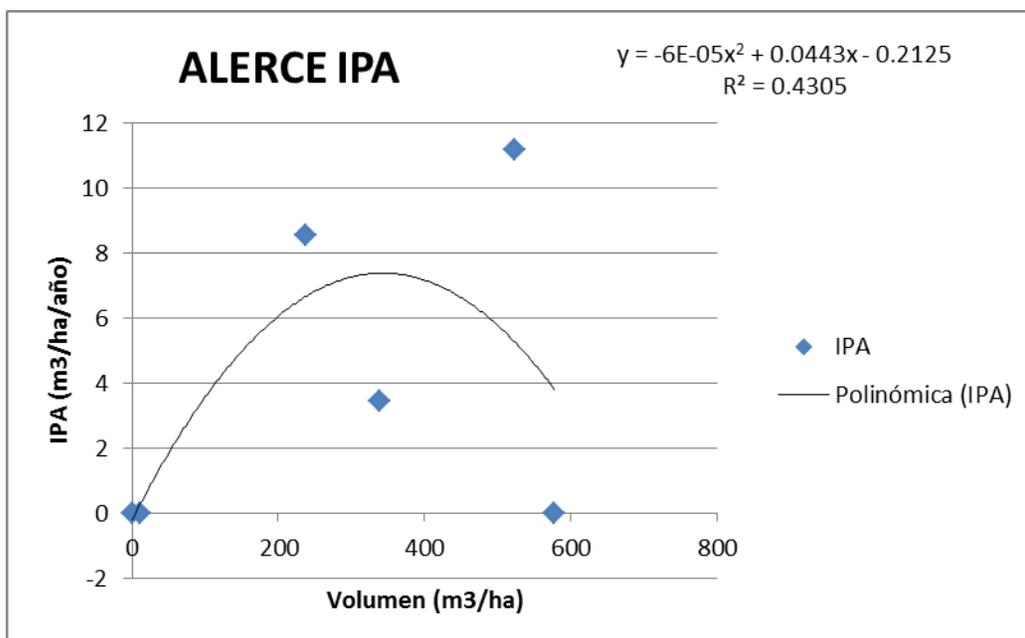
Proyecto Catastro Bosque Nativo Inventario Forestal Continuo.

Estrato	Tipo Forestal - Subtipo	Estructura	N (arb/ha)	A. Basal (m ² /ha)	D.Medio Cuad (cm)	Volumen (m ³ ssc)	
						Bruto	Neto
1	Alerce	BA	786	98,93	40	583,5	392,7
2	Alerce	BR	990	60,11	27,8	306,2	215,2
3	Alerce	RE < 12	3305	62,32	15,5	220,9	148,3
4	Alerce	RE > 12	2472	81,68	20,5	614,8	409,7
5	C. Guaitecas	BA	563,3	32,37	27	189,8	131,4
7	C. Guaitecas	RE < 12	1183	25,86	16,7	145,8	105
9	Araucaria	BA	453,8	56,25	39,7	345	
10	Araucaria	BR	457,1	49,7	37,2	267	
11	Araucaria	RE < 12	3100	28,61	10,8	137,2	
12	Araucaria	RE > 12	868,9	46,77	26,2	416,9	
13	C. Cordillera	BA	470	31,79	29,3	152,4	100,2
15	C. Cordillera	RE < 12	2332	28,91	12,6	137,1	84,8
16	C. Cordillera	RE > 12	1220	43,6	21,3	148	114,8
21	Lenga Norte	BA	551,8	60,37	37,3	332,6	218,2
22	VII-VIII-IX-X	BR	561,4	42,36	31	214,4	149,2
23		RE < 12	2038	32,96	14,3	190,3	112,5
24		RE > 12	1985,6	32,56	14,5	192,3	122,4
201	Lenga del Sur	BA	632	51,55	32,2	267,2	182,3
202	XI-XII	BR	847,6	47,85	26,8	236,5	158,3
203		RE < 12	2768,6	33,24	12,4	105,8	70,7
204		RE > 12	5571	32,27	8,6	204	117,1
25	Coique de Magallane	BA	498,4	60,91	39,4	372,6	259,8
26		BR	602	60,22	35,7	291,5	206,1
27		RE < 12	2949	35,51	12,4	111,5	72,6
28		RE > 12	1269	27,82	16,8	214,9	99
29	Roble-Hualo	BA	1132	31,2	18,7	137	91,1
30		BR	1765,7	39,48	16,9	258	182,1
31		RE < 12	2382,6	19,01	10,1	59,8	42,4
32		RE > 12	1889,5	25,38	13,1	124,9	85,6
33	Roble-Raulí-Coihue	BA	426,7	23,8	26,7	119,8	81,3
34	VII-VIII	BR	621,3	33,18	26,1	177	111,9
35		RE < 12	2303,1	23,62	11,4	94,8	65
36		RE > 12	1373,3	24,81	15,2	130,1	89,2
303	Roble-Raulí-Coihue	BA	530,6	51,04	35	354,6	242,4
304	VIII-IX-X	BR	922,2	34,72	21,9	217,1	155,4
305		RE < 12	2185,5	29,54	13,1	154,4	109,1
306		RE > 12	1881,4	34,88	15,4	221,9	158,4
37	Coihue-Raulí-Tepa	BA	514,5	62,09	39,2	374,3	248,8
38		BR	597,5	52,1	33,3	349,7	230,1
43	Esclerófilo	RE < 12	725,7	20,91	9,9	57,6	30
44		RE > 12	2100	24,06	12,1	95,9	62,8
107	Siempreverde	RE < 12	3137,7	34,55	11,8	141,3	94,3
108		RE > 12	3084,8	38,18	12,6	172,9	112,7
109	S. Tepú	BA	505	26,92	26,1	134	93,2
111		RE < 12	9100	45,91	8	40	18,7
115	Sub. Mirtáceas	RE < 12	4944,4	44,62	10,7	171,1	109,8
116		RE > 12	3075	69,68	17	296,3	210
117	S. Coigue de Chiloe	BA	602,6	57,3	34,8	344,6	236,5
118		BR	1031,4	46,91	24,1	265,6	182,3
119		RE < 12	2805	39,19	13,3	204,6	134,4
120		RE > 12	1833	55,56	19,6	405,1	269,8
121	S. Siempreverde	BA	592,9	58,31	35,4	364,8	245,5
122		BR	913,8	50,16	26,4	274,8	185,4
123		RE < 12	3411,9	41,1	12,4	200,6	126,4
124		RE > 12	14,34	36,77	18,1	229,4	142,1
125	S. Coigue	BA	505	68,37	41,5	394,6	262
126		BR	2290	43,9	15,6	182,3	119,8
127		RE < 12	1757,6	40,68	17,2	280,7	168,5
128		RE > 12	1869,4	35,95	15,6	219,4	140

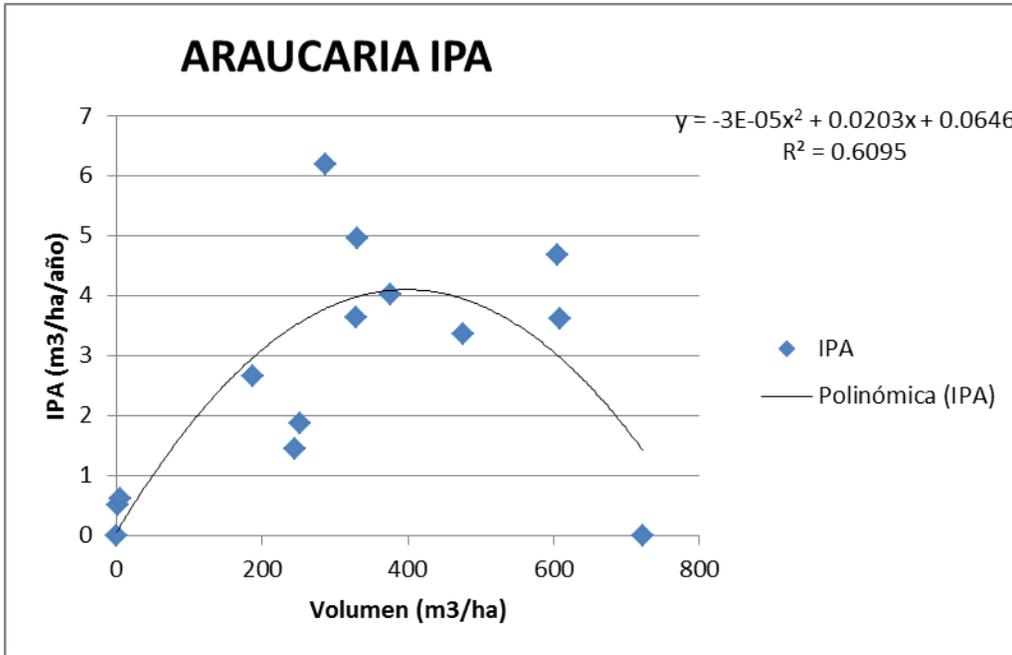
ANEXO 6: CURVAS DE IPA-VOLUMEN POR TIPO FORESTAL

Fuente: Elaboración propia a partir de la información especificada hasta el año 2006 en el documento “Inventario Continuo de Bosques Nativos y actualización de plantaciones forestales”, INFOR, 2009

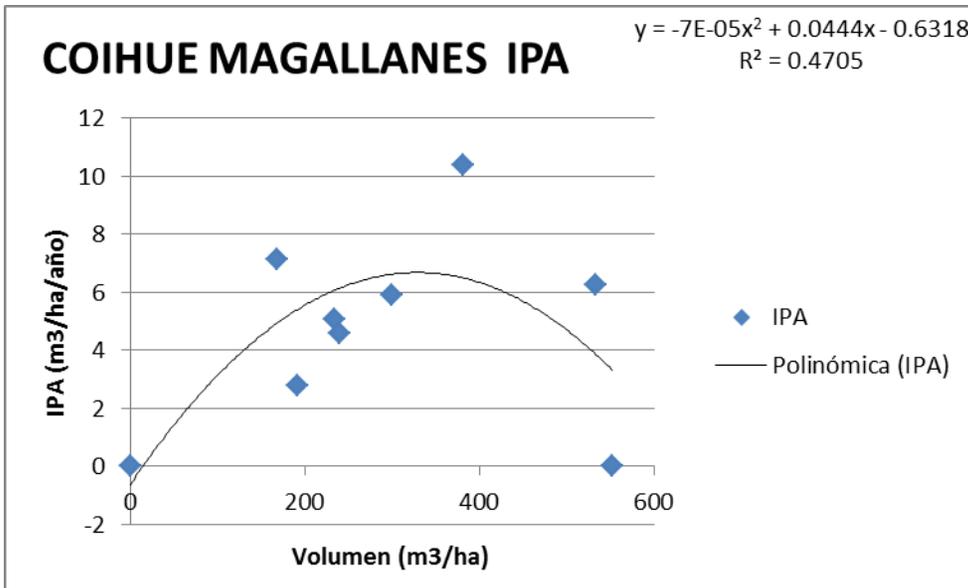
TIPO FORESTAL ALERCE



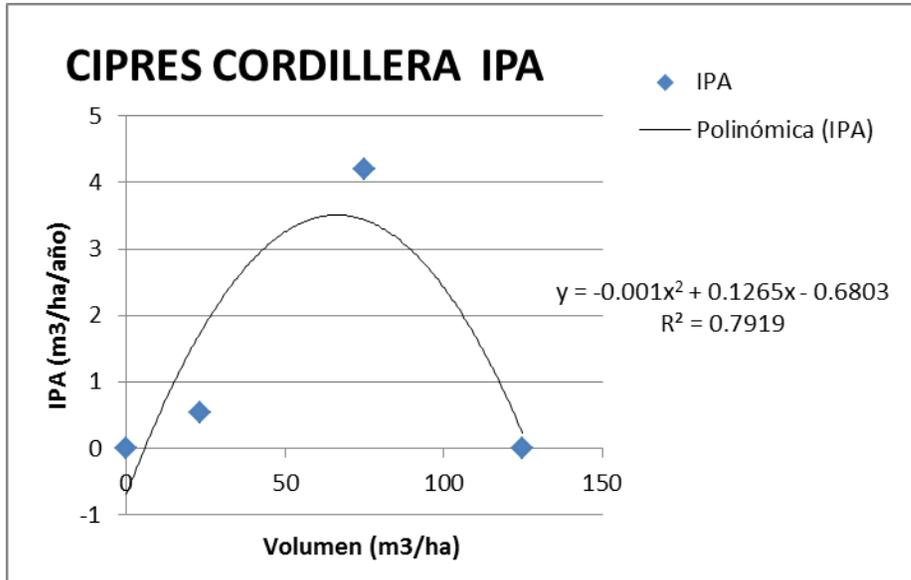
TIPO FORESTAL ARAUCARIA



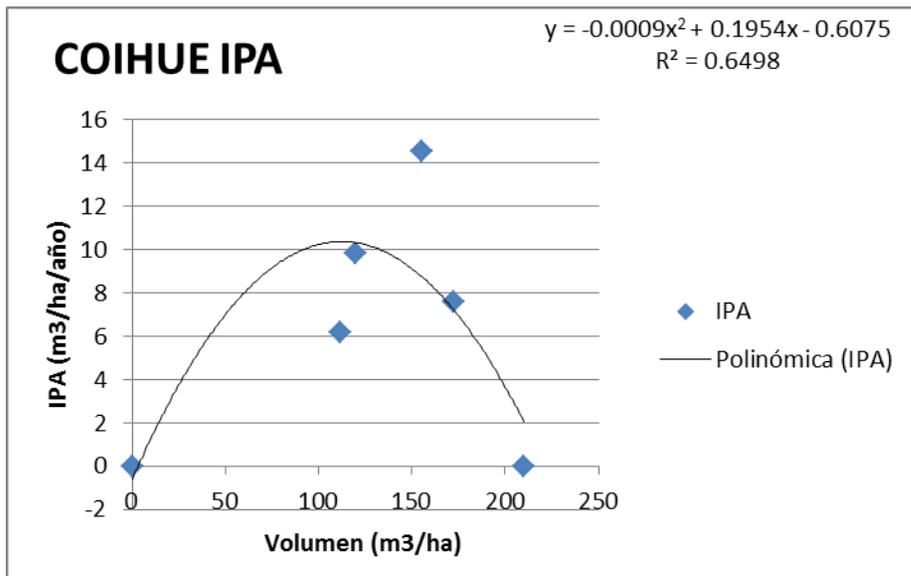
TIPO FORESTAL COIHUE DE MAGALLANES



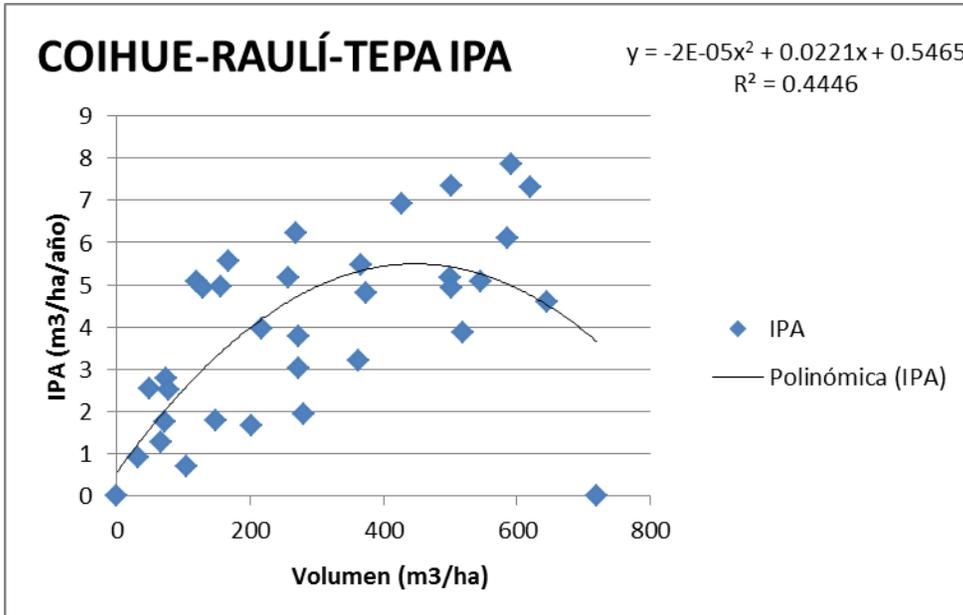
TIPO FORESTAL CIPRÉS DE LA CORDILLERA



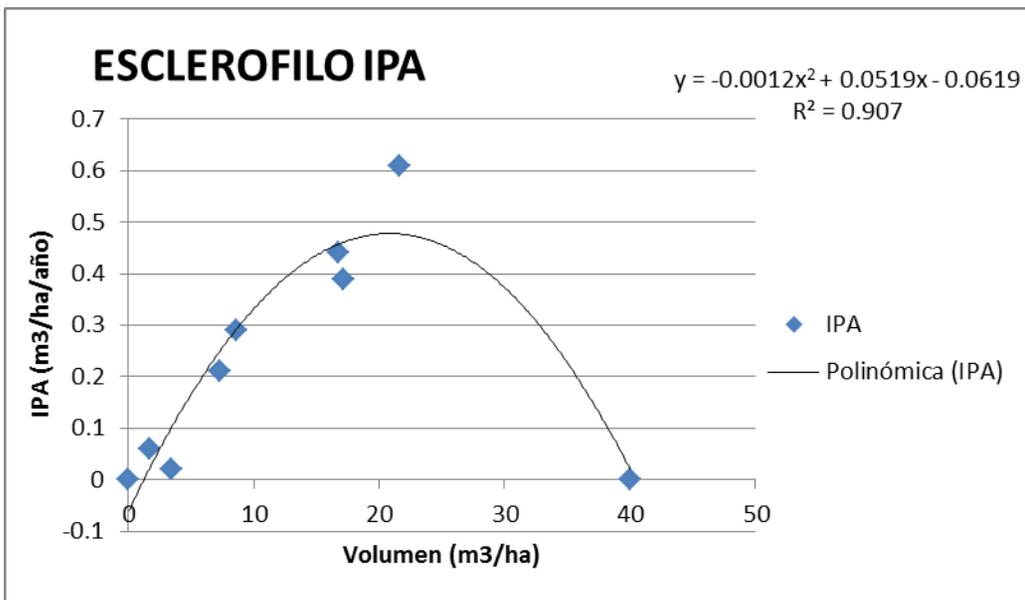
SUBTIPO FORESTAL COIHUE



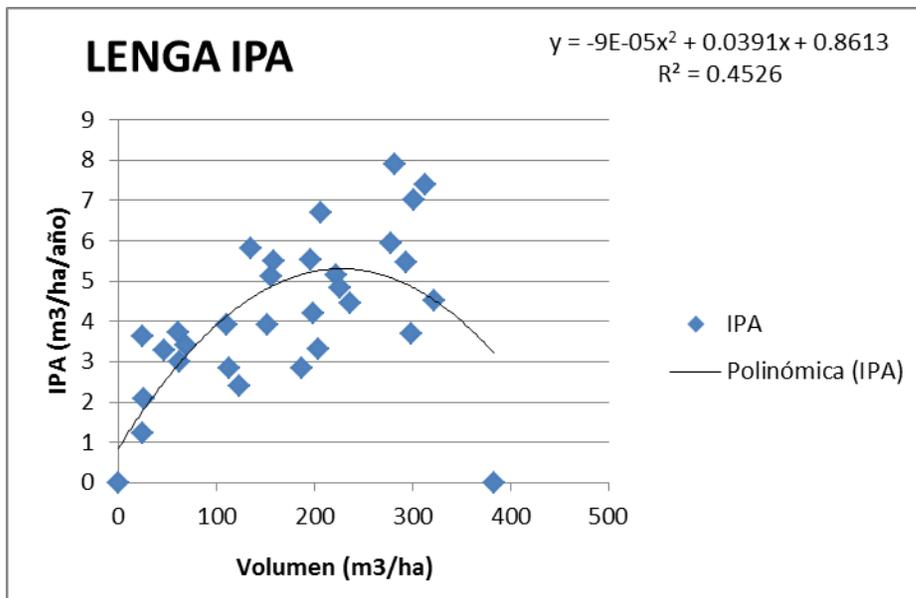
TIPO FORESTAL COIHUE RAULÍ TEPA



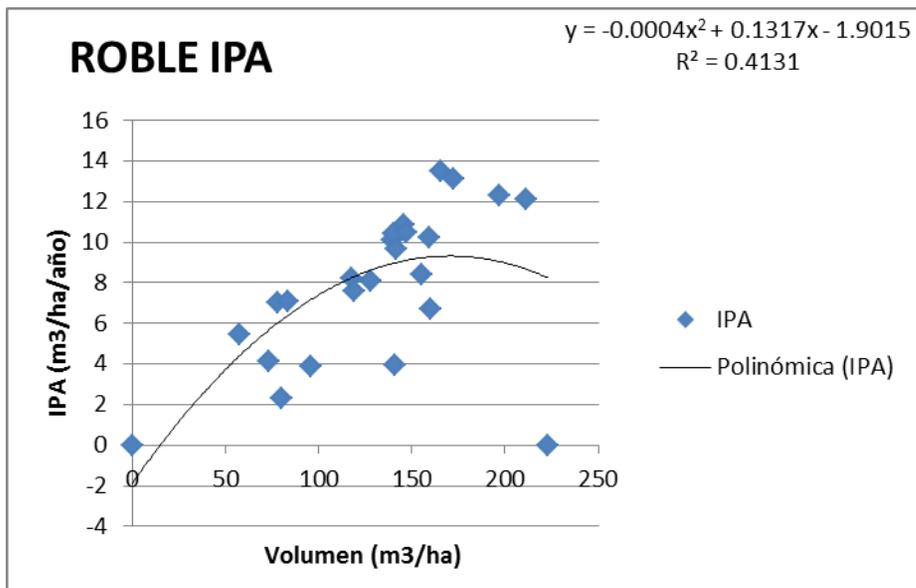
TIPO FORESTAL ESCLERÓFILO



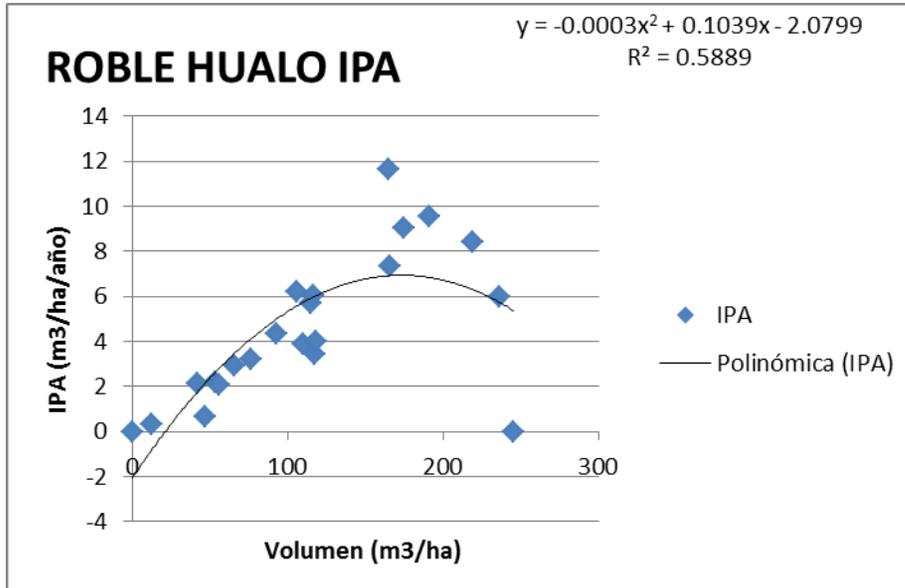
TIPO FORESTAL LENGA



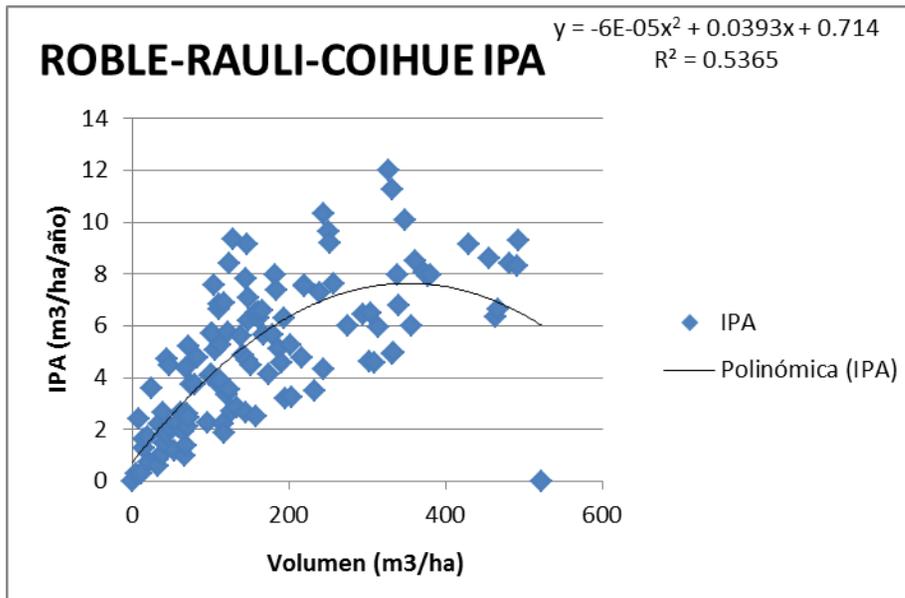
SUBTIPO FORESTAL ROBLE



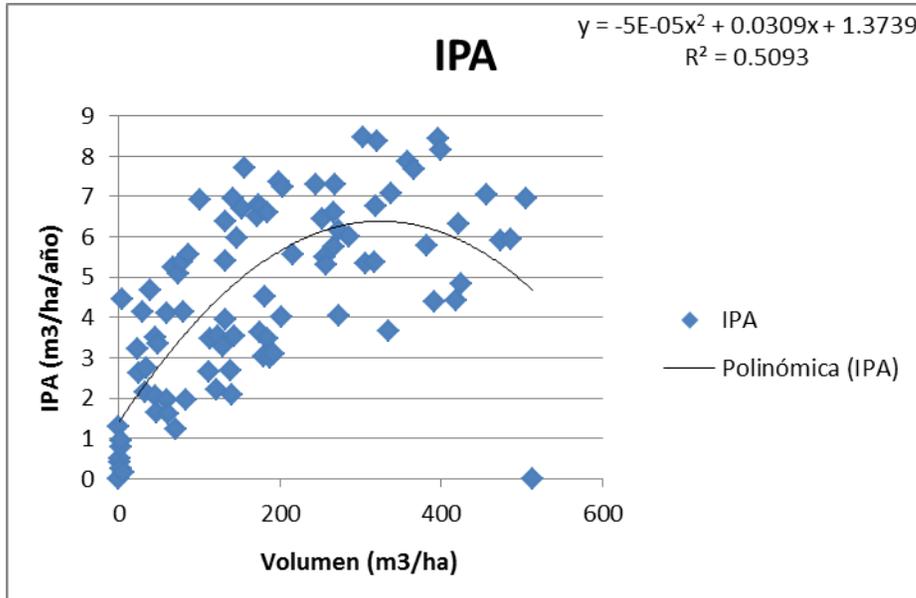
TIPO FORESTAL ROBLE HUALO



TIPO FORESTAL ROBLE RAULÍ COIHUE



TIPO FORESTAL SIEMPREVERDE



ANEXO 7: RESUMEN NACIONAL DE OCURRENCIA DE INCENDIOS POR REGIÓN Y TIPO DE VEGETACIÓN NATURAL. 1986 A 2006.

Superficie de Incendios Vegetación Natural . Categoría Arbolado. 1986-2006 (ha)															Resumen Nacional
Año	Regiones														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1986	-	-	0,3	114,5	5.179,9	1.637,1	310,4	608,6	1.305,6	228,7	756,2	735,0	1.200,3	142,3	12.218,9
1987			-	9,2	2.840,2	1.584,1	594,4	577,5	17.835,6	2.378,9	259,5	51,4	1.682,3	1.370,1	29.183,2
1988			-	40,5	329,9	124,1	978,2	2.248,5	1.644,6	12.839,8	896,0	112,2	150,0	154,7	19.518,3
1989			-	1.625,8	10.009,0	2.128,1	5.093,2	882,4	573,5	127,1	425,8	8,1	3.139,5	147,4	24.159,7
1990			-	62,2	1.785,6	377,1	519,7	104,4	371,7	338,4	1.096,1	85,0	143,4	23,1	4.906,6
1991			-	40,1	832,5	1.288,8	985,7	1.045,6	1.758,9	55,2	2,9	0,3	1.416,5	247,3	7.673,8
1992			-	12,4	681,3	174,3	41,4	24,7	70,7	89,9	3,6	13,0	803,5	26,8	1.941,4
1993			-	67,6	2.365,1	932,6	836,9	329,8	68,3	66,3	0,1	210,4	1.026,1	9,6	5.912,7
1994			-	249,5	2.854,5	3.678,5	1.563,2	227,9	163,9	256,8	180,3	111,5	2.080,1	154,4	11.520,4
1995			-	105,2	639,7	576,3	312,6	87,5	145,4	221,4	38,3	9,9	191,2	26,3	2.353,6
1996			-	10,4	829,2	431,4	176,3	273,3	384,9	9.484,3	317,9	5,0	138,4	542,1	12.593,3
1997			-	10,4	1.316,2	1.121,0	367,1	1.405,5	589,1	437,8	8,7	88,7	178,0	32,5	5.554,9
1998			-	4,2	993,8	80,9	160,9	136,5	210,3	33.683,3	25.265,6	3,3	98,3	544,2	61.181,1
1999			-	16,1	357,7	6.570,5	978,2	4.400,2	420,4	1.081,9	76,5	35,5	106,0	356,3	14.399,1
2000			-	0,8	332,5	273,8	214,0	98,1	123,4	14,7	22,5	4,5	62,0	1,2	1.147,5
2001			-	9,1	310,7	58,0	25,5	89,4	63,6	9,4	10,3	4,6	106,5	0,9	687,7
2002			1,0	101,0	447,6	549,1	147,2	7.560,2	18.764,6	2.551,9	153,3	33,9	68,0	904,1	31.281,7
2003			0,1	148,6	1.680,3	780,1	504,4	159,3	226,2	27,5	16,0	10,1	1.193,5	2,9	4.748,8
2004			3,9	139,1	2.591,2	851,9	170,8	211,3	369,0	90,9	212,4	1,9	1.270,5	184,1	6.097,0
2005			-	180,9	2.565,5	2.407,8	140,0	395,7	212,3	47,3	76,7	2.255,7	651,4	18,7	8.951,9
2006			-	3,2	366,6	770,6	62,4	147,7	73,6	207,4	387,3	29,5	186,0	6,9	2.241,1
PROM	-	-	0,2	140,5	1.871,8	1.256,9	675,3	1.000,7	2.160,7	3.059,0	1.438,4	181,4	756,7	233,1	12.774,9

Superficie de Incendios Vegetación Natural . Categoría Matorral. 1986-2006 (ha)															Resumen Nacional
Año	Regiones														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1986	-	-	5,1	274,2	3.251,6	5.168,9	646,3	3.036,1	1.019,6	323,2	2.203,0	68,8	4.023,9	323,3	20.343,9
1987			-	12,2	6.069,4	3.778,7	965,1	4.472,6	7.721,9	2.849,5	527,6	54,0	2.544,5	1.128,6	30.124,0
1988			24,3	291,6	639,3	884,6	1.796,1	5.537,2	1.165,1	1.341,8	1.366,6	167,7	573,3	250,6	14.038,1
1989			4,2	2.144,9	7.045,2	6.225,1	5.298,0	2.161,5	723,1	111,9	568,0	19,1	5.101,8	151,5	29.554,2
1990			41,4	106,0	2.066,2	1.702,5	1.387,6	538,3	183,8	503,3	851,6	135,0	421,8	86,5	8.024,1
1991			8,8	136,1	2.609,4	3.456,0	2.329,6	1.874,7	2.111,8	124,8	79,8	0,7	1.495,7	178,3	14.405,5
1992			12,5	18,2	2.504,6	1.469,4	509,6	548,9	259,2	148,6	9,6	2,1	2.914,1	48,3	8.444,8
1993			5,8	150,1	2.690,3	2.529,3	2.791,5	1.674,1	222,0	119,4	50,9	869,4	3.325,2	74,4	14.502,4
1994			2,8	191,4	4.454,1	7.089,9	3.235,9	1.950,9	426,2	484,4	675,8	9,5	2.221,9	197,7	20.940,4
1995			6,8	648,2	1.060,7	2.296,0	623,1	1.052,0	306,4	159,9	52,5	0,8	555,2	42,0	6.803,6
1996			34,6	23,6	1.661,5	1.111,8	387,8	1.425,0	696,6	3.458,9	194,3	259,6	308,3	523,4	10.085,5
1997			3,1	43,7	1.368,9	1.582,8	699,9	6.063,0	470,1	195,7	65,5	1,6	472,1	34,3	11.000,6
1998			8,6	45,8	1.267,0	468,6	570,6	2.614,1	307,1	3.453,9	890,4	8,1	392,2	743,3	10.769,6
1999			1,8	76,0	977,5	15.797,3	786,1	8.012,4	708,1	700,5	84,3	54,0	268,7	203,6	27.670,3
2000			5,8	3,6	1.077,1	2.112,8	638,9	650,8	266,5	46,1	189,2	35,3	257,2	8,7	5.292,0
2001			10,1	30,3	690,5	252,7	232,4	429,5	166,7	57,8	51,0	11,3	361,0	6,9	2.300,2
2002			10,8	500,8	1.920,4	1.307,0	768,3	4.618,8	1.681,2	1.150,5	116,7	52,5	522,6	506,8	13.156,3
2003			85,0	618,6	3.044,8	3.269,3	894,3	1.309,2	422,1	122,1	14,5	20,9	2.056,3	34,9	11.892,0
2004			0,1	821,4	5.377,3	2.604,4	546,0	3.075,5	316,5	159,2	179,8	3,9	1.325,1	78,4	14.487,7
2005			0,1	547,9	2.414,5	6.331,0	556,4	1.930,7	698,7	175,0	205,4	3.553,0	1.322,5	56,2	17.791,3
2006			-	55,5	1.084,6	1.858,4	590,4	612,8	218,0	401,0	427,5	0,1	657,4	27,1	5.932,6
PROM	-	-	12,9	321,0	2.536,9	3.395,1	1.250,2	2.551,8	956,7	766,1	419,2	253,7	1.481,9	224,0	14.169,5

ANEXO 8: SUPERFICIES DE CORTAS ILEGALES DETECTADAS POR REGIÓN Y TIPO DE BOSQUE. 2005 A 2009.

Región	Tipo Bosque	2005	2006	2007	2008	2009	Superficie Máxima Anual (ha)
10	ALERCE	6,2	13,71	2,69	1,22	1,02	13,7
14	ALERCE	0,5		1,2			1,2
9	ARAUCARIA					5,9	5,9
14	ARAUCARIA				0,01		0,0
8	ARAUCARIA					1,7	1,7
10	CIPRES DE LA CORDILLERA		0,2	7,9	2,3		7,9
8	CIPRES DE LA CORDILLERA			9		1,9	9,0
10	CIPRES DE LAS GUAITECAS		0,2	4,3			4,3
12	CIPRES DE LAS GUAITECAS		0	0			0,0
12	COIGUE DE MAGALLANES		0,12	0,01		0,31	0,3
9	COIGUE, RAULI, TEPA					4,3	4,3
14	COIGUE, RAULI, TEPA			2	0	1,86	2,0
3	ESCLEROFILO			7,8			7,8
4	ESCLEROFILO	37,3		0,5	3,78		37,3
10	ESCLEROFILO	1					1,0
1	ESCLEROFILO	7	0,5	1			7,0
5	ESCLEROFILO	24,78	6,02	14,26	2,86	2,25	24,8
8	ESCLEROFILO	0,45	5	2,41	1,35	8,01	8,0
6	ESCLEROFILO	194,9	18,05	15,86	9,46		194,9
7	ESCLEROFILO	19	18	31,74	30,15	0,13	31,7
13	ESCLEROFILO		89,76	40,21	9,84	18,49	89,8
1	ESCLEROFILO, MESOMORFICO		0,5				0,5
5	ESCLEROFILO, MESOMORFICO					6,72	6,7
6	ESCLEROFILO, MESOMORFICO			45			45,0
4	ESTEPA, ACACIA, CAVEN			1,3	33,95		34,0
5	ESTEPA, ACACIA, CAVEN	0,6	16,1	1	0,31	1,16	16,1
6	ESTEPA, ACACIA, CAVEN	8,8	1,5				8,8
7	ESTEPA, ACACIA, CAVEN			1,72			1,7
13	ESTEPA, ACACIA, CAVEN		3	72,5	4	12,15	72,5
11	LENGA	18,77	2,85	6	12,26	1,52	18,8
10	LENGA			0,5			0,5
12	LENGA	6	42,5	54,74	98,1	57,2	98,1
9	RENOVAL, ROBLE, RAULI	5	4	6,45	28,27	3,6	28,3
10	RENOVAL, ROBLE, RAULI	0,5		2			2,0
14	RENOVAL, ROBLE, RAULI		14,9	0,2			14,9
8	RENOVAL, ROBLE, RAULI	5,2	8	10,6	13,62	1	13,6
10	ROBLE HUALO			0,8	2,5		2,5
14	ROBLE HUALO					9,92	9,9
8	ROBLE HUALO	0,5	108	1,5	9,22		108,0
7	ROBLE HUALO	37,35	49,15	62	8,02	24,37	62,0
9	ROBLE, RAULI, COIGUE	31,62	32,3	33,37	90,6	94,24	94,2
10	ROBLE, RAULI, COIGUE	15,25		21,9	12,11	5	21,9
14	ROBLE, RAULI, COIGUE	3,4	24,2	20,1	22,54	44,01	44,0
8	ROBLE, RAULI, COIGUE	62,5	54,99	63,14	180,49	138,55	180,5
7	ROBLE, RAULI, COIGUE	0,25	1	3	22,5		22,5
11	SIEMPRE VERDE	0,04	3,6	4	15,73	19,66	19,7
9	SIEMPRE VERDE	16	4,6	9,1	34,4	32,19	34,4
10	SIEMPRE VERDE	194,56	501,11	193,4	208,16	57,71	501,1
14	SIEMPRE VERDE	19,4	5,05	71,7	52,5	28,38	71,7
8	SIEMPRE VERDE	1,4	6,23	15,72		4,09	15,7
10	VALDIVIANO			0,5			0,5
14	VALDIVIANO	0				0,12	0,1
14	RENOVAL VALDIVIANO					1	1,0
11	(en blanco)				0	0	0,0
9	(en blanco)	4	0	7	1,1	0	7,0
10	(en blanco)	0	0	0	0	0	0,0
14	(en blanco)	0	0,4	0	0,42	0,1	0,4
12	(en blanco)		0				0,0
1	(en blanco)	0	0				0,0
5	(en blanco)		0	0	1	0	1,0
8	(en blanco)	3	7,52	2,15	1,2	0	7,5
6	(en blanco)				1,33		1,3
7	(en blanco)	5,5	1	0	0,25	0	5,5
13	(en blanco)		0				0,0
10	CHILOTE		2				2,0
	Total	730,77	1046,06	852,27	915,55	588,56	2.029

ANEXO 9: SUPERFICIE DE BOSQUE NATIVO COMPROMETIDA EN LOS PLANES DE MANEJO POR REGIÓN. PERIODO 1995-2006.

Información obtenida desde bases de datos de CONAF

Región	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5		11,3	10,6	12,6	8,6	4,4	4,9	4,8	7,8	7,6	8,3	7,4
6	408,0	547,1	514,1	611,9	415,7	214,8	240,1	234,9	378,8	366,9	400,7	360,2
7	896,4	1.202,0	1.129,6	1.344,5	913,3	472,0	527,4	516,2	832,3	806,1	880,4	791,5
8	986,5	1.323,0	1.243,2	1.479,8	1.005,2	519,4	580,5	568,1	916,1	887,2	968,9	871,1
9	2.299,9	3.084,3	2.898,4	3.449,8	2.343,4	1.211,0	1.353,3	1.324,4	2.135,7	2.068,5	2.258,9	2.030,8
10	2.281,6	3.059,7	2.875,3	3.422,3	2.324,7	1.201,3	1.342,5	1.313,9	2.118,7	2.052,0	2.240,9	2.014,7
11	911,5	1.222,3	1.148,7	1.367,2	928,7	479,9	536,3	524,9	846,4	819,8	895,2	804,9
12	33,6	45,1	42,4	50,5	34,3	17,7	19,8	19,4	31,2	30,3	33,0	29,7
13	16,8	22,6	21,2	25,2	17,1	8,9	9,9	9,7	15,6	15,1	16,5	14,9
14	1.433,7	1.922,6	1.806,8	2.150,5	1.460,8	754,9	843,6	825,6	1.331,3	1.289,4	1.408,1	1.266,0
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ANEXO 10: OFERTA, CONSUMO Y BALANCE DE DENDROENERGÍA POR REGIÓN.

Fuente: FAO-INFOR, 2010.

Oferta de recursos biomásicos por región (kg/año)

REGION	Oferta de Bosque Nativo Forestales	Oferta de Plantaciones Forestales	Oferta de Plantaciones Frutales	Oferta de Industrias	Oferta Total
Arica - Parinacota					
Taparacá					
Antofagasta					
Atacama			89.123.377		89.123.377
Coquimbo			199.418.094	37.350	199.455.444
Valparaíso		199.962.775	423.851.751	13.109.850	636.924.376
Metropolitana		379.224	303.225.328	138.150	303.742.702
O'Higgins		243.487.162	253.539.855	70.839.500	567.866.517
Maule		374.264.797	55.797.196	305.028.400	735.090.393
Bío Bío	533.984	471.450.392	2.346.329	829.226.650	1.303.557.355
La Araucanía	603.078.746	388.383.319	4.295.929	178.654.600	1.174.412.594
Los Ríos	620.558.780	138.479.550	276.847	64.708.650	824.023.827
Los Lagos	507.571.990	119.416.142	35.900	46.697.900	673.721.932
Aysén				6.615.900	6.615.900
Magallanes				16.653.200	16.653.200
Total general	1.731.743.500	1.935.823.361	1.331.910.606	1.531.710.150	6.531.187.617

Consumo de dendroenergía por región (kg/año)

Región	Consumo Residencial Urbano	Consumo Residencial Rural	Consumo Industrial Total	Consumo Total
Coquimbo	76.995.700	97.879.100	9.636.010	184.510.810
Valparaíso	34.811.100	43.155.600	6.889.900	84.856.600
Metropolitana	5.875.410	54.742.000	4.669.080	65.286.490
O'Higgins	223.311.000	262.292.000	41.084.500	526.687.500
Maule	793.893.000	1.064.890.000	117.114.000	1.975.897.000
Bío Bío	862.382.000	1.347.900.000	535.772.000	2.746.054.000
La Araucanía	899.234.000	717.233.000	158.810.000	1.775.277.000
Los Ríos	386.500.000	533.617.000	54.183.000	974.300.000
Los Lagos	798.906.000	1.036.420.000	20.077.000	1.855.403.000
Aysén	62.533.600	265.431.000	4.445.430	332.410.030
Magallanes	13.598.300	129.566.000	-	143.164.300
Total general	4.158.040.110	5.553.125.700	952.680.920	10.663.846.730

Balance de dendroenergía por región (kg/año)

Región (*)	Oferta Total Disponible	Consumo Total	Balance
Coquimbo	199.455.444	184.510.810	14.944.634
Valparaíso	636.924.376	84.856.600	552.067.776
Metropolitana	303.742.702	65.286.490	238.456.212
O'Higgins	567.866.517	526.687.500	41.179.017
Maule	735.090.393	1.975.897.000	- 1.240.806.607
Bío-Bío	1.303.557.355	2.746.054.000	- 1.442.496.645
Araucanía	1.174.412.594	1.775.277.000	- 600.864.406
Los Ríos	824.023.827	974.300.000	- 150.276.173
Los Lagos	673.721.932	1.855.403.700	- 1.181.681.068
Aysén	6.615.900	332.410.030	- 325.794.130
Magallanes	16.653.200	143.164.300	- 126.511.100
Total general	6.442.064.240	10.663.846.730	- 4.221.782.490

*Las regiones con información completa de la oferta dendroenergética fueron, La Araucanía, Los Ríos, y Los Lagos (parte norte). El resto de las regiones presentan información parcial.

ANEXO 11: DENSIDAD BÁSICA, FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA Y FRACCIÓN DE CARBONO UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS POR ESPECIE BOSQUE NATIVO

Fuente: Compilado de información de Anexo 4. Se usaron valores IPCC 2006 o FAO 2004 cuando no existe un valor específico de Chile.

Nombre Común	Nombre Científico	Densidad Básica Madera (ton/m ³)	Factor de Expansión de Biomasa	Fracción de Carbono Madera (%)
--	Myceugenia ovata	0,550	1,40	44,10
Alerce	Fitzroya cupressoides	0,405	1,40	44,10
Algarrobo	Prosopis chilensis	0,780	1,40	44,10
Araucaria	Araucaria araucana	0,483	1,40	44,10
Arrayán	Luma apiculata	0,799	1,40	44,10
Avellano	Gevuina avellana	0,464	1,40	43,28
Belloto del Norte	Beilschmiedia miersii	0,550	1,40	44,10
Belloto del Sur	Beilschmiedia berteroaana	0,550	1,40	44,10
Boldo	Peumus boldus	0,550	1,40	44,10
Bollen	Kageneckia oblonga	0,460	1,40	44,10
Canelo	Drimys winteri	0,436	1,22	44,74
Canelo 1	Drimys confertifolia	0,550	1,40	44,10
Chequén	Luma chequen	0,550	1,40	44,10
Chonta	Juania australis	0,550	1,40	44,10
Ciprés de la Cordillera	Austrocedrus chilensis	0,424	1,40	44,10
Ciprés de las Guaitecas	Pilgerodendron uviferum	0,428	1,40	44,10
Coihue	Nothofagus dombeyi	0,538	1,40	43,48
Coihue de Chiloé	Nothofagus nitida	0,538	1,24	44,42
Coihue de Magallanes	Nothofagus betuloides	0,618	1,40	44,10
Espino	Acacia caven	0,868	1,40	44,10
Frangel	Kageneckia angustifolia	0,550	1,40	44,10
Fuinque/Romerillo	Lomatia ferruginea	0,474	1,40	44,10
Guindo Santo	Eucryphia glutinosa	0,550	1,40	44,10
Huala	Nothofagus leonni	0,550	1,40	44,10
Hualo	Nothofagus glauca	0,590	1,40	44,10
Juan Bueno	Raphythamnus venustus	0,550	1,40	44,10
Laurel	Laurelia sempervirens	0,420	1,40	44,45
Lenga	Nothofagus pumilio	0,464	1,40	44,10
Lingue	Persea lingue	0,472	1,40	43,25
Litre	Lithraea caustica	0,560	1,40	44,10
Lleuque	Prumnopitys andina	0,550	1,40	44,10
Luma	Amomyrtus luma	0,863	1,40	43,35
Luma	Myrceugenia fernandeziana	0,550	1,40	44,10
Manzano	Bohemeria excelsa	0,550	1,40	44,10
Mañío de hojas cortas	Saxegothea conspicua	0,547	1,28	47,80
Mañío de hojas largas	Podocarpus salignus	0,550	1,40	44,10
Mañío de hojas punzantes	Podocarpus nubigenus	0,494	1,33	47,31
Mayu	Sophora macrocarpa	0,331	1,40	44,10
Meli	Amomyrtus meli	0,799	1,40	44,10
Molle	Schinus molle	0,550	1,40	44,10
Naranjillo	Fagara mayu	0,550	1,40	44,10
Northern Luma	Legrandia concinna	0,550	1,40	44,10
Notro	Embothrium coccineum	0,474	1,40	44,10
Nirre	Nothofagus antartica	0,464	1,40	44,10
Olivillo	Aextoxicon punctatum	0,474	1,40	42,31
Otras Especies	Otras Especies	0,550	1,40	44,10
Palma chilena	Jubaea chilensis	0,550	1,40	44,10
Palo Santo	Dasyphyllum excelsum	0,550	1,40	43,60
Patagua	Crinodendron patagua	0,550	1,40	44,10
Patagua Valdiviana	Myrceugenia planipes	0,799	1,40	44,10
Pelu	Sophora microphylla	0,488	1,40	44,10
Peralillo	Coprosma pyriformis	0,550	1,40	44,10
Peumo	Cryptocarya alba	0,520	1,40	44,10
Pimiento boliviano	Schinus latifolius	0,460	1,40	44,10
Piñol/Avellanillo	Lomatia dentata	0,474	1,40	44,10
Pitao	Pitavia punctata	0,550	1,40	44,10
Pitra	Myrceugenia exsucca	0,799	1,40	44,10
Queule	Gomortega keule	0,387	1,40	44,10
Quillay	Quillaja saponaria	0,556	1,40	46,28
Radal	Lomatia hirsuta	0,474	1,40	44,10
Ranrán	Myrceugenia obtusa	0,550	1,40	44,10
Rauí	Nothofagus nervosa	0,481	1,33	44,44
Roble	Nothofagus obliqua	0,506	1,40	43,52
Ruil	Nothofagus alessandri	0,550	1,40	44,10
Sándalo de Juan Fernández	Santalum fernandezianum	0,550	1,40	44,10
Sauco del Diablo	Pseudopanax laetevirens	0,550	1,40	44,10
Tamarugo	Prosopis tamarugo	0,875	1,40	44,10
Temu	Blepharocalyx cruckshanksii	0,799	1,40	44,10
Tepa	Laurelia or Laureliopsis philippiana	0,450	1,40	45,00
Tepu	Tepualia stipularis	0,550	1,40	44,10
Tevo	Trevoa trinervis	0,550	1,40	44,10
Tiaca	Caldcluvia paniculata	0,555	1,40	44,10
Tineo	Weinmannia trichosperma	0,548	1,40	42,60
Trevo	Dasyphyllum diacanthoides	0,653	1,40	44,10
Ulmo	Eucryphia cordifolia	0,569	1,40	43,57
	PROMEDIO	0,554	1,392	44,149

ANEXO 12: MODELO PREVIO DE PROYECCIÓN DE PLANTACIONES METODOLOGÍA

Existen varios modelos disponibles para proyectar el crecimiento y cosecha de las plantaciones. La primera opción del equipo consultor será utilizar el “Modelo Austral” de los profesores Gonzalo Paredes (QEPD) y Mauricio Ruiz-Tagle de la Universidad Austral.

Este modelo es el que ha sido utilizado por los estudios previos de disponibilidad de madera de plantaciones a nivel nacional¹⁹, así como por parte de las principales empresas forestales para el modelamiento de sus propios planes de producción y crecimiento patrimonial.

El criterio básico con el que se modela la cosecha de bosques es el de “Allowable Cut” (disponibilidad no decreciente en volumen), dado que los grandes complejos industriales no pueden enfrentar restricciones de abastecimiento de madera (las plantas de celulosa han sido construidas para una operación eficiente que se alcanza con producción continua).

El criterio de disponibilidad no decreciente se puede modelar de dos formas distintas:

- Física: se impone como criterio el alcanzar el máximo volumen comercial cosechado por año, con la restricción de que no puede ser inferior al del año precedente.
- Económica: se maximiza el valor presente neto de las cosechas de bosques, imponiendo la restricción de que los volúmenes comerciales no pueden ser menores a los de los años precedentes. En este caso el modelo “decide” si para verificar lo anterior, resulta más conveniente adelantar o postergar cosechas de rodales respecto a su “óptimo individual”, o “degradar volúmenes” (en caso de que los requerimientos de volumen no decreciente se apliquen incluso a nivel de productos específicos y no solo a nivel agregado).

Dado que:

- a) las empresas modelan sus expansiones de capacidad industrial en base a la disponibilidad de madera;
- b) Chile tiene una posición muy competitiva de costos en relación a sus competidores y
- c) existe sustitución entre tipos de rollizos y especies,

¹⁹Por ejemplo estudio de “Disponibilidad de madera de eucaliptus en Chile 2006-2025”, INFOR.

El volumen de disponibilidad máxima anual cosechable es un buen proxy de la cosecha efectiva que se tendrá en un año particular y por lo tanto será el considerado.

Para el caso requerido en el presente estudio los datos requeridos para poder realizar la proyección son:

- stock (inventario) de las plantaciones y
- tablas de rendimiento de las plantaciones

A continuación se detalla cada una de estas variables y como serán consideradas.

1. Stock de plantaciones

Esta información ha sido solicitada al INFOR, considerando el inventario de macro-rodiales que las empresas le han proporcionado para los estudios de disponibilidad de madera y que dicha institución ha complementado esta información con muestreos de rodiales de pequeños propietarios independientes.

Se ha especificado que el requerimiento considera:

- a) Especie
- b) Año de plantación (hasta 2006)
- c) Categoría geográfica (zona/región/comuna)
- d) Categoría de productividad (clase de sitio)
- e) Categoría de especie-manejo por especie

En particular se ha solicitado excluir todas aquellas superficies correspondientes a forestaciones posteriores al año 2006.

2. Crecimiento de las plantaciones (rendimiento)

Respecto al rendimiento de las plantaciones, el país cuenta con una larga experiencia en modelamiento de crecimiento de plantaciones. A partir del año 1988 se conformaron grupos de trabajo liderados por Fundación Chile (hoy la Universidad de Concepción) y las principales empresas forestales del país, junto a especialistas de distintas universidades, para generar modelos únicos de crecimiento para las principales especies forestadas de interés comercial en el país.

Para efecto de los estudios de disponibilidad de madera de plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus*, se ha generado un conjunto de tablas de rendimiento, que para cada especie, zona de crecimiento, edad, clase de sitio y manejo silvicultural, entrega las estimaciones promedio de crecimiento anual de las plantaciones en dicha condición. Esas mismas tablas de rendimiento se utilizarán en el modelamiento actual; estas tablas²⁰ están disponibles por parte de quien correrá el modelo (U. Austral). Es importante aclarar que si bien hay algunas tablas disponibles a nivel público²¹; para correr el modelo se necesitan las casi 150 tablas que permiten definir el rendimiento para cada especie por zona de crecimiento, edad, clase y manejo.

Cabe destacar que, el modelo además puede considerar la “activación” de una serie de restricciones que configuran distintos escenarios de proyección, basados en reforestación, intenciones de forestación y pérdidas por plagas e incendios. En la siguiente sección se presentan las principales restricciones que pueden ser consideradas por el modelo.

3. Principales ecuaciones del modelo²²

3.1 Formulación general de la Función objetivo

$$MAX _ Z = \sum_r \sum_z \sum_s \sum_m \sum_i \sum_j C_{rzsij} * X_{rzsij}$$

Donde:

X_{rzsij} : Variable de decisión que representa la superficie (ha) de plantaciones localizada en la región r , en zona de crecimiento z , condición de productividad s , correspondiente a alguna combinación especie - manejo m , plantada en el año i y cosechada en el periodo j .

C_{rzsij} : Coeficiente de la función objetivo que corresponde al rendimiento en volumen [m³/ha] que se obtiene para la situación (z,s,m) a la edad $(j-i)$ años.

²¹ Por ejemplo el estudio “Disponibilidad maderera de *Eucalyptus* para Chile, 2006-2025, del INFOR” tiene un par de tablas de rendimiento publicadas.

²² Esta sección consolida información ya entregada a MAPS e información pública respecto al modelo de la U. Austral (por ejemplo información especificada en el estudio “Disponibilidad de madera de eucaliptus en Chile, 2006 a 2025”, INFOR)

3.2 Restricciones

A partir de los valores obtenidos para la variable de decisión, es posible configurar distintos escenarios de planificación mediante la activación de restricciones que modelan aquellos escenarios. El modelo permite la generación de variables que cuantifican el volumen obtenido para un subconjunto de cada uno de los parámetros descriptivos de la variable de decisión.

Las restricciones fundamentales del modelo son de dos tipos:

- **Flujo o continuidad del inventario**
Es una familia de ecuaciones para representar la reforestación y la forestación en caso que estuviese contemplada.
- **Disponibilidad de plantaciones**
Grupo de restricciones que representa el recurso inicial de plantaciones para la planificación.

De esta manera se tienen las siguientes restricciones:

Flujo o continuidad del inventario:

- Cuantificación de superficie cosechada (representación del flujo en el año k)

$$\sum_m \sum_i X_{rzsmi} + \sum_m \sum_j X_{rzs mj} = 0$$

Donde:

$X_{rzs mi}$: Superficie (ha) de plantaciones localizada en la región r, en zona de crecimiento z, condición de productividad s, correspondiente a alguna combinación especie - manejo m, plantada en el año i.

$X_{rzs mj}$: Superficie (ha) de plantaciones localizada en la región r, en zona de crecimiento z, condición de productividad s, correspondiente a alguna combinación especie - manejo m, cosechada en el año j.

- Cuantificación del volumen total de corta

$$\sum_z \sum_s \sum_i (C_{kzsm(j-i)} * X_{rzs mij}) - V_{rmkj} = 0$$

Donde:

X_{rzsmit} : Superficie (ha) de plantaciones localizada en la región r, en zona de crecimiento z, condición de productividad s, correspondiente a alguna combinación especie - manejo m, plantada en el año i y cosechada en el periodo j.

$C_{kzsm(j-i)}$: Rendimiento en volumen (m3/ha) que se obtiene para el producto k en la situación (z,s,m) a la edad (j-i) años.

V_{rmkj} : 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.

- Regulación del volumen total entre años (flujo no decreciente)

$$\sum_z \sum_k V_{zk(j+1)} - \sum_z \sum_k V_{zkj} \geq 0$$

Donde:

V_{zkj} : Volumen (m3) de producto k obtenido por corta final, en el periodo j, en la zona z.

$V_{zk(j+1)}$: Volumen (m3) de producto k obtenido por corta final, en el periodo (j+1), en la zona z.

- Cuantificación de superficie forestada

$$F_{rj} - \sum_z \sum_s \sum_m F_{rzsmit} = 0$$

Donde:

F_{rzsmit} : Superficie (ha) a forestar 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_{rj} : Superficie (ha) a forestar en la región r, estableciendo una plantación en el periodo j

Disponibilidad de plantaciones

- Superficie inicial plantada en el año i

$$\sum_j X_{rzsmit} + W_{rzsmit} = SUP_{rzsmit}$$

Donde:

X_{rzsij} : Superficie (ha) de plantaciones en la región r, zona de crecimiento z, condición de productividad s, correspondiente a alguna combinación especie - manejo m, plantada en el año i y cosechada en el periodo j.

W_{rzsij} : Superficie (ha) de plantaciones en la región r, en 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).

SUP_{rsmi} : Coeficiente del modelo, correspondiente a la superficie (ha) de plantaciones en el inventario inicial en la región r, en zona de crecimiento z, clase de sitio s, esquema de manejo m, plantada en el periodo i.

- Superficie disponible para forestación

$$F_{rj} \leq FOR_{rj}$$

Donde:

F_{rj} : Superficie (ha) a forestar en la región r, estableciendo una plantación en el periodo j

FOR_{rj} : Coeficiente del modelo, correspondiente a la superficie (ha) disponible para forestación en la Región r, en el periodo j.

- Superficie mínima por clase de edad en inventario final

$$\sum_r \sum_z \sum_s W_{rzsmi} \geq SMIN_{mi}$$

Donde:

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

W_{rzsmi} : Superficie (ha) de plantaciones en la región r, en 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).

ANEXO 13: SOLICITUD DE INFORMACIÓN

SOLICITUD DE INFORMACIÓN PARA INSTITUTO FORESTAL

PROYECTO N° 81013 MAPS “CONSULTORÍA CON EL OBJETO DE DETERMINAR EL ESCENARIO LÍNEA BASE DE EMISIONES DEL SECTOR FORESTAL Y CAMBIO DE USO DE SUELO”

Septiembre 2012

Solicitud de información

A continuación se detalla la información específica que se requiere de parte del Instituto Forestal (INFOR) para la elaboración del estudio denominado “Consultoría con el objeto de determinar el Escenario Línea Base de Emisiones del Sector Forestal y Cambio de Uso de Suelo”.

1. Pino Radiata

A partir de los estudios de disponibilidad de madera de Pino radiata, se requiere lo siguiente:

- Detalle de los rodales, por edad, productividad y manejo desde Diciembre 2006.
- Estado de los mismos rodales según el criterio de corta no decreciente, año por año, que se obtiene como resultado del modelamiento.

La información para Pino se requiere considerando los siguientes escenarios: Sin Forestación adicional, y con 10,000 ha/año y 20,000 ha/año de nuevas forestaciones.

2. Eucaliptus

A partir de los estudios de disponibilidad de madera de Eucalyptus, se requiere lo siguiente:

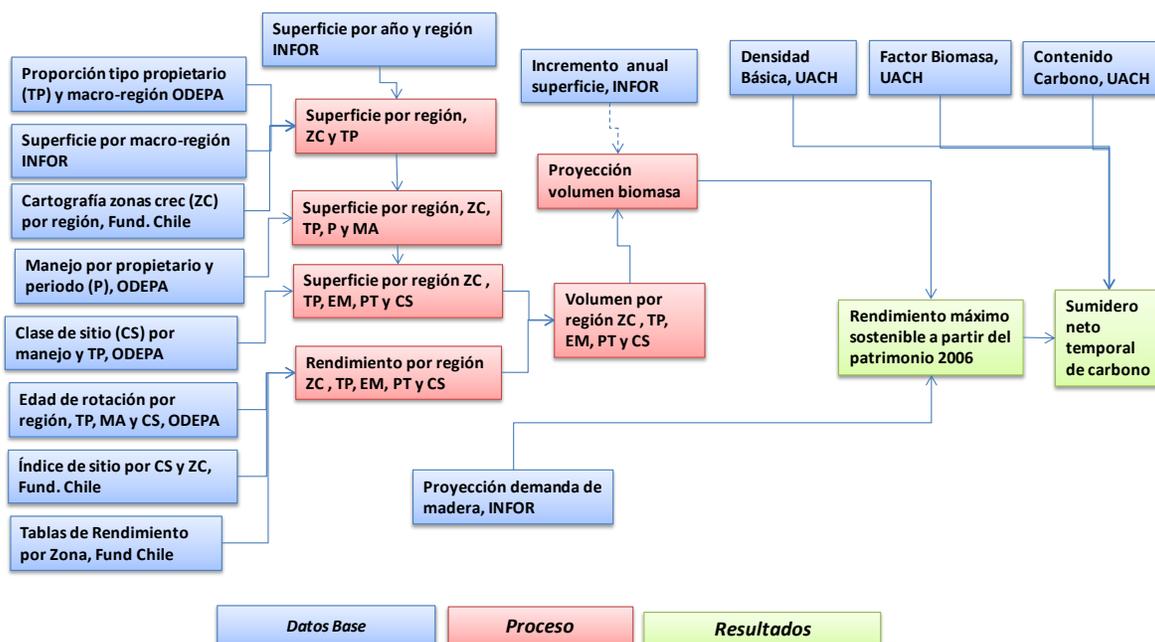
- Detalle de los rodales, por edad, productividad y manejo desde Diciembre 2006.
- Estado de los mismos rodales según el criterio de corta no decreciente, año por año, que se obtiene como resultado del modelamiento.

La información para Eucaliptus se requiere considerando los siguientes escenarios: 10,000; 20,000 y 30,000 ha/año de Forestación.

ANEXO 14: METODOLOGÍA DESARROLLADA POR EL ESTUDIO

1. DIAGRAMA METODOLÓGICO PINO, EUCALIPTUS GLOBULUS Y NITENS

La propuesta metodológica considera lo siguiente:



A continuación se detalla la metodología considerada para obtener los resultados requeridos.

A grandes rasgos lo que se debe realizar es multiplicar la superficie de plantaciones forestales por el rendimiento de estas plantaciones de manera de obtener el volumen al año base y luego considerando una tasa de forestación (incremento en superficie) realizar la proyección del volumen.

Cabe destacar que los datos se encuentran en distintos niveles de agregación razón por la cual a continuación se especifican los pasos metodológicos que fueron considerados.

1.1 Determinación de superficie en el año base Pino, Eucaliptus Globulus y Nitens

El resultado de la determinación del volumen es presentado por región (V, VI, VII, VIII, IX y X) y por especie (Pino, E. globulus (EG) y E. nitens (EN)) para el año base de información disponible la cual de acuerdo a lo detallado anteriormente corresponde a Diciembre del 2002 para Pino y Diciembre del 2006 para Eucaliptus. A continuación se detallan los pasos de la metodología por región y por especie.

Paso 1

En este paso, el objetivo es desagregar el dato de superficie total por región en superficie por Tipo de Propietario²³ y Zona de Crecimiento²⁴ ($S_{TP,ZC}$). Para lo que se considera la siguiente ecuación por región y especie:

$$S_{TP,ZC} = \sum_{a=1973}^{2002} S_a \times PP_{TP} \times P_{ZC}$$

Donde,

S_a : suma total de superficie del periodo 1973-2002(ha). Fuente: INFOR

PP_{TP} : promedio ponderado de la proporción de superficie por tipo de propietario (TP)²⁵, (%). Fuente: ODEPA-Larozé

P_{ZC} : Proporción de superficie de plantación por Zona de Crecimiento (%). Fuente: Fundación Chile.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

- Eucalipto: la superficie de EG y EN no se distribuye por Zonas de Crecimiento, por lo que sólo se desagrega por Tipo de Propietario (“SE_{TP}”).

Paso 2

En este paso, el objetivo es volver a desagregar el resultado obtenido en el paso 1 considerando además Esquema de Manejo²⁶ y Periodo de tiempo²⁷ ($S_{TP,EM,PE,ZC}$).

²³Tipos de Propietarios: Grandes Empresas (GE) y Resto de Propietarios (RP). Fuente: INFOR

²⁴Zonas de Crecimiento: 10 zonas de distribución similar de los factores limitantes de crecimiento para Pino radiata (altura de árboles y densidad de rodal e índice de sitio). En la práctica, las zonas 3 y 8 no se utilizan porque no tienen suficientes plantaciones, por lo que sólo se contabilizan ocho zonas. Fuente: INFOR

²⁵ La información viene desglosada en macro-regiones (MR1, MR2 y MR3). La MR1 corresponde a la V y VI región, la MR2 a las regiones VII, VIII y IX y la MR3 a la X región, por lo que la información dada por macro-región es separada por las regiones correspondientes.

$$S_{TP,EM,PE,ZC} = S_{TP,ZC} \times P_{EM,TP,PE}$$

Donde,

$P_{EM,TP,PE}$: proporción de superficie por Esquema de Manejo (EM), Tipo de Propietario y Periodo de tiempo (PE), según región²⁸ (%). Fuente: ODEPA-Laroze.

Es importante considerar que la desagregación por periodo de tiempo sólo se realiza debido a que la fuente tiene la información por periodo de tiempo, sin embargo, considerando los pasos posteriores de la metodología no es necesario contar con la superficie desagregada por periodo de tiempo, por lo tanto el resultado final de este paso contempla lo siguiente:

$$S_{TP,EM,ZC} = \sum_{PE=1}^4 S_{TP,EM,PE,ZC}$$

Donde,

$S_{TP,EM,PE,ZC}$: superficie de los cuatro Periodos de Tiempo por Esquema de Manejo, según Tipo de Propietario y Zona de Crecimiento.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

- Eucalipto: la plantación de EG y EN no se diferencia por Esquema de Manejo (sólo es para pulpable), por lo tanto tampoco tiene diferenciación entre periodos y, en consecuencia, el Paso 2 no se realiza para Eucalipto.

Paso 3

En este paso, el objetivo es obtener la Superficie ($S_{TP,EM,ZC}$) obtenida en el paso anterior por Clase de Sitio ($S_{TP,EM,CS,ZC}$), según la siguiente ecuación:

$$S_{TP,EM,CS,ZC} = S_{TP,EM,ZC} \times P_{CS,TP}$$

Donde,

$P_{CS,TP}$: proporción de superficie por Clase de Sitio (CS), por Tipo de Propietario (%). Fuente: ODEPA-Laroze.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

²⁶ Esquemas de Manejo: Pulpable (1 raleo a desecho), Mutlipropósito (2 podas tardías, 1 raleo a desecho, 1 raleo comercial), Intensivo (2-3 podas tempranas, 1 raleo a desecho, 1 raleo comercial). Estos diferentes son sólo para Pino radiata, ya que para Eucalipto es sólo pulpable. Fuente: ODEPA-Laroze

²⁷ Periodos de tiempo: 1974-1980, 1981-1985, 1986-1995, 1996-2005. Fuente: ODEPA-Laroze

²⁸ La información está dada nuevamente por macro-región, pero se distribuye correspondientemente por región (ver pie de página 1)

- Eucalipto: el Paso 3 se considera con los resultados del Paso 1, no con los del Paso 2 como Pino.

1.2 Determinación de volumen en el año base Pino, Eucaliptus Globulus y Nitens

Paso 4

En este paso, el objetivo es obtener el Rendimiento de las plantaciones por región con la finalidad de poder posteriormente multiplicarlo por la superficie obtenida en el paso anterior y obtener el volumen de plantaciones por tipo de propietario, esquema de manejo, clase de sitio y zona de crecimiento.

La información de rendimiento se encuentra especificada por Tipo de Propietario, Esquema de Manejo, Clase de Sitio y Zona de Crecimiento ($R_{TP,EM,CS,ZC}$). Esta información se obtiene de tablas o gráficos de rendimiento, tal como se especifica a continuación:

- Seleccionar la tabla o gráfico de rendimiento a utilizar, para lo cual se requiere la siguiente información: Tipo de propietario, zona de crecimiento, clase de sitio y esquema manejo de la superficie que se quiere pasar a volumen, a partir del paso 3.
- Una vez seleccionada la tabla o gráfico a utilizar; para determinar el rendimiento se debe conocer la edad de rotación por tipo de propietario, clase de sitio y esquema de manejo, lo cual se obtiene a partir del informe de la ODEPA.
- Una vez conocida esta información se obtiene el rendimiento de la plantación por Tipo de propietario, zona de crecimiento, clase de sitio y esquema manejo considerado.

Cabe destacar que de acuerdo a lo señalado en los pasos anteriores, las plantaciones de Pino consideran 3 posibles esquemas de manejo, dentro de los cuales los esquemas Intensivo y Multipropósito consideran raleos. La información de rendimiento especificada en las tablas de rendimiento para Pino (Tablas Auxiliares de producción, Fundación Chile) considera el volumen luego de los raleos, lo que no es aplicable para el objetivo de la metodología propuesta. Por lo cual, en estos casos lo que se realiza es considerar el volumen disponible para la edad de rotación y sumarle los volúmenes de raleo informados en el mismo informe, de esta manera a partir del volumen total y la edad de rotación se obtiene el rendimiento real de la plantación.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

En el caso de plantaciones de Pino, se dispone de tablas de rendimiento publicadas en el estudio de la Fundación Chile, sin embargo, este estudio no entrega tablas de rendimiento

para todas las clases de sitio por esquema de manejo, por lo tanto se considera la información disponible y los siguientes Supuestos²⁹:

- Manejo Pulpable: Se cuenta con tablas de rendimiento para Clase 1 y 3, por lo que el rendimiento para la clase de sitio 2 se asume como el promedio de las Clases 1 y 3.
- Manejo Multipropósito: Se cuenta sólo con tabla para Clase de Sitio 2, por lo que se calcula el rendimiento de la clase de sitio 1 asumiendo que es 3m³/ha mayor que el de clase 2 y para la clase de sitio 3 se asume que el rendimiento es 3 m³/ha menor que el de clase 2.
- Manejo Intensivo: Se cuenta con tabla de rendimiento para clase de sitio 1, por lo que se asume que el rendimiento de clase 2 será 3 m³/ha menor que el de clase 1, y que el rendimiento de clase 3 será 3 m³/ha menor que el de clase de sitio 2.

En el caso de plantaciones de Eucaliptus, se dispone de gráficos de rendimiento publicados en el estudio de la ODEPA. Se cuenta con un gráfico para la macro región 2 y otro para la macro región 3, cada uno de estos gráficos considera una curva para cada una de las tres clases de sitio definidas por el mismo estudio; por lo tanto no se realizan supuestos adicionales.

Paso 5

En este paso, el objetivo es obtener el Volumen de la biomasa por Tipo de Propietario, Esquema de Manejo, Clase de Sitio y Zona de Crecimiento ($V_{TP,EM,CS,ZC}$) en metros cúbicos sólidos sin corteza (m³ssc/ha). Para esto, se multiplica la superficie por el rendimiento obtenidos en los Pasos 3 y 4, tal como lo muestra la ecuación:

$$V_{TP,EM,CS,ZC} = S_{TP,EM,CS,ZC} \times R_{TP,EM,CS,ZC}$$

Donde,

$R_{TP,EM,CS,ZC}$: rendimiento de superficie por Tipo de Propietario, Esquema de Manejo, Clase de Sitio y Zona de Crecimiento.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

- No hay tratamiento diferenciado según tipo de plantación.

1.3 Proyección del volumen, Pino, Eucaliptus Globulus y Nitens

Además de las fuentes de información anteriormente nombradas, se utiliza:

²⁹ Juicio experto, Aldo Cerda – enero 2012.

- Estadísticas Forestales Nacionales años 1996 a 2006, INFOR
- “Estimación del Carbono Capturado en las Plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptos Relacionadas con el DL-701 de 1974” (2007), ODEPA-Laroze, de Gayoso et al. 2002 (incluido en bibliografía), para densidad básica, factor de biomasa y contenido de carbono.

Para determinar la proyección del volumen se consideró el incremento histórico de superficie que se había registrado a diciembre del 2006, por región (V, VI, VII, VIII, IX y X) y por especie (Pino, E. globulus (EG) y E. nitens (EN))

Paso 6

En este paso, el objetivo es obtener el Incremento de la Superficie (Y) para lo cual se realizó un promedio ponderado del incremento histórico anual de hectáreas entre 1997 y 2006, de los datos obtenidos de las Estadísticas Forestales Nacionales (INFOR).

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

- Los datos del INFOR para Eucalipto no están desagregados por E. globulus y E. nitens, por lo que para obtener el promedio ponderado del incremento histórico anual de hectáreas de cada uno, es necesario desagregar la información según la proporción de superficie que informa el estudio de ODEPA para el 2006.

Paso 7

En este paso, el objetivo es obtener el Incremento en Volumen ($V_{Y,TP,EM,CS,ZC}$), para lo cual se debe usar la misma metodología descrita entre los Pasos 1 al 5 para el Incremento en Superficie obtenido en el Paso 6 (S_Y). De esta manera, se desagrega el Incremento en Superficie al mismo nivel hasta el Paso 3 y luego, el Rendimiento obtenido en el Paso 4 se multiplica por el Incremento de Superficie, repitiendo el Paso 5 para calcular el Incremento en Volumen. Las ecuaciones por Paso son las siguientes:

$$\begin{aligned} \text{Paso 1:} \quad & S_{Y,TP,ZC} = S_Y \times PP_{TP} \times P_{ZC} \\ \text{Paso 2:} \quad & S_{Y,TP,EM,PE,ZC} = S_{Y,TP,ZC} \times P_{EM,TP,PE} \\ & S_{Y,TP,EM,ZC} = \sum_{PE=1}^4 S_{Y,TP,EM,PE,ZC} \\ \text{Paso 3:} \quad & S_{Y,TP,EM,CS,ZC} = S_{Y,TP,EM,ZC} \times P_{CS,TP} \\ \text{Paso 4:} \quad & R_{TP,EM,CS,ZC} \\ \text{Paso 5 (Paso 7):} \quad & V_{Y,TP,EM,CS,ZC} = S_{Y,TP,EM,CS,ZC} \times R_{TP,EM,CS,ZC} \end{aligned}$$

Donde,

$S_{Y,TP,EM,CS,ZC}$: incremento de superficie desagregado por Tipo de Propietario, Esquema de Manejo, Clase de Sitio y Zona de Crecimiento, según los Pasos 1, 2 y 3 de la metodología.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

- No hay tratamiento diferenciado. El promedio ponderado del incremento anual en superficie entre los años 1996-2006 (S_Y) es obtenido de la misma fuente.

Paso 8

En este paso, el objetivo es obtener la Proyección de Volumen disponible hasta el año 2030. Para esto, se consideró el volumen del año base establecido en el Paso 5 ($V_{TP,EM,CS,ZC}$), siendo 2002 para Pino y 2006 para Eucalipto; luego, se agregó el Incremento del Volumen del Paso 7 a cada año hasta el 2012³⁰; desde el 2013 al 2030 se consideró que el volumen permanece constante.

De esta manera, se obtiene una proyección de volumen desagregada al mismo nivel que el Paso 5 ($V_{TP,EM,CS,ZC}$), pero que se presenta agregada por región para los resultados.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

- No hay tratamiento diferenciado según tipo de plantación.

Paso 9

En este paso se valida la proyección obtenida de la metodología alternativa con la proyección de disponibilidad maderera base realizada por INFOR. Una vez validada la información de disponibilidad maderera y analizadas las diferencias, se compara la disponibilidad con la proyección de demanda realizada por la CORMA con la finalidad de obtener el rendimiento máximo sostenible de las plantaciones forestales.

A partir de este análisis se determina la proyección de volumen disponible y la cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Nitens*.

Tratamiento metodológico diferenciado según tipo de plantación:

- No hay tratamiento diferenciado según tipo de plantación.

Cabe destacar que, de acuerdo a lo señalado en el inicio de esta sección, la metodología desarrollada fue utilizada para validar los datos de volumen disponibles en los informes de disponibilidad de madera de INFOR. Una vez validados los datos, estos fueron utilizados como información base para la determinación del stock de CO₂ y la captura del sector.

³⁰El incremento sólo se proyecta hasta el 2012, ya que ese año se acaba el DL701 del Ministerio de Agricultura, título “Fija régimen legal de los terrenos forestales o preferentemente aptos para la forestación y establece normas de fomento sobre la materia”, por lo que se terminan los fondos financieros de fomento a las plantaciones.

La validación de los datos disponibles del INFOR con los resultados de la metodología se encuentra detallada en el capítulo de resultados. Es importante considerar que se realiza una consideración especial para el caso de Eucaliptus durante el periodo de años comprendidos entre el 2007 y 2012. Esta consideración es explicada y detallada en la sección de resultados.

1.4 Proyección de emisiones de CO₂, Pino, Eucaliptus Globulus y Nitens

Las emisiones de CO₂ establecidas para las plantaciones analizadas provienen de incendios y cosecha, sin embargo, las cosechas están dadas por los datos de INFOR como ya se comentó.

Incendios

Se contabiliza la pérdida de superficie por esta causa utilizando la información disponible del INFOR para Pino y Eucaliptus. Esta información corresponde al porcentaje de superficie total que es afectada anualmente por incendios.

Luego a partir de la superficie incendiada, considerando el promedio de rendimiento y edad media, se determina el volumen incendiado por especie. Cabe destacar que, se considera que todos los años se quema el mismo porcentaje de plantaciones para todas las edades, por esta razón se considera la edad media de corte de cada plantación. Además como son plantaciones comerciales se considera que al año siguiente del incendio el terreno ha sido vuelto a reforestar con la misma especie.

Una vez determinado el volumen incendiado, se determina la biomasa aérea que fue incendiada considerando el Factor de expansión de biomasa (FEB), Fracción de Carbono (FC) y Densidad especificados en el anexo 11 para cada especie.

Finalmente, el CO₂ emitido por concepto de incendio se determina considerando, una eficiencia de combustión de 90% (IPCC 2006) y una fracción de biomasa incendiada de 89% (actualización inventario de GEI LULUCF año 2006).

Cabe destacar que este cálculo se realiza para cumplir con el requerimiento de sub categoría incendio del IPCC, ya que en la práctica el volumen de disponibilidad maderera informado por el INFOR ya tiene descontado los incendios. Es decir en el balance total de emisiones y capturas no se considera el valor de incendio por parte de las plantaciones de Pino y Eucaliptus.

ANEXO 15: FACTORES DE EMISIÓN IPCC

Tasas de conversión Carbono

Tasas de conversión:	
C/CO2	3,667
C/CH4	1,333
C/CO	2,333
N/N2O	1,571
N/NOx	3,286

Fuente: “Templates_LULUCF_2006-rev.xls”; Inventario de emisión/captura de GEI 2006, Sergio González Martineaux, INIA, Santiago, Chile. Fuente original: IPCC 1996

Potenciales de calentamiento global

Potencial calentamiento global	
CO2	1
CH4	21
N2O	310

Fuente: Second Assesment Report (SAR), de acuerdo al Guideline IPCC 2006

Factor oxidación

Factor oxidación	
Factor oxidación	0,900

Fuente: “Templates_LULUCF_2006-rev.xls”; Inventario de emisión/captura de GEI 2006, Sergio González Martineaux, INIA, Santiago, Chile. Fuente original: IPCC 1996

ANEXO 16: DENSIDAD BÁSICA, FACTOR DE EXPANSIÓN DE BIOMASA Y FRACCIÓN DE CARBONO UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS POR ESPECIE PLANTACIONES EXÓTICAS

Pino

Densidad básica (t/m3)	0,3846
------------------------	--------

Fuente: Gayoso et al 2002a, Proporción de biomasa y contenido de carbono en pino radiata.

Tejido	Biomasa (%)	Contenido de Carbono (%)
Fuste	48,32	45,36
Ramas	11,64	45,16
Hojas	11,27	45,04
Corteza	7,66	45,50
Conos	0,84	45,16
Raíces	20,27	44,98
TOTAL	100	45,23 (*)

(*) El porcentaje de C total corresponde a un promedio ponderado.

Fuente: Gayoso et al 2002a, Proporción de biomasa y contenido de carbono en pino radiata.

A partir de lo anterior se tiene:

Factor expansión biomasa: 2,070

Fracción de carbono: 0,452

Eucaliptus Globulus

Densidad básica (t/m3)	0,5432
------------------------	--------

Fuente: Gayoso et al 2002a, Proporción de biomasa y contenido de carbono en pino radiata.

Tejido	Biomasa (%)	Contenido de Carbono (%)
Fuste	47,37	42,62
Ramas	11,88	48,33
Hojas	11,93	41,70
Corteza	11,06	39,25
Raíces	17,76	43,84
TOTAL	100	43,03 (*)

(*) El porcentaje de C total corresponde a un promedio ponderado.

Fuente: Gayoso et al 2002a, Proporción de biomasa y contenido de carbono en Eucaliptus Globulus.

A partir de lo anterior se tiene:

Factor expansión biomasa: 2,111

Fracción de carbono: 0,430

Eucaliptus Nitens

Densidad básica (t/m3)	0,442
------------------------	-------

Fuente: Gayoso et al 2002a, Proporción de biomasa y contenido de carbono en pino radiata.

Tejido	Biomasa (%)	Contenido de Carbono (%)
Fuste	62,68	49,97
Ramas	6,87	48,00
Hojas	5,55	48,00
Corteza	8,23	48,00
Raíces	16,67	48,00
TOTAL	100	49,23 (*)

(*) El porcentaje de C total corresponde a un promedio ponderado.

Fuente: Gayoso et al 2002a, Proporción de biomasa y contenido de carbono en Eucaliptus nitens.

A partir de lo anterior se tiene:
 Factor expansión biomasa: 1,60
 Fracción de carbono: 0,49