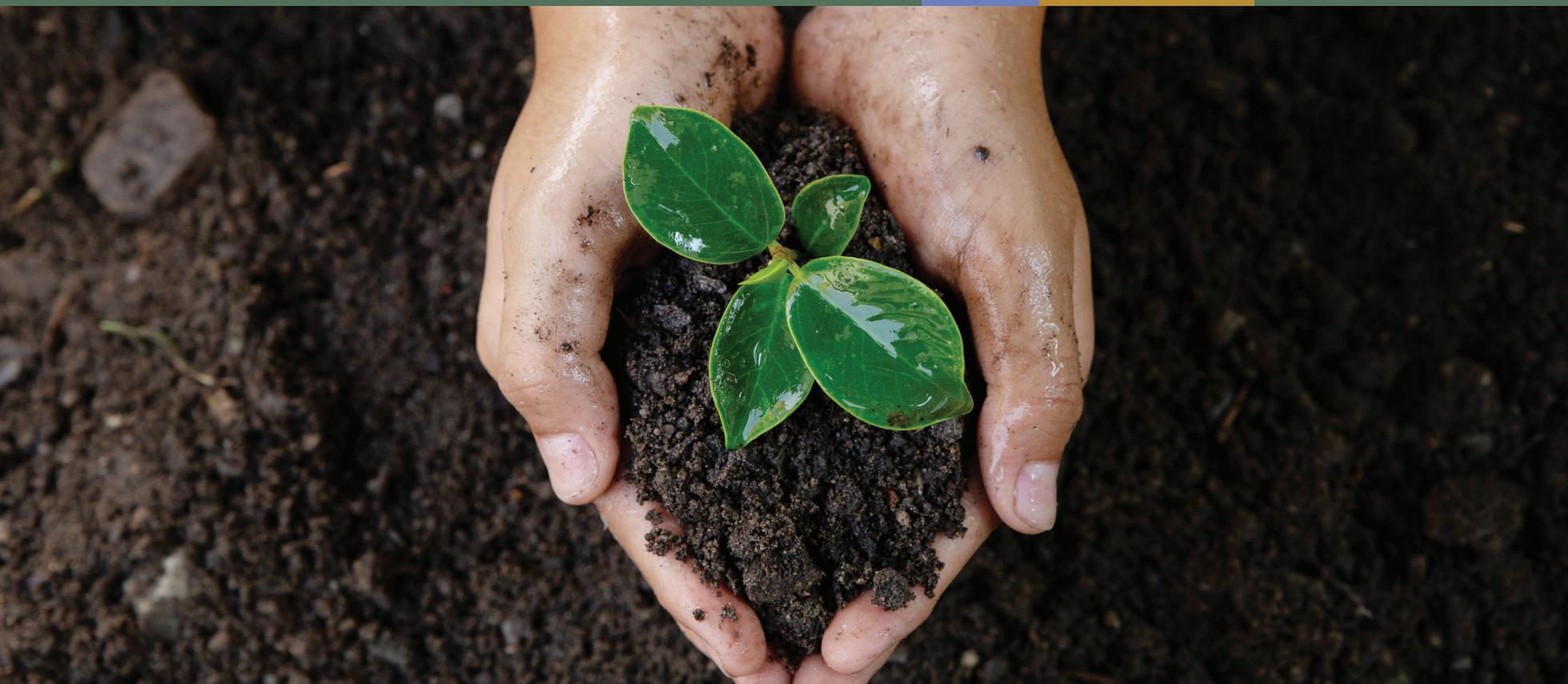




Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Cartilla de actividades silvícolas tipo y su proyección en la captura de carbono



Cartilla de actividades silvícolas tipo y su proyección en la captura de carbono

Elaborado por: Yasna Rojas y
Carlos Bahamondez
Instituto Forestal

Publicado por
la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
y
el Ministerio de Agricultura de Chile

Rojas, Y. y Bahamondez, C. 2021. *Cartilla de actividades silvícolas tipo y su proyección en la captura de carbono*. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI. <https://doi.org/10.4060/cbo867es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o el Ministerio de Agricultura de Chile (MINAGRI), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO o MINAGRI los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO o MINAGRI.

ISBN 978-92-5-133273-3 [FAO]

© FAO y MINAGRI, 2021



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en [idioma] será el texto autorizado".

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de la cubierta:
©Freepik

Índice

Presentación	VII
Introducción	1
Forestación con especies nativas	3
Caracterización de especies potenciales por región	3
Identificación de esquemas de plantación y manejo para las especies seleccionadas	15
Transformación de volumen a contenido de CO ₂	17
Esquemas de manejo y proyección de absorciones netas de CO ₂	19
Manejo para plantaciones de Quillay-Peumo, erosión moderada a ligera	19
Manejo para plantaciones de Quillay-Peumo-erosión severa	20
Recuperación de bosques degradados	23
Tipo forestal esclerófilo	24
Tipo forestal Roble-Raulí-Coihue	25
Tipo forestal Siempreverde	26
Referencias	29

Figuras

Figura 1: Plantación de <i>Nothofagus alpina</i> , sector precordillera andina, Región de Los Ríos (2019)	6
Figura 2: Plantación de <i>Nothofagus dombeyi</i> , sector comuna de Panguipulli, Región de Los Ríos (2019)	6
Figura 3: Proyección de plantación mixta de Quillay-Peumo en una condición de erosión moderada a ligera	19
Figura 4: Proyección de plantación mixta de Quillay-Peumo en una condición de erosión severa a muy severa	20
Figura 5: Proyección de plantación mixta de Roble-Lingue	20
Figura 6: Proyección de plantación mixta de Raulí-Ulmo	21
Figura 7: Proyección de plantación mixta de Coihue-Ulmo	21
Figura 8: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Esclerófilo	24
Figura 9: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Esclerófilo	24
Figura 10: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Ro-Ra-Co	25
Figura 11: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Ro-Ra-Co sin limpia inicial del terreno	25
Figura 12: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Siempreverde	26
Figura 13: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Siempreverde sin limpia inicial del terreno	26

Cuadros

Cuadro 1: Características de la especie Roble (<i>Quillaja saponaria</i>)	8
Cuadro 2: Características de la especie Peumo (<i>Cryptocarya alba</i>)	9
Cuadro 3: Características de la especie Roble (<i>Nothofagus obliqua</i>)	10
Cuadro 4: Características de la especie Lingue (<i>Persea lingue</i>)	11
Cuadro 5: Características de la especie Raulí (<i>Nothofagus alpina</i>)	12
Cuadro 6: Características de la especie Ulmo (<i>Eucryphia cordifolia</i>)	13
Cuadro 7: Características de la especie Coihue (<i>Nothofagus dombeyi</i>)	14
Cuadro 8: Posibilidades de mezcla de especies	15
Cuadro 9: Características del establecimiento	16
Cuadro 10: Pasos para transformar volumen en CO_2	17
Cuadro 11: Datos paramétricos, factores de expansión y contenido de carbono	18
Cuadro 12: Crecimiento medio anual por fases de crecimiento	23
Cuadro 13: Cuadro resumen de las actividades y sus proyecciones.	27

Abreviaturas y siglas

CIREN	.....	Centro de Información Recursos Naturales
CONAF	.....	Corporación N acional Forestal
DAP	.....	Diámetro a la altura del p echo
FAO	.....	Food and Agriculture Organization of the United Nations Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FEB	.....	Factores de expansión de biomasa aérea
FMAM	.....	Global Environment F acility Fondo para el Medio A mbiente Mundial
IMA	.....	Incremento Medio A nuo
INFOR	.....	Instituto Forestal
IPCC	.....	Intergovernmental Panel on Climate Change Panel Intergubernamental del Cambio Climático
NDC	.....	Nationally Determined C ontributions Contribución Nacional Determinada del país
SIMEF	....	Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos

Presentación

El Sistema Integrado de Monitoreo y Evaluación de los Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF) es una iniciativa impulsada por los ministerios de Agricultura y de Medio Ambiente, ejecutada por el Instituto Forestal (INFOR) y coejecutada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Centro de Información en Recursos Naturales (CIREN). Cuenta con el apoyo y la supervisión de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y el Estado chileno.

Este proyecto nacional responde a la necesidad de contar con información integrada, estandarizada y actualizada sobre los ecosistemas forestales nativos de Chile, para lo cual se estableció un modelo de trabajo interinstitucional coordinado entre CONAF, CIREN e INFOR.

Su objetivo es apoyar con información actualizada para la toma de decisiones que aporten al uso sostenible de los recursos forestales nativos, y contribuir a una mejor calidad de vida de las comunidades que cohabitan con el bosque y de la sociedad en su conjunto.

A cuatro años de ejecución de la Iniciativa SIMEF, uno de los logros es haber ampliado en superficie la cobertura del Inventario Forestal Nacional, que ahora cubre más de 14 millones de hectáreas e incorpora

territorios inexplorados de las islas al sur de Chiloé. A su vez, se expandió la concepción de inventario y monitoreo, incluyendo, junto con las dimensiones biofísicas, los componentes socioeconómicos y de biodiversidad que son consustanciales a los bosques nativos.

Otros logros sustantivos fueron la actualización y mejora de la metodología de evaluación del cambio de uso de la tierra, reduciendo su ciclo de actualización de cinco a dos años, lo que permitió, entre otras materias, dar una respuesta más eficiente a los compromisos internacionales de Chile en materia de cambio climático, y al mismo tiempo elaborar protocolos y manuales consensuados.

De esta manera, SIMEF pone al país a la vanguardia del conocimiento de sus bosques y ecosistemas forestales permitiendo evaluar, entre otros, el stock de carbono, así como los cambios y proyecciones del mismo en el tiempo, materia de alta trascendencia ante la situación que afecta al planeta.

La presente publicación refleja parte de las actividades y resultados alcanzados durante estos cuatro años de trabajo del SIMEF y pretende ser un aporte para la consolidación de un sistema de monitoreo de los ecosistemas forestales nativos de Chile.

Introducción

El bosque acumula carbono mediante el crecimiento de los árboles. La capacidad de almacenamiento de carbono del bosque dependerá de las especies que estén creciendo, del lugar donde crecen y de las actividades silvícolas que se realicen, tales como cortas intermedias.

Este manual entrega información de las proyecciones de las emisiones y absorciones de escenarios de forestación y manejo de bosque nativo que permita al usuario contar con herramientas para proyectar el futuro considerando la contribución que tienen las distintas alternativas en términos de absorciones y emisiones de carbono.

Para efectos de este manual se consideran dos alternativas en las proyecciones de carbono:

- Forestación con especies nativas.
- Recuperación de bosques degradados.



©USDA



Forestación con especies nativas

©Freepik

La forestación con especies nativas se presenta como una alternativa para terrenos de aptitud forestal que actualmente se encuentra sin bosques. Es importante considerar el lugar donde se quiere establecer la plantación y las especies más adecuadas que se adapten a este, así como los esquemas de plantación y manejo silvícola que se realizarán. A continuación se detallan estos aspectos¹.

Caracterización de especies potenciales por región

En primer lugar, se realizó una revisión de las especies nativas que fueran factibles de forestar; la información se resume en fichas descriptivas que incluyen la distribución geográfica, las características de sitio, el crecimiento, entre otras variables.

Según distintos estudios que dan cuenta del crecimiento de plantaciones nativas en Chile, se reconoce que las especies del género *Nothofagus*, tales como, Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) son las que poseen un alto potencial productivo y la mayor participación en el mercado.

¹ Este trabajo se basa en la experiencia realizada por INFOR para determinar la contribución de la forestación con especies nativas y así cuantificar las Contribuciones nacionales determinadas (NDC).



Además, estas especies han concentrado la investigación en las áreas de viverización y el establecimiento de plantaciones en condiciones puras y mixtas, como en bosques de segundo crecimiento (Donoso et al., 2013; Donoso et al., 1999; Müller-Using et al., 2013).

También se encuentran las especies Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y Avellano (*Gevuina avellana*), a las que se les considera especies multipropósito con un potencial de producción mixta (frutos, follaje, miel y madera), y Lingue (*Persea lingue*), Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Olivillo (*Aextoxicon punctatum*) como especies complementarias en plantaciones bajo dosel y/o faenas de restauración (Donoso y Soto, 2010).

A continuación, se describen las especies consideradas para este trabajo:

Quillay (*Quillaja saponaria*) para las regiones de O'Higgins y Maule: es una especie cuya corteza contiene variadas saponinas en altos niveles, lo que la hace económicamente interesante (Fondef D03I1012 citado por Cruz et al., 2013; Neunschwander, 1965). Si bien la madera del Quillay es de calidad regular, ha sido históricamente utilizada para implementos agrícolas y carbón (Vita, 1974) y además es también apetecida por las abejas, las que visitan las flores desde octubre a enero en busca de polen y néctar. La miel proveniente del néctar es bien cotizada en el mercado internacional, lo cual la hace muy apreciada en la zona de Curicó (Vita, 1974; INFOR, 2000; Apablaza y Urra, 2004).

Peumo (*Cryptocarya alba*) para las regiones de O'Higgins y Maule: su madera es una de las que poseen las mejores características tecnológicas de todas las especies arbóreas esclerófilas (Vita, 1989), presentando un hermoso veteado y una alta resistencia a los efectos del ambiente, en especial con el agua (Rodríguez et al., 1983). Además, la madera se usa en la confección de hormas y tacos para calzados, como también en artesanía popular, en la fabricación de herramientas y piezas de carretas (Donoso, 1978), y en la elaboración de postes y cierros (Sapag, 1998). Por la gran cantidad de follaje producido, esta especie es utilizada como forraje para los animales (Martín, 1989; cit. por Vogel et al., 2008), y su corteza también contiene una gran cantidad de taninos, utilizándose para la curtiembre (Vogel et al., 2008).

Raulí (*Nothofagus alpina*) para las regiones del Biobío, La Araucanía y Los Ríos: es una especie fuertemente dependiente de la calidad del sitio, muy sensible a condiciones locales de fertilidad de suelo, como compactación, disponibilidad de agua y competencia con malezas. En suelos fértiles crece muy bien, pudiéndose comparar con el Coigüe (Donoso y Soto, 2010). Esta especie tiene una madera fácil de trabajar, de hermosa veta y multiplicidad de usos, por lo que es considerada una de las maderas más valiosas de los bosques chilenos (Díaz-Vaz et al., 2002).

Roble (*Nothofagus obliqua*) para las regiones del Biobío y La Araucanía: es muy similar al Raulí en sus requerimientos de sitio, aparentemente necesita el control de la competencia de malezas arbustivas, y además sus resultados son muy dependientes de la calidad de la planta utilizada (Donoso y Soto, 2010). La madera de esta especie tiene variados usos, y puede diferenciarse si se trata de madera proveniente de duramen o de albura. En el primer caso, la madera es conocida como pellín, y tiene usos para fines estructurales debido a la gran durabilidad que presenta, así como para durmientes en vías férreas y postes expuestos a la intemperie. En el caso de la albura, se le puede dar usos similares, pero la diferencia está en que tiene menor durabilidad al estar expuesta a la intemperie (Díaz Vaz et al., 2002)

Lingue (*Persea lingue*) para las regiones del Biobío y La Araucanía: se ha desarrollado muy bien bajo la cobertura de plantaciones jóvenes de Coigüe y en menor medida bajo la cobertura de Raulí (Donoso y Soto, 2010) la madera de esta especie es muy apreciada para la elaboración de muebles. El pueblo mapuche de Chile usa las hojas de Lingue para curar heridas (información enviada por Leslie Landrum cit. por Donoso y Escobar, 2013).



©Leonardo Troncosos

Figura 1: Plantación de *Nothofagus alpina*, sector precordillera andina, Región de Los Ríos (2019)

Fuente: Alberto Tacón, 2019.



Figura 2: Plantación de *Nothofagus dombeyi*, sector comuna de Panguipulli, Región de Los Ríos (2019)

Fuente: Alberto Tacón, 2019.



Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) para las regiones del Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos: es una especie que crece bien en diferentes condiciones de sitio, pero necesita de protección lateral al establecimiento, y posteriormente condiciones de semisombra para desarrollarse. Es una especie interesante desde el punto de vista multipropósito (ornamental, melífera, flores, follaje y madera y biocombustibles) (Donoso y Soto, 2010). Es conocida por la calidad de la leña que produce su madera y por su abundante y hermosa floración, que es muy atractiva para las abejas melíferas y permite producir una miel de excelente sabor. Su madera es de gran belleza y se le puede dar variados usos que incluyen, entre otros, revestimientos interiores y exteriores (Díaz-Vaz et al., 2002).

Coihue (*Nothofagus dombeyi*) para las regiones de Los Ríos y Los Lagos: crece muy bien en diferentes condiciones de calidad de sitio, reportándose crecimientos promedios en torno a un metro de altura y un centímetro de diámetro (Donoso y Soto, 2010); su madera es de fácil trabajabilidad cuando está seca, y es usada en construcciones y como revestimiento exterior e interior, para parquetes y pisos, así como también en carpintería, como soporte estructural en general, y para leña (Díaz-Vaz et al., 2002; Hall y Witte, 1998).

En los **Cuadros** que se presentan en las páginas 7 a la 13, se resume información de cada una de las especies descritas anteriormente.

Los Cuadros muestran datos divididos en las siguientes categorías generales:

- Nombres (común y científico)
- Distribución (descripción, norte, sur y tipo forestal asociado)
- Requerimientos (suelo y clima)
- Crecimientos (variables, información, fuente y observaciones)
- Densidad de madera (seca, verde y S/I)



©René Canfrú

Cuadro 1: Características de la especie Quillay (Quilloja saponaria)



©Recrea



©Recrea

Nombres		Nombre común	Quillay	Nombre científico	Quilloja saponaria
Distribución	En Chile su distribución es según Gallardo y Gastó, 1987:				
	Norte	Paralelo 30° 30' Latitud Sur, en la Región de Coquimbo	Sur	Paralelo 38° Latitud Sur, al norte de la Región de La Araucanía	Tipo forestal asociado Esclerófilo
Requerimientos	Suelo	Especie adaptada para vivir en sitios pobres, secos y cálidos. Crece bien en suelos degradados, con pendientes y asoleados (Estévez, 1994), aunque su mayor desarrollo lo alcanza en suelos profundos y planos (Vita, 1974). En general no acepta excesos de agua y no se presenta en suelos lacustres orgánicos y arcillosos con mal drenaje o con exceso de salinidad (Vita, 1989). Las áreas donde se encuentra la especie corresponden generalmente al coluvio de la cordillera de los Andes y a suelos graníticos depositacionales y de lomajes y cerros de la cordillera de la Costa.			
	Clima	Abarca diversas condiciones climáticas. Se adapta a climas secos y áridos, pero también se encuentra en lugares frescos y húmedos, con presencia de nieves y heladas (Rodríguez <i>et al.</i> , 1983; Montes y Wilkomirsky, 1985, cit. por Martín F., 1989, y cit. por Benedetti, s. f.). En el extremo septentrional de su distribución (Ovalle, Región de Coquimbo), el clima se caracteriza por presentar 10 meses de sequía y 150 mm anuales de precipitación, y en el extremo meridional (Collipulli, Región de La Araucanía), presenta tres meses de sequía y 1500 mm anuales de precipitación (Estévez, 1994). Vita (1974) señala que debido a su plasticidad la especie es capaz de desarrollarse tanto en condiciones de temperaturas moderadas como soportando calores en verano e intensos fríos en invierno. Presenta resistencia a la nieve y a períodos de sequía.			
Crecimientos	Variables	Información		Fuente	Observaciones
	Parámetros de rodal	DCM 11,6 cm, Nha 833 arb/ha, Gha 7,5 m ² /ha		Cruz y San Martín, 2000	Bosque original
	Diámetros	IMA diámetro 0,49 cm/año		Cruz <i>et al.</i> , 2013	Rango de 7 a 88 años
		IMA diámetro 0,6 a 0,3 cm/año		Lagos, 1998	Hasta los 35 años
		IMA diámetro 0,1 cm/año		Lagos, 1998	Posterior a los 35 y hasta los 85 años
		IMA diámetro 0,8 cm/año		Wrann, 1985	Rotación 35 años dap 28 cm
	Altura	IMA diámetro 0,54 cm/año		Donoso <i>et al.</i> , 2013	Río Negro Región de Coquimbo rango 0,29 a 0,95 cm/año
		IMA altura 0,1 a 0,4 m con media de 0,26		Proyecto Fondef 2004 (Donoso <i>et al.</i> 2013)	Región de Coquimbo a Región de Maule
		14 cm/año altura		INFOR, 2000	
		20 cm/año altura		Toral y Rosende, 1986	Rotación de 52 años
Biomasa	5-25 años 0,19 m/año 25-45 años 1,14 m/año 45-60 años 0,1 m/año		Toral, 1983		
	0,5 a 0,78 m ³ /ha/año		Pulido, 2000	Determinados a partir de una función de producción de biomasa	
Plantación Regeneración	900 árboles/ha Labor común e indispensable, el subsolado del suelo				Forestaciones con éxito del 90% en Región de Valparaíso
	Regeneración natural se favorece con presencia de arbustos que generen un efecto nodriza				
Densidad de la madera	Seco (12%)	0,55 Quintana (2008) 0,63 Cruz (2014) 0,56 Mansilla <i>et al.</i> (1991)			

Cuadro 2: Características de la especie Peumo (*Cryptocarya alba*)

Nombres		Nombre común	Peumo	Nombre científico	<i>Cryptocarya alba</i>
Distribución	En Chile su distribución es según Gallardo y Gastó, 1987:				
	Norte	Limarí	Sur	Cautín	Tipo forestal asociado Esclerófilo
Requerimientos	Suelo	Se desarrolla bien en suelos medianamente húmedos con algo de materia orgánica. Se presenta en suelos francos a pedregoso-arcillosos, bajo un pH neutro a ácido (Riedemann y Aldunate, 2001), prefiriendo terrenos sueltos y profundos, y resistiendo muy bien las heladas (Vogel <i>et al.</i> , 2008).			
	Clima	Distribuida principalmente en tres climas: mediterráneo marino, mediterráneo frío y mediterráneo temperado, donde las temperaturas en que se desarrolla la especie se encuentran entre los -3,2 ° y 9,4 °C para las mínimas y 16,5 ° y 31,3 °C para las máximas. La temperatura media es de 13 °C y las precipitaciones se mueven en un rango de 104,4 a 2555,2 mm anuales (Del Fierro <i>et al.</i> , 1998).			
Crecimientos	Variables	Información	Fuente	Observaciones	
	Volumen 1	IMA 0,803 m ³ /ha/año	Donoso, 1981	Conjunto, densidades bajas, de 40 a 50 arb/ha	
	Volumen 2	IMA 6,23 m ³ /ha/año	Donoso, 1981	Densidades de 100 arb/ha, cuyos valores están dados para áreas en que las especies consideradas fueron Quillay, <i>Lithraea caustica</i> , <i>Acacia caven</i> , <i>Cryptocarya alba</i> y <i>Peumus boldus</i>	
	Diámetro 1	IMA 0,8 cm/año, rotación de 35 a 40 años, obtener 132,5 m ³ /ha de madera	Matte, 1960, cit. Vita 1989	Bosque de fondo de quebrada, cobertura cercana a 100%	
Diámetro 2	IMA 0,56 cm/año, 30 a 50 años, volumen 80 m ³ /ha	Tapia, 2005	En mezcla Peumo-Quillay		
Densidad de la madera	Seco (12%)	Sin información	Verde	Sin información	

Fuente: Yasna Rojas, 2019.



©Recrea



©Recrea

Cuadro 3: Características de la especie Roble (*Nothofagus obliqua*)



©Recrea



©Recrea

Nombres		Nombre común	Roble	Nombre científico	<i>Nothofagus obliqua</i>	
Distribución	Cordillera de los Andes:					
	Norte	Cordillera de los Andes	Sur	Cordillera de los Andes	Tipo forestal asociado	Varios tipos forestales
		Colchagua		Puerto Montt		
	Cordillera de la Costa a valle central	Cordillera de la Costa a valle central	Puerto Montt			
Requerimientos	Suelo	La especie se encuentra preferentemente en suelos profundos, fértiles y con cierta humedad, teniendo un característico manto de materia orgánica en descomposición. En la cordillera de la Costa ($\pm 33^\circ$ LS) el Roble crece en suelos de roca granítica poco desarrollados, generalmente residuales sobre afloramientos rocosos. Hacia el sur los suelos se desarrollan sobre esquistos y micaesquistos poco profundos (50-60 cm) de textura comúnmente franca y con grava a escasa profundidad (Pimstein, 1974, cit. por Donoso, 1981). Los suelos de la cordillera de los Andes entre los $34^\circ 30'$ y $36^\circ 50'$ LS, tienen como material generador rocas graníticas, conglomerados volcánicos que originan algunos suelos trumaos (Ibarra y Mourgues, 1976, cit. por Donoso, 1981). Más al sur, el Roble ocupa los faldeos cordilleranos y el llano central (entre los $36^\circ 30'$ y $40^\circ 30'$ LS), donde hay suelos aluviales y glaciales más profundos y especialmente en sitios bien drenados (Donoso, 1978). De estos antecedentes se deriva una plasticidad respecto a sus requerimientos edáficos.				
	Clima	Distribución ($\pm 33^\circ$ LS). El clima es mediterráneo, lluvioso durante el invierno y seco en verano, con precipitaciones de entre 500 y 1000 mm/año en la cordillera de la Costa. El período seco disminuye paulatinamente hacia el sur (Donoso, 1981), donde predomina un clima de tipo templado húmedo (Di Castri y Hajck, 1976). La precipitación varía desde 1500 mm hasta unos 3000 mm dependiendo de la altitud y latitud. Es la especie más termófila de los <i>Nothofagus</i> , con temperaturas medias anuales de 11°C y mayores a 10°C por lo menos durante siete meses al año (Hantelmann, 1965, cit. por Donoso, 1981). El Roble puede adaptarse donde las precipitaciones sobrepasan un promedio anual del orden de 500 mm.				
Crecimientos	Variables	Información		Fuente	Observaciones	
	Volumen 1	IMA 12 a 17 m ³ /ha/año, 7,5 m ² /ha, condición 1		Donoso, 1993	Cautín y Valdivia, plantaciones de 20 años	
	Volumen 2	IMA 8 a 18 m ³ /ha/año, condición 2		Donoso, 1993	Crecimientos promedio según calidad de sitios	
	Volumen 3	IMA 18 m ³ /ha/año, condición 3		Donoso, 1993	Plantaciones de 2 x 2 en sitios buenos	
	Volumen 4	IMA 12 m ³ /ha/año, condición 4		Donoso, 1993	Plantaciones de 2 x 2 en sitios regulares	
	Volumen 5	IMA 8 m ³ /ha/año, condición 5		Donoso, 1993	Plantaciones de 2 x 2 en sitios malos	
Densidad de la madera		Seco (12%)	624 kg/m ³	Verde	447 kg/m ³	

Fuente: Yasna Rojas, 2019.

Cuadro 4: Características de la especie Lingue (*Persea lingue*)

Nombres		Nombre común	Lingue	Nombre científico	<i>Persea lingue</i>
Distribución	En Chile su distribución es según Gallardo y Gastó, 1987:				
	Norte	Valparaíso, zona de Quillota. Se concentra especialmente en la depresión central a partir de Malleco, donde ha desaparecido drásticamente debido a la habilitación de terrenos agrícolas y corta indiscriminada. En la región mediterránea se encuentra preferentemente en quebradas y en laderas de exposiciones sombrías (Donoso, 2013).	Sur	Los Lagos, canal de Chacao. Donoso, 1974	Tipo forestal asociado	Esclerófilo, pero principalmente en condiciones de cierta humedad. Hacia el sur se asocia preferentemente con las especies propias del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue, creciendo como una especie importante en remanentes originales junto a Roble, Laurel y Ulmo (Donoso, 2013). El tipo forestal Siempreverde crece hasta los 800 m, asociándose con las diferentes especies de este tipo forestal, pero especialmente en altitudes menores con Olivillo, Ulmo y Laurel (Donoso, 1989; Donoso, 1995).
Requerimientos	Suelo	En el norte su distribución crece en suelos desarrollados en sustratos graníticos en gran parte de las áreas cordilleranas, donde se encuentran asociados a condiciones de cierta humedad en quebradas y laderas húmedas y sombrías. En el llano central es muy probable que los suelos donde crece sean de origen sedimentario. Hacia el sur de los 36 °, por la cordillera de los Andes, su presencia se encuentra asociada a suelos trumaos, y en la cordillera de la Costa preferentemente a suelos graníticos o metamórficos en Nahuelbuta y en suelos rojo arcillosos en algunas laderas occidentales. En todas estas condiciones de suelo, la topografía en que se desarrolla <i>Persea lingue</i> es generalmente suave, asociado a posibilidades de que la profundidad de suelo sea alta y las condiciones de humedad moderadas (Donoso, 2013).			
	Clima	Especie que crece muy bien en las condiciones de clima más moderadas en cuanto a humedad y temperatura, dentro del clima mediterráneo en su rango septentrional, como en el clima oceánico templado lluvioso, en su rango meridional. En condiciones más rigurosas del clima mediterráneo se ubica generalmente en quebradas o cerca de cursos de agua. En el sur de su distribución tiende a crecer con más vigor cerca de lagos y en exposiciones norte más soleadas, hábitat donde encuentra excelentes condiciones de temperatura y humedad moderadas (Deus, 1982; Donoso <i>et al.</i> , 1985).			
Crecimientos	Variables	Información	Fuente	Observaciones	
	Condición 1	0,15 cm (crecimiento corriente anual en altura promedio).	Donoso, 2013	Plantación en la provincia de Valdivia. En los primeros cinco años se obtuvo un incremento promedio anual de 0,15 cm; posteriormente, en los últimos cuatro años aumentó a 0,19 cm, obteniéndose un promedio de 0,23 cm en el noveno año de medición.	
Densidad de la madera		Seco (12%)	535 kg/m ³	Verde	493 kg/m ³

©Recrea



©Recrea



Fuente: Yasna Rojas, 2019.

Cuadro 5: Características de la especie Raulí (*Nothofagus alpina*)

Nombres		Nombre común	Raulí	Nombre científico	<i>Nothofagus alpina</i>	
Distribución		Norte	Maule	Sur	Los Lagos	Tipo forestal asociado Roble-Raulí-Coihue-Tepa
Requerimientos	Suelo	En forma general, se puede señalar que el Raulí se desarrolla en la cordillera y la precordillera andina, en suelos derivados de cenizas volcánicas, y en la cordillera de la Costa, en suelos de origen metamórfico.				
	Clima	Las condiciones en que se desarrolla el Raulí son bastante variables. Se encuentra tanto en los climas templado-húmedos con veranos secos, que se dan en la parte septentrional de su distribución natural, así como en los climas templados con precipitación abundante todo el año, lo cual se observa en la parte meridional (Vita, 1974).				
Crecimientos	Variables	Información		Fuente	Observaciones	
	Volumen 1	IMA 12 a 17 m ³ /ha/año, condición 1		Monografía, INFOR	Registró un crecimiento en DAP en los primeros 10 años de 1,0 cm/año en promedio y de 1,5 (cm/año durante los últimos cinco años.	
	Volumen 2	IMA 18 m ³ /ha/año, condición 2		Donoso <i>et al.</i> , 1992	Sitios buenos, plantaciones de 2 x 2.	
	Volumen 3	IMA 12 m ³ /ha/año, condición 3		Donoso <i>et al.</i> , 1992	Sitios regulares, plantaciones de 2 x 2.	
	Volumen 4	IMA 8 m ³ /ha/año, condición 4		Donoso <i>et al.</i> , 1992	Sitios malos, plantaciones de 2 x 2.	
		IMA 18,5 m ³ /ha/año, condición 4		Donoso <i>et al.</i> , 2013	Incremento medio anual a la edad de 40 años, asumiendo tasa de 25 m ³ /ha/año hasta los 40 años.	
	Altura	IMA 0,69 m/año cordillera de la Costa; D. intermedia Valdivia 0,52 m/año; Llanquihue y Chiloé 0,51 y 0,85 m/año; cordillera de los Andes 0,73 a 1,07 m/año.		Donoso <i>et al.</i> , 1993 y Donoso <i>et al.</i> , 1999		
IMA 0,76 cm/año exp. Norte y 1,0 cm/año exp. Sur y en altura 0,6 m/año exp. Norte y 1 m/año exp. Sur.		Weinstroer <i>et al.</i> , 2013	Plantaciones mixtas con Coihue o Pino oregón a campo abierto en precordillera de los Andes.			
Diámetro	IMA 0,6 cm Depresión intermedia; 0,84 cm cordillera de la Costa; 0,67 a 0,82 cm Dep Intermedia Llanquihue, y 0,57 a 1,02 cm cordillera de los Andes en provincias de Cautín y Valdivia.		Donoso <i>et al.</i> , 1993 y Donoso <i>et al.</i> , 1999			
Densidad de la madera	Seco (12%)		624 kg/m ³	Verde		447 kg/m ³
	Otros	<p>Zona de crecimiento 1 (actual 9-13 m³/ha/año; aumento potencial de 50%), constituida por las siguientes situaciones: 1. Extremo norte de la distribución del Raulí, Provincia de Curicó; 2. Faldeos cordilleranos andinos del sur de la provincia de Malleco, entre los 400 m s.n.m y 800 m s.n.m.</p> <p>Zona de crecimiento 2 (actual 8-11 m³/ha/año; aumento potencial de 21%), constituida por las siguientes situaciones: 1. Faldeos cordilleranos, entre los 400 m s.n.m. y 800 m s.n.m., de las provincias de Cautín y Valdivia.</p> <p>Zona de crecimiento 3 (actual 6-9 m³/ha/año; aumento potencial de 8%), constituida por las siguientes situaciones: 1. Poblaciones de la cordillera de Nahuelbuta y aquellas desde Ñuble hasta el norte de Malleco, en altitudes bajo 600 m s.n.m.; 2. En altitudes sobre los 900 m s.n.m., desde Malleco hasta Cautín; 3. Renovales que se internan hacia el límite con Argentina en las provincias de Cautín y Valdivia.</p> <p>Zona de crecimiento 4 (actual 2-6 m³/ha/año; aumento potencial de 37%), constituida por las siguientes situaciones: 1. En las poblaciones de la cordillera de la Costa existentes en la ladera oriental de esta, en las provincias de Valdivia y Osorno; 2. En los renovales sobre 800 m s.n.m, ubicados entre los 36° y los 38° Latitud Sur.</p>				



©Recrea

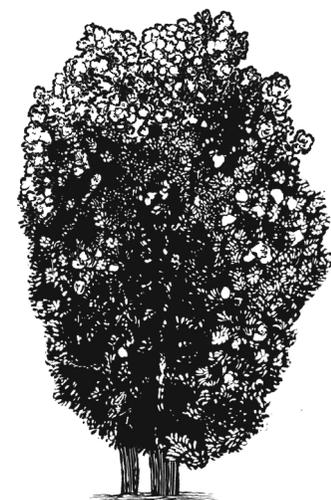


©Recrea

Cuadro 6: Características especie de Ulmo (*Eucryphia cordifolia*)

Nombres		Nombre común	Ulmo	Nombre científico	<i>Eucryphia cordifolia</i>	
Distribución		Norte	Biobío	Sur	Los Lagos	Tipo forestal asociado Siempreverde
Requerimientos	Suelo	Los suelos en que crece son más bien húmedos.				
	Clima	Al Ulmo se le observa preferentemente en zonas templadas, y al igual que el laurel. Se encuentra en mejores condiciones en zonas de humedad media (Ramírez y Figueroa, 1985). Sin embargo, no tiene mayores dificultades para desarrollarse en zonas más húmedas, colaborando con un mejor drenaje y cediendo el paso a otras especies de mayor tolerancia a la humedad (Donoso, 1993).				
Crecimientos	Variables	Información	Fuente		Observaciones	
	Volumen	IMA 19 m ³ /ha/año	Cubbaje <i>et al.</i> , 2007 y Donoso, 2009		Plantación mixta con Coihue	
	Diámetro y Altura	IMA 1 cm en DAP y 0,5 m en altura	Donoso, 1993		Dos ensayos de plantaciones hechas con Laurel en Frutillar (Región de Los Lagos).	
Densidad de la madera		Seco (12%)	648 kg/m ³	Verde	507 kg/m ³	

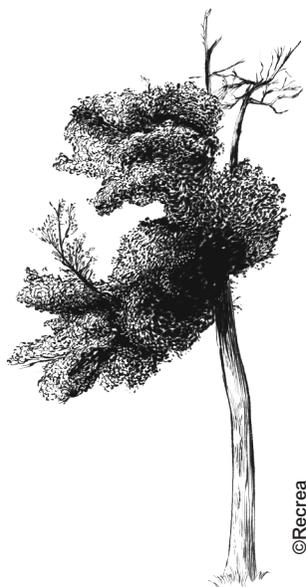
Fuente: Yasna Rojas, 2019.



©Recrea



©Recrea



©Recrea



©Recrea

Cuadro 7: Características de la especie Coihue (*Nothofagus dombeyi*)

Nombres		Nombre común	Coihue	Nombre científico		<i>Nothofagus dombeyi</i>	
Distribución		Norte	Maule	Sur	Los Lagos	Tipo forestal asociado	Siempreverde y otros
Requerimientos	Suelo	El Coihue crece bajo condiciones muy variadas, encontrándose en suelos de distintas profundidades y de drenaje variable, buena disponibilidad de humedad, en suelos mal drenados y en ñadis. En las áreas bajas, crece sobre trumaos que cubren rocas volcánicas y sobre un sustrato pumicítico, arenas y escorias volcánicas. También en las tierras altas del tramo austral de los Andes. Se encuentra en suelos pedregosos en quebradas y sobre rocas metamórficas en la cordillera de la Costa de la región centro-sur (Donoso <i>et al.</i> 1991). No se desarrolla bien en suelos arcillosos (Rodríguez, 1969). Condiciones de sitio: el Coihue requiere suelos delgados a medianamente profundos con buena porosidad y buen contenido de humedad en la época más desfavorable (verano). No requiere protección lateral para una buena sobrevivencia y se han obtenido buenos resultados en plantaciones realizadas en grandes espacios dentro del bosque (Donoso <i>et al.</i> 1991).					
	Clima	Las condiciones climáticas varían considerablemente dentro del rango de distribución del Coihue. La precipitación anual es de 700 a 1.000 mm en la región mediterránea y aumenta gradualmente a más de 5.000 mm en muchos lugares desde Valdivia a Aysén. También se produce una variación de oeste a este, siendo mayor la precipitación en las pendientes occidentales de la cordillera de la Costa y de la cordillera de los Andes (Kunstmann, cit. por Donoso, 1978a). La distribución de la precipitación es también variable. En el extremo norte de su rango de distribución hay cuatro a seis meses de sequía durante la estación de crecimiento, lo que disminuye gradualmente hacia el sur. Rodríguez (1969) señala que se desarrolla en forma óptima en climas no muy calurosos con pluviometría sobre 2.000 mm al año.					
Crecimientos	Variables	Información		Fuente		Observaciones	
	Volumen 1	20,7 m ³ /ha/año		Donoso, 1993		Precordillera de los Andes, Quechumalal (1909 p/ha)	
	Volumen 2	20 m ³ /ha/año		Donoso, 1996		Promedio cordillera de la Costa-Rotaciones de 35 a 40 años	
	Volumen 3	25 m ³ /ha/año		Donoso, 1996		Promedio cordillera de los Andes-Rotaciones de 35 a 40 años	
Densidad de la madera		Seco (12%)	604 kg/m ³	Verde		493 kg/m ³	

Fuente: Yasna Rojas, 2019.

Identificación de esquemas de plantación y manejo para las especies seleccionadas

» Plantaciones mixtas

Si bien existe muy poca experiencia silvícola en plantaciones mixtas con especies nativas en Chile, a nivel internacional sí han sido estudiadas, y se destaca que con la mezcla de especies se produce adición en la productividad forestal (Piotto, 2008 cit. por Donoso y Soto, 2010) y que se requiere un buen conocimiento autoecológico de las especies y el adecuado manejo de la estructura vertical de las plantaciones (Kelty, 2006).

En plantaciones mixtas las actividades culturales como el raleo son más complejas y requieren de un apropiado y oportuno diagnóstico (Donoso y Soto, 2010).

Si bien no existe suficiente información empírica para la proyección de crecimiento de plantaciones mixtas, se modelan escenarios de ellas considerando la existencia de un escenario futuro que debe incluir salvaguardas ambientales y sociales, dando alternativas multipropósito a los propietarios, basándose además en las distintas referencias bibliográficas encontradas para cada una de las especies en análisis.

No obstante, es importante señalar que el manejo de plantaciones mixtas es de mayor complejidad y requiere de una adecuada supervisión. A partir de la disponibilidad regional de terrenos de forestación, se analizaron varias opciones de mezclas de especies que se detallan en el siguiente Cuadro:

Cuadro 8: Posibilidades de mezcla de especies

Sitio/Región	VI - VII	VIII	IX	XIV	X
Precordillera	Quillay, Peumo, Maitén, Molle	Raulí, Roble, Coihue, Laurel, Lingue	Raulí, Roble, Coihue, Tapa, Ulmo	Raulí, Roble, Coihue, Tapa, Ulmo, Mañío	Coihue, Ulmo, Mañío
Cordillera de la Costa	Quillay, Espino, Algarrobo, Litre	Raulí, Roble, Ulmo, Laurel	Raulí, Roble, Coihue, Notro, Ulmo, Canelo	Coihue, Ulmo, Canelo, Notro, Mañío, Lingue	Coihue, Ulmo, Canelo, Notro
Valle Central	Quillay, Espino, Algarrobo, Litre	Quillay, Boldo, Espino, Maitén, Roble	Roble, Quillay, Maitén, Ulmo, Laurel	Roble, Ulmo, Lingue, Canelo	Coihue, Ulmo, Canelo

Fuente: Yasna Rojas, 2019.



De estas posibilidades, se evalúan las siguientes mezclas como opciones por evaluar:

- **Quillay-Peumo:** para las regiones de O'Higgins y Maule, estas dos especies crecen adecuadamente.
- **Roble-Lingue:** para las regiones del Biobío y La Araucanía.
- **Raulí-Ulmo:** para las regiones del Biobío, La Araucanía y Los Ríos, en zonas de precordillera andina.
- **Coihue-Ulmo:** para las regiones de Los Ríos y Los Lagos.

Al considerar dos especies, se contempla la participación del 50% de cada especie en la plantación. Para todas las plantaciones se estiman como prácticas culturales la preparación de casillas

de 30 x 30 cm y la fertilización debido a que se establecen en terrenos con un grado de erosión moderado.

Las características más relevantes para el establecimiento de la plantación comprenden lo detallado en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Características del establecimiento

Especie	Densidad
Peumo-Quillay	3 x 3 (1 111 arb/ha)
Roble-Lingue	3 x 2 (1 600 arb/ha)
Raulí-Ulmo	3 x 2 (1 600 arb/ha)
Coihue-Ulmo	3 x 2 (1 600 arb/ha)

Fuente: Yasna Rojas, 2019.



Transformación de volumen a contenido de CO₂

Para la determinación de las capturas y emisiones se evalúan solo dos depósitos de carbono: la biomasa aérea y la biomasa de raíces. La información que se obtiene para cada una de las especies forestales en el período de proyección se hace en volúmenes comerciales, tanto de cortas (raleos) como para los crecimientos anuales.

Para establecer los contenidos de CO₂ se trabaja de acuerdo con la metodología de las Directrices del IPCC de 2006, que se detalla en el Cuadro 10.

Para los datos de densidad, factores de expansión, fracción de carbono y conversión a CO₂ equivalente, se usó la información que está resumida en el Cuadro 11.

Para el caso de la densidad y los factores de expansión a biomasa aérea (FEB) y biomasa subterránea (R), se utilizó la información que existe a nivel nacional, y para el caso de la fracción de carbono, se utilizó el valor de las Directrices del IPCC de 2006.

Cuadro 10: Pasos para transformar volumen en CO₂

Pasos	Función	Definiciones
1. Se transforma el volumen (m ³) a biomasa (t). Esto se hace bajo la siguiente función:	$B = V * \delta$	<ul style="list-style-type: none"> B: Biomasa (t) V: Volumen comercial (m³) δ: Densidad (t/m³)
2. Se expande la biomasa comercial a la biomasa total del árbol (biomasa aérea y subterránea) bajo la siguiente fórmula:	$BT = B * FEB * (1 + R)$	<ul style="list-style-type: none"> BT: Biomasa total (t) FEB: Factor de expansión a biomasa aérea R: Proporción de raíces
3. Se determina el contenido de carbono según la siguiente fórmula:	$C = BT * FC$	<ul style="list-style-type: none"> C: Carbono (t) BT: Biomasa total (t) FC: Fracción de carbono
4. Finalmente, se lleva el contenido de carbono a CO ₂ equivalente según la siguiente ecuación:	$CO_2e = C * FCon$	<ul style="list-style-type: none"> CO₂e: CO₂ equivalente (t) C: Carbono (t) FCon: Factor de conversión C/CO₂

Fuente: IPCC, 2006.



©Alberto Font

Cuadro 11: Datos paramétricos, factores de expansión y contenido de carbono

Propiedad	Especie	t/m ³	Fuente
Densidad	Quillay	0,58	*
	Peumo	0,5	IPCC
	Roble	0,47	**
	Lingue	0,45	**
	Raulí	0,46	***
	Ulmo	0,53	***
	Coihue	0,43	***
	Radal	0,5	IPCC
Factores de expansión biomasa comercial arbórea	Quillay	1,52	****
	Peumo	1,09	*****
	Roble	1,36	***
	Lingue	1,63	***
	Raulí	1,50	***
	Ulmo	1,31	***
	Coihue	1,30	***
	Radal	1,4	IPCC
Proporción de raíces	Quillay	0,29	***
	Peumo	0,29	***
	Roble	0,29	***
	Lingue	0,29	***
	Raulí	0,33	***
	Ulmo	0,29	***
	Coihue	0,29	***
	Radal	0,29	***
Factor de emisión C en ms (Fracción de carbono - FC)		0,47	IPCC, 2006
Factor de conversión C/CO ₂		3,667	

Fuente: Quintana, 2008; Cruz, 2014; Mansilla *et al*, 1991.

NOTAS:

- * Promedio Quintana (2008), Cruz (2014), Mansilla *et al*. (1991)
- ** Gayoso *et al*. (2002); Pérez (1983); Hernández y Pinilla (2010)
- *** Gayoso *et al*. (2002)
- **** Toral (1983) y Pulido (2000)
- ***** Barriga (2012)

Esquemas de manejo y proyección de absorciones netas de CO₂

Desde el punto de vista de la gestión asociada a estas nuevas formaciones, se recurre a definir un esquema de manejo con fines productivos:

» Plantaciones de Quillay-Peumo

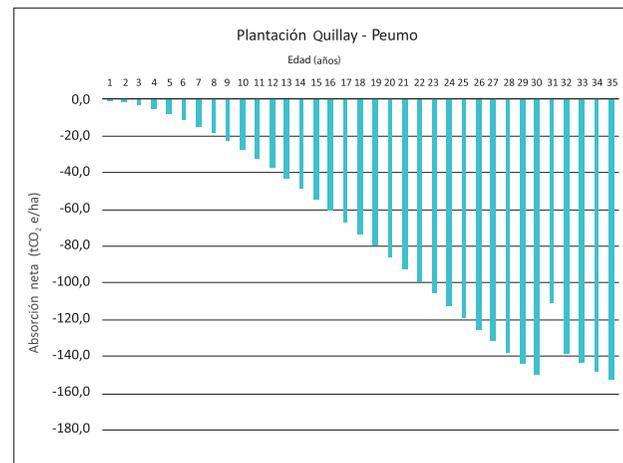
Se proponen dos esquemas de manejo para las plantaciones de Quillay-Peumo considerando dos condiciones de suelo para la plantación: suelos con erosión moderada a ligera y suelos con erosión severa.



Manejo para plantaciones de Quillay-Peumo, erosión moderada a ligera

Para plantaciones que se establezcan en suelos de erosión moderada a ligera se considera plantar y dejar crecer la plantación hasta los 30 años de edad, momento en que se realiza una corta intermedia o raleo que extrae el 15% del volumen. En la proyección en términos de CO₂ para este esquema de manejo (Figura 3), se puede ver el efecto de la corta intermedia, la que provoca una disminución en la absorción neta, y cómo luego el bosque recupera la curva de proyección. A los 20 años la plantación alcanza una absorción neta de 86,14 t CO₂e/ha, y a los 35 años 152,98 t CO₂e/ha.

Figura 3: Proyección de plantación mixta de Quillay-Peumo en una condición de erosión moderada a ligera

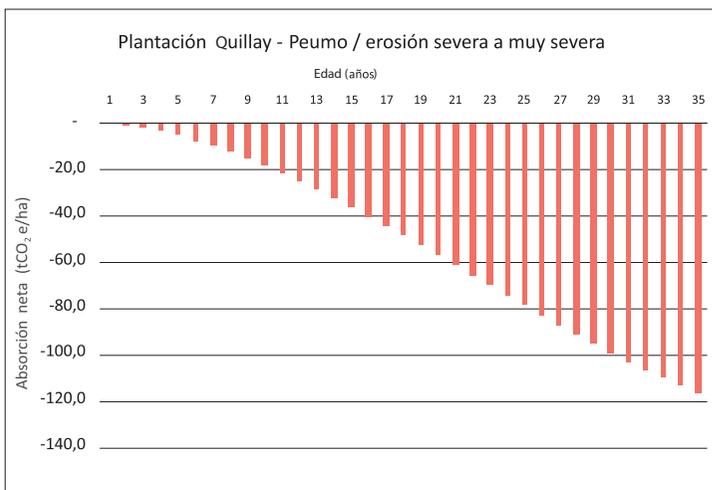


Fuente: Yasna Rojas, 2019.

Manejo para plantaciones de Quillay-Peumo, erosión severa

El manejo para este tipo de plantaciones en suelos con erosión severa a muy severa se considera sin extracciones intermedias. La proyección de absorción neta que se presenta en la Figura 4 muestra que a los 20 años la plantación alcanza una absorción neta de 57 t CO₂e/ha, y a los 35 años 116,2 t CO₂e/ha.

Figura 4: Proyección de plantación mixta de Quillay-Peumo en una condición de erosión severa a muy severa



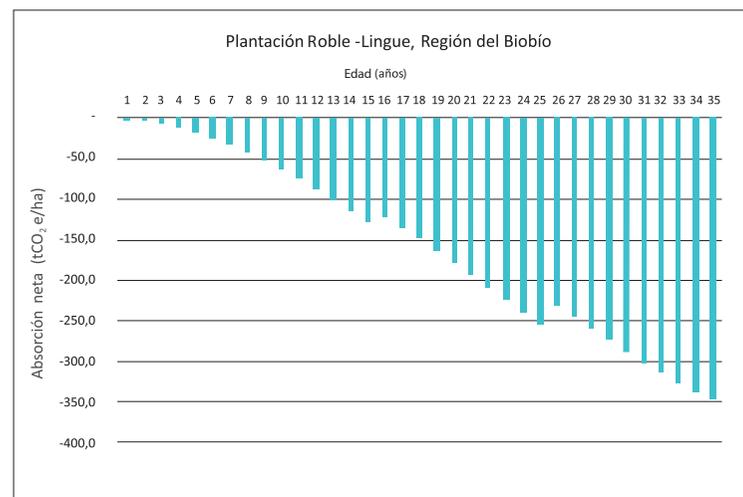
Fuente: Yasna Rojas, 2019.

» Plantaciones de Roble-Lingue

En este caso se consideran las plantaciones mixtas de Roble-Lingue para la Región del Biobío, y se contempla un manejo con dos cortas intermedias, la primera a los 15 años de edad y la segunda a los 25 años; ambas extraen 15% del volumen.

Las proyecciones (Figura 5) muestran que a los 20 años de edad las plantaciones absorben 177,9 t CO₂e/ha, y a los 35 años de edad alcanzan una absorción neta de 347,6 t CO₂e/ha.

Figura 5: Proyección de plantación mixta de Roble-Lingue



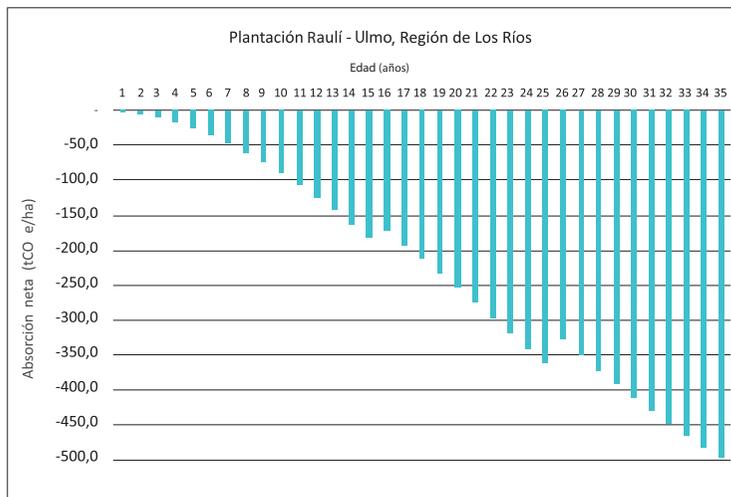
Fuente: Yasna Rojas, 2019.

» Plantaciones de Raulí-Ulmo

Se consideran plantaciones mixtas de Raulí y Ulmo para la Región de Los Ríos con un manejo de dos cortas intermedias, la primera a los 15 años de edad y la segunda a los 25 años; ambas extraen 15% del volumen.

Las proyecciones (Figura 6) muestran que a los 20 años de edad las plantaciones absorben 254,1 t CO₂e/ha, y a los 35 años de edad alcanzan una absorción neta de 496,6 t CO₂e/ha.

Figura 6: Proyección de plantación mixta de Raulí-Ulmo



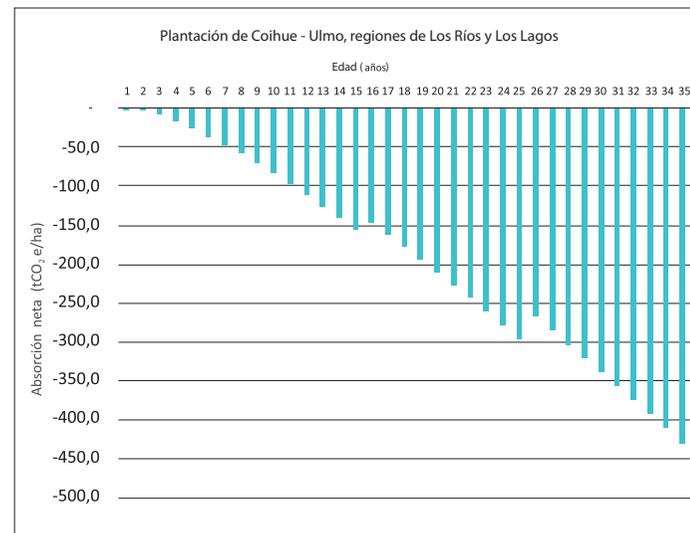
Fuente: Yasna Rojas, 2019.

» Plantaciones de Coihue-Ulmo

Las plantaciones mixtas de Coihue y Ulmo se recomiendan para las regiones de Los Ríos y Los Lagos y se considera un manejo con dos cortas intermedias, la primera a los 15 años de edad y la segunda a los 25 años; ambas extraen 15% del volumen.

Las proyecciones (Figura 7) muestran que a los 20 años de edad las plantaciones absorben 209,3 t CO₂e/ha, y a los 35 años de edad alcanzan una absorción neta de 429,2 t CO₂e/ha.

Figura 7: Proyección de plantación mixta de Coihue-Ulmo



Fuente: Yasna Rojas, 2019.



© Instituto Forestal René Reyes

Recuperación de bosques degradados

Los bosques degradados generan menos absorciones de CO₂. Este tipo de bosques, que se caracterizan porque en él quedan pocas especies arbóreas, ha ido perdiendo su potencial de crecimiento. Es así como su recuperación como bosque propiamente tal asegura un mejoramiento en sus tasas de crecimiento y, por ende, en las tasas de absorción de CO₂. Se han realizado proyecciones para los tipos forestales Esclerófilo, Roble-Raulí-Coihue y Siempreverde.

En el siguiente cuadro se pueden ver los crecimientos medios anuales respectivos considerados en la proyección, en la que se contemplan dos fases de crecimiento:

Cuadro 12: Crecimiento medio anual por fases de crecimiento

Tipo forestal	Crecimiento medio anual - Fase 1 ¹ (m ³ /ha/año)	Crecimiento medio anual - Fase 2 ² (m ³ /ha/año)
Esclerófilo	2,5	2,5
Siempreverde	3,8	6,1
Roble - Raulí - Coihue	3,7	6,4

Fuente: Yasna Rojas, 2019.

¹ Fase 1: hasta los 20 años

² Fase 2: a partir de los 20 años



© INFOR/René Reyes

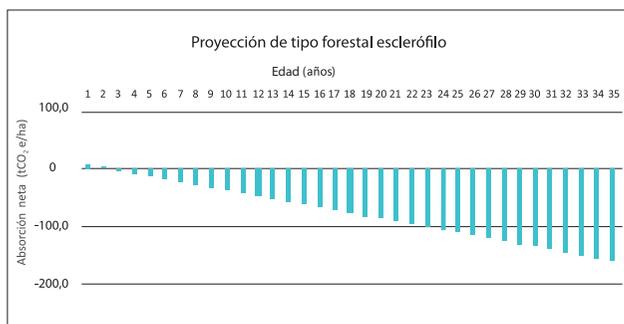


Tipo forestal esclerófilo

Escenario 1: se evalúa el crecimiento del tipo forestal Esclerófilo considerando una limpia del terreno de especies que no permiten la regeneración del bosque y se realizan actividades de plantación suplementaria de las especies que componen el tipo forestal Esclerófilo. En la Figura 8 se observa la proyección de las absorciones netas. Los primeros años existe una emisión de CO₂, ya que es necesario extraer biomasa de especies no deseadas para facilitar la restauración del bosque, y esta extracción genera una emisión.

A los 20 años de edad el bosque alcanza una absorción neta de 85,45 t CO₂e/ha, y a los 35 años 158,3 t CO₂e/ha.

Figura 8: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Esclerófilo

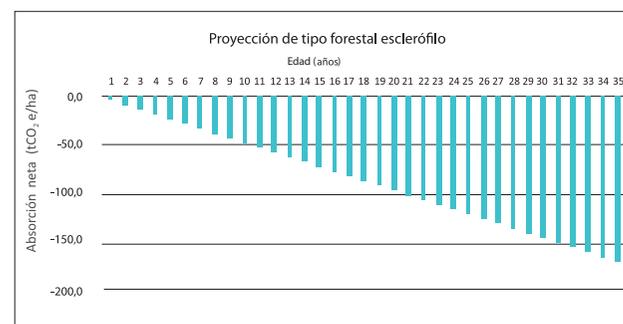


Fuente: Yasna Rojas, 2019..

Escenario 2: se evalúa el crecimiento del tipo forestal Esclerófilo sin considerar una limpia del terreno por no ser necesaria, y solo se realizan actividades de plantación suplementaria de las especies que componen el tipo forestal esclerófilo. En la Figura 9 se observa la proyección de las absorciones netas.

A los 20 años de edad el bosque alcanza una absorción neta de 97,3 t CO₂e/ha, y a los 35 años 170,2 t CO₂e/ha.

Figura 9: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Esclerófilo



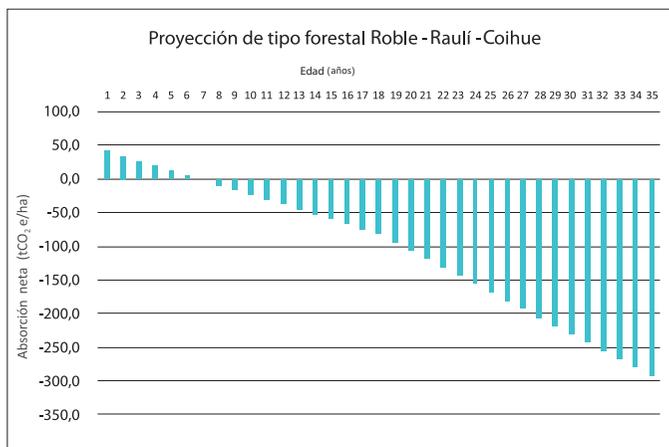
Fuente: Yasna Rojas, 2019..

Tipo forestal Roble-Raulí-Coihue

Escenario 1: se evalúa el crecimiento del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue considerando una limpia del terreno de especies que no permiten la regeneración del bosque, y se realizan actividades de plantación suplementaria de las especies que componen el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue. En la Figura 10 se observa la proyección de las absorciones netas. Los primeros años existe una emisión de CO₂, ya que es necesario extraer biomasa de especies no deseadas para facilitar la restauración del bosque, y esta extracción genera una emisión.

A los 20 años de edad el bosque alcanza una absorción neta de 105,8 t CO₂e/ha, y a los 35 años 292,6 t CO₂e/ha.

Figura 10: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Ro-Ra-Co

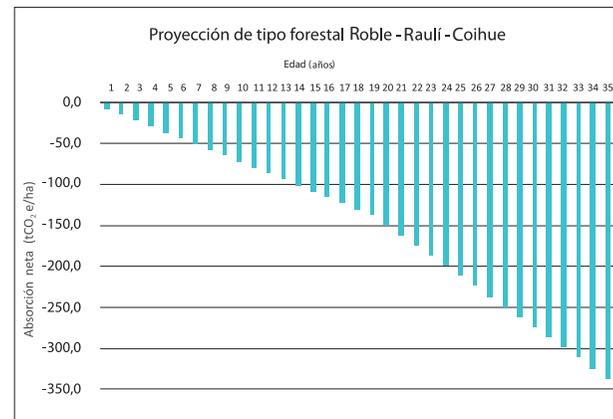


Fuente: Yasna Rojas, 2019.

Escenario 2: se evalúa el crecimiento del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue sin considerar una limpia del terreno porque no es necesaria, y solo se realizan actividades de plantación suplementaria de las especies que componen el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue. En la Figura 11 se observa la proyección de las absorciones netas.

A los 20 años de edad el bosque alcanza una absorción neta de 149,2 t CO₂e/ha, y a los 35 años 335,9 t CO₂e/ha.

Figura 11: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Ro-Ra-Co sin limpia inicial del terreno



Fuente: Yasna Rojas, 2019.



©INFOR/Bernardo Pilquinao



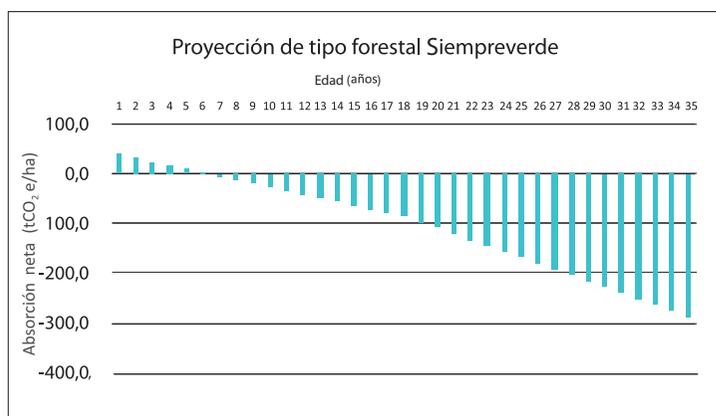
©Instituto Forestal

Tipo forestal Siempreverde

Escenario 1: se evalúa el crecimiento del tipo forestal Siempreverde considerando una limpia del terreno de especies que no permiten la regeneración del bosque y se realizan actividades de plantación suplementaria de las especies que componen el tipo forestal Siempreverde. En la Figura 12 se observa la proyección de las absorciones netas. Los primeros años existe una emisión de CO₂, ya que es necesario extraer biomasa de especies no deseadas para facilitar la restauración del bosque, y esta extracción genera una emisión.

A los 20 años de edad el bosque alcanza una absorción neta de 108,3 t CO₂e/ha, y a los 35 años 286,3,6 t CO₂e/ha.

Figura 12: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Siempreverde

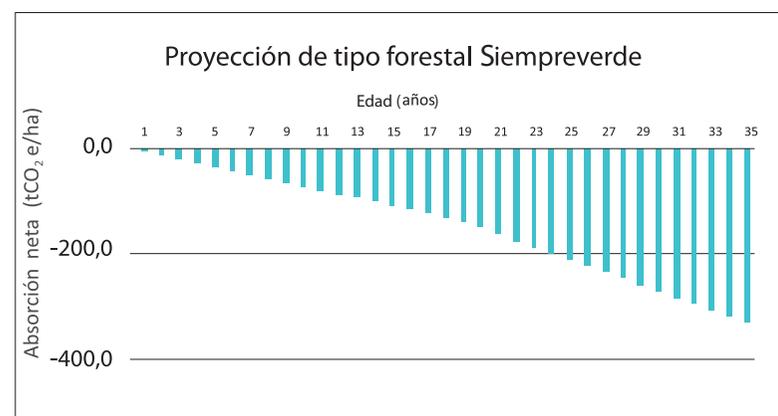


Fuente: Yasna Rojas, 2019.

Escenario 2: se evalúa el crecimiento del tipo forestal Siempreverde sin considerar una limpia del terreno porque no es necesaria, y solo se realizan actividades de plantación suplementaria de las especies que componen el tipo forestal Siempreverde. En la Figura 13 se observa la proyección de las absorciones netas. Los primeros años existe una emisión de CO₂, ya que es necesario extraer biomasa de especies no deseadas para facilitar la restauración del bosque, y esta extracción genera una emisión.

A los 20 años de edad el bosque alcanza una absorción neta de 152,3 t CO₂e/ha, y a los 35 años 330,3 t CO₂e/ha.

Figura 13: Proyección de recuperación de bosque nativo degradado del tipo forestal Siempreverde sin limpia inicial del terreno



Fuente: Yasna Rojas, 2019.

En el Cuadro 13 se resumen las actividades de forestación por especies y la recuperación de bosques degradados por tipo forestal con sus respectivas proyecciones de absorción neta de CO₂ y absorciones anuales netas considerando un horizonte de proyección de 35 años.

Cuadro 13: Cuadro resumen de las actividades y sus proyecciones

Actividades	Especies	Condición sitio	Captura total	Captura anual
			(t CO ₂ /ha)	(t CO ₂ /ha/año)
Siempreverde Roble-Raulí-Coihue	Quillay-Peumo	Erosión moderada a ligera	130,5	3,7
	Quillay-Peumo	Erosión severa a muy severa	116,2	3,3
	Roble-Lingue	Erosión moderada a ligera	347,6	9,9
	Raulí-Ulmo		496,6	14,2
	Coihue-Ulmo		429,2	12,3
Recuperación bosques degradados	Esclerófilo Quillay-Peumo	Escenario 1	158,3	4,5
		Escenario 2	170,2	4,9
	Roble-Raulí-Coihue	Escenario 1	292,6	8,4
		Escenario 2	335,9	9,6
	Siempreverde	Escenario 1	286,3	8,2
		Escenario 2	330,3	9,4

Fuente: Yasna Rojas, 2019.



Referencias

Apablaza, J., y Urra, F. 2004. *Insectos y otros artrópodos en Quillay*. Agronomía y Forestal UC 22 (enero): 12 - 14.

Benedetti, S. Sin fecha. *Productos forestales no maderables del bosque nativo. Quillay y la producción de saponina*. Documento no editado.

Benedetti, S., Delard, C., Roach, F., y González, M. 2000. *Monografía de Quillaja Saponaria. Proyecto de desarrollo de las comunas pobres de la zona de secano* (Prodecop-Secano). Santiago de Chile. Infor.

Centro de información de Recursos Naturales (CIREN). 2010. *Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile*. Santiago de Chile.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2013. *Superficie potencial forestable de las regiones de O'Higgins a Aysén*. Aysén, Chile, coord. Beltrán, K.

Cruz, P., Honeyman, P., y Cabello, A. 2013. Quillaja saponaria Mol. Quillay. En *Las Especies Arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina: Autoecología*, coord. Donoso, C. 546-556. Valdivia, Chile. Ediciones Marisa Cuneo.

Cruz, P., Bascuñán, A., y Velozo, J. 2014. *Funciones alométricas para el bosque mediterráneo chileno*. Informe final. Santiago de Chile. Universidad Mayor, escuela de Ingeniería forestal.

Di Castri, F., y Hajek, E. 1976. *Bioclimatología de Chile*. Santiago de Chile. Vicerrectoría Académica. Universidad Católica de Chile.

Díaz-Vaz, J., Poblete, H., Juacida L., y Devlieger F. 2002. *Maderas comerciales de Chile*, 3° ed. Valdivia, Chile. Marisa Cuneo Ediciones.

- Donoso, C. 1978. *La silvicultura de Nothofagus en Chile*. Beckerly, U.S.A. Departamento de Silvicultura y Conservación, Universidad de California. col. EE.UU.
- Donoso, C. 1981. *Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile*. Santiago de Chile. CONAF - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Documento de trabajo N° 38.
- Donoso, C., Cortés, M., y Escobar, B. 1992. *Técnicas de vivero y plantación para roble (Nothofagus obliqua)*. Santiago de Chile. Revista Chile Forestal, documento técnico N° 62.
- Donoso, C., Monfil, T., Otero, L., y Barrales, L. 1993b. *Estudio de Crecimiento de plantaciones y renovales manejados de especies nativas en el área andina de las provincias de Cautín y Valdivia*. Valdivia, Chile. Ciencia e Investigación Forestal. Vol.7 N°2.
- Donoso, C., y Escobar, B. 2013. *Persea lingue*. En *Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología*, coord. Donoso, C. 501 - 510. Valdivia, Chile. Marisa Cúneo Ediciones
- Donoso, P.J., Donoso, C., y Azpiculeta, M. 2013. *Nothofagus nervosa*. En *Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología*, coord Donoso, C. 448 – 461. Valdivia, Chile. Marisa Cúneo Ediciones.
- Donoso, P.J., Donoso, C.; Escobar, B., Navarro, C., y Gallo, L. 2013. *Nothofagus dombeyi*. En *Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología*, coord Donoso. C, 423 - 432. Marisa Cúneo Ediciones.
- Donoso, P.J., González, M.E., Escobar, B., Basso, I., y Otero, L. 1999. Viverización y plantaciones de Raulí, Roble y Coihue. En *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. Santiago de Chile, coords. C. Donoso, C. y Lara, C. 177 – 244. Editorial Universitaria.
- Donoso, P., y Soto, D. 2010. Plantaciones con especies nativas en el centro-sur de Chile: experiencias, desafíos y oportunidades. *Bosque Nativo* 47: 10–17.
- Estévez, R. 1994. *Caracterización del rebrote en cepas de Quillay (Quillaja saponaria Mol.)*, Fundo El Toyo, Región Metropolitana. Tesis Ingeniero Forestal. Departamento de Silvicultura, Universidad de Chile
- Gallardo, S., y Gastó, J. 1987. *Estado y planeamiento hipotético del cambio de estado del ecosistema de Quillaja saponaria Mol. Sistemas en Agricultura, Teoría Avances*. Santiago de Chile. Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Gayoso, J., Guerra, J., y Alarcón, D. 2002. *Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas*. Aysén, Chile, coords. Solorzano, S. Instituto Forestal (INFOR). Informe Técnico N° 214.

- Hall, M., y Witte, J. 1998. *Maderas del sur de Chile*. Santiago, Chile. IER Ediciones.
- Hernández, G., y Pinilla, J.C. 2010. *Compendio, Propiedades de la Madera de Especies Nativas y Exóticas en Chile*. Santiago de Chile. Instituto Forestal (INFOR). Informe Técnico N° 178.
- Instituto Forestal (INFOR). 2000. *Quillay: una alternativa multipropósito para la zona central*. Santiago, Chile.
- Kelty, M. 2006. *The role of species mixtures in plantation forestry*. Forest Ecology and Management 233: 195 – 204.
- Lagos, J. 1998. *Antecedentes bibliográficos de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) y estudio de un bosque natural ubicado en la provincia del Biobío*. Tesis Ingeniero Forestal. Concepción, Chile. Facultad de Ciencias Forestales Universidad de Concepción.
- Loewe, V., Toral, M., Mery, A., Camelio, M.E., López, C., y Urquieta, E. 1997. *Monografía de Roble (Nothofagus obliqua): Potencialidad de especies y sitios para una diversificación Nacional*. Santiago de Chile. INFOR - CONAF.
- Loewe, V., Toral, M., Camelio, M.E., López, C., y Urquieta, E. 1997. *Monografía de Coihue (Nothofagus dombeyi): Potencialidad de Especies y Sitios para una Diversificación Nacional*. Santiago de Chile. INFOR - CONAF.
- Mansilla, H., García, R., Tapia, J., Durán, H., y Urzúa, S. 1991. Chemical characterization of chilean hardwoods. Wood Science and Technology 25: 145 - 149.
- Müller-Using, S., Martin, M., Siebert, H., Müller-Using, B., Uribe J., y Rojas Y. *Reporte de prácticas silvícolas 2013: Antecedentes y herramientas para la regeneración del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue*. INFOR.
- Neuenschwander, A. 1965. *Contribución al estudio anatómico de la corteza de Quillay (Quillaja saponaria Mol.) y recomendaciones sobre su explotación*. Santiago. Chile. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile.
- Pulido, A. 2000. *Funciones de biomasa para individuos de regeneración vegetativa de la especie Quillaja saponaria Mol.* Tesis Ingeniero Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Quintana, A. 2008. *Biomasa aérea y contenido de carbono de una plantación de siete años de Quillaja saponaria Mol. del Secano interior de Chile central*. Tesis de Ingeniero Forestal. Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile.

Rodríguez, G. 1969. *Antecedentes botánicos y silvícolas de las especies chilenas. Coihue ((Nothofagus obliqua Mirb.) Oerst.), Lenga (Nothofagus pumilio (PoeppetEndl) Krasser), Ñirre o Guindo (Nothofagus antartica (Forst) Oerst.)*. Los Ángeles, Chile. Universidad de Concepción. Notas Informativas N° 3. 29.

Rodríguez, R., Matthei, O., y Quezada M. 1983. *Flora arbórea de Chile*. Concepción, Chile. Editorial de la Universidad de Concepción.

Toral, M., y Rosende, R. 1986. *Producción y Productividad del Quillay*. Renarres 03 (08). 19 - 21.

Vita, A. 1974. *Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (Quillaja saponaria Mol)*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Boletín Técnico No 28. 19 - 31.

Vita, A. 1989. *Ecosistemas de bosques y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile*. Santiago, Chile, coords. CONAF; Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); FAO. Documento de trabajo N° 21.

Wrann, J. 1985. *Metodología para el análisis de la regeneración natural en formaciones arbóreas nativas de la zona semiárida de Chile*. Ponencia presentada en "2° Encuentro Regional CIID, América Latina y El Caribe", 13-17 Mayo en Santiago de Chile

Este documento forma parte de una serie de 21 publicaciones técnicas y refleja algunas de las actividades y resultados alcanzados durante cinco años de trabajo del proyecto Sistema Integrado de Monitoreo y Evaluación de los Ecosistemas Forestales Nativos (SIMEF), una iniciativa del Gobierno de Chile, con apoyo técnico de la FAO y financiamiento del Fondo para el Medioambiente Mundial (FMAM). La iniciativa ha implementado un inventario nacional incorporando las dimensiones biofísicas, socioeconómicas, biodiversidad y el cambio de uso de la tierra, consolidando finalmente un sistema de monitoreo y la evaluación del stock de carbono de los bosques chilenos.

Estas publicaciones se agrupan en protocolos técnicos, que sistematizan las diversas modalidades de inventario de los ecosistemas forestales nativos; informes técnicos con presentación de los resultados producto de la aplicación de estos protocolos y también se entrega un conjunto de manuales técnicos útiles para profesionales y propietarios en su trabajo de campo.

ISBN 978-92-5-133273-3



9 789251 332733

CB0867ES/1/02.21