

Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial

Versión Resumida

Ejecutor: Universidad Austral de Chile
Mandante: Ministerio de Energía
Contraparte: Corporación Nacional Forestal

Valdivia, agosto 2013



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza



Gobierno de Chile

Ministerio de Energía

Ministerio de Agricultura



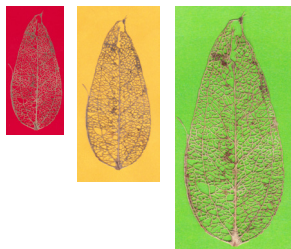
www.gob.cl

Gobierno de Chile

Gobierno de Chile

conaf.gob.cl



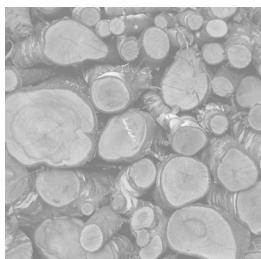


Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial

Versión Resumida

Ejecutor: Universidad Austral de Chile
Mandante: Ministerio de Energía
Contraparte: Corporación Nacional Forestal

Valdivia, agosto de 2013



Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza





Universidad Austral de Chile
Conocimiento y Naturaleza

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Andrea Ríos Alarcón
Blanca Almonacid Molina
Carolina Holmqvist Álvarez
Dayan Gutiérrez Arce
Erico Kutchartt Ruedlinger
Federico Ander-Fuhren Flores
Felipe Leiva Morey
Fernando Bartsch Bartsch
Gastón Vergara Díaz
Guillermo Trincado Villagrán
Jana Rohrbach
Johannes Horstmann
Jorge Gayoso Aguilar
Juan Leiva Fuentes
Paola Gayoso Morelli
Paul Dassori Artigas
Rayen Catrileo Herrera
Roxana Ceballos Alarcón
Silvia Diez Lorente
Víctor Gerding Salas
Víctor Sandoval Vásquez
Yerko Segovia Rosales

“Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial” (ID 42303981)

Aclaración:

Esta publicación es la versión resumida del Informe Final del proyecto “Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial”. El Proyecto fue encargado por el Ministerio de Energía a la Universidad Austral de Chile, con la colaboración de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), bajo un Convenio de Cooperación y Transferencia de Recursos, el cual tuvo por objetivo “fomentar el uso de la biomasa forestal como fuente de energía renovable para Chile a través de la implementación de una Plataforma de Recurso Biomásico Nacional, como herramienta de gestión gubernamental y de soporte para el desarrollo de proyectos energéticos.”

Sin perjuicio de ello, las conclusiones, opiniones y recomendaciones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile.

El informe completo del proyecto se encuentra disponible en el Explorador de Bioenergía Forestal, en la página <http://sit.conaf.cl/>

Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre que se cite la fuente de referencia.





Índice

1.	Introducción	13
2.	Explorador de Bioenergía Forestal	17
3.	Biomasa de Bosque Nativo	21
4.	Potencial Energético	26
5.	Superficie Potencialmente Disponible para Plantaciones Dendroenergéticas	32
6.	Demanda de Biomasa Forestal	37
7.	Consideraciones y Conclusiones	40



La Bioenergía como una fuente de energía renovable para Chile

El impulso a las energías renovables constituye uno de los pilares fundamentales de la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030, hoja de ruta que define los lineamientos que seguirá el país en materia energética durante los próximos años y que fue presentada por el Presidente Sebastián Piñera en febrero de 2012.

Actualmente, la energía obtenida de la biomasa juega un rol relevante en nuestra matriz energética, tanto para la producción de electricidad como para fines de calefacción residencial. A julio de 2013, la capacidad instalada de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) conectada a la red es de 1.051 MW, siendo la bioenergía la fuente primaria líder de estas tecnologías limpias, con 428 MW instalados.

La bioenergía es una fuente de ERNC muy versátil, al poder ser empleada tanto para producir electricidad, como para producir energía térmica y generar biocombustibles. Su desarrollo permite un abastecimiento energético con recursos naturales autóctonos, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles importados. Es, además, una alternativa para el manejo de residuos, y posibilita el desarrollo económico local.

Con todo, en Chile existen muy buenas condiciones para impulsar el desarrollo de la bioenergía más allá de su uso actual, dada la gran disponibilidad de recursos forestales y suelos para cultivos dendroenergéticos.

No obstante, para fomentar el desarrollo de las energías renovables, es fundamental contar con una caracterización del potencial de los recursos naturales, que permita evaluar su variabilidad espacial y temporal. Es por ello que el Ministerio de Energía, en conjunto con la Corporación Nacional Forestal, ha encargado a la Universidad Austral de Chile, el desarrollo e implementación del “**Explorador de Bioenergía Forestal**”. Se trata de una herramienta interactiva que abarca la caracterización del potencial energético del recurso forestal nativo en Chile, la superficie para establecer plantaciones con fines energéticos e información de interés para el desarrollo del mercado de la biomasa.

Esta publicación constituye el primer levantamiento y caracterización geográfica de la disponibilidad de biomasa forestal en Chile con fines energéticos. Estamos seguros que este instrumento será un gran aporte para el desarrollo de políticas públicas y para el análisis de viabilidad de proyectos energéticos en base a biomasa.

Jorge Bunster Betteley
Ministro de Energía

Palabras de la Corporación Nacional Forestal

El manejo sustentable de bosques aporta diferentes productos, los cuales tienen distinto tipo de demanda. Algunas especies y calidades pueden aprovecharse como madera debobinable, aserrable o materia prima para celulosa. El resto se utiliza parcialmente como leña. Sin embargo, hay un saldo importante que no tiene hoy mercado suficiente ni formal en el país. Darle una viabilidad económica representa por lo tanto un gran desafío para el sector forestal chileno. La alternativa de transformar este sub-producto en energía eléctrica y/o térmica constituye una importante oportunidad. Como CONAF consideramos de especial relevancia su repercusión en:

- el manejo del bosque nativo
- la reducción de los residuos de las cosechas tradicionales de plantaciones
- el establecimiento de plantaciones con fines energéticos
- la apertura de nuevas líneas de negocio para pequeñas y medianas empresas

El manejo amplio del bosque nativo de aptitud productiva, gracias a la existencia de un mercado formal para el producto de baja calidad, permite hacer viable la producción simultánea de trozos de mayor valor, generando con ello trabajo en las industrias secundarias y terciarias. Además, el bosque residual se valoriza y dinamiza, aumentando su crecimiento y provocando que en las siguientes cosechas la madera de calidad aumente su participación.

La biomasa que permanecía como residuo en las plantaciones, después de la cosecha tradicional, ya está siendo aprovechada por las grandes empresas, en regiones específicas. Sin embargo, queda el desafío de hacerlo también en superficies más pequeñas y en las regiones más distantes de los grandes centros de consumo forestales. Ello no solamente constituye una nueva área de negocio y empleo, sino que también ayudaría a reducir la peligrosidad de los incendios forestales.

La posibilidad que dan las plantaciones con fines energéticos, dada su cosecha más temprana y frecuente, constituye una alternativa especialmente atractiva para los pequeños propietarios, foco de la atención de CONAF. También permitirían utilizar nuevas especies, diversificando y dando con ello más estabilidad al sector.

La amplia gama de actividades que abarca la bioenergía forestal, como cosecha, astillado, transporte, instalación de calderas, operación de plantas, permite, generalmente, la incorporación de pequeñas y medianas empresas. Esto resulta especialmente relevante en el sector forestal nacional, en donde otros rubros presentan importantes barreras de entrada, especialmente de capital. Es así que la bioenergía debiera significar un nuevo impulso de la actividad forestal, con trabajo permanente para emprendedores y mano de obra calificada.

Actualmente ya se cuenta con las técnicas silviculturales y la normativa legal, que permiten el manejo sustentable del bosque nativo. Igualmente, esto será acompañado por un eficiente sistema de fiscalización, incluyendo sensores remotos y controles carreteros, como también la asistencia técnica a los propietarios. Con ello queremos dar la confiabilidad de que este nuevo rubro ayude efectivamente al mejoramiento de los bosques, considerando que es un mercado formal que contribuye fuertemente a legalizar el aprovechamiento forestal.

Eduardo Vial Ruiz-Tagle
Director Ejecutivo
Corporación Nacional Forestal

Palabras de la Universidad Austral de Chile

Hace sólo un par de décadas el tema de las energías renovables constituía un aspecto muy lejano para el país, sin embargo, esta realidad cambió drásticamente debido a la implementación de diversos sistemas de energía bajo un concepto de producción limpia y sustentable en todo el mundo. Es así como en Chile esta materia ha comenzado a posicionarse en sectores privados, gracias al esfuerzo de particulares y ONGs dispuestos a innovar en el ámbito de las Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

Siendo una de las casas de estudios superiores más antiguas e importantes a nivel nacional, con una especial preocupación por el ámbito forestal, la Universidad Austral de Chile (UACH) aceptó el desafío propuesto por el Ministerio de Energía y la Corporación Nacional Forestal, de investigar la biomasa como una de las fuentes energéticas para el país, a través del desarrollo del proyecto: “Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial”.

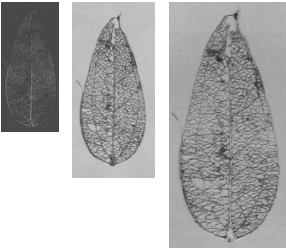
Dicho estudio, ejecutado por la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la UACH, describe y analiza al recurso forestal nativo como potencial fuente de biomasa con fines energéticos y proporciona una primera aproximación a nivel nacional de superficies potenciales para el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas. Para ello, como parte integral de este trabajo, se elaboró una herramienta on-line, pública y gratuita, denominada “Explorador de Bioenergía Forestal”.

Estamos ciertos que este primer ejercicio de análisis físico de la biomasa forestal con fines energéticos, constituye un insumo muy relevante a ser considerado para futuras investigaciones que complementen esta línea de trabajo. En ese sentido, se hace necesario también abordar aspectos sociales y económicos asociados a esta temática, ya que son factores clave para la toma de decisiones e implementación de políticas públicas.

Víctor Cubillos Godoy
Rector
Universidad Austral de Chile

Evaluación de Mercado de
Biomasa y su Potencial

Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial



1. Introducción

La presente publicación corresponde al resumen ejecutivo del proyecto “Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial” encargado por el Ministerio de Energía a la Universidad Austral de Chile, con la colaboración de la Corporación Nacional Forestal (CONAF). Incluye los resultados de carácter referencial del Potencial Energético a partir del manejo sostenible del bosque nativo desde las regiones de Coquimbo hasta Magallanes y de la Antártica Chilena, y de la superficie potencialmente disponible para establecer plantaciones con fines energéticos.

Motivación y Justificación

Para el Ministerio de Energía, el desarrollo de las energías renovables no convencionales (ERNC) en Chile es un pilar fundamental de la política energética, tal como se ha plasmado en la Estrategia Nacional de Energía 2012-2030.

Dentro de las medidas propuestas en la Estrategia, se tiene la creación de herramientas georeferenciadas de información actualizada y de carácter público, orientadas a mejorar el conocimiento de los recursos de energía renovable, que sirvan para orientar y facilitar las decisiones de inversión privada en proyectos de ERNC, así como en el diseño e implementación de políticas públicas. En este contexto, se han desarrollado las herramientas “Explorador de Energía Solar” y “Explorador de Energía Eólica”¹, junto con herramientas en desarrollo de energía marina y energía hidráulica.

Por otra parte, con la entrada en vigencia de la Ley de Bosque Nativo², CONAF trabaja con un sistema de incentivos a la preservación de bosques nativos y formaciones xerofíticas³; a las actividades silviculturales para obtener productos no madereros y a otras actividades destinadas a manejar y recuperar estos bosques; garantizar el aprovechamiento sustentable del bosque mediante la integración de sus múltiples funciones y; fomentar la utilización progresiva de la mayor variedad posible de recursos ecológicamente recomendados y económicamente viables.

Debido a lo anterior, es posible sostener que el aprovechamiento energético es una oportunidad para fomentar un manejo responsable del bosque nativo, enfocado a su recuperación y que asegure la sustentabilidad del recurso en Chile. Teniendo como premisa que este manejo tenga como objetivo principal, la generación de productos nobles de la madera, siendo la biomasa de bosque nativo un subproducto de éste.

En consecuencia, el Ministerio de Energía, Ministerio de Agricultura y CONAF acuerdan desarrollar un convenio a largo plazo (D.E. N°146/2011 del Ministerio de Energía) con el objetivo de “promover de manera conjunta una política de aprovechamiento energético de la biomasa forestal, a objeto de colaborar con el abastecimiento sustentable de materia prima para fines energéticos, en especial aquella proveniente de plantaciones y de bosques nativos que hayan incorporado un plan de manejo sustentable de los mismos”.

¹ Disponibles en página web del Ministerio de Energía (www.minenergía.cl), Banner Energías Renovables.

² Ley 20.283 del año 2008, cuyo objetivo es la protección, recuperación y mejoramiento de los bosques nativos de Chile, para asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental.

³ Adaptadas a la aridez.

A su vez y con 58 años de existencia, la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la Universidad Austral de Chile, se propuso como misión contribuir al desarrollo sustentable y el bienestar de las personas y la sociedad, por medio de la formación de profesionales sobresalientes, y de la investigación y extensión de excelencia para conservar, manejar y usar los recursos forestales y naturales. Desde sus inicios, ha creado lazos estratégicos con diversas instituciones públicas y privadas, a nivel nacional e internacional y hace más de 10 años que trabaja en conjunto con CONAF en la actualización del Catastro Vegetacional de Chile, entre otros desarrollos en investigación y proyectos relacionados.

Así, el año 2011 el Ministerio de Energía suscribe un convenio de colaboración con CONAF, y la Universidad Austral de Chile como ejecutor, para realizar el presente análisis nacional del mercado de la biomasa forestal y su potencial energético.

Objetivos y Alcances

El Proyecto denominado “Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial” tiene por objetivo “fomentar el uso de la biomasa forestal como fuente de energía renovable para Chile a través de la implementación de una Plataforma de Recurso Biomásico Nacional, como herramienta de gestión gubernamental y de soporte para el desarrollo de proyectos energéticos”.

Los objetivos específicos del Convenio son:

- Determinar la oferta de biomasa forestal;
- Determinar la demanda de biomasa forestal a partir de la información disponible;
- Elaborar una línea base para el desarrollo de plantaciones dendroenergéticas;
- Determinar el potencial energético a partir de biomasa forestal y dendroenergética;
- Generar información de precios y factores de mercado de la biomasa forestal; y
- Generar capacidades en las instituciones involucradas en el proyecto.

La zona de estudio se definió entre las regiones de Coquimbo y Magallanes y de la Antártica Chilena. Los análisis se construyeron sobre una base cartográfica común y actualizada, utilizando información secundaria (recopilación nacional e internacional) de aspectos técnicos y científicos.

Para el desarrollo de la metodología empleada en el estudio, se consideró la participación y opinión de expertos forestales nacionales a través de talleres y consultas online, así como también la participación de un grupo de contrapartes que apoyaron y discutieron los avances del proyecto. Las contrapartes participantes fueron: Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Bienes Nacionales, Centro de Energías Renovables (CER), Instituto Nacional Forestal (INFOR) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).

Contenidos y Metodología

En una primera etapa se determinó, en base a la información cartográfica disponible de CONAF, la superficie de bosque nativo que puede ser incorporada en actividades de planificación de manejo silvícola con el propósito de generar una oferta de biomasa sostenida. En una segunda etapa, una vez definidas las superficies netas de interés, se realizó una estimación de la cantidad de biomasa aprovechable que

se puede obtener a través de la planificación de cortas intermedias (raleos).

La aplicación de estos raleos implica la extracción de un porcentaje de árboles del bosque⁴ permitiendo con ello, la obtención de productos madereros. **Este tipo de intervención silvícola permite favorecer el crecimiento y mejorar la calidad de los árboles remanentes⁵; manteniendo una cobertura arbórea permanente.**

La estimación de biomasa potencialmente aprovechable con fines energéticos se obtuvo a través del procesamiento de parcelas temporales establecidas durante el Inventario Forestal Nacional Extensivo del Proyecto Catastro (1999). **La estimación de la biomasa aprovechable con fines energéticos no consideró la incorporación de volúmenes de madera para productos aserrables y debobinables⁶ posibles de obtener de un raleo comercial, sino que sólo incluye los residuos obtenidos del raleo y la leña (ver Figura 1).**

Diagrama: ejemplo de productos del bosque y su destino según la metodología de Proyecto.



**Este diagrama se presenta como un ejemplo de todos los productos probables de obtener de raleos planificados. Se debe tener en cuenta que para obtener madera para la industria del debobinado y del aserrado, es necesario que los árboles cuenten con características diamétricas superiores y buena calidad. Debido a esto, es posible que este tipo de productos se obtengan de las estructuras de bosques adulto y adulto renoval, y sólo de algunos tipos forestales.*

Figura 1. Ejemplo de productos obtenidos a través de raleos sistemáticos al bosque, según metodología de proyecto.

Por otro lado, para la estimación de biomasa disponible anual, se determinaron raleos que permitan la extracción de biomasa de manera sostenida.

⁴ Este porcentaje se encuentra entre el 30% y el 35% del área basal del bosque.

⁵ Árboles remanentes: los que quedan en pie en el bosque después del raleo.

⁶ Los productos aserrables y debobinables tienen mayor valor comercial, y se obtienen principalmente de las estructuras de bosques adulto y adulto renoval.

Esto se entiende como planificar ciclos de corta para que el bosque recupere la biomasa extraída en un plazo determinado, lo cual dependerá de la cantidad de biomasa extraída y de las tasas de crecimiento de los árboles remanentes, asegurando así la sustentabilidad del recurso.

Esta biomasa se transformó a potencia eléctrica (MWe) mediante la aplicación de factores que se explicarán en el capítulo correspondiente.

Por otra parte, se estimó para cuatro escenarios, la superficie potencial para el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas en la zona de estudio. Estos cuatro escenarios se construyeron usando diferentes criterios de clasificación y exclusión de superficies, tales como restricciones legales, déficit hídrico, resguardos agrícolas, entre otros; todos discutidos ampliamente en reuniones con las contrapartes del proyecto y en consulta con actores claves en el ámbito de la biomasa en Chile.

Como complemento, se asoció a estas superficies, especies forestales con potencial dendroenergético, considerando sus requerimientos ecológicos y tomando la experiencia de quienes trabajan en bioenergía actualmente en Chile.

En forma paralela, el estudio da cuenta ampliamente sobre los ensayos de plantaciones dendroenergéticas que a nivel nacional se encuentran desarrollando tanto empresas privadas como instituciones académicas y de investigación.

Este proyecto también hace una revisión del consumo de biomasa de bosque nativo en las regiones consideradas, tanto para consumidores comerciales como residenciales y un levantamiento para actualizar información de consumo dispuesta en la literatura. Este consumo de leña y derivados se estima para ser rebajado/descontado de la oferta de biomasa, ya que compite por una misma fuente de recurso.

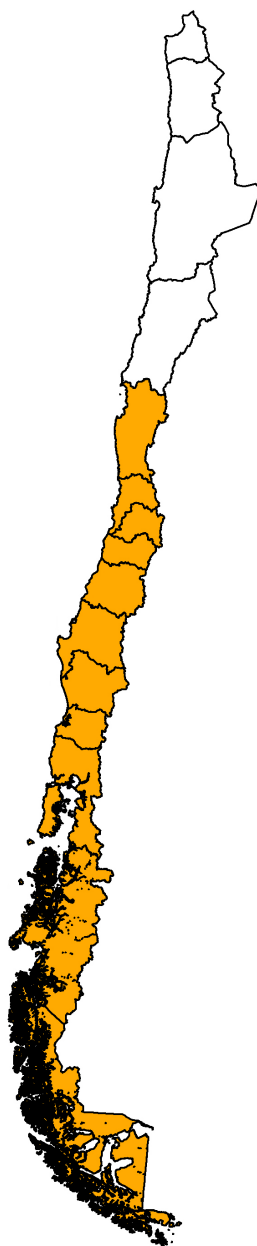
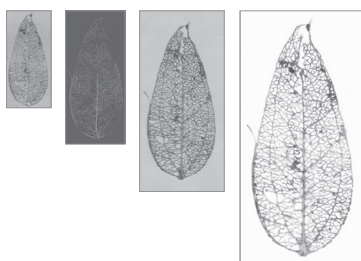
Adicionalmente, se realizó un primer ejercicio de costos de abastecimiento y análisis económico del flujo de biomasa, hacia centros de demanda localizados en las capitales comunales de la Región de Los Ríos, escogida como región piloto para este estudio complementario. Este análisis es propuesto para obtener un panorama que integra variables de accesibilidad y precios.

Finalmente, como parte del proyecto se ha desarrollado una herramienta de información geográfica denominada "Explorador de Bioenergía Forestal"⁷, donde se pueden visualizar y descargar los principales resultados del estudio.



⁷ www.sit.conaf.cl

Explorador de Bioenergía Forestal



Explorador de Bioenergía Forestal

El Explorador de Bioenergía Forestal es una herramienta web de acceso público y gratuito en donde se presentan los principales resultados obtenidos en el proyecto de “Evaluación de Mercado de Biomasa y su Potencial”, en forma de 6 temáticas:

- Superficie de Bosque Nativo Aprovechable con Fines Energéticos
- Biomasa Aprovechable Anual con Fines Energéticos
- Potencia Instalable de Generación Eléctrica

Superficie Potencial para Plantaciones Dendroenergéticas⁸:

- Escenario Global
- Escenario Resguardo Agrícola
- Escenario Resguardo Hídrico

El Explorador se aloja en el Sistema de Información Territorial (SIT) de CONAF, <http://sit.conaf.cl>, el cual corresponde a un sitio web que permite consultar en línea las actualizaciones del Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, así como otras cubiertas cartográficas relacionadas con las acciones que CONAF realiza sobre el territorio.

El Explorador está compuesto por dos secciones:

1 Sección estática, la cual proporciona información general sobre el proyecto, así como también información resumida sobre los resultados del estudio, desagregados por regiones y comunas, para 6 temáticas definidas anteriormente. La información se presenta en gráficos (Figura 2), mapas (Figura 3) y reportes descargables a nivel regional y comunal (Figura 4).



Figura 2. Sección estática Explorador de Bioenergía Forestal, vista general.

⁸ En el Explorador de Bioenergía Forestal se optó por presentar tres de los cuatro escenarios de plantaciones dendroenergéticas.



Figura 3. Sección estática Explorador de Bioenergía Forestal, vista regional.

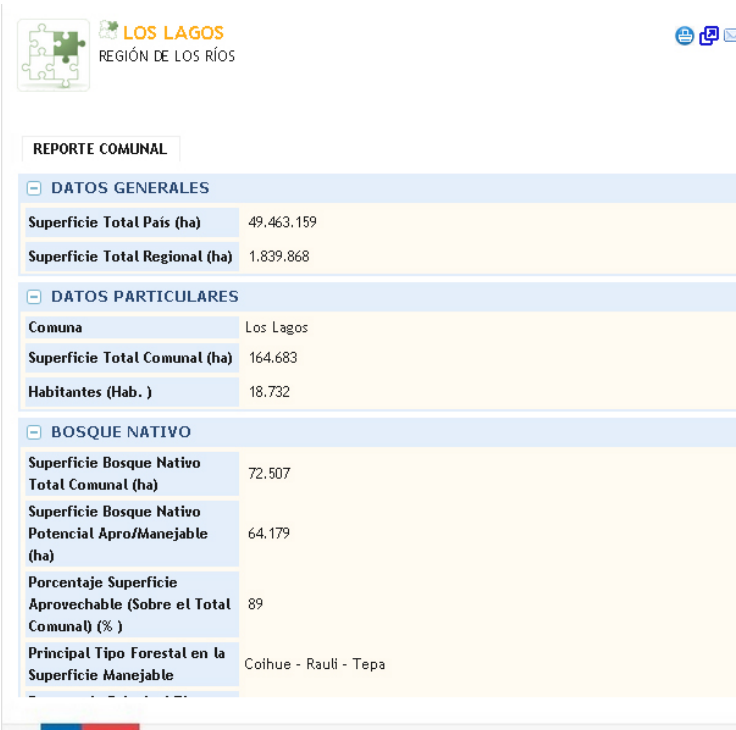


Figura 4. Sección estática Explorador de Bioenergía Forestal, reporte comunal.

2 Sección dinámica, la cual ofrece una herramienta cartográfica para explorar los resultados del proyecto geográficamente, a variables escalas y superponiendo diversas coberturas de información complementaria resultante de los análisis de este estudio (Figura 5).

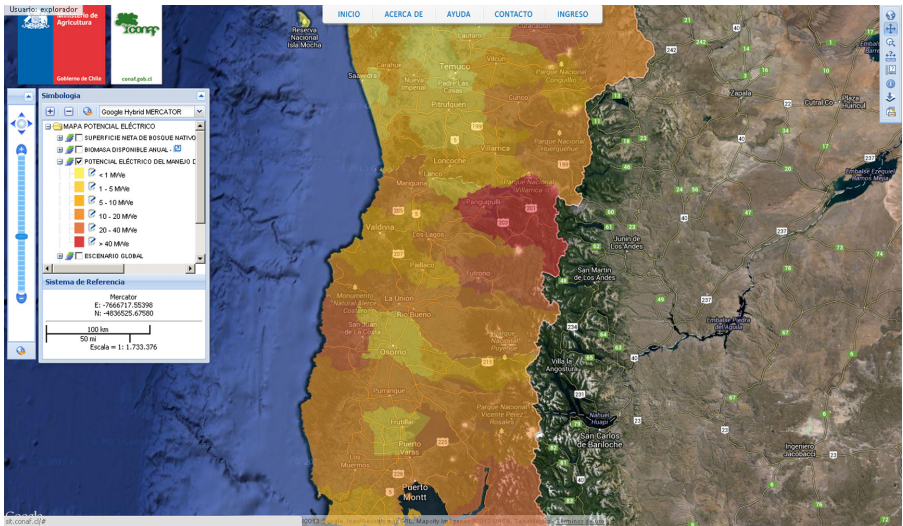


Figura 5. Sección dinámica del Explorador de Bioenergía Forestal, nivel comunal.

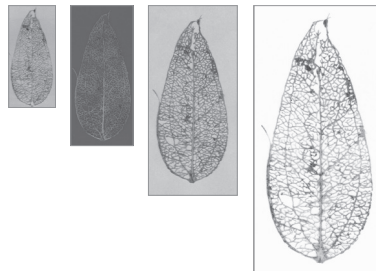
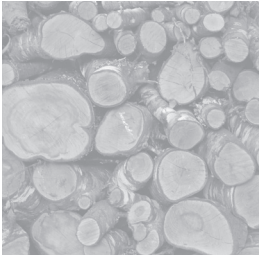
El interfaz es de libre acceso para el público. Los usuarios pueden:

- Descargar el Informe del Proyecto con el detalle de la metodología y resultados;
- Generar reportes en distintos niveles de detalle (regional, comunal) y en el nivel interactivo generar informes dentro de un radio especificado por el usuario;
- Descargar las coberturas cartográficas regionales de las 6 temáticas mencionadas, disponibles para toda la zona de estudio.

Las temáticas que se despliegan en el Explorador y sus respectivas metodologías son descritas a continuación.

3

Biomasa de Bosque Nativo



Biomasa de Bosque Nativo

Con el objetivo de estimar a nivel regional la superficie neta de bosque nativo que puede ser aprovechable con fines energéticos y, estimar a su vez, la producción de Biomasa Potencialmente Aprovechable⁹, se aplicó la siguiente metodología:

1 **E**tapa En la primera etapa, se localizó y estimó la superficie de bosque nativo bruta desagregando por tipo forestal, subtipo, estructura (adulto, adulto-renoval, renoval y bosque achaparrado), y cobertura (denso, semidenso y abierto), utilizando como información base el Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Posteriormente, se obtuvo una estimación de la superficie neta excluyendo de la superficie bruta, aquellas superficies de bosque nativo que presentaron restricciones de uso de acuerdo a la normativa vigente (9 criterios de exclusión) y además todos los bosques nativos achaparrados localizados en el límite altitudinal y los bosques con tipo de cobertura abierto, siguiendo la metodología que se muestra en forma esquemática en la Figura 6.

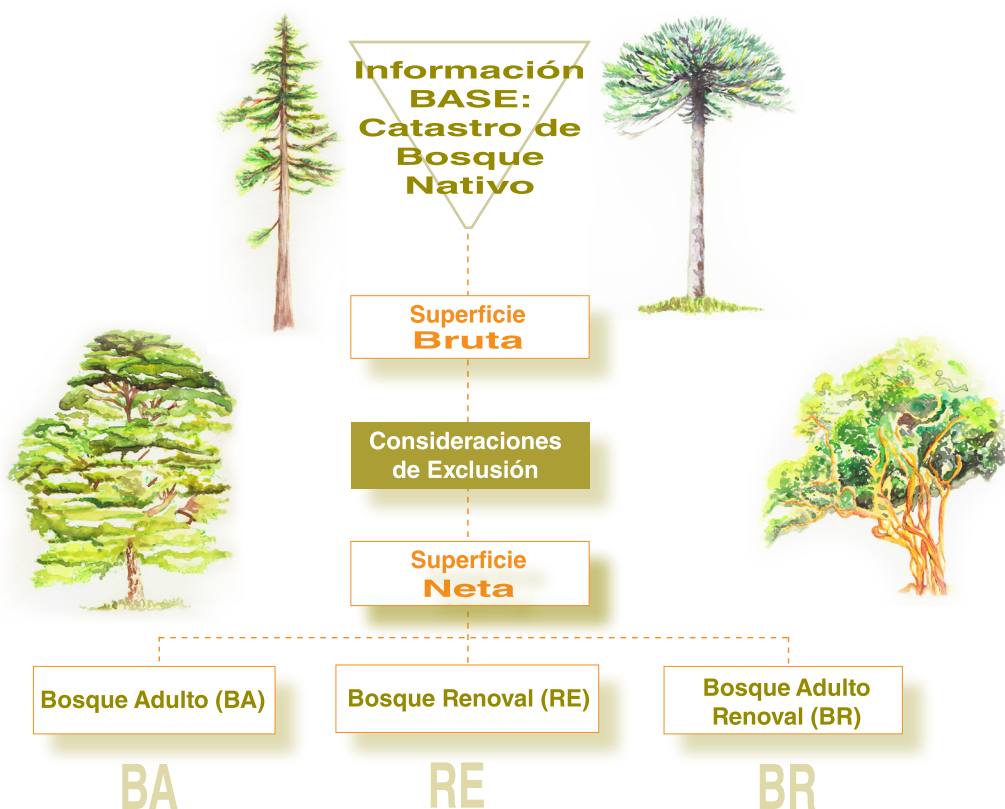


Figura 6. Metodología para la estimación de Superficie Neta para las tres estructuras de Bosque

El resultado de esta primera etapa (Cuadro 1) fue utilizado como información base para los siguientes pasos en la metodología de estimación de Biomasa Potencialmente Aprovechable.

⁹ La estimación de Biomasa Potencialmente Aprovechable debe ser considerada como una caracterización a nivel regional; sin ser necesariamente representativo de condiciones locales. La estimación se realizó basada en la información actualmente disponible.

Cuadro 1. Superficie de Bosque Nativo Aprovechable con fines dendroenergéticos por región.

Superficie	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII	Total
Bruta (miles ha)	30,6	107,7	109,2	199,7	384,7	768,6	937,2	868,0	2.759,3	4.398,7	2.761,6	13.325,5
Neta (miles ha)	8,1	42,7	19,6	174,4	333,7	523,3	391,1	595,2	1.362,8	1.966,4	1.114,1	6.531,4
Porción de Superficie Neta de la Superficie Bruta (%)	26,6	39,7	18,0	87,3	86,7	68,1	41,7	68,6	49,4	44,7	40,3	49,0

Etapa 2

Se calcularon las existencias volumétricas y biomasa en pie para la superficie neta de bosque nativo obtenida de la etapa anterior. La estimación de volúmenes se realizó para cada una de las parcelas temporales del Inventario Forestal Nacional Extensivo del Proyecto Catastro (1999), realizado entre la V y XII regiones, utilizando funciones de volumen específicas para cada una de las especies y a partir del volumen fustal, se realizó una estimación del volumen aprovechable de cada árbol para uso energético, incluyendo además los volúmenes de copa de los árboles y volumen de leña¹⁰.

Este procedimiento asume que el volumen aprovechable para uso energético corresponderá sólo al volumen residual del fuste más los volúmenes de la copa y leña, puesto que no incorpora los volúmenes de productos madereros nobles (ase-rrables y debobinables).

Etapa 3

En la última etapa se estimó el ciclo de corta sostenible para cada uno de los estratos de bosque nativo del inventario de bosque, con el objetivo de tener la oferta potencial anual sostenible de biomasa forestal a nivel regional. El ciclo de corta para cada estructura de bosque se calculó como la razón entre el volumen bruto de raleo y la tasa de crecimiento del bosque.

La planificación de estos ciclos de corta, permite que el bosque recupere el volumen bruto fustal de madera extraída en raleos, en un plazo determinado¹¹. **Lo anterior dependerá de la cantidad de biomasa extraída y de las tasas de crecimiento de los árboles remanentes, asegurando la sostenibilidad del recurso.**

Aplicando esta metodología se obtuvo la **Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual** expresada en toneladas secas por año (TS/año), la que para la zona de estudio comprendida entre las regiones de Coquimbo y Magallanes y la Antártica Chilena alcanza un total de 21,6 millones de TS/año (cuadro 2).

¹⁰ El procesamiento de las parcelas para la estimación de volúmenes brutos, volúmenes netos y biomasa aprovechable se realizó a nivel regional. Sin embargo, para el caso de la Región de Los Ríos y la Región de Los Lagos se procesaron conjuntamente las parcelas localizadas en ambas regiones y para el caso de la Región de Coquimbo se asignaron los valores medios calculados para la Región de Valparaíso.

¹¹ Para algunas estructuras de bosque no existen estudios empíricos que reporten tasas de crecimiento, por lo tanto, fue necesario asignar valores promedios para algunos tipos forestales. Esta fue una de las principales limitantes para realizar las estimaciones.

El mayor porcentaje de Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual se encuentra en las regiones de Los Lagos y de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo, cada una con más de 4 millones de TS/año. No menos importante es el aporte de las regiones del Biobío, de La Araucanía, Los Ríos y la Región de Magallanes y La Antártica Chilena que superan cada una los 2 millones de TS/ha año. Mientras, las regiones del Maule hacia el norte, en conjunto, no superan el 5% de aporte a la Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual total en la zona de estudio. Esto indica que el 95% del total de biomasa (21,6 millones de TS/año), se encuentra entre las regiones del Biobío y Magallanes y la Antártica Chilena.

Los tipos forestales que más aportan al total, corresponden al Siempreverde, con 6,5 millones de TS/año, Roble-Raulí-Coihue con casi 6 millones de TS/año y Lenga con 5,6 millones de TS/año.

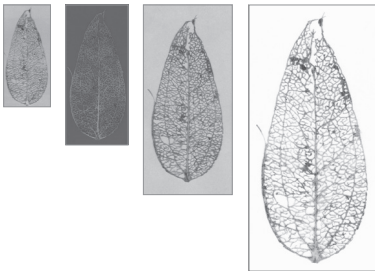
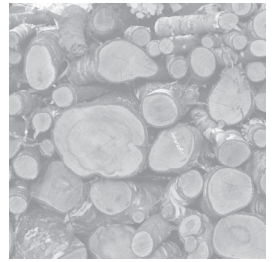
Cuadro 2. Biomasa Potencial Aprovechable de Bosque Nativo, por Tipo Forestal y Región, expresada en Toneladas Secas por Año (TSl/año)

Tipo Forestal	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	XIV	X	XI	XII	TOTAL
Lenga	0	0	0	0	2.695	114.245	99.239	156.491	218.348	2.791.729	2.280.057	5.662.804
Coihue de Magallanes	0	0	0	0	0	0	0	29.015	176.691	728.328	648.474	1.582.508
Roble - Huolo	0	127	6.256	51.437	364.614	39.820	0	0	0	0	0	462.254
Roble - Rauli - Coihue	0	0	0	0	431.431	2.363.065	1.577.482	784.051	764.123	0	0	5.920.151
Coihue - Rauli - Tepa	0	0	0	0	0	198.429	187.124	648.708	298.752	0	0	1.333.013
Esclerofilo	2.443	12.779	4.998	48.800	14.868	20.077	557	1.035	480	0	0	106.037
Siempreverde - Renoval Canelo	0	0	0	0	224	5.684	27.664	116.088	507.721	54.786	55	712.222
Siempreverde - Tepu	0	0	0	0	0	0	0	48	34.537	25.737	0	60.323
Siempreverde - Mirtaceas	0	0	0	0	1.408	6.263	22.316	19.402	95.106	6.073	0	150.568
Siempreverde - Coihue de Chilo	0	0	0	0	0	0	0	41.216	1.671.451	2.676.742	0	4.389.409
Siempreverde - Siempreverde	0	0	0	0	0	2.156	93.780	304.780	727.430	69.633	80	1.197.859
TOTAL	2.443	12.907	11.253	100.237	815.238	2.749.739	2.008.161	2.100.835	4.494.640	6.353.028	2.928.665	21.577.148

Considerando estos resultados, el siguiente capítulo indica la metodología utilizada para representar esta biomasa como energía.

Potencial Energético

4



Potencial Energético

La base para estimar el potencial de generación eléctrica, es la Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual obtenida del proceso de intervención de raleo explicado anteriormente.

Sin embargo, antes de realizar la transformación a energía, la Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual se agrupó por unidades territoriales (región, provincia, comuna) y se le aplicaron dos factores de descuento, como se observa en la Figura 7, obteniéndose la Biomasa Anual Técnicamente Aprovechable, considerada como aquella biomasa factible de utilizar para energía.

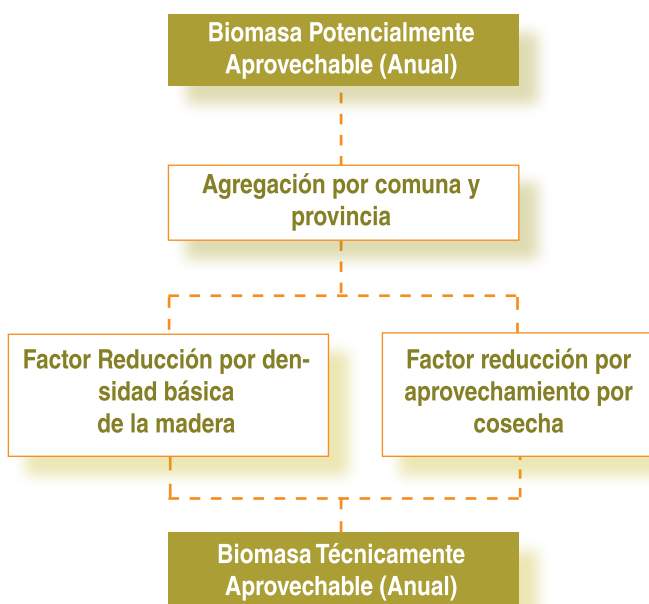


Figura 7. Metodología para la obtención de Biomasa Técnicamente Aprovechable (Anual)

Como primera etapa, la cantidad de Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual, fue multiplicada por la superficie de cada polígono y se agregó por comuna y provincia. Luego, se consideró apropiado aplicar dos factores de reducción: un 20% por concepto de densidad básica y un 25% de reducción por cosecha (Figura 7). Esta determinación se apoya por un lado, en que la información de densidad básica, en su mayoría se refiere a la densidad básica de maderas aserrables, sin embargo la madera para fines energéticos, provendrá además de árboles de diámetros menores, ramas y árboles adultos con potencial pudrición, presentando todos ellos, densidades básicas menores. Por otro lado, existe una tendencia mundial, por razones de protección del suelo, refugio de biodiversidad y de limitar la exportación de elementos químicos, de dejar un porcentaje de residuos leñosos gruesos (> 15 cm diámetro en la punta) sobre el suelo luego de las cosechas.

A la Biomasa Técnicamente Aprovechable Anual también se le realizan descuentos debido al consumo de biomasa de origen nativo, principalmente en forma de leña (Biomasa Técnica Neta Anual), como se aprecia en el Cuadro 3. Para efectos de estimación del Potencial Energético, sólo se utilizó la Biomasa Técnicamente

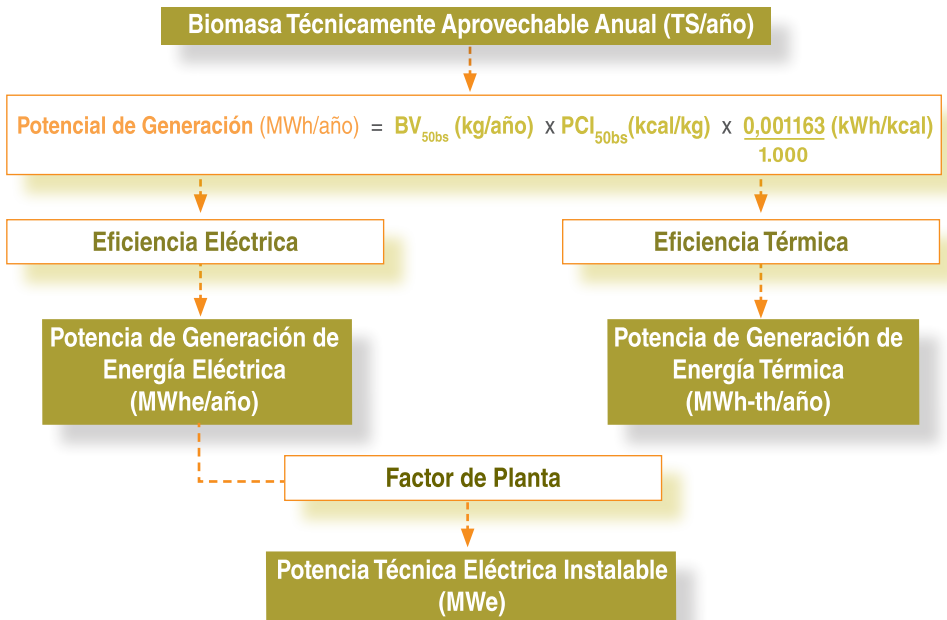
Aprovechable Anual, debido a la imposibilidad de asignar descuentos por consumo de biomasa (para efectos de análisis) a comunas en específico, tipos forestales, estructuras de bosques, o pendientes del terreno.

Cuadro 3. Resultados intermedios de biomasa neta para uso energético.

Descripción	Valor (Millones de TS/año)	Observación
Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual	21,6	Incremento Anual
Biomasa Técnicamente Aprovechable Anual	12,9	Biomasa disponible anual luego de aplicados los factores de reducción.
Biomasa Técnica Neta Anual	9,5	Biomasa neta que considera el descuento por consumo anual de biomasa de origen nativo (3,4 millones de TS/año, principalmente leña)

Así, para el cálculo del potencial energético, se transformó la biomasa seca obtenida en el paso anterior, a biomasa verde con un 50% de humedad base peso seco. En consecuencia, para los cálculos se utilizó el potencial calórico de la madera correspondiente a este contenido de humedad.

Para la estimación del Potencial de Generación de Energía Eléctrica y Térmica posible de obtener del total de Biomasa Técnicamente Aprovechable Anual, se consideró un factor de eficiencia eléctrica de 30% y el restante 70% se expresó como factor de eficiencia térmica (Figura 8).



Donde:

BV: Biomasa Verde

PCI: Poder Calorífico Inferior

Figura 8. Metodología para la estimación de Potencial Técnico de Generación y Potencia Técnica

Para la estimación de la Potencia Técnica Eléctrica instalable se consideró un “factor planta” de 80%, lo que corresponde a un total 7.008 horas anuales de operación probable.

Los principales resultados indican que la disponibilidad de biomasa aumenta de norte a sur, siendo mayor en las regiones de Los Lagos, Aisén y Magallanes y la Antártica Chilena, y de forma correspondiente el Potencial Energético (Figura 9).

La biomasa forestal técnicamente aprovechable del país tiene un Potencial Técnico de Generación que supera los 60 mil GWh/año, lo que se traduce en una Potencia Técnica Eléctrica Instalable total de 2.597 MWe. Sin embargo, hay que tener presente que la Potencia Eléctrica disminuye de 2.597 MWe a 2.129 MWe si se descuenta el actual consumo de biomasa nativa del país, principalmente en forma de leña. De este potencial, menos del 1% corresponde a las regiones ubicadas entre Coquimbo y la del Libertador Gral. Bernardo O’Higgins, incluida la Región Metropolitana; 56% a las regiones del Maule a Los Lagos; y, el restante 43% a las regiones de Aisén y de Magallanes y la Antártica Chilena (Cuadro 5).

El 84% del potencial eléctrico proviene de los tipos forestales Siempreverde, Roble-Raulí-Coihue y Lenga. Un 13,5% corresponde a los tipos forestales Coihue de Magallanes y Coihue-Raulí-Tepa. En el Cuadro 4, se observa la superficie neta, biomasa y potencia eléctrica de los tipos forestales que mayor energía aportan.

Cuadro 4. Superficie Neta, Biomasa Aprovechable y Potencial de Energía Eléctrica de los tipos forestales más importantes, regiones Coquimbo a Magallanes y la Antártica Chilena.

Tipo Forestal	Superficie Neta para el aprovechamiento energético (ha)	Biomasa Potencialmente Aprovechable Anual (TS/año)	Potencial de Energía Eléctrica (MWe)
Siempreverde	2.157.653	6.510.381	784
Roble-Raulí-Coihue	1.105.684	5.920.151	713
Lenga	1.802.361	5.662.804	682
Coihue de Magallanes	602.776	1.582.508	190

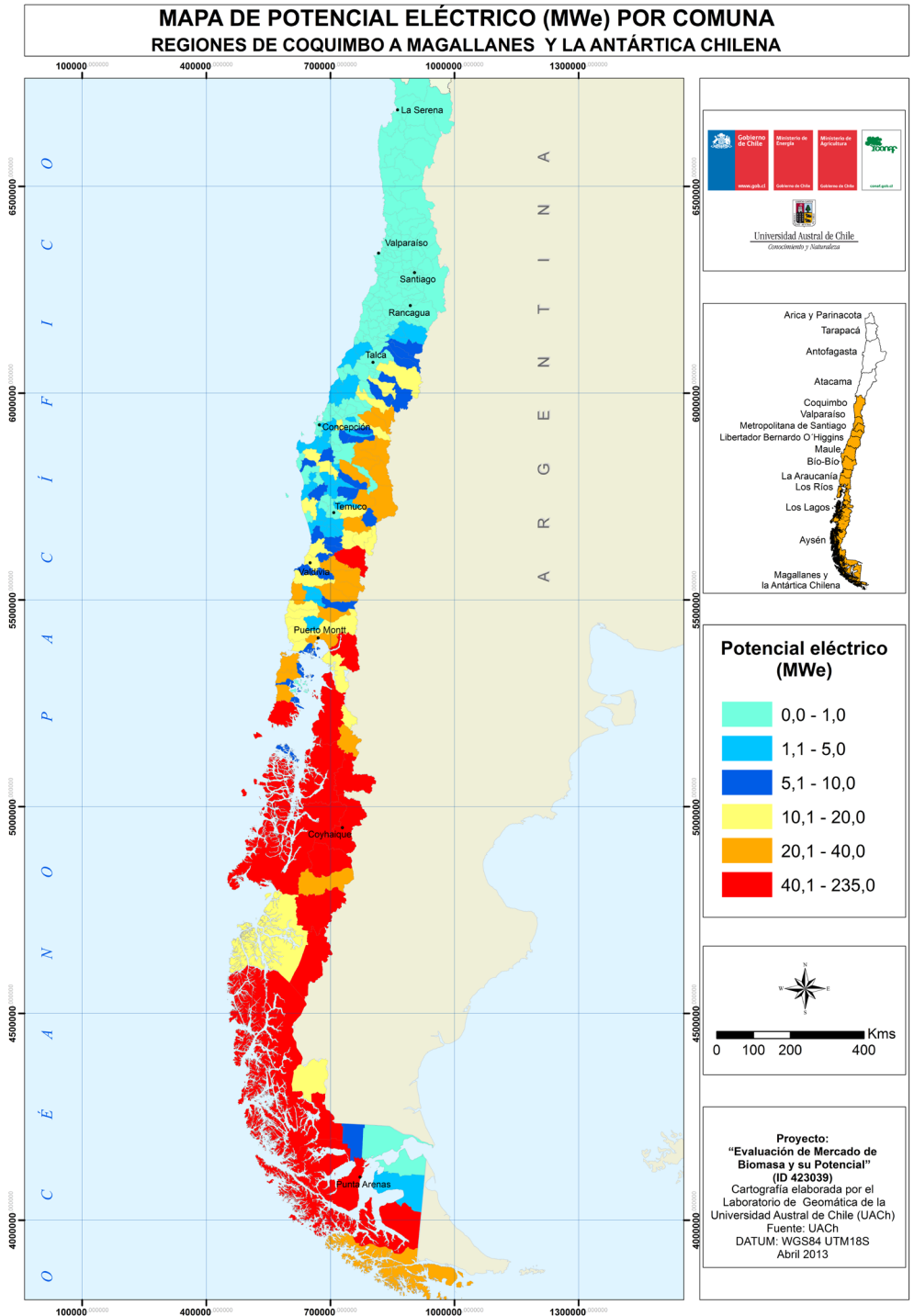


Figura 9. Distribución de la Potencia Eléctrica Instalable (MWe) en la Zona de Estudio

En resumen, entre las regiones de Coquimbo y Libertador Gral. Bernardo O'Higgins, se tiene una Potencia Eléctrica Instalable que no supera los 15 MWe; ya en la región del Maule comienza a aumentar, superando los 97 MWe. Mientras, entre las regiones del Biobío y Magallanes y la Antártica Chilena, se tiene una Potencia Técnica Eléctrica Instalable que supera los 2.400 MWe (Cuadro 5).

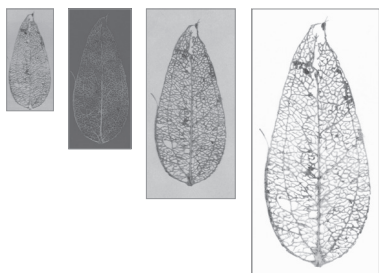
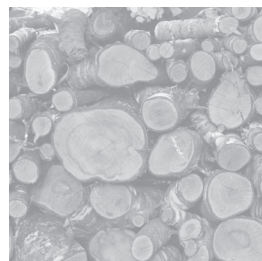
Cuadro 5. Potencial Técnico de Generación y Potencia Técnica Eléctrica Instalable, regiones Coquimbo a Magallanes y la Antártica Chilena. Base flujo anual sostenido de biomasa.

Región	Potencial Técnico de Generación (MWh/año)			Potencia Técnica	
	Energía Total MWh/año	Energía Térmica MWh/año	Energía Eléctrica MWhe/año	Potencia Eléctrica MWe	Potencia Eléctrica Neta (MWe)
Coquimbo	6.868	4.807	2.060	0,2	0,0
Valparaíso	36.286	25.400	10.886	1,6	1,2
Metropolitana	31.638	22.147	9.491	1,4	0,8
Libertador Gral. Bernardo O'Higgins	281.809	197.267	84.543	12,1	11,0
Maule	2.291.977	1.604.384	687.593	98,1	96,6
Biobío	7.730.668	5.411.468	2.319.200	330,9	247,5
La Araucanía	5.645.785	3.952.050	1.693.736	241,7	161,2
Los Ríos	5.906.331	4.134.432	1.771.899	252,8	209,4
Los Lagos	12.636.322	8.845.425	3.790.896	540,9	349,6
Aisén del Gral. Campos Ibáñez del Campo	17.861.031	12.502.721	5.358.309	764,6	709,5
Magallanes y la Antártica Chilena	8.233.709	5.763.596	2.470.113	352,5	342,4
Total	60.662.424	42.463.697	18.198.727	2.597	2.129

Si bien, a nivel país la biomasa sostenible anual puede generar una Potencia Eléctrica Neta Instalable superior a los 2.500 MWe, esta energía sólo se podrá hacer efectiva al existir demanda de biomasa e interesados en proveerla para este uso. El volumen de oferta dependerá por lo tanto del precio que se ofrezca, debiendo como mínimo superar los costos de producción y transporte.

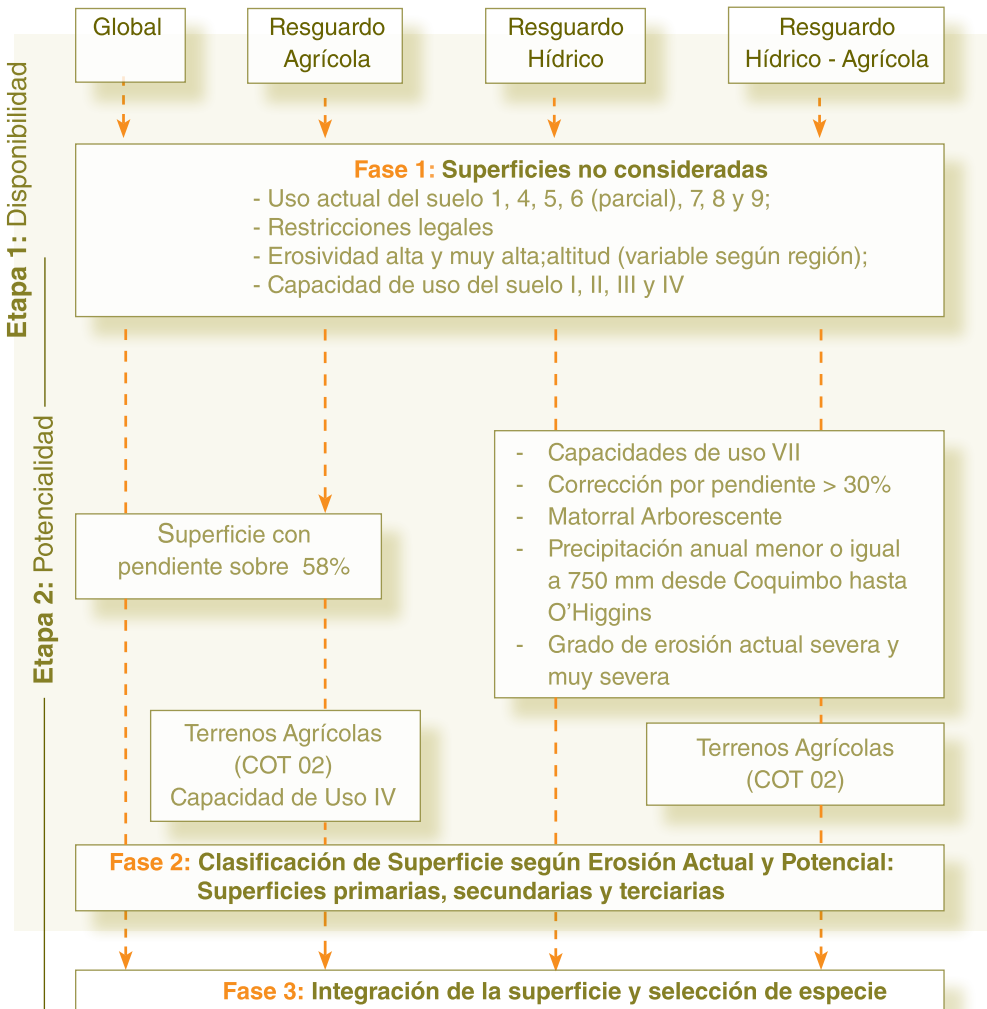
Superficie
Potencialmente
Disponibile para
Plantaciones
Dendroenergéticas

5



Superficie Potencialmente Disponible para Plantaciones Dendroenergéticas

Con el objeto de identificar zonas con mayor factibilidad para el establecimiento de plantaciones forestales orientadas a producir biomasa con fines energéticos, se trabajó en dos etapas: i) determinación de la superficie disponible (Etapa 1) en el área de estudio y ii) determinación de la superficie potencial (Etapa 2), la cual consta de cuatro escenarios que contemplan distintas restricciones (Figura 10).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Metodología para la Estimación de Superficie Potencialmente Disponible para Plantaciones Dendroenergéticas bajo cuatro escenarios.

5. Superficie Disponible para Plantaciones Dendroenergéticas

a Escenario global:

a Es la superficie potencialmente disponible para establecer plantaciones orientadas a producir biomasa con fines energéticos. Corresponde al escenario menos restrictivo. Este escenario contempla los matorrales, praderas y terrenos de uso agrícola desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, pero excluye aquellas superficies con restricciones legales para el establecimiento de plantaciones (ej. bosques nativos y parques nacionales), uso actual no forestable (ej. zonas urbanas); y capacidades de uso de suelo no compatibles para este tipo de plantaciones (I, II, III y VIII). Tampoco se consideran plantaciones forestales ya establecidas.

b Escenario de resguardo agrícola:

b Es la superficie potencialmente disponible para establecer plantaciones orientadas a producir biomasa con fines energéticos, enfocándose en terrenos que no compiten con la agricultura. Este escenario parte de la base del escenario global, y excluye los terrenos con actividad agrícola y aquellos de capacidad de uso del suelo de la clase IV, a objeto de resguardar el uso de la tierra para producción agrícola.

c Escenario de resguardo hídrico:

c Es la superficie potencialmente disponible para establecer plantaciones orientadas a producir biomasa con fines energéticos, enfocándose en terrenos con disponibilidad hídrica y aplicando mayores restricciones para asegurar la conservación de recursos naturales. Este escenario parte de la base del escenario global, y excluye adicionalmente los matorrales arborescentes, las áreas en pendientes mayores a 30% o con capacidad de uso de suelo VII, y áreas con erosión actual o potencial severa y muy severa. Excluye además desde la Región de Coquimbo hasta la Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins debido a la escasez hídrica derivada de la baja pluviosidad (inferior a 750 mm anuales).

d Escenario de resguardo hídrico-agrícola:

d Se obtuvo a partir del escenario de resguardo hídrico, al cual se le descontó los terrenos con uso actual agrícola; entonces, aunque un terreno de uso actual agrícola se haya encontrado en una capacidad de uso no arable (V a VIII), fue descartado para uso de plantaciones dendroenergéticas forestales.

A su vez, dado que las distintas categorías de erosión actual y potencial (CIREN, 2010)¹² representan diferentes condiciones de suelo, se consideró éstas como limitantes para la disponibilidad de superficies destinadas al establecimiento de plantaciones dendroenergéticas forestales en el país. De acuerdo a ello, en esta fase se clasificó la superficie total disponible en tres clases, según la condición de erosión actual y potencial:

¹² CIREN. 2010. *Mapas de zonificación de aptitud productiva del territorio nacional de especies vegetales con potencial de producción de biocombustibles. Informe final. Santiago, Chile. 235 p.*

5. Superficie Disponible para Plantaciones Dendroenergéticas

- i **Superficies primarias:** aquellas aptas para aplicar rotaciones cortas que puedan destinarse a cultivos forestales intensivos con propósito dendroenergético. Estas poseen erosión actual y erosión potencial clasificada como baja o nula y son consideradas con la mejor aptitud para plantaciones forestales dendroenergéticas.
- ii **Superficies secundarias:** son aquellas que, por su condición de erosión actual, requieren un manejo diferenciado y planificación de aprovechamientos dendroenergéticos a mediano plazo (rotación forestal tradicional). Su grado de erosión actual y erosión potencial es moderado. Bajo esta consideración es posible el establecimiento de plantaciones forestales, teniendo como objetivo secundario la utilización de desechos o cortas intermedias para dendroenergía.
- iii **Superficies terciarias:** corresponden a las superficies cuya erosión actual se encuentra en las categorías de severo y muy severo, y erosión potencial de iguales categorías. En estas superficies se propone forestación con fines de protección y recuperación de suelo, y como objetivo secundario la utilización de biomasa para dendroenergía a través de cortas intermedias. Los suelos con bajo contenido de carbono deben tener como objetivo primario la acumulación de carbono (Turner et al., 2001)¹³.

Siguiendo esta metodología, en el cuadro 6 se pueden ver los principales resultados de superficie disponible con potencial dendroenergético, por escenario y región.

Cuadro 6. Superficie total (hectáreas) disponible según escenarios y región.

Región	Escenario			
	Global	Resguardo agrícola	Resguardo hídrico	Resguardo hídrico-agrícola
Coquimbo	47.919	20.201	--	--
Valparaíso	126.162	49.625	--	--
Metropolitana	58.772	8.323	--	--
Libertador Gral. Bernardo O'Higgins	139.870	16.730	--	--
Maule	241.179	15.738	186.157	5.586
Biobío	392.630	55.351	168.683	14.909
La Araucanía	482.205	79.300	259.580	68.772
Los Ríos	224.216	170.746	111.842	110.071
Los Lagos	205.775	122.033	126.642	125.765
Aisén del Gral. Campos Ibáñez del Campo	128.388	92.266	60.474	58.649
Magallanes y la Antártica Chilena	1.712.419	1.712.409	1.602.302	1.602.291
Total de Coquimbo a Aysén	2.047.120	630.318	913.381	383.755
Total de Coquimbo a Magallanes	3.759.540	2.342.727	2.515.683	1.986.046

NOTA: La Región de Magallanes y la Antártica Chilena se presenta en forma separada, debido a la limitada información disponible, por lo cual los resultados no se consideran representativos.

¹³ Turner J, MJ Lambert, P Hopmans, J McGrath. 2001. Site variation in Pinusradiataplantations and implications for site specific management. *New Forests* 21: 249–282.

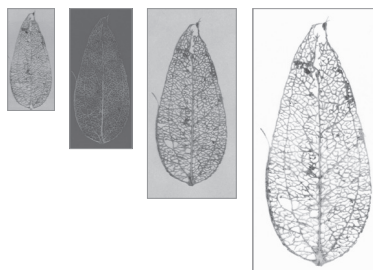
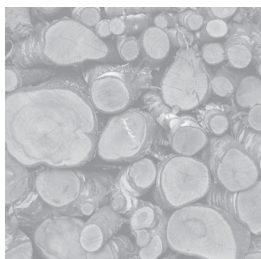
5. Superficie Disponible para Plantaciones Dendroenergéticas

Las superficies totales para las regiones de Coquimbo a Aisén del Gral. Carlos Ibáñez del Campo fluctúan significativamente de acuerdo con el escenario que se considere. En dicho territorio, bajo el escenario global, que es el menos restrictivo, se estima una superficie total disponible de 2.047.120 ha, mientras que en el escenario de resguardo hídrico se alcanza al 44,6 % del escenario global, en el escenario de resguardo agrícola al 30,8 % y con el escenario de resguardo agrícola a sólo el 18,7 %. Consecuentemente, en cada región las superficies disponibles varían fuertemente según el escenario.

Por ejemplo, en la Región del Maule, la superficie mayor (escenario global) es de 241.179 ha y la menor estimada alcanzó a 5.586 ha (escenario de resguardo agrícola). En la Región de Los Lagos, en cambio, las variaciones son relativamente menores, con cifras de 205.775 ha y 125.765 ha, respectivamente. Evidentemente, el escenario de resguardo hídrico provoca las mayores fluctuaciones en las regiones del norte (regiones de Coquimbo a Libertador Gral. Bernardo O'Higgins), ya que elimina completamente esas regiones para propósitos de plantaciones dendroenergéticas.

6

Demanda de Biomassa Forestal



Demanda de Biomasa Forestal

Otro de los objetivos del proyecto, fue recopilar antecedentes respecto del consumo actual de biomasa en el país. En este sentido, los principales resultados muestran que el consumo nacional de biomasa forestal para usos energéticos, por parte de los segmentos presentados en el Cuadro 7 y la Figura 11, alcanza a 13,1 millones de m³ sólidos anuales, de los cuales el 53,6% corresponden a biomasa de origen nativo. Esto se traduce en un consumo per cápita anual de 0,86 m³ sólidos¹⁴ (biomasa nativa y no nativa), principalmente en formato de leña.

Cuadro 7. Consumo de biomasa nativa y no nativa, total país, expresado en m³/s¹⁵ y TS¹⁶ anuales por segmento, año 2012.

Segmento / Unidad	Biomasa Nativa		Biomasa no Nativa		Total Biomasa	
	m ³ s/año	TS/año	m ³ s/año	TS/año	m ³ s/año	TS/año
Residencial Urbano	4,1	2,1	2,7	1,4	6,8	3,5
Residencial Rural	2,3	1,2	2,7	1,4	5,0	2,6
Grandes Consumidores*	0,6	0,3	0,7	0,4	1,3	0,7
TOTAL	7,0	3,6	6,1	3,2	13,1	6,8

*Grandes Consumidores: Comercio, Industrias y Servicios Públicos.

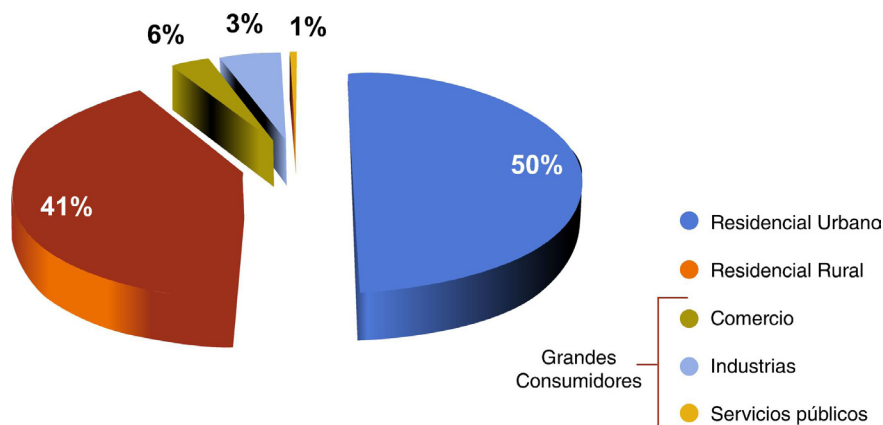


Figura 11. Distribución del consumo de biomasa nativa y no nativa por regiones (Coquimbo a Magallanes y de la Antártica Chilena) y segmentos. No incluye derivados, desechos de industrias de la madera ni el consumo de biomasa por plantas generadoras de energía y calor.

¹⁴ El consumo per cápita corresponde a biomasa nativa y no nativa. Se estima en base a los habitantes que al 2012 existen entre las regiones de Coquimbo y Magallanes y la Antártica Chilena.

¹⁵ Metros cúbicos sólidos de biomasa anual.

¹⁶ Toneladas secas de biomasa anual.

El consumo del segmento residencial es el más importante en el país, sumando entre el sector urbano y rural 11,8 millones de m³ sólidos (6,2 millones de TS) exclusivamente en forma de leña, es decir 90% del consumo total. El consumo anual por parte de los grandes consumidores alcanza 1,3 millones de m³ sólidos (0,7 TS/año) principalmente de biomasa no nativa.

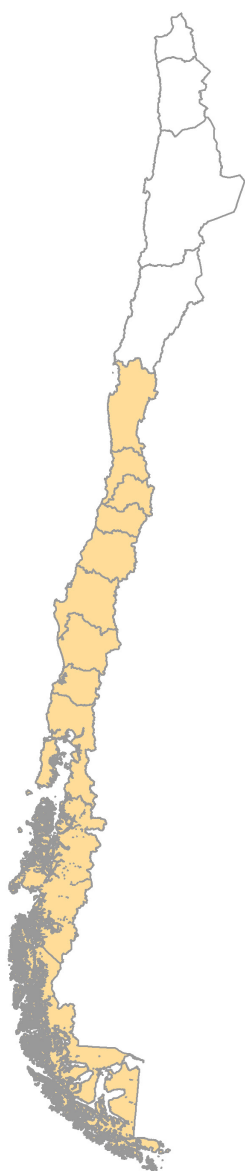
En cuanto a no considerar el consumo de las plantas generadoras de energía, se estima que estas últimas consumen biomasa mayoritariamente proveniente de los desechos de cosecha del sector forestal y subproductos industriales, ambos de plantaciones, para las cuales no hay datos públicos.

Si bien los resultados son semejantes a estimaciones anteriores, los hallazgos muestran una marcada disminución en la proporción del consumo de biomasa tipo leña por el segmento rural con respecto al consumo urbano, que disminuye de 58% (Gómez-Lobo et al. 2006) a 41%; e igualmente una disminución en alrededor de 10% en la proporción del consumo de biomasa de especies del bosque nativo (Figura 11). Esto refleja ciertos cambios en los patrones de consumo debidos a la relocalización de la población, restricciones de accesibilidad al recurso, variación en las condiciones de abastecimiento de leña en el segmento rural, aceptación de especies exóticas, consumo de derivados y otros combustibles. Los nuevos resultados también muestran diferencias en el consumo del segmento comercial según el tamaño de las ciudades, por lo que no resulta aplicable un coeficiente (ratio) único.

Otro de los resultados importantes del estudio de consumo de biomasa, se obtuvo a partir de las encuestas aplicadas en sectores rurales de la Región de los Ríos que señalan que la cantidad de leña consumida por las viviendas rurales, está fuertemente influenciado por el nivel de ingreso familiar. Por otra parte, los resultados arrojaron que la cantidad de leña nativa consumida presenta variaciones longitudinales, en un transecto de costa a cordillera.

Consideraciones y Conclusiones

7





Consideraciones y Conclusiones

La estimación de la superficie neta de bosque nativo y de superficies potenciales para el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas, ha sido estimada aplicando restricciones derivadas de la normativa forestal y ambiental vigente, que consideran aspectos ecológicos, físicos y científicos (información secundaria). Sin embargo, la planificación operacional de actividades silvícolas debiera aplicar también otras consideraciones de índole social, de manejo de superficies de bosques y de factibilidad de transacción de la biomasa tomando en cuenta aspectos económicos.

Considerando lo anterior, este estudio indica que existe disponibilidad biofísica de biomasa forestal de origen nativo (21,6 millones de toneladas secas anuales), resguardando todas las consideraciones legales para su utilización como fuente de energía. Al aplicar los factores de reducción por densidad básica y cosecha, la Biomasa Técnicamente Aprovechable es de 12,9 millones de TS/año, y al descontar a ésta el consumo anual de biomasa nativa, la Biomasa Técnica Neta es de 9,5 millones de TS/año.

La Potencia Técnica Eléctrica Instalable a nivel país es de 2.597 MWe. Al descontar el consumo de leña nativa, este potencial se reduce a 2.129 MWe (Potencia Técnica Neta). Un 84% de este potencial se asocia a los tipos forestales Siempreverde, Roble-Raulí-Coihue y Lengua.

No obstante, es necesario comprender que la posible utilización de esa biomasa depende de condiciones sitio-específicas. Para que sea real debe haber demanda e interesados en proveer la biomasa para este uso. El volumen de oferta dependerá por lo tanto del precio que se ofrezca por la biomasa, debiendo como mínimo superar los costos de producción y transporte.

Hoy, según se aprecia en el análisis de costos de abastecimiento realizado para la Región de Los Ríos¹⁷, existe una brecha importante entre el precio ofertado por los generadores actuales y el costo de abastecimiento. A pesar de la disponibilidad biofísica, para las actuales señales de precio de la biomasa, no habría oferta económica. Los US\$ 44 por tonelada seca que aproximadamente pagan las plantas generadoras por biomasa, no cubren los costos de producción y transporte de la biomasa.

Esto obligará a un esfuerzo de parte de los productores para mejorar sus tecnologías y disminuir los costos de producción; a los generadores para buscar las mejores localizaciones para minimizar los costos de transporte y mejores tecnologías para disminuir los costos de generación; y, también del Estado quien se recomienda aporte con los instrumentos e incentivos que contribuyan a disminuir la actual brecha, como por ejemplo hacer frente a la inversión para desarrollar la red de caminos. Si estos actores no coinciden, es probable que el bosque nativo siga sin participar de la generación eléctrica.

Además de la inversión en caminos, se debe considerar la incorporación de tecnología en producción y un mejoramiento en la situación de precios de la biomasa. Esto último podría ocurrir vía subsidios a la generación de energía por biomasa, dentro de las políticas de fomento al uso de ERNC. A modo de ejemplo, si operara

¹⁷ Disponible en Informe Final del proyecto, descargable desde el Explorador de Biomasa Forestal.

un subsidio en cualquier parte de la cadena de producción del orden de US\$ 5 por tonelada seca y los productores logran bajar sus costos en otros US\$ 5 TS/año, se accedería a una oferta de 270.000 TS/año, suficientes para levantar 5 plantas de 10MWe cada una en la Región de Los Ríos.

Pero biomasa no es sólo materia prima para plantas de generación eléctrica, un elemento importante es la utilización de la energía térmica complementaria, por lo cual los proyectos de generación de energía deben considerar su máximo aprovechamiento.

Por otra parte, es de esperar que las plantaciones dendroenergéticas forestales logren menor retorno en comparación con otros objetivos silviculturales madereros, ya que deben producir materia prima sin valor agregado para un mercado que tiene otras opciones de abastecimiento. Este retorno está en función, entre los factores principales, del precio de la madera proveniente de estos cultivos (que en el caso del país es incierto), de la obtención de grandes cantidades de biomasa en corto tiempo y de la minimización de costos de producción.

Para la extracción de biomasa frecuentemente se realizan cosechas con alta mecanización, cuyo objetivo es disminuir los costos asociados. Este tipo de cosechas altera (compacta, remueve) parte del suelo superficial y ello puede ser mayor cuando el terreno intervenido posee un potencial de erosión alto (severo o muy severo). Por su parte, la cosecha manual y con animales de tiro puede ser de mayor costo, pero su impacto sobre el suelo muy bajo. Adicionalmente, se debe considerar que las cosechas de biomasa son instancias de eliminación, total o parcial, de la cubierta protectora del suelo, lo que genera condiciones de mayor inestabilidad para el suelo. Como consecuencia de lo anterior, aquellos terrenos con grados de erosión potencial severo o muy severo deberían ser considerados preferentemente para protección (cubierta forestal permanente) o uso forestal tradicional, es decir, con rotaciones largas.

Por otro lado, en suelos con erosión actual de grados severo o muy severo, es de esperar que las plantaciones forestales no logren altos rendimientos, ya que no existe suficiente suelo fértil capaz de aportar lo necesario para el éxito de la plantación. Además, la presencia de cárcavas da cuenta de dificultades técnicas para faenas de plantación y, especialmente, de cosecha. La cosecha en este tipo de suelos tiene un significativo impacto en la extracción de materia orgánica y de elementos nutritivos, además de eliminar total o parcialmente la cubierta protectora del suelo. Este tipo de suelos debería ser también destinado a protección y recuperación, favoreciendo una cubierta forestal permanente o de larga rotación.

No obstante lo anterior, tanto los suelos de alto potencial de erosión como aquellos con alto grado de erosión actual, pueden ser considerados en procesos productivos con extracción intensiva de biomasa si se toman los resguardos técnicos necesarios. La protección del suelo, la minimización de la exportación de elementos nutritivos, la retención máxima posible de materia orgánica y la reposición de los elementos nutritivos exportados, deben ser consideradas para lograr un manejo sostenible. Estos aspectos pueden ser materia de reglamentación asociada a plantaciones establecidas en estos tipos de suelos. De esta manera, pueden incorporarse al sector productivo terrenos que hasta ahora no han logrado los incentivos suficientes para hacerlo, otorgando una mejor opción que su continua degradación por erosión.

