

ESTADO DEL ARTE Y NOVEDADES DE LA Bioenergía EN CHILE

Autor: Manuel Paneque



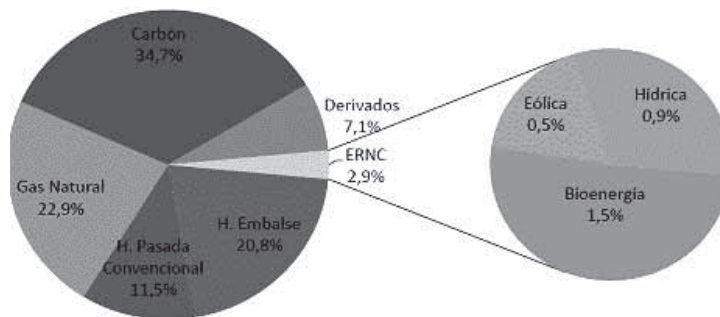
1. ASPECTOS RELEVANTES EN EL CONTEXTO DEL PAÍS

La generación bruta de energía en Chile del SING y SIC¹⁸ para el año

2011 ascendió a 61.934 GWh, y dentro de las ERNC (2,9% del total), la Bioenergía¹⁹ tuvo una participación mayoritaria y creciente (CER, 2012.i). (Gráficos 1 y 2).

GRÁFICO 1:

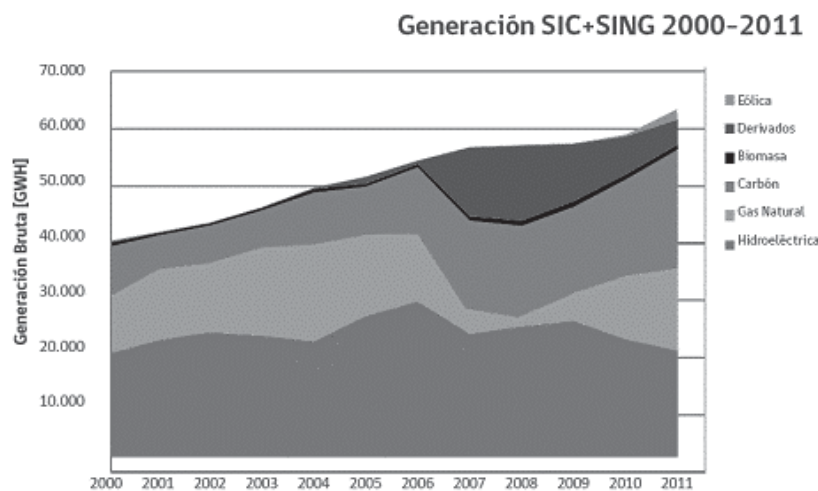
Total Generación Bruta de Energía, Chile, 2011



Total Generación Bruta: 62 TWh
Potencia Instalada : 17 GW

GRÁFICO 2:

Evolución de la demanda eléctrica SING y SIC en Chile 2000-2011 (CER, 2012.i; Ministerio de Energía, 2012.iii)



Fuente: Ministerio de Energía, CDEC-SIC y CDEC-SING.

18 Corresponde a los dos sistemas eléctricos que agrupan el 99% de la capacidad instalada de energía en Chile (los otros dos, minoritarios, son Aysén y Magallanes).

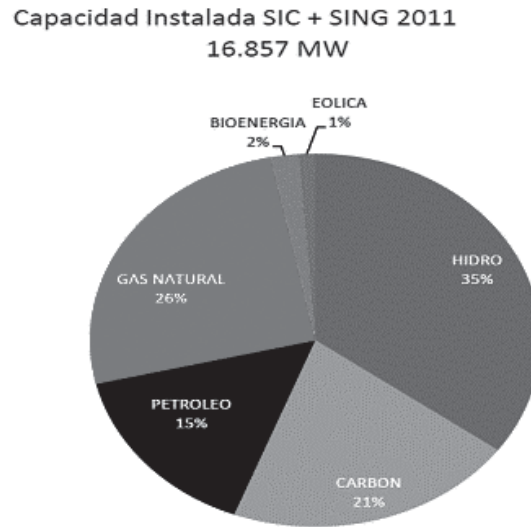
19 Biomasa: aplicaciones con recursos forestales & Biocombustibles: biodiésel, bioetanol, biogás.

La capacidad instalada en Chile en el SING y SIC al 2011 fue de 16.857 MW, siendo aquella derivada de biomasa el 2% del total anual (Mi-

nisterio de Energía, 2012.i) (Fig. 3), y la demanda para ese mismo año de 6.881 MW en el SIC y 2.162 MW en el SING.

GRÁFICO 3:

Capacidad instalada SING y SIC en Chile 2011



Fuente: Ministerio de Energía, 2012.i-ii.

CUADRO 1:

Capacidad instalada SING y SIC en Chile 2011

| Fuente | SIC | SING | Magallanes | Aysén | Total |
|---------------------------|---------------|--------------|-------------|--------------|---------------|
| Hidráulica > 20MW | 5.633 | 0 | 0 | 0 | 5.633 |
| Comb. Fósiles | 6.079 | 3.949 | 100 | 29 | 10.157 |
| Total convencional | 11.712 | 3.949 | 100 | 29 | 15.790 |
| Hidráulica < 20MW | 225 | 15 | 0 | 20 | 261 |
| Biomasa | 256 | 0 | 0 | 0 | 256 |
| Biogás | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 |
| Eólica | 197 | 0 | 2,6 | 2 | 201 |
| Total ERNC | 693 | 15 | 2,6 | 22 | 733 |
| Total Nacional | 12.405 | 3.964 | 102 | 52 | 16.523 |
| ERNC % | 5,6% | 0,4% | 2,5% | 43,3% | 4,44% |

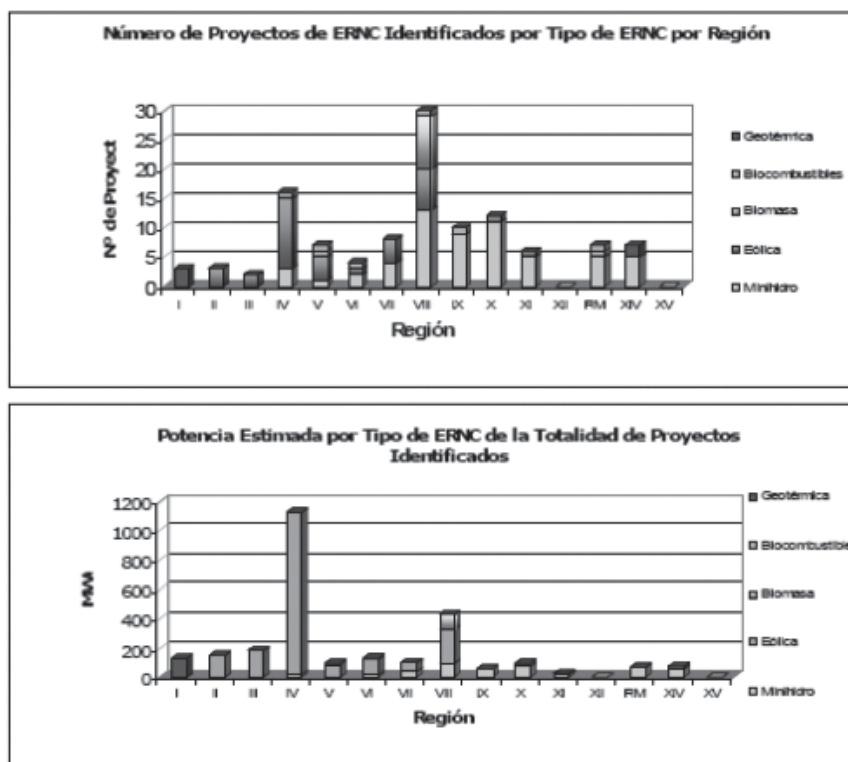
Fuente: Ministerio de Energía, 2012.i-ii.

Lo anterior se ve reflejado en la capacidad instalada de ERNC en Chile, donde actualmente existen

732 MW conectados a los sistemas eléctricos del país (CER, 2012.ii-iii). (Gráficos 4, 5 y 6).

GRÁFICO 4:

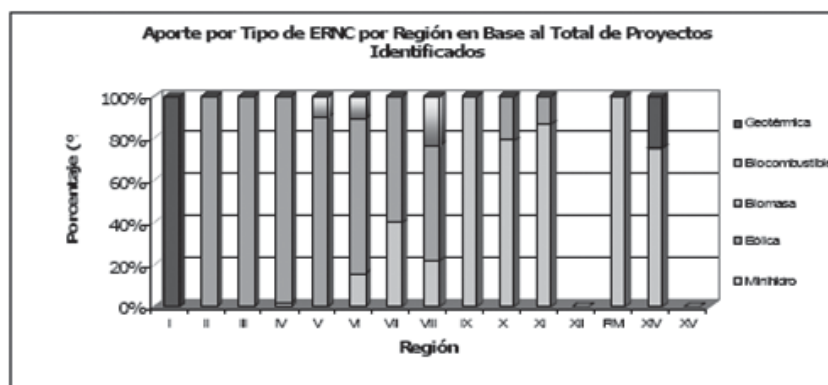
Número de proyectos de ERNC Identificados por Región y Potencia Estimada por Región (en MW)



Fuente: INNOVACHILE-CORFO, 2009

GRÁFICO 5:

Aporte por tipo de ERNC por Región según Proyectos Identificados

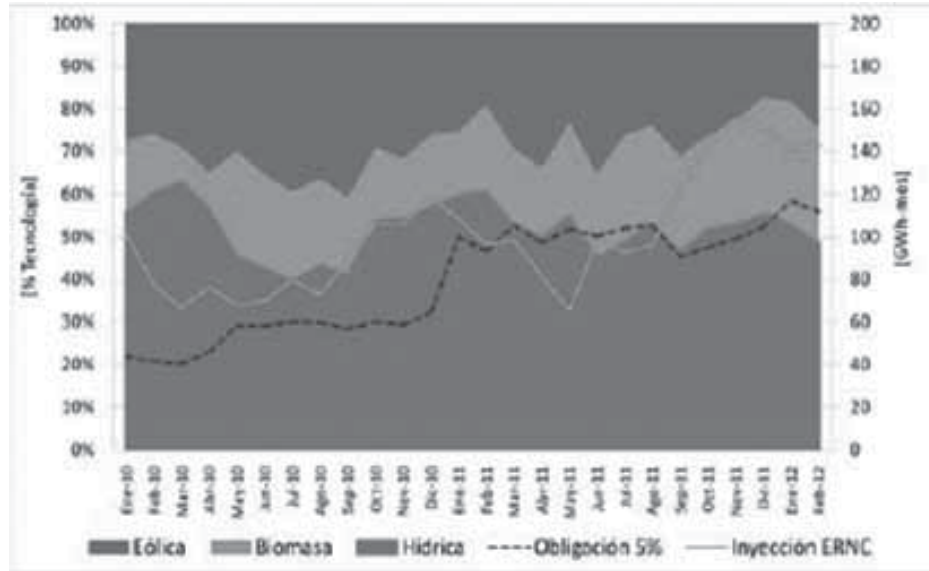


Fuente: INNOVACHILE-CORFO, 2009

110

GRÁFICO 6:

Capacidad instalada ERNC Chile, Abr. 2012



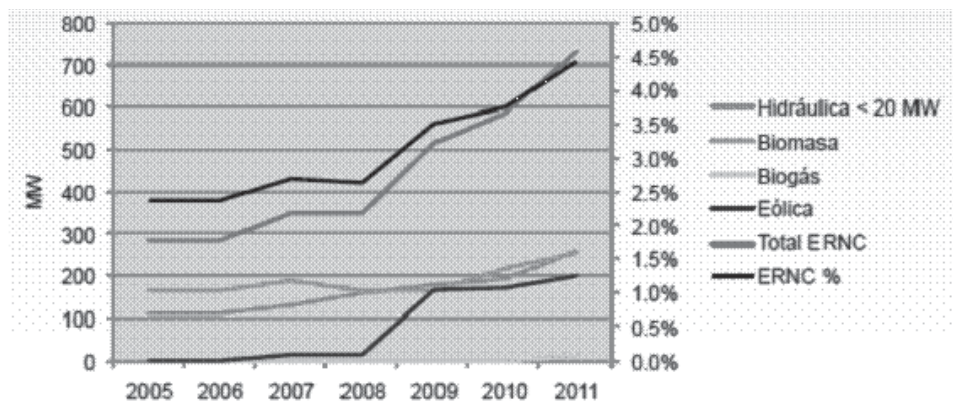
Fuente: CER, 2012 ii-iii

De esta forma se aprecia un alza sostenida en la participación de las ERNC dentro de la matriz energética, con una progresión sistemática,

ca del componente Bioenergía en el periodo 2005-2011 (Ministerio de Energía, 2012.ii) (Gráfico 7).

GRÁFICO 7:

Capacidad instalada ERNC y % de participación 2005-2011, Chile



Fuente: Ministerio de Energía, 2012.ii.

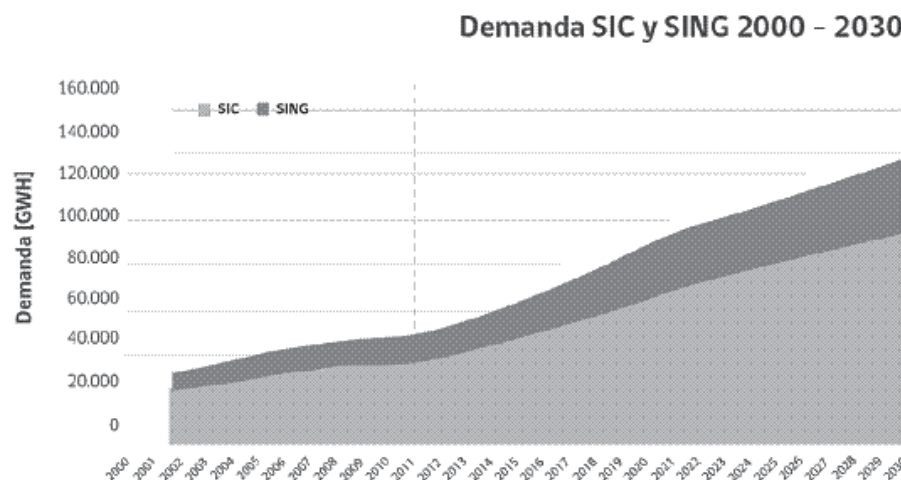
En relación a la demanda de energía proyectada del país se plantea un requerimiento creciente. Al año 2020 se proyectan tasas de crecimiento del consumo eléctrico en torno al 6 a 7%, lo que significa cerca de 100.000 GWh de demanda total de energía eléctrica a dicho año, lo que requerirá aumentar la oferta, sólo en dicho período, en más de 8.000 MW en nuevos proyectos de generación (CER, 2012.i;

Ministerio de Energía, 2012.i-iii) (Gráfico 8)

Al momento, y si se considera la exigencia global vigente de inyección de ERNC del 5% a los sistemas eléctricos (Ley 20.257), se ha cumplido con un aporte del 5,65% a mayo de 2012 para el SING y SIC. Del total de las inyecciones citadas, la Biomasa ha representado el 29% (CER, 2012.iii).

GRÁFICO 8:

Demanda SING y SIC 2000-2030, con PIB proyectado de 4,9% media anual



Fuente: CER, 2012; Ministerio de Energía, 2012.i.

1.1. Entorno Político para el Desarrollo de ERNC

Para el impulso de la generación de ERNC, en el marco de una demanda energética creciente, en Chile se han procurado una serie de mecanismos en esa dirección por par-

te de los organismos de Estado, no obstante la dificultad en alcanzar la meta inicial del Gobierno actual y lo propuesto en un Proyecto de Ley ad hoc de fijar la incorporación de un 20% de ERCN en la matriz energética nacional al año 2020 (situación expuesta por el Ministerio de Energía ante el Senado en septiembre de 2012, donde se señala que

se podría lograr sólo la mitad de esa cifra al año 2024, tal como contempla la legislación vigente).

El Gobierno de Chile presentó en febrero de 2012 la Estrategia Nacional de Energía (ENE) 2012-2030, que define los lineamientos que seguirá el país en materia energética los próximos años (Ministerio de Energía, 2012.iii).

Chile es un país importador de recursos energéticos, cuyos altos precios han incrementado los costos marginales de generación de energía y el precio de la electricidad (el país tiene uno de los precios de electricidad más altos de América Latina y superiores al promedio del resto de países de la OCDE). En la ENE se ha declarado que el país requiere de energías limpias y renovables como son la generación hídrica y las ERNC. De esta forma el Gobierno tendrá como objetivo acelerar la incorporación de ERNC, potenciar el desarrollo hidroeléctrico y disminuir la participación de la generación termoeléctrica.

Por el momento se descarta la utilización de energía nuclear para la generación de electricidad, aunque se continuará estudiando y analizando la experiencia internacional para contar con la información suficiente para que los próximos gobiernos puedan tomar una decisión al respecto.

Con miras de orientar la matriz eléctrica de la forma descrita, la ENE se basa en 6 pilares fundamentales, uno de los cuales corresponde al desarrollo de ERNC.

Actualmente el desarrollo de las ERNC enfrenta una serie de dificultades como el alto costo de la inversión inicial, las limitadas posibilidades de financiamiento, dificultades en el acceso y conexión a líneas de transmisión y suscripción de contratos a largo plazo.

Dentro de las medidas comprometidas para su impulso figuran:

- Mecanismos de licitación para incentivar su Desarrollo: se realizarán licitaciones abiertas por bloques de ERNC en la que los generadores podrán adjudicarse un subsidio del Estado que mejore sus condiciones de venta de energía.
- Plataforma geo-referenciada: reunirá información dinámica para la evaluación de la viabilidad de un proyecto de ERNC para identificar la disponibilidad de terrenos compatibles. Así es posible brindar certidumbre sobre la viabilidad de desarrollar proyectos de ERNC y fortalecer el aprovechamiento de los terrenos fiscales.
- Fomento y Financiamiento: se crearán instrumentos efectivos de cobertura, seguros, nuevas líneas de crédito con financiamiento internacional y otras medidas de incentivo económico.
- Nueva institucionalidad: se propondrá una nueva institucionalidad de carácter público para promover el establecimiento de las ERNC.

- Estrategias por tecnología: se llevará a cabo una estrategia de largo plazo diferenciada para cada una de las energías: solar, eólica, bioenergía, biomasa, geotermia, mini hidro y mareomotriz. Se contempla I + D + i, prospección del recurso, instrumentos de fomento, financiamiento y marco regulatorio. Además, se implementará un nuevo plan de subsidios e incentivos para proyectos piloto de ERNC que permitan recoger experiencia y generar conocimiento en esta industria.

1.2. Entorno Legal para el Desarrollo de ERNC

Marco Legal General

Las siguientes normativas de carácter general son aplicables a proyectos que posean una connotación energética con foco en el impulso de las ERNC.

Decreto Con Fuerza De Ley N° 1 (DFL 1, 1982) Ministerio de Minería

Llamada Ley General de Servicios Eléctricos; aprueba modificaciones al DFL. N° 4 de 1959, en materia de Energía Eléctrica. Regula las actividades del sector, así como las obligaciones de los organismos de regulación del mercado, entre ellas, la CNE, la SEC, etc. Además define las obligaciones de cada sector que participa en el sistema eléctrico, junto con los mecanismos de remuneración, tanto para las tran-

sacciones entre privados, como la referida a los clientes regulados y los no sometidos a regulación.

Ley N° 19.940

Regula sistemas de transporte de energía eléctrica, establece un nuevo régimen de tarifas para sistemas eléctricos medianos e introduce las adecuaciones que indica a la Ley General de Servicios Eléctricos. Además, libera total o parcialmente el pago de peajes a las ERNC cuya potencia sea inferior a los 20 MW, junto con normar el pago de servicios adicionales a la entrega de energía en el sistema (servicios como regulación de frecuencia, control de tensión, seguridad de suministro, partida o reinicio de sistema, etc.). Es conocida también como la "Ley Corta I". Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 13 de Marzo del 2004.

Ley N° 20.018

Modifica el marco normativo del sector eléctrico. Establece los mecanismos de participación en el mercado de las fuentes de ERNC, los precios a los que vende energía y potencia a las empresas de distribución, establece el mecanismo de licitaciones para suministrar energía y potencia a las empresas de distribución, garantiza el uso de instalaciones eléctricas con objeto de vender energía directamente a clientes no sometidos a regulación de precios y modifica la manera de traspasar los costos de generación a los clientes regulados de manera más fluida. También se le conoce

como la "Ley Corta II". Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 19 de Mayo de 2005.

Ley N° 20.257

Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía con fuentes de energía renovable no convencional. Define el tipo de fuentes de energía consideradas como renovables no convencionales y obliga a las empresas con capacidad superior a 200 MW a que el 10% de sus retiros de energía provengan de fuentes renovables no convencionales (meta al año 2024). Así mismo determina un sistema de sanciones a las empresas que no cumplan con lo indicado en la Ley. También es denominada como "Ley de Energías Renovables". Publicada el 8 de marzo de 2008.

Entre los años 2010 y 2014 la obligación de suministrar energía con medios renovables no convencionales será de 5%. A partir de 2015, este porcentaje se incrementará en 0,5% anual, hasta llegar al 10% en el año 2024. Este aumento progresivo se aplicará de tal manera que los retiros afectos a la obligación el año 2015 deberán cumplir con un 5,5%, los del año 2016 con un 6% y así sucesivamente, hasta alcanzar el año 2024 el 10% provisto

De acuerdo a esta exigencia y con las medidas que se definieron en la ENE, se buscará más que duplicar en la próxima década la actual participación de las ERNC en

la matriz energética (Ministerio de Energía, 2012.iii).

Ley N° 20.571

Regula el Pago de las Tarifas Eléctricas de las Generadoras Residenciales. Este cuerpo legal habilita la inyección de excedentes de energía de medios de generación de pequeña escala en redes de distribución. Establece el sistema de incentivo a los pequeños medios de generación distribuidos en base a energías renovables no convencionales (ERNC), conocido como Net Metering (NM).

Un Reglamento determinará los requisitos que deberán cumplirse para conectar el medio de generación a las redes de distribución e inyectar los excedentes de energía a éstas.

La energía que los clientes finales inyecten por medios de generación de ERNC podrá ser considerada por las empresas eléctricas que efectúen retiros de energía desde los sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200 MW, para dar cumplimiento de la obligación establecida en la Ley 20.257. Ministerio de Energía, 2012.

Decreto Supremo N° 327 de 1998

Fija reglamento de la Ley General de Servicios Eléctricos. Regula las actividades del sistema eléctrico, entre ellas, el pago entre generadores, los pagos por uso de líneas de transmisión y subtransmisión, así como los sistemas adicionales, establece las condiciones de servicio en cuanto a continuidad y calidad

de suministro, etc. Ministerio de Minería. Publicado en el Diario Oficial del 10 de Septiembre de 1998.

Decreto Supremo N° 158 de 2003

Modifica decreto N° 327, de 12 de diciembre de 1997, de Minería, que aprueba el Reglamento de la Ley General de Servicios Eléctricos". Establece mecanismos de medición y pago de los peajes por uso de líneas. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 9 de Octubre de 2003.

Decreto Supremo N° 181 de 2004

Aprueba reglamento del Panel de Expertos establecido en el título VI de la Ley General de Servicios Eléctricos. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 16 de Septiembre de 2004.

Resolución Exenta N° 9 de 2005

Dicta norma técnica con exigencias de seguridad y calidad de servicio para el SING y SIC. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 21 de Marzo de 2005.

Resolución Exenta N° 40 de 2005

Modifica norma técnica con exigencias de seguridad y calidad de servicio para el SING y SIC. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 28 de Mayo de 2005.

Resolución Exenta N°472/05

Dispone publicación del listado de subestaciones de distribución primarias consideradas en el proceso

de determinación de los precios de nudos de abril de 2005, aplicables a clientes regulados en zonas de concesión de empresas distribuidoras y su comunicación a las empresas distribuidoras, vía correo electrónico.

Decreto N° 244 del 02 de septiembre de 2005

Aprueba Reglamento para Medios de Generación establecidos en los artículos 71°-7 a 91° de la Ley General de Servicios Eléctricos. Indica las condiciones que deben tener las unidades de generación que deseen calificar como Pequeños Medios de Generación o Pequeños Medios de Generación Distribuida, así como las actividades necesarias para realizar la conexión de los medios de generación a sistemas de distribución o sistemas interconectados, además de indicar los mecanismos de remuneración a los que pueden acogerse los propietarios de dichos medios de generación (Establece las condiciones necesarias para considerar a un medio de generación eléctrica por biomasa como no convencional).

Decreto N° 62 del 01 de febrero de 2006

Aprueba Reglamento de Transferencias de Potencia entre empresas Generadoras establecidas en la Ley General de Servicios Eléctricos. Establece las disposiciones para determinar la potencia firme y los mecanismos de remuneración.

Decreto N° 99

Fija peajes de distribución aplicable al servicio de transporte que pres-

ten los concesionarios de servicio público de distribución que señala. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 12 de Mayo de 2005.

Decreto N° 152

Fija precios de nudo para suministros de electricidad. Ministerio Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 20 de Mayo de 2005.

Decreto N° 164

Ajusta los precios de nudo para suministros de electricidad, reemplazando las fórmulas que se indican y los factores N, R y K, fijados por el decreto N° 152 de 28 de abril de 2005. Ministerio Economía, Fomento y Reconstrucción. Publicado en el Diario Oficial del 11 de Junio de 2005.

Marco Legal Específico

Se presenta a continuación la normativa en trámite y aquella vigente atañe de forma directa la producción de Bioenergía en Chile.

Ley 5.238-08

Proyecto de Ley que Crea el Fondo Nacional de Investigación y Desarrollo de Biocombustibles. Moción planteada por el Senador Antonio Horvath el año 2007, quién propone la creación de un fondo que se use de manera exclusiva en investigación y desarrollo de biocombustibles. Busca otorgar los recursos necesarios para que universidades, institutos y centros de investigación

puedan desarrollar investigaciones y explorar las opciones de producir biocombustibles en Chile. Aún se encuentra en proceso de tramitación, habiéndose desarchivándose en marzo de 2011 a petición del Senador Carlos Bianchi.

Ley 4.873-08

Proyecto de Ley Sobre Fomento de las Energías Renovables y Combustibles Líquidos. Moción planteada por el Senador A. Chadwick, J.A. Coloma, J.A. Gómez, J. Orpis y V. Pérez Varela el año 2007, quienes proponen que el combustible diesel y gasolina empleada en el rubro del transporte y que se expendan a público, obligatoriamente debe contener 5% de biodiesel o etanol, respectivamente. Busca la diversificación de la matriz energética del país y la sustitución del uso de combustibles fósiles por biocombustibles. Aún se encuentra en proceso de tramitación, desarchivándose en marzo de 2011 a petición del Senador José Antonio Gómez.

Decreto Supremo N° 11/08

Decreto del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Aprueba Definiciones y Especificaciones de Calidad para la Producción, Importación, Transporte, Almacenamiento, Distribución y Comercialización, de Bioetanol y Biodiesel. Da a conocer las especificaciones de calidad que deben poseer los biocombustibles líquidos – biodiesel y bioetanol – que se comercialicen en el país. Además, autoriza las mezclas de bioetanol y biodiesel con gasolina y diesel, respectiva-

mente, para uso vehicular en 2 a 5% del volumen de la mezcla.

Circular N° 30 del año 2007.

Impuestos Combustibles. La Comisión Nacional de Energía (CNE) establece que los biocombustibles no se ven afectados por los impuestos específicos a los combustibles ni por el fondo de estabilización del petróleo. En caso de que se utilicen en mezclas, sólo se verían afectados al impuesto o fondo la parte fósil de la mezcla, sin gravar a los biocombustibles.

1.3 Entorno Económico para el Desarrollo de las ERNC

Instrumentos de Fomento y Financiamiento

En Chile se han promovido fundamentalmente 4 líneas de fomento y financiamiento a partir del Ministerio de Economía-CORFO:

- Programas de INNOVACHILE-CORFO para la Innovación y recientemente línea de crédito tributario: Líneas de Apoyo (Emprendimiento, Innovación Empresarial, Transferencia Tecnológica, Interés Público y Pre-Competitivo)
- Programas de apoyo CORFO para proyectos de ERNC desde etapas de preinversión y recientemente de estudios avanzados: Co-financiamiento para Estudios de Pre-inversión en ERNC (etapas iniciales); Co-financiamien-

to para Estudios de Pre-inversión en ERNC (etapas avanzadas); Línea de Crédito CORFO Medio-Ambiental Aplicable a ERNC; Línea de Créditos CORFO para proyectos de ERNC.

- Líneas de financiamiento CORFO para otorgamiento de créditos CORFO.
- Programas de fomento a la Investigación, como los impulsados por el Comité Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT) mediante las líneas FONDEF y FONDECYT y el Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología.

Se aprecia en la Fig. 10 la predominancia de los proyectos de Biocombustibles, con mayor impacto en los proyectos aprobados por FONDECYT, en igual condición que la tendencia de los proyectos aprobados por INNOVACHILE en relación al grado de investigación que se está dando en éste tipo de energía.

Otros instrumentos, tanto públicos como privados, de carácter nacional o extranjero, se pueden analizar de forma resumida en el Anexo 1 (CER, 2012.v).

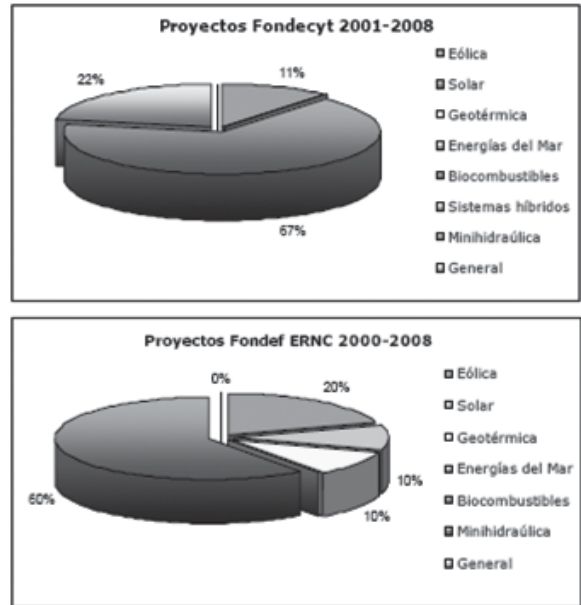
Prestación de Servicios

Son alrededor de 38 las principales empresas²⁰ en Chile relacionadas

²⁰ Empresas prestadoras de servicios que abarcan el desarrollo de estudios e ingeniería, no incluyendo a empresas del área solar dedicadas a venta e instalación de equipos.

GRÁFICO 9:

Proyectos aprobados FONDECYT y FONDEF



Fuente: INNOVACHILE-CORFO, 2009

al área de la consultoría en ERNC en las áreas de energía eólica, solar, mini-hidráulica, de los mares, geotérmica y de biocombustibles (Fuente: INNOVACHILE-CORFO, 2009) (Gráfico 9).

Existe una gran variedad de empresas dedicadas al desarrollo de estudios a nivel de pre-inversión para proyectos de biomasa para generación de energía a partir de quema y biodigestión (biogás). En el caso del biogás la oferta aborda dos ámbitos: empresas del rubro ambiental que han entrado al rubro energético mediante el estudio de la valorización de residuos de diversos orígenes, y empresas extranjeras con tecnología y conocimiento en aplicaciones energéticas de biogás que buscan entrar al mercado ya

sea por sí mismas o bien con asociación con empresas chilenas.

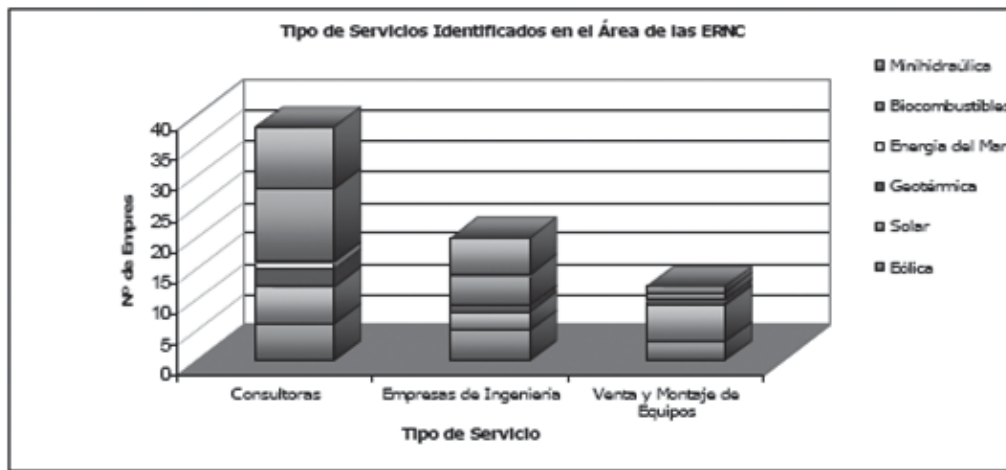
En el caso de la biomasa de origen forestal, la oferta también está orientada hacia la realización de estudios de pre-inversión.

En el área de los biocombustibles existe amplia oferta para el desarrollo de proyectos de biogás y en menor medida de biocombustibles líquidos (biodiesel y nula oferta de bioetanol).

En el área de biocombustibles líquidos la tendencia ha ido orientada a la generación de empresas desarrolladoras de proyectos fundamentalmente de pequeña escala para la generación de biodiesel de primera generación. Esto se debe a que la generación de biocombustibles de segunda generación está

GRÁFICO 10:

Prestación de servicios ERNC en Chile



Fuente: INNOVA CHILE-CORFO, 2009

aún en etapas de investigación y desarrollo.

En el área de la ingeniería de detalle, la oferta es más reducida, especialmente dedicadas a ingeniería de proyectos para sistemas de biomasa.

Si bien fue posible identificar empresas que realizan labores de seguimiento a la puesta en marcha y operación, estas no prestan servicios post venta relacionados a la mantención de equipos u operación de proyectos.

1.4. Entorno Cultural Para el Desarrollo de las ERNC

Capacidades en I+D

A nivel mundial, la investigación y desarrollo se ha identificado como el primer paso necesario para el desarrollo tecnológico y productivo en una determinada área. En

el caso de las ERNC en Chile, a la fecha existen numerosas líneas de investigación trabajando en diversos temas, fundamentalmente a nivel de Universidades, de manera independiente y en muchos casos de manera anónima.

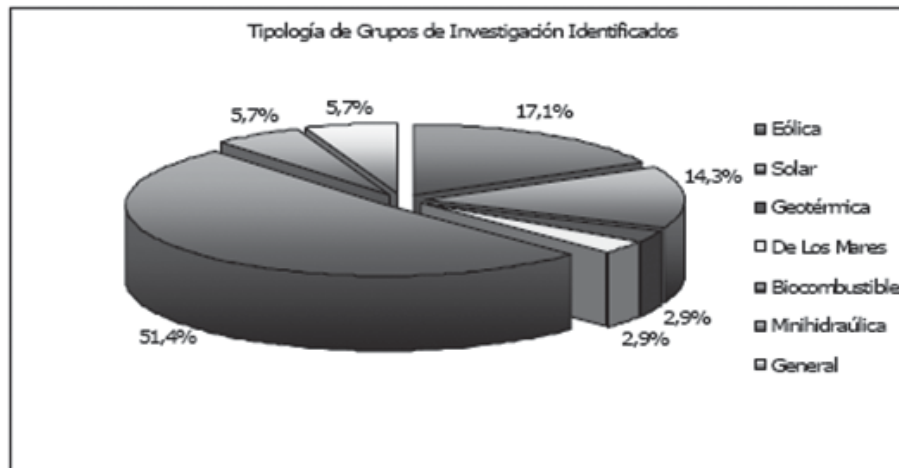
En Chile existen al menos 34 grupos de investigación dentro de entidades educacionales, de los cuales más del 50% corresponden a grupos en el área de los biocombustibles (Gráfico 11), donde las líneas identificadas han optado por investigar sobre los potenciales o condiciones adecuadas (como edafoclimáticas) para su desarrollo.

El foco se concentra actualmente en la generación de biocombustibles de segunda generación a partir de material lignocelulósico y a partir de microalgas.

La predominancia en el área de los biocombustibles a nivel de investigación en universidades se estima

GRÁFICO 11:

Grupos de Investigación ERNC en Chile



Fuente: INNOVACHILE-CORFO, 2009

que obedece a que su desarrollo no requiere de la realización de grandes inversiones en construcción de infraestructuras adicionales, ya que la mayoría de estas instituciones ya tienen (como parte de escuelas en el área de la ingeniería química, bioquímica, biotecnología, ambiental, forestal y ciencias básicas). No obstante aquello, los grupos en el área de los biocombustibles que hoy están dedicados al desarrollo de procesos escalables han tenido que pasar a etapas de ensayos piloto, con la consecuente inversión y adaptación que ello requiere (Fuente: INNOVACHILE-CORFO, 2009).

En el ámbito de la innovación se destaca iniciativas en el área de los biocombustibles por parte de la Universidad de Concepción (a través del Centro de Biotecnología y del Programa de Energías Renovables).

Capacidades Técnico-Profesionales

En el ámbito de la educación existen carreras de pre-grado o post-grado con enfoque hacia la formación de técnicos y profesionales en el área energética o más específicamente en ERNC.

Estas carreras están fundamentalmente ligadas a ramas de la ingeniería eléctrica, mecánica, y en menor medida en el área de la ingeniería industrial. En el caso de los biocombustibles y biomasa de origen forestal los cambios se han materializado a través de la generación de líneas de investigación a la cual los alumnos acceden a través del desarrollo de tesis, lo que les genera cierto nivel de especialización para continuar estudios de post-grado.

2. CADENAS PRODUCTIVAS

2.1. Biodiesel

1. Insumo

El biodiesel a utilizar en el país podrá ser de origen nacional o importado. Es un carburante para motores ciclo Diesel que se obtiene en un proceso químico llamado transesterificación de triglicéridos o aceites.

Se puede obtener del aceite vegetal proveniente de cultivos oleaginosos, y también mediante el reciclaje de aceites comestibles ya usados en fritura y otros procesos culinarios.

Sus características lo hacen similar al petróleo diesel obtenido a partir del petróleo y puede usarse directamente en casi la totalidad de los motores de ciclo diesel, aunque en algunos tipos de motores es necesario realizar modificaciones. Mayoritariamente se utiliza en mezclas de biodiesel con diesel de origen fósil.

2. Procesamiento

El biodiesel puro o B100 es posible utilizarlo sin procesar. El proceso de mezclado se puede realizar en las plantas de almacenamiento o de distribución, y en los puntos de expendio, y consiste básicamente en mezclarlo con petróleo diesel de origen fósil, para obtener el tipo de biodiesel a comercializar como carburante para motores ciclo diesel.

3. Producto Final

Biodiesel a utilizar en mezclas como carburante. Las mezclas de biodiesel puro con petróleo diesel de origen fósil utilizadas como carburante para motores ciclo Diesel, se denominan según el porcentaje de biodiesel puro contenido en la mezcla. Ej.: B 5 es un biodiesel que contiene un 5% de biodiesel puro.

4. Transporte

Desde las plantas de producción de los biocombustibles o desde los terminales marítimos, los biocombustibles (Biodiesel B100) son transportados a las plantas de almacenamiento y de distribución, mediante oleoductos dedicados, camiones tanque, carros tanque de FFCC, y buques tanque.

Transporte Terrestre:

- Oleoductos dedicados

Consiste en tuberías de acero diseñadas para altas presiones de trabajo, utilizadas para conducir exclusivamente biodiesel (y/o bioetanol). Al igual que los oleoductos para combustibles fósiles, pueden construirse enterrados o sobre la superficie, conforme a las condiciones locales de población y topografía.

- Camiones tanque

Los camiones tanque consisten en vehículos de carga especialmente adaptados para el transporte de biocombustibles, diferenciándose por el tipo de combustible, como biodiesel (o bioetanol).

- Ferrocarriles

El transporte ferroviario de biocombustibles se efectúa en carros tanque, que están especialmente adaptados para el transporte de biocombustibles, y los tanques tienen la misma diferenciación que en los camiones.

- Transporte marítimo

El transporte marítimo internacional y nacional de biocombustibles, es posible realizarlo en buques tanque preparados para resistir los efectos sobre los materiales estándar para combustibles fósiles. Los buques tanque se diferencian fundamentalmente según el tipo de combustible a transportar. El biodiesel se transporta en buques con tanques a presión atmosférica y de grandes capacidades.

5. Almacenamiento

Los biocombustibles líquidos como el biodiesel es posible almacenarlos en plantas de almacenamiento y de distribución, en estado líquido, en tanques cilíndricos de superficie especialmente adaptados para biocombustibles puros o en mezclas con combustibles fósiles, a presión atmosférica y a temperatura ambiente, con instalaciones anexas destinadas al manejo interno de los biocombustibles, donde generalmente se realizarán sólo operaciones de trasiego y despacho vía oleoducto o camiones tanque.

6. Distribución y Expendio

- Biocombustibles líquidos

Se efectuará mayoritariamente desde plantas de distribución si se resuelve la ubicación del punto de mezcla en función de los menores costos globales de la instalación y operación de estanques dedicados para biodiesel (o bioetanol puros.⁸⁷)

- Mezclas y adición de productos especiales

En las plantas de almacenamiento y de distribución es posible realizar las mezclas de biocombustibles con combustibles fósiles para obtener determinados productos, como por ejemplo el B-X mediante Diesel y Biodiesel en X % de mezcla.

Por condiciones de manejo interno de las plantas, al mantener tanques dedicados a biocombustibles, se prevé que será una práctica hacer estas mezclas al cargar el camión de reparto.

Desde las plantas se realiza la distribución y expendio de biocombustibles puros o en mezclas, mediante flotas de camiones tanque para productos líquidos, según dos sistemas:

- Granel a estanques del receptor
 - Industrias
 - Calefacción de edificios

El expendio a granel de los combustibles líquidos se efectúa mediante medidores de volumen de líquido y bombas instalados en los camiones

tanque, para abastecer instalaciones interiores de combustibles líquidos, las que constan de estanques, tuberías, accesorios, y equipos térmicos tales como calderas y hornos donde se realiza el uso final de los combustibles.

- Instalaciones de expendio (Estaciones de servicio)

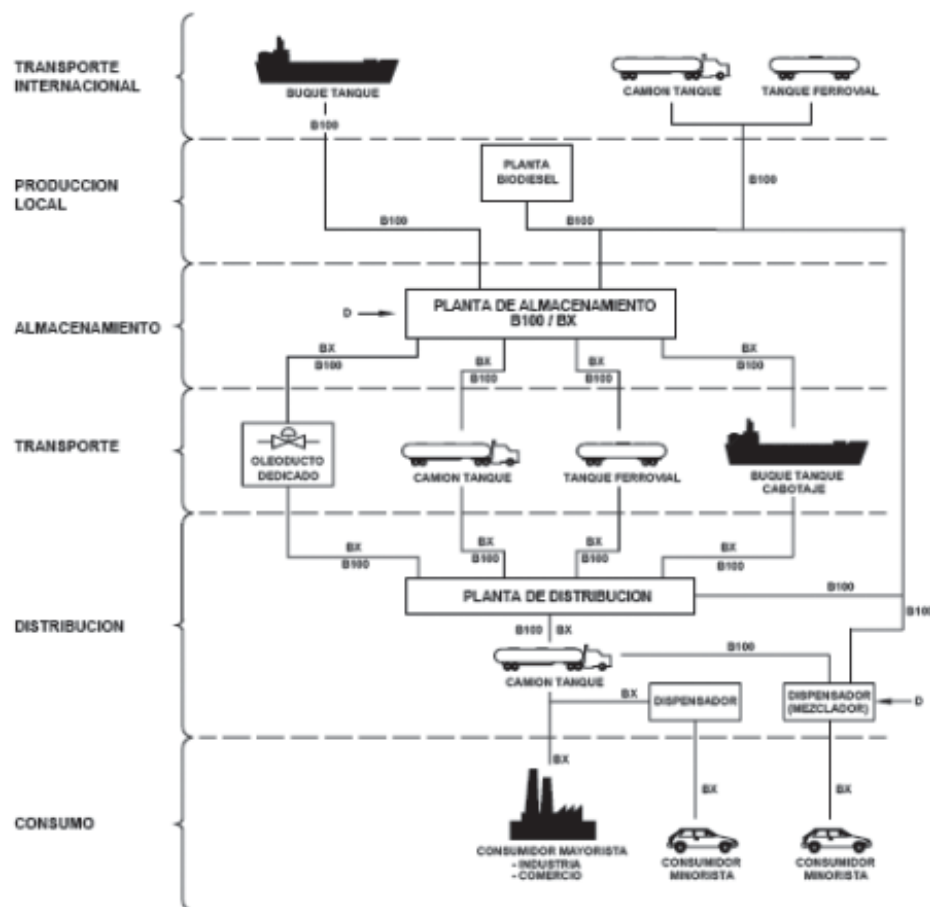
El expendio de los combustibles líquidos para vehículos se efectúa en instalaciones de expendio, (co-

múnmente conocidas como Servi-centros o Estaciones de Servicio), mediante surtidores para carga de los estanques de los vehículos.

En los surtidores de las instalaciones de expendio también es posible realizar la mezcla de biocombustibles puros con las gasolinas, para obtener los biocombustibles de uso final como carburante.

FIGURA 1:

Cadena de Producción – Consumo de Biodiesel en Chile (CNE, 2008)
B100: Biodiesel puro; Bx: Biodiesel (PE de diesel adicionado en un X% con biodiesel puro); D: Petróleo diesel



Producción de biodiesel

Los principales cultivos oleaginosos que se producen en Chile son, en orden decreciente, la uva, el palto y el olivo (Gráfico 12). En los tres casos el uso principal es alimenticio, aunque no es un alimento básico, son muy valorados en los distintos mercados. A pesar de que el contenido de aceite en las semillas de las uvas es menor, oscila entre 6 y 20% (El Bassam, 2010), tiene importancia al emplearse como aceite alimenticio el cuál posee un alto contenido de ácido Linoleico (72 - 76%) y taninos lo que lo convierte en un aceite valioso en el ámbito nutricional y medicinal (Cao e Ito, 2003).

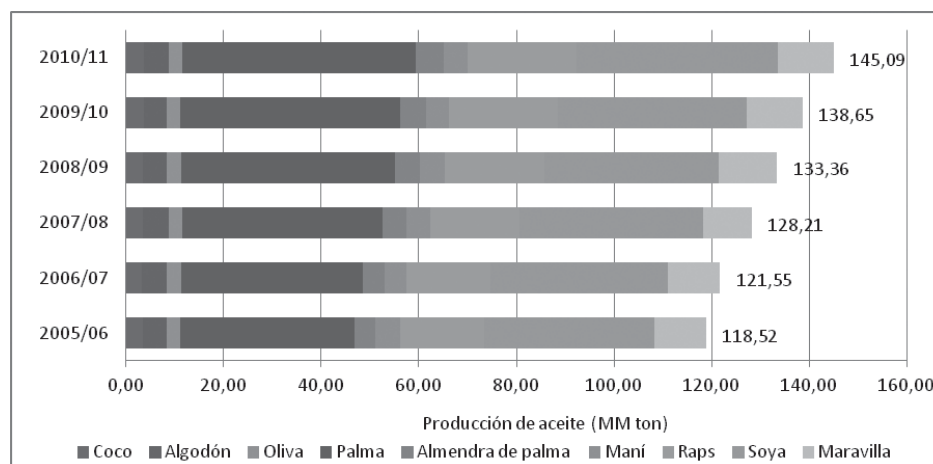
El segundo cultivo oleaginoso de importancia en Chile es el palto, donde el fruto posee entre 12,7 y 34,8% de aceite (Román et al., 2009), además según El Bassam (2010) es una

de las 10 especies oleaginosas con mayor productividad, con 2.500 L aceite/ha⁻¹. La palta (el fruto) tiene un alto contenido de tocoferol, carotenoides y esteroides, que poseen propiedades antioxidantes y reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Villa-Rodríguez, 2011), siendo un alimento muy apetecido. Debido a estas características, del fruto -y del aceite-, es que no es factible la producción de biodiesel desde esta especie.

El olivo es el tercer cultivo en importancia del país. Los frutos -la aceituna- poseen entre 20 y 30% de aceite, siendo el ácido Oleico el que se encuentra en mayor proporción (68,2 a 78,1%) (Román et al., 2009). Al igual que lo que ocurre con el palto, esta especie es un alimento muy valorado, tanto por el aceite como por sus frutos. El aceite con-

GRÁFICO 12:

Producción mundial de aceite (MM t) desde la temporada agrícola 2005-2006 a 2010-2011



Fuente: Elaboración propia con datos de USDA, 2010

tiene altas cantidades de antioxidantes, además gracias a su composición de ácidos grasos, hacen que el aceite tenga buena estabilidad oxidativa y que sea nutricionalmente muy valorado (Yousfi et al., 2006; Román et al., 2009).

A diferencia de lo que ocurre con el etanol, donde la materia prima es la biomasa, en este caso el principal insumo en la producción de biodiesel son los aceites vegetales (también pueden emplearse grasas animales), que es un producto en sí. Durante la temporada agrícola 2010-2011, la producción mundial alcanzara hasta 145 MM t (Gráfico 12), un 4,64% mayor que en la temporada anterior.

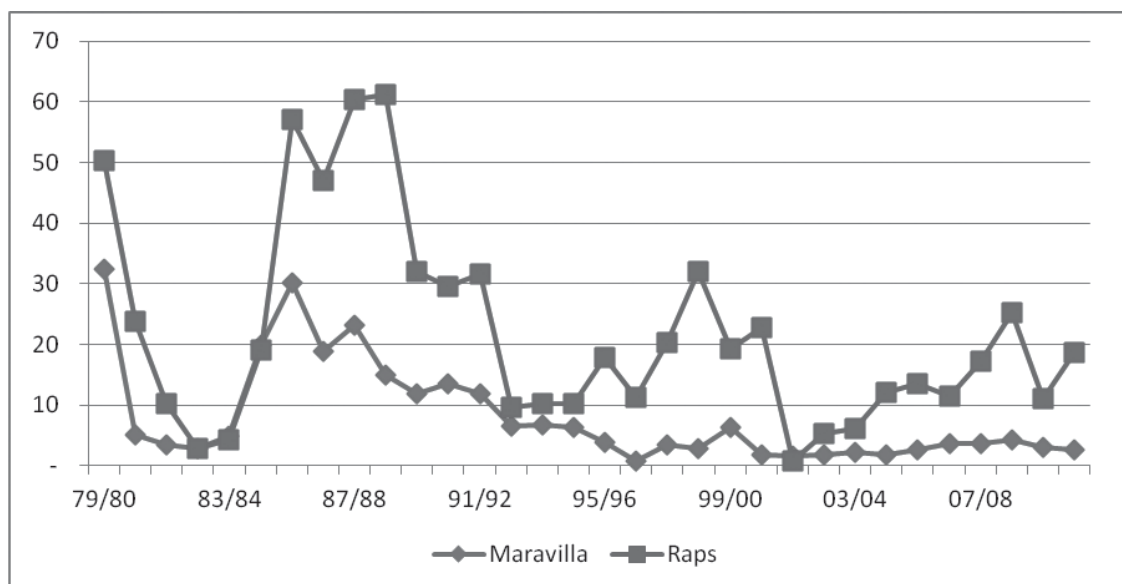
De entre las nueve especies consideradas como las principales

oleaginosas (Gráfico 12), la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), soya (*Glycine max* [L.] Merr.), raps y maravilla representan alrededor del 85% de la producción mundial (USDA, 2010). De entre estas cuatro especies, raps y maravilla son las que mayores posibilidades tienen de adaptarse a las condiciones edáficas y climáticas del país (CATA, 2007; Iriarte et al., 2010), e inclusive son las principales alternativas para la producción de biodiesel de primera generación en el país (García et al., 2011).

En el caso del raps y maravilla, la cantidad de tierra disponible para su producción es mucho mayor que en el caso del etanol, ya que durante la temporada agrícola 2010-2011 se sembró un 30,4% y 8,2% para la

GRÁFICO 13:

Evolución de la superficie sembrada (miles ha) desde la temporada agrícola 1979-1980 hasta temporada agrícola 2010-2011 para el cultivo de raps y maravilla



Fuente: Elaboración propia con datos de ODEPA, 2011a

producción de raps y maravilla respectivamente (ODEPA, 2011a). Por lo general la cantidad de superficie sembrada en ambas especies es muy variable existiendo varias oscilaciones entre temporada agrícola en la cantidad de hectáreas sembradas, sobretodo en el caso del raps que durante la temporada agrícola 2001-2002 se sembraron solamente 750 ha (Gráfico 13).

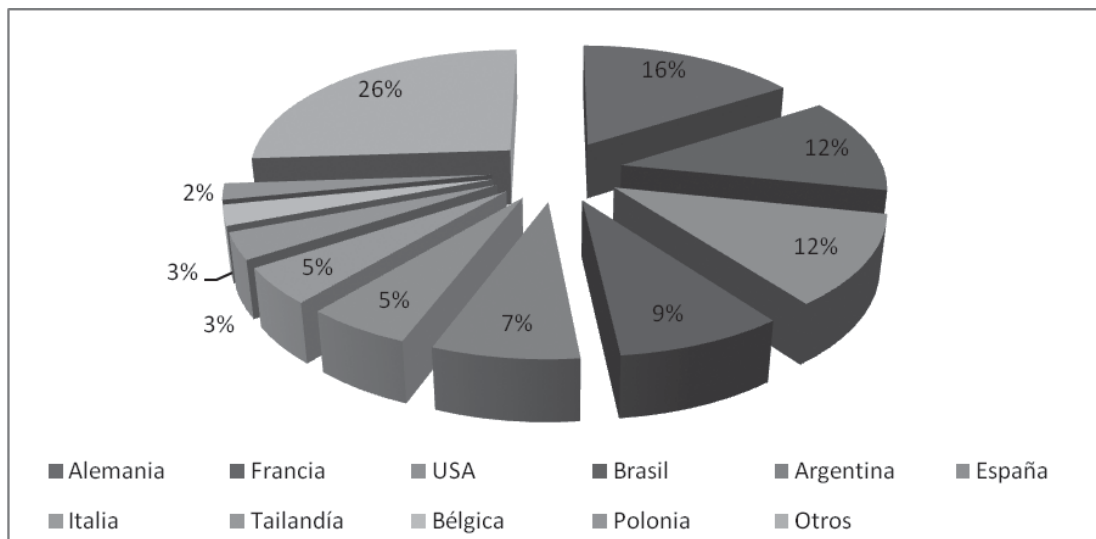
Las dos especies, raps y maravilla, son las principales materias primas para la producción de biodiesel, en conjunto cubren el 97% de la producción mundial de biodiesel, el resto proviene de la palma aceitera (1%), soya (1%) y de varias especies (1%). Esto se debe a que en la Unión Europea el principal insumo es el raps, el que además es subsidiado para la producción de biodiesel, de otra manera -y debido a los altos precios en los mercado- no

sería viable su utilización como materia prima (Thoenes, 2007; Tan et al., 2009). La Unión Europea, y Alemania más específicamente, son los principales productores de biodiesel (Gráfico 14), a diferencia de lo que ocurre con la producción de etanol donde no hay ningún país europeo entre los más importantes, en este caso son seis los países europeos los que se encuentran entre los diez primeros productores a nivel mundial.

Tan et al. (2009) sostiene que la palma aceitera debiera ser el principal insumo para la producción de biodiesel, ya que esta especie es la que alcanza mayores productividades por hectárea. La palma puede llegar a producir hasta 5.700 L/ha, muy por sobre el raps y la maravilla, quienes alcanzan productividades de 1.140 L/ha y 910 L/ha respectivamente (El Bassam, 2010). Para Chile no es alternativa emplear la

GRÁFICO 14:

Principales países productores de biodiesel durante el año 2009



Fuente: Biofuels Platform, 2010

palma aceitera, ya que sus condiciones edáficas y climáticas difieren bastante de las existentes en nuestro territorio. Por lo que por el momento las materias primas más propicias para la producción de biodiesel siguen siendo el raps y la maravilla (García et al., 2011).

El raps y la maravilla, son opciones reales para la producción de biodiesel en Chile. El principal problema que presentan para su utilización como materia prima, es que el raps es un valioso alimento para la industria salmonícola y para ganado, mientras que la maravilla se emplea para la elaboración de aceite vegetal (para consumo humano), aunque en Chile las plantaciones se realizan para la obtención de semillas (CATA, 2007; Iriarte et al., 2010).

Según la Universidad Técnica Federico Santa María, para abastecer la demanda de biodiesel del país -considerando desde un 2% de reemplazo-, la utilización de maravilla como principal insumo es inviable, ya que la cantidad de tierra disponible para la producción del biocombustible no alcanzaría para abastecer la demanda. Con el raps la situación es similar, aunque en este caso se puede abastecer la demanda con un reemplazo del 2%, pero cuando se requiere cubrir el 5% de la cantidad de hectáreas disponibles no son suficientes (CATA, 2007).

Otro gran problema que se produce al emplear especies para la producción de biocombustibles de primera generación, es por la utilización de cultivos alimenticios (o que sean

parte de la cadena alimentaria), los que pueden afectar negativamente la producción de alimentos y los precios de comercialización de estos tengan (Gui et al., 2008). Prácticamente la totalidad de la producción de biodiesel a nivel mundial es con cultivos alimenticios (raps, maravilla, palma aceitera y soya), por lo que se ha abierto un gran debate sobre la pertinencia de emplear aceite comestible para ser transformado en combustible (Gui et al., 2008; Tan et al., 2009). La utilización de cultivos que no sean alimenticios -o producción de biodiesel de segunda generación- podría servir de solución ante esta problemática (Sims et al., 2010).

La única especie de segunda generación que se produce comercialmente en el país, y que puede utilizarse para la producción de biodiesel, es la jojoba, donde se emplean 93 ha para su producción, concentradas todas en la Región de Atacama (INE, 2007). Los principales usos que posee el aceite de jojoba son en la industria cosmética y en la elaboración de lubricantes, también se emplea en la industria farmacéutica, para alimentación ligera (diet), hormonas vegetales, entre otros, pero en menor medida (Franck, 2006; Shah et al., 2010). La utilización de este aceite para la producción de biodiesel es muy improbable, ya que tiene una alta valoración por la industria cosmética y de lubricantes.

La producción de biodiesel existente en Chile se basa en la utilización de aceite de cocina recicla-

da y grasas animales. Existen dos antecedentes sobre utilización de cultivos agrícolas (de primera y de segunda generación) para la producción de biodiesel. El primero es el que lleva a cabo la Universidad de La Frontera en conjunto con el Molino Gorbea, donde se pretende producir 210.000 kg biodiesel por año empleando aceite de raps para su producción (Riadi, 2009). El segundo lo ejecuta la empresa Comercial Bio-Diesel Chile Ltda. quienes pretenden producir 50 m³ de biodiesel por mes utilizando aceite de huiguerilla como materia prima (García et al., 2011).

2.2. Bioetanol

1. Insumo

El bioetanol a utilizar en el país podrá ser de origen nacional o importado. Es alcohol etílico anhidro, obtenido a partir de biomasa, que se puede utilizar como complemento de la gasolina en los vehículos con motor de ciclo Otto.

Se produce mediante el proceso de fermentación de cultivos agrícolas tales como remolacha, papas, girasol, cebada, u otros, y también se puede obtener de los desechos forestales o agrícolas.

2. Procesamiento

El bioetanol puro se somete a un proceso de desnaturalización para producir el bioetanol a usar como carburante en motores ciclo Otto,

proceso que consiste e en adicionarle una fracción de gasolinas de origen fósil, y que deberá realizarse según la reglamentación vigente para alcoholes etílicos del Servicio Agrícola y Ganadero.

3. Producto Final

Bioetanol a utilizar en mezclas como carburante. Las mezclas de etanol puro con gasolina de origen fósil, utilizadas como carburante para motores ciclo Otto, se denominan según el porcentaje de bioetanol puro contenido en la mezcla. Ej.: E 5 es un carburante que consiste en un 95% de gasolina y un 5% de bioetanol puro.

4. Transporte

Desde las plantas de producción de los biocombustibles o desde los terminales marítimos, los biocombustibles (Biodiesel B100 y bioetanol E100) son transportados a las plantas de almacenamiento y de distribución, mediante oleoductos dedicados, camiones tanque, carros tanque de FFCC, y buques tanque.

Transporte terrestre:

- Oleoductos dedicados

Consisten en tuberías de acero diseñadas para altas presiones de trabajo, utilizadas para conducir exclusivamente bioetanol (y/o biodiesel). Al igual que los oleoductos para combustibles fósiles, pueden construirse enterrados o sobre la superficie, conforme a las condiciones locales de población y topografía.

- Camiones tanque

Los camiones tanque consisten en vehículos de carga especialmente adaptados para el transporte de biocombustibles, diferenciándose por el tipo de combustible, como biodiesel o bioetanol.

- Ferrocarriles

El transporte ferroviario de biocombustibles se efectúa en carros tanque, que están especialmente adaptados para el transporte de biocombustibles, y los tanques tienen la misma diferenciación que en los camiones.

- Transporte marítimo

El transporte marítimo internacional y nacional de biocombustibles, es posible realizarlo en buques tanque preparados para resistir los efectos sobre los materiales estándar para combustibles fósiles. Los buques tanque se diferencian fundamentalmente según el tipo de combustible a transportar.

El bioetanol se transporta en buques con tanques a presión atmosférica y de grandes capacidades. Los tanques para combustibles fósiles y sus accesorios, como también las bombas de trasiego, no son adecuados para operar con bioetanol, principalmente porque éste deteriora los componentes de gomas, como sellos, empaquetaduras y mangueras.

5. Almacenamiento

Los biocombustibles líquidos como el bioetanol, es posible almacenarlos en plantas de almacenamiento

y de distribución, en estado líquido, en tanques cilíndricos de superficie especialmente adaptados para biocombustibles puros o en mezclas con combustibles fósiles, a presión atmosférica y a temperatura ambiente, con instalaciones anexas destinadas al manejo interno de los biocombustibles, donde generalmente se realizarán sólo operaciones de trasiego y despacho vía oleoducto o camiones tanque.

Como los tanques para combustibles fósiles y sus accesorios, y las bombas de trasiego, no son adecuados para operar con bioetanol, esta condición determina el uso de estanques dedicados a biocombustibles. El empleo de tanques dedicados para biocombustibles, origina una cadena paralela a los combustibles fósiles, desde el almacenamiento hasta el expendio.

6. Distribución y Expendio

- Biocombustibles líquidos

La distribución de los biocombustibles líquidos se estima que se efectuará mayoritariamente desde plantas de distribución, si se resuelve la ubicación del punto de mezcla en función de los menores costos globales de la instalación y operación de estanques dedicados para bioetanol puros.⁸⁷ (o biodiesel).

- Mezclas y adición de productos especiales

En las plantas de almacenamiento y de distribución es posible realizar

las mezclas de biocombustibles con combustibles fósiles para obtener determinados productos.

Por condiciones de manejo interno de las plantas, al mantener tanques dedicados a biocombustibles, se prevé que será una práctica hacer estas mezclas al cargar el camión de reparto. Desde las plantas se realiza la distribución y expendio de biocombustibles puros o en mezclas, mediante flotas de camiones tanque para productos líquidos, según dos sistemas:

- Granel a estanques del receptor

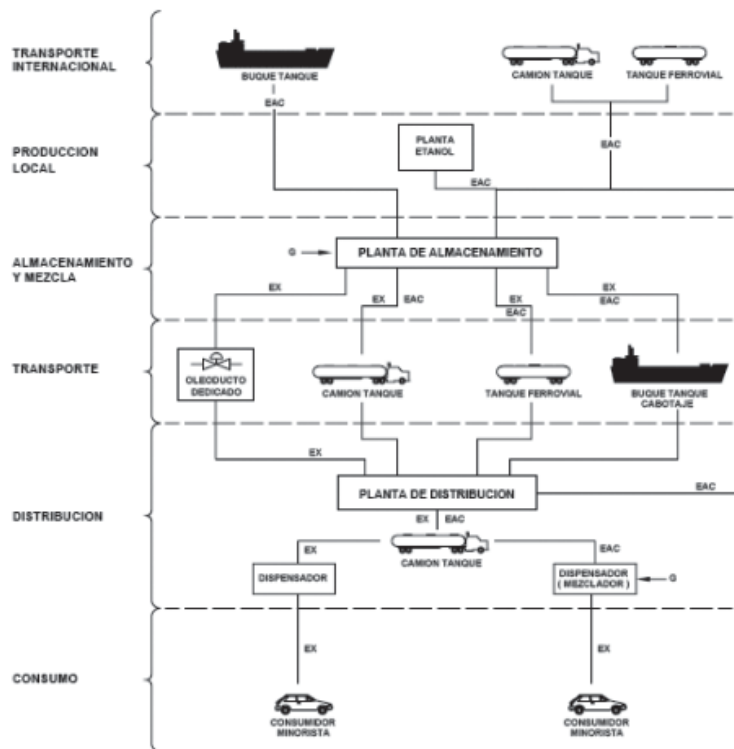
- Industrias
- Calefacción de edificios

El expendio a granel de los combustibles líquidos se efectúa mediante medidores de volumen de líquido y bombas instalados en los camiones tanque, para abastecer instalaciones interiores de combustibles líquidos, las que constan de estanques, tuberías, accesorios, y equipos térmicos tales como calderas y hornos donde se realiza el uso final de los combustibles.

- Instalaciones de expendio (Estaciones de servicio)

FIGURA 2:

Cadena de Producción – Consumo de Bioetanol en Chile (CNE, 2008)
 EAC: Etanol anhidro, carburante (desnaturalizado); Ex: Gasolina adicionada en un X% con EAC); G: Gasolina



El expendio de los combustibles líquidos para vehículos se efectúa en instalaciones de expendio, (comúnmente conocidas como Servicentros o Estaciones de Servicio), mediante surtidores para carga de los estanques de los vehículos.

- Mezclas

En los surtidores de las instalaciones de expendio también es posible realizar la mezcla de biocombustibles puros con las gasolinas, para obtener los biocombustibles de uso final como carburante.

Producción de etanol

Las principales especies que se cultivan en el país, y que poseen el potencial para ser convertidas en energía, son el trigo y el maíz. Los granos del trigo poseen alrededor de 71% de azúcares en su composición, mientras que los granos de maíz contienen 85% de azúcares (Román et al., 2009), siendo materias primas de excelente calidad para la producción de etanol. El maíz y el trigo -en ese orden-, son las principales materias primas para la producción de etanol en Estados Unidos y Canadá (Mabee et al., 2011). En el año 2009 Estados Unidos fue el principal productor de etanol en el mundo con 40.125 MM de litros, seguido por Brasil con 24.900 MM de litros (RFA, 2011). Desde el año 2005 Estados Unidos, paso a ser el principal productor de etanol a nivel mundial, superando a Brasil, país que por muchos años fue el princi-

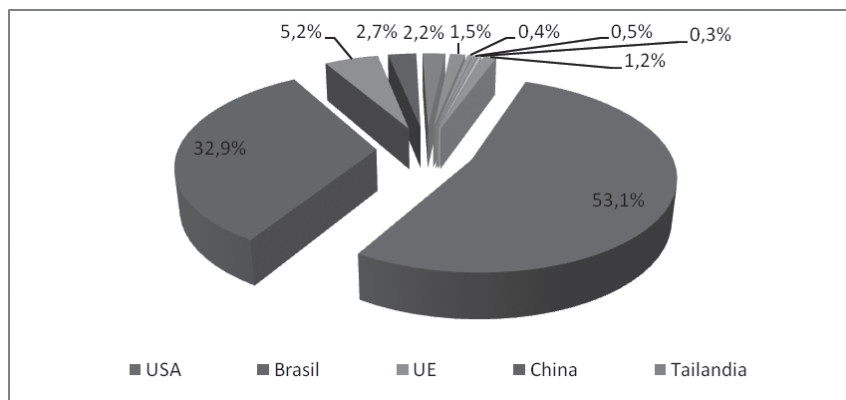
pal y más importante productor de etanol (Crago et al., 2010). En la actualidad Estados Unidos supera en más de 20% la producción de Brasil (Gráfico 15), aumentando drásticamente en relación al año 2006, donde la diferencia entre ambos países era sólo de 2% a favor de Estados Unidos (BNDES y CGEE, 2008).

Según el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007), en Chile se siembran 228.324 ha de trigo y 102.955 ha de maíz (Cuadro 2), pero ninguna se emplea con fines energéticos. Según Cavieres (2006), nuestro país debiera comenzar a evaluar la producción de etanol empleando maíz como principal insumo, ya que los rendimientos por hectárea que alcanza sobrepasan los obtenidos por Estados Unidos, además la torta de maíz tiene un alto valor proteico, pudiendo emplearse como un subproducto de la producción de etanol, ya que sirve para la alimentación de ganado y de aves. Algo similar ocurre en Brasil con la producción de biodiesel empleando soya, ya que la torta de molienda genera mayor ingresos que el aceite (Nascimento et al., 2011).

La Universidad Técnica Federico Santa María, al igual que Cavieres (2006) determinó que el maíz es la opción más viable para la producción etanol, por sobre el trigo y el arroz, ya que sería la de menor costo energético y de producción (CATA, 2007). García et al. (2011), también sostiene que es factible la obtención de etanol desde cultivos agrícolas tradicionales, principalmente desde trigo, maíz, remola-

GRÁFICO 15:

Principales países productores de etanol durante el año 2009



Fuente: RFA. 2011

CUADRO 2:

Principales cultivos agrícolas con potencial para ser convertidos en energías que se producen en Chile, durante la temporada agrícola 2006-2007

| Especie | Nombre Científico | Nombre Vulgar | Superficie Hectárea |
|---------------------|--|------------------|---------------------|
| Alcoholígeno | | | |
| | <i>Oryza sativa</i> L. | Arroz | 21.579 |
| | <i>Avena sativa</i> L. | Avena | 81.480 |
| | <i>Hordeum vulgare</i> L. | Cebada | 17.091 |
| | <i>Zea mays</i> L. | Maíz | 102.955 |
| | <i>Manihot esculenta</i> Crantz | Mandioca o yuca | 5 |
| | <i>Solanum tuberosum</i> L. | Papa | 53.732 |
| | <i>Triticum aestivum</i> L. | Trigo | 228.324 |
| | <i>Cichorium intybus</i> L. | Achicoria | 1.073 |
| | <i>Beta vulgaris</i> L. | Remolacha | 19.515 |
| | <i>Medicago sativa</i> L. | Alfalfa | 59.521 |
| Oleaginosas | | | |
| | <i>Carthamus tinctorius</i> L. | Cártamo | 55 |
| | <i>Simmondsia chinensis</i> (Link) C.K. Schneid. | Jojoba | 93 |
| | <i>Arachis hypogea</i> L. | Maní | 14 |
| | <i>Helianthus annuus</i> L. | Maravilla | 503 |
| | <i>Brassica napus</i> L. | Raps o canola | 10.545 |
| | <i>Cucurbita pepo</i> L. | Zapallo italiano | 1.078 |
| | <i>Brassica rapa</i> L. | Rábano o nabo | 40 |
| | <i>Olea europaea</i> L. | Olivo | 15.450 |
| | <i>Persea americana</i> Mill. | Palto | 39.255 |
| | <i>Vitis vinifera</i> L. | Uva | 61.278 |

Fuente: INE, 2007.

cha y arroz, ya que la cantidad de terreno que actualmente se utiliza para estos cultivos es menor a la cantidad máxima de terreno que se ha empleado. Aún así, es difícil una expansión mayor de las hectáreas cultivadas, ya que la cantidad de suelo disponible en Chile para la producción agrícola es mucho más acotada que en otros países.

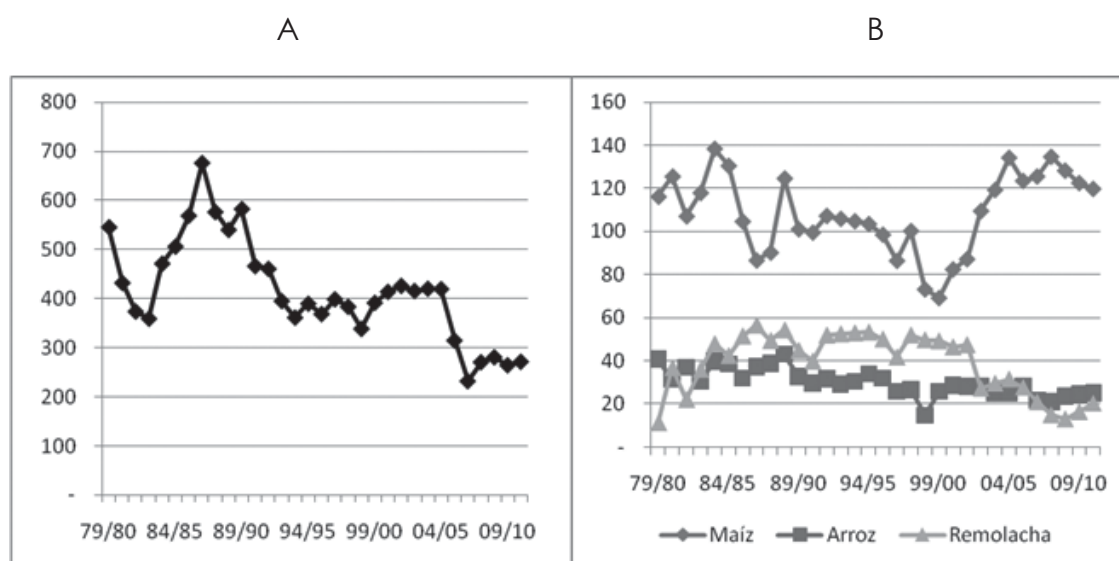
En la actualidad el cultivo tradicional que representa mayor posibilidad de expansión para la producción de etanol es el trigo, ya que durante la temporada agrícola 2010-2011 se sembró el 40,1% del máximo de tierra - 676.560 ha - (Gráfico 16), con el arroz y remolacha ocurre lo mismo, sembrándose

el 58,4% y 35,7% de los máximos histórico - 42.990 y 56.618 ha, respectivamente- (Gráfico 16). Similar comportamiento tiene el cultivo de maíz aunque con menor margen de expansión, hoy en día se utiliza el 86,6% del máximo de tierras que se han empleado para su producción - 138.370 ha -, aunque en la temporada agrícola 1999-2000 se registró el mínimo de tierras cultivadas con el 50% del máximo (ODEPA, 2011a).

Si se observa el Cuadro 2, se aprecia que en los resultados del VII Censo Agropecuario y Forestal aparece el cultivo de Mandioca, aunque con una cantidad de hectáreas muy reducidas (sólo 5). Esta especie es mencionada como una potencial

GRÁFICO 16:

Evolución de la superficie sembrada (miles ha) desde la temporada agrícola 1979/1980 hasta temporada agrícola 2010/2011, a) con trigo y b) con maíz, arroz y remolacha



Fuente: Elaboración propia con datos de ODEPA, 2011a

fuelle para la producción de etanol, la raíz tubular posee entre 73,7% y 95,5% (base seca) de almidón (Román et al., 2009), ya que a pesar de ser empleada como alimento, es un cultivo de subsistencia por lo que las productividades que alcanzaría al mejorar los manejos serían muy superiores a los que actualmente se alcanzan (Ziska et al., 2009). Las condiciones climáticas existentes en Chile continental no son las óptimas para producir esta especie, es por esta razón que las cinco hectáreas cultivadas se encuentran en la Isla de Pascua, pudiendo ser una alternativa para abastecer de biocombustible a los habitantes de la isla.

El único antecedente que existe sobre el uso de cultivos agrícolas para la producción de etanol en Chile, es un proyecto de "The South Pacific Inc." quienes por medio de un consorcio denominado Ethanol pretenden producir etanol empleando maíz como materia prima, en la comuna de Las Cabras, Región de O'Higgins. Este consorcio contará con la participación de 150 agricultores medianos que en conjunto suman alrededor de 8.000 ha. En total se producirían 110.000 m³ de etanol empleando 90.000.000 kg de maíz (García et al., 2011). Si se considera la información de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, la Región de O'Higgins alcanzó un rendimiento promedio de 123,5 qqm/ha - 12.3500 kg/ha-, en la temporada 2009-2010 (ODEPA, 2011b), por lo que este proyecto podría producir alrededor de 98.800.000 kg de maíz en las 8.000 ha. Según la

Universidad Técnica Federico Santa María el factor de conversión del maíz es de 0,37 m³/t de materia prima (CATA, 2007), por lo que la producción de etanol se encontraría alrededor de 36.556 m³ de etanol, muy por debajo de lo expresado por García et al. (2011).

Es importa evaluar la factibilidad de producir etanol desde fuentes alternativas y que no sean cultivos alimenticios (segunda generación), empleando algunos pastos perennes u otras especies agrícolas que puedan contribuir al desarrollo rural. En la actualidad los únicos cultivos susceptibles de ser transformados en etanol que se producen son parte importante de la cadena alimentaria (salvo la mandioca, en la Isla de Pascua), lo que resta posibilidades para el desarrollo de este biocombustible.

2.3. Biogás

1. Insumos

El biogás a utilizar en el país podrá ser de origen nacional o importado. El biogás se produce como resultado de la fermentación anaeróbica de los residuos orgánicos y está compuesto principalmente de metano y dióxido de carbono, con cantidades muy pequeñas de otros compuestos orgánicos, más algunos contaminantes sulfurados y atmosféricos.

El biogás se obtiene principalmente de:

- Los rellenos sanitarios, a partir de la fracción orgánica de los residuos domiciliarios,
- Las plantas de tratamiento de aguas servidas, a partir de la fermentación en digestores de los lodos del tratamiento de aguas servidas, y
- Las plantas de tratamiento anaerobio de residuos animales.

Además existe potencial para instalar generadores de biogás a partir de otros tipos de biomasa.

2. Procesamiento

El biogás obtenido será necesario procesarlo en distintos niveles, según sea su composición y uso final, no siendo obligadamente secuenciales estos niveles de tratamiento.

El primer nivel de purificación, se aplica cuando el biogás contiene compuestos de silicio y se destina al uso directo en motores de grupos generadores o cogeneradores. Consiste en extraerle los compuestos de silicio, para hacerlo adecuado a este uso. Es posible omitir este tratamiento de primer nivel cuando el biogás, con o sin compuestos de silicio, se destina al uso directo en equipos térmicos especialmente adaptados, como insumo en las fábricas de gas ciudad, o se mezcla directamente con gas natural en muy bajo porcentaje para mantener la mezcla conforme a los requisitos establecidos en la norma chilena de gas natural.

El segundo nivel de tratamiento, o metanización, se aplica cuando el

biogás se destina a la mezcla directa con gas natural, permitiendo así hacerlo en porcentajes superiores de biogás, manteniendo la mezcla conforme a los requisitos establecidos en la norma chilena de gas natural, NCh72. de 1999. Consiste en extraerle el dióxido de carbono, y otros gases inertes, para aumentar la concentración de metano (CH_4), haciéndolo compatible para usarlo en mezcla con el gas natural, e inyectarlo a las redes de distribución de gas existentes, para su uso final en los consumidores tradicionales, incluso en vehículos a gas natural.

Si el biogás en origen contenía compuestos de silicio, este segundo nivel de tratamiento debe ser precedido por el tratamiento de primer nivel.

3. Productos Finales

El biogás es posible utilizarlo en distintas aplicaciones similares a las del gas natural, dependiendo del grado de purificación y tratamiento aplicado. Las principales aplicaciones son las siguientes:

- Combustible para equipos térmicos, como calderas y hornos
- Carburante para generadores y cogeneradores con motores a gas de ciclo Otto.
- Complemento del gas natural, en las redes de distribución de gas.
- Materia prima para procesar y producir gas de ciudad.

4. Transporte

Gasoductos

Consisten en tuberías utilizadas para conducir gas, de acero para presiones de trabajo superiores a 10 bar, y de otros materiales para presiones iguales o inferiores a 10 bar.

Usualmente el biogás se transporta a presiones de hasta 10 bar, utilizando redes de plástico. También pueden construirse enterrados o sobre la superficie, conforme a las condiciones locales de población y topografía.

5. Almacenamiento

Es poco frecuente su almacenamiento a gran escala, a excepción del uso de los gasómetros de las fábricas de gas ciudad para este fin.

6. Distribución y Expendio

Biocombustible gaseoso o Biogás.

La distribución del biogás se efectúa mediante tres canales:

- redes locales de distribución de biogás a industrias próximas al productor.
- directamente a grupos electrógenos para biogás, instalados próximos a las plantas de producción de biogás.
- a través de las redes de distribución de gas natural, previo tratamiento de metanizado y mezcla con el gas natural, para entregar al consumidor según dos sistemas:

A través de medidores de volumen de gas, para el uso final en instalaciones interiores de gas, y Mediante surtidores de GNV, para los vehículos a gas natural.

El biogás es un combustible cuya composición lo hace no intercambiable o no equivalente con el gas de ciudad o el gas natural. Aún cuando el poder calorífico sea similar al de gas de ciudad, tanto el índice de Wobbe como otros parámetros de combustión permiten establecer que el biogás no cumple los requisitos de intercambiabilidad requeridos para que pueda ser usado directamente en los artefactos de los usuarios, ya sea que éstos hayan sido fabricados según las normas para gas de ciudad o gas natural, según corresponda.

2.4. Biomasa (Leña)

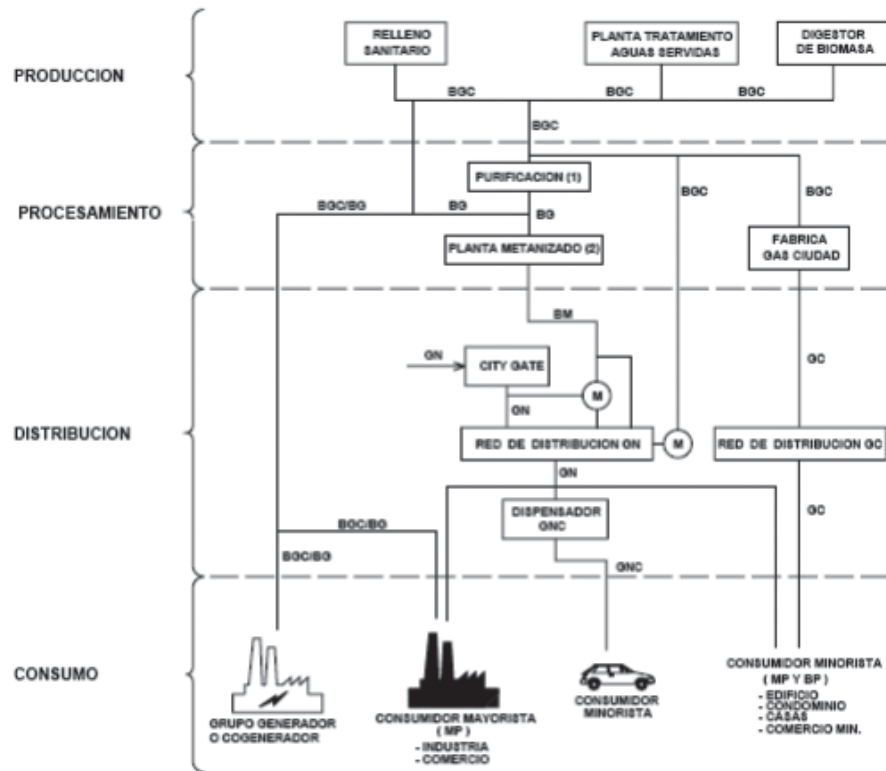
Por lo general la cadena productiva de la leña considera tres actores principales, los que según el caso pueden variar dependiendo de quién sea el consumidor final. Los principales actores son los productores, intermediarios e industria de la madera, a continuación se describen los principales actores (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Productores. Grupo conformado mayoritariamente por propietarios de predios, los que son el origen de la cadena de comercialización. Hay dos formas de realizar la producción, 1) el propietario se encarga de la extracción de la leña,

FIGURA 3:

Cadena de Producción – Consumo de Biogás en Chile

BGC: Biogás crudo (sin tratamiento), BG: Biogás (tratamiento nivel 1); BM: Biometano (metanizado, nivel 2); GN: Gas Natural (de pozo de gas); GNC: gas natural comprimido; GC: Gas de Ciudad



Fuente: CNE, 2008.

o bien contrata personal para que realice esta actividad y, 2) es la mediería, en la cual un tercero extrae la leña y posteriormente divide con el propietario la producción en alguna proporción previamente determinada (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Intermediarios. Son tres grupos, los transportistas mayoritarios, transportistas minoristas y las leñerías, aunque los transportistas minoritarios y las leñerías son las más importantes

y comunes. Los transportistas mayoritarios actúan, muchas veces, como nexo entre los productores y los transportistas minoritarios, los cuales se encuentran en grandes cantidades. Los transportistas minoritarios tienden a colocarse a orilla de los caminos, y entregan leña según los requerimientos de los usuarios, quienes se abastecen según sus requerimientos, sobretodo en la época de mayor frío. Por lo general es una forma de trabajo informal. Las leñerías son locales instalados y

especializados en la venta de leña durante todo el año y muestran un nivel mayor de formalidad. Los transportistas se abastecen de leña a través de la compra directa a los productores o la compra a otro transportista (mayoritario), las leñarías lo hacen mediante la compra directa al productor (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Industria de la madera. Corresponden a desechos industriales resultantes del proceso productivo, éstos suelen ser lampazos, aserrín, viruta y despuntes. Estos desechos son demandados por los estratos más bajos de la población, quienes se calientan con ellos (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

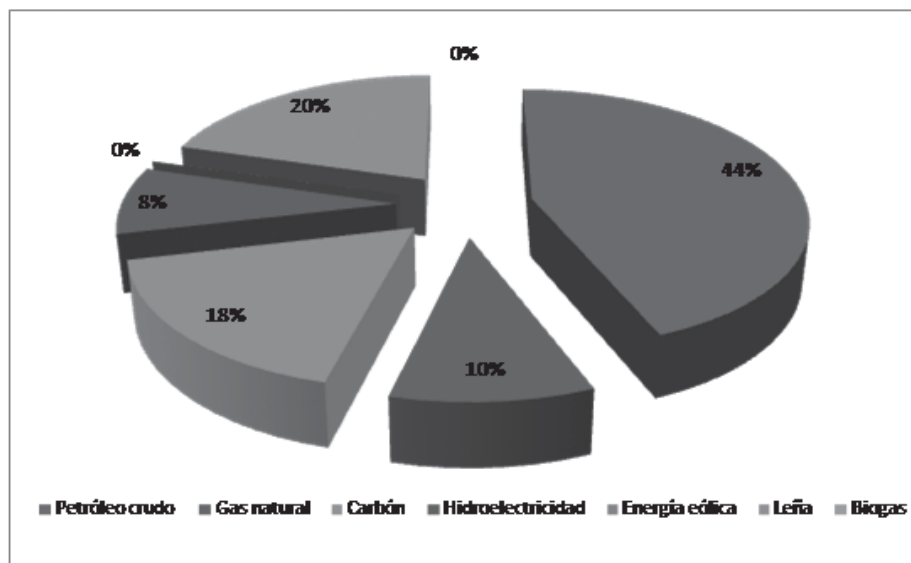
Cadena de Producción

En el año 2008, el consumo de leña en Chile alcanzó hasta las 14,6 MM ton. Siendo el segundo combustible en importancia a nivel nacional, por sobre el carbón y la hidroelectricidad, pero muy por debajo del petróleo crudo, en la matriz primaria de energía (Gráfico 17).

Los únicos sectores económicos que consumen leña en Chile son el comercial, público y residencial e industrial y minero, además de los centros de transformación. La diferencia que poseen ambos sectores, es en el papel que cumple la leña en cada uno, mientras en el sector comercial, público y residencial la leña es el principal combustible

GRÁFICO 17:

Porcentaje de participación de los combustibles en la matriz energética primaria de Chile en el año 2008



Fuente: CNE, 2008

empleado con alrededor de 40% (Gráfico 18), en el sector industrial y minero tiene un rol secundario muy por debajo de la electricidad y de los derivados del petróleo (Gráfico 18), empleándose casi de manera exclusiva por la industria de la celulosa y el papel. De todos modos, en el sector comercial, público y residencial, el uso de la leña se da sólo en el sub sector residencial, no utilizándose en ninguna otra.

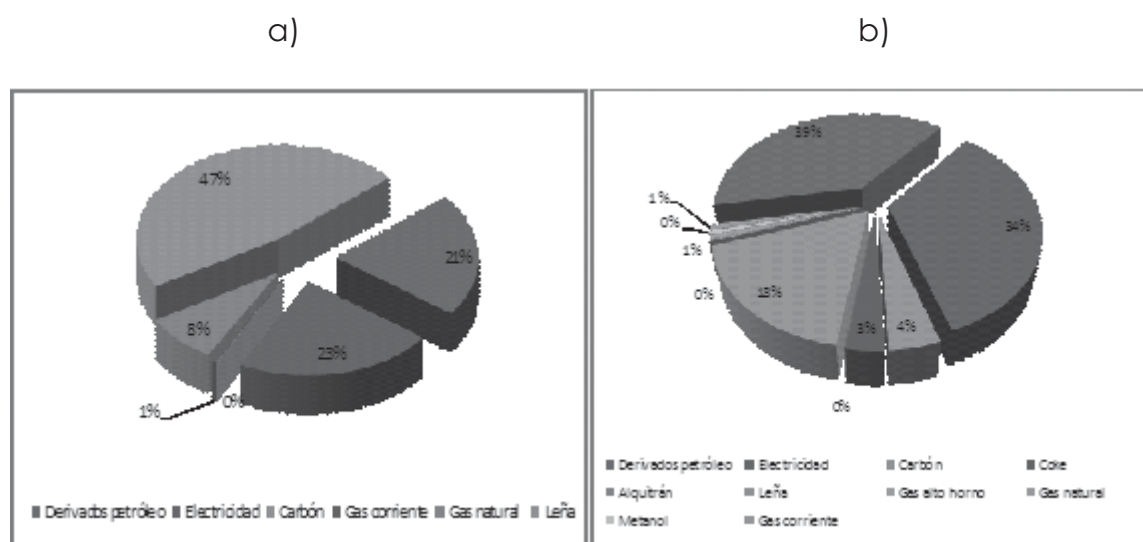
El consumo de leña se da preferentemente entre las regiones del Maule y de Los Lagos (Cuadro 3), aunque en el Maule y el Biobío el principal consumo es industrial (por la industria de la celulosa y el papel). Existe una clara diferencia entre los recursos energéticos empleados por el sector industrial y el sector residencial - principales consumidores de leña-. El consumo entre

las regiones de la Araucanía y Los Lagos se abastece, principalmente, desde especies nativas, en cambio en la región del Biobío el origen de la leña son los residuos provenientes de las actividades industriales que emplean especies forestales (Bello, 2003).

Otra diferencia existente entre las fuentes de abastecimiento es en el gradiente altitudinal, mientras más cerca se encuentre de la cordillera es mayor el consumo, gracias a que existe mayor cantidad de materia prima disponible en esos lugares (Bello, 2003). La situación geográfica (latitudinal) influye de la misma manera que la altitudinal, la disponibilidad de recursos y las bajas temperaturas, hacen que en las partes más australes de las regiones se produzca un aumento en el con-

GRÁFICO 18:

Participación de la leña en la matriz energética de a) Sector Comercial, público y residencial, y b) Sector Industrial y minero



Fuente: CNE, 2008

CUADRO 3:Consumo nacional y regional de leña (m³ sólido/año)

| Regiones | Residencial Urbano | Rural | Comercial y público | Industrial | Total leña |
|---------------|-----------------------|-----------|------------------------|------------|------------|
| Coquimbo | 24.735 | 134.025 | 0 | 271.884 | 430.644 |
| Valparaíso | 13.356 | 55.775 | 10.881 | 289.139 | 369.151 |
| O'Higgins | 100.690 | 368.193 | 1.681 | 192.838 | 663.402 |
| Maule | 433.309 | 1.303.929 | 11.279 | 1.078.895 | 2.827.412 |
| Biobío | 798.465 | 1.542.549 | 66.329 | 1.479.555 | 3.886.898 |
| Araucanía | 461.674 | 1.023.390 | 67.276 | 654.519 | 2.206.859 |
| Los Lagos | 1.272.355 | 2.030.572 | 373.406 | 135.528 | 3.811.861 |
| Aysén | 356.234 | 103.045 | 83.630 | 3.107 | 546.016 |
| Magallanes | 257.738 | 23.740 | 0 | 0 | 281.478 |
| Metropolitana | 82.470 | 7.663 | 12.204 | 25.306 | 127.643 |
| Nacional | 3.801.026 | 6.592.881 | 626.686 | 4.130.771 | 15.151.364 |

Fuente: Gómez-Lobos et al., 2006

sumo, e.g.²¹ En Valdivia el consumo promedio anual alcanza los 8,0 m³ de leña, en Puerto Montt el promedio es de 10,5 m³ y en Chiloé llega a los 11,5 m³. También según si el consumo es urbano o rural se producen diferencias en la cantidad de leña empleada, en la región del Maule el consumo rural es 26 veces mayor que en la zona urbana, mientras que en las regiones de la Araucanía y Los Lagos el comportamiento es similar, siendo 61% y 49% mayor respectivamente. (Gómez-Lobos et al., 2006).

Las tendencias demuestran que la deforestación de los bosques nativos sigue incrementándose, situa-

ción que se ve favorecida por la construcción de caminos y la mejora en la conectividad. Los caminos generan un aumento en la deforestación de los bosques hasta a 3 km de distancia, registrándose un 50% de pérdida promedio al kilómetro de distancia (Vergara y GAYOSO, 2004). Para evitar o al menos disminuir este comportamiento, se ha hecho necesario legislar al respecto para evitar que las tasas de deforestación sobrepasen las tasas de renovación. La Ley N° 20.283/08 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, pretende resguardar precisamente el bosque nativo, algo que se recomienda para mantener la renovabilidad de los bosques. Según Chile Ambiente (2008) se debe explotar en promedio el 1% de los bosques nativos al año para poder mantener su reno-

21 En el momento en que se obtuvo esta información, Valdivia aún era parte de la región de Los Lagos, por este motivo se consideran dentro de la misma región.

vabilidad, la que se encuentra entre 80 a 100 años.

La utilización de la leña como combustibles no se da exclusivamente por un carácter económico, sino que tiene un alto componente social. Muchas veces la gente que tiene la posibilidad de gastar en un combustible más limpio no lo hacen, ya que tienen arraigado históricamente el consumo de la leña para sus hogares (Bello, 2003).

Cadena de Comercialización de la Leña

Por lo general la cadena productiva de la leña considera tres actores principales, los que según el caso pueden variar dependiendo de quién sea el consumidor final (Figura 4). Los principales actores son los productores, intermediarios e indus-

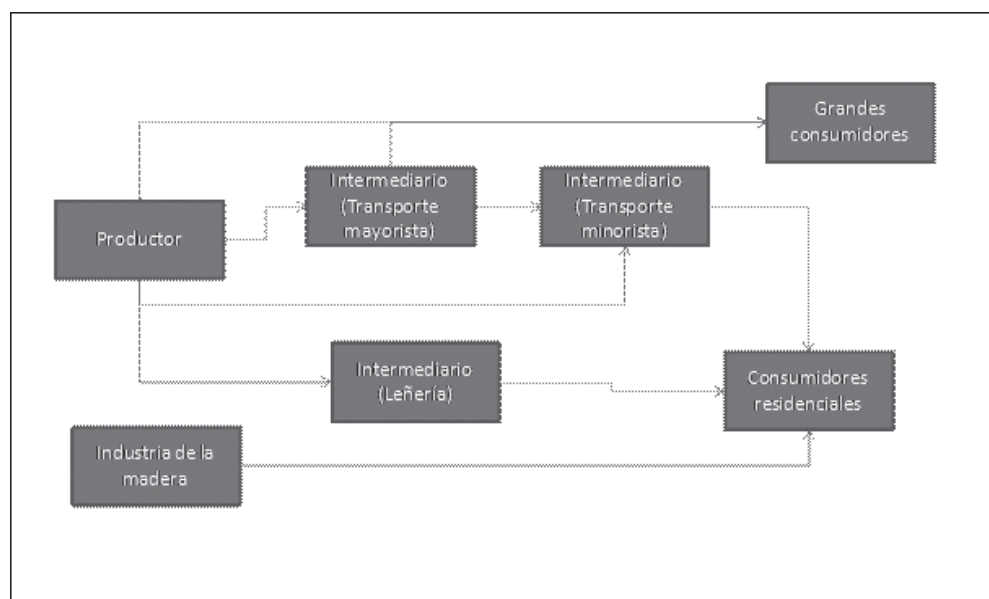
tria de la madera, a continuación se describen los principales actores (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Productores: Grupo conformado mayoritariamente por propietarios de predios, los que son el origen de la cadena de comercialización. Hay dos formas de realizar la producción, 1) el propietario se encarga de la extracción de la leña, o bien contrata personal para que realice esta actividad y, 2) es la mediería, en la cual un tercero extrae la leña y posteriormente divide con el propietario la producción en alguna proporción previamente determinada (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Intermediarios: Son tres grupos, los transportistas mayoritarios, transportistas minoristas y las leñerías, aunque los transportistas minoritarios y las leñerías son las más importantes

FIGURA 4:

Cadena de comercialización de la leña



Fuente: Gómez-Lobo *et al.*, 2006

y comunes. Los transportistas mayoritarios actúan, muchas veces, como nexo entre los productores y los transportistas minoritarios, los cuales se encuentran en grandes cantidades. Los transportistas minoritarios tienden a colocarse a orilla de los caminos, y entregan leña según los requerimientos de los usuarios, quienes se abastecen según sus requerimientos, sobretodo en la época de mayor frío. Por lo general es una forma de trabajo informal. Las leñerías son locales instalados y especializados en la venta de leña durante todo el año y muestran un nivel mayor de formalidad. Los transportistas se abastecen de leña a través de la compra directa a los productores o la compra a otro transportista (mayoritario), las leñerías lo hacen mediante la compra directa al productor (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Industria de la madera: Corresponden a desechos industriales resultantes del proceso productivo, éstos suelen ser lampazos, aserrín, viruta y despuntes. Estos desechos son demandados por los estratos más bajos de la población, quienes se calientan con ellos (Gómez-Lobo *et al.*, 2006).

Estimaciones de potencial generación de energía a partir de biomasa

La Corporación de la Madera (CORMA, s/a), organización empresarial que reúne a los sectores silvícolas, aserrío, tableros, celulosa, entre otros; estima que la capa-

cidad instalada para generación eléctrica a partir de biomasa forestal llega por lo menos a los 722 MW, considerando tanto las plantas que entregan sus excedentes al Sistema Interconectado Central (SIC) como las que producen para autoconsumo. Y se concluye que si las empresas entregaran toda la electricidad generada al SIC, la participación de la biomasa en la matriz eléctrica nacional subiría de un 1,2% al 5,1%, y la participación de las ERNC aumentaría del 2,7% a un 6,5% (Muñoz, 2011).

Por otro lado Pontt (2008) afirma que manejando el bosque nativo se tendría el mayor potencial para generar energía (4.723 MW brutos), mientras que con el manejo de plantaciones y residuos de la industria forestal y maderera, el potencial bruto es de 1435 MW. Llama la atención que la VII región no posea el principal potencial, pero esto se debe a la inclusión del manejo del bosque nativo, si se excluyese ese ítem, la VIII región sería la primera en potencial (Cuadro 4).

Finalmente Bertrán y Morales (2008) realizan una estimación en base al período 2006-2007 (Cuadro 5), y señalan que: la Región del Bío-Bío es seguida de sus regiones aledañas al sur y al norte la que aportaría el potencial más alto de generación eléctrica con biomasa forestal (entre 133 a 199 MW). La Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, de entre las regiones seleccionadas, es la que menor contribución hace al potencial de generación (entre 13 y 19 MW). Si

CUADRO 4:

Resumen de potencial bruto por tipo de desechos

| Región | Manejo Forestal | | Residuos Industria | | Manejo Bosque Nativo | | Total | | % |
|--------|-----------------|-----|--------------------|-------|----------------------|-------|-------|-------|------|
| | MW | | | | | | | | |
| | Min | Max | Min | Max | Min | Max | Min | Max | |
| IV | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0% |
| V | 37 | 49 | 2 | 6 | 17 | 33 | 55 | 87 | 1% |
| VI | 17 | 23 | 10 | 30 | 21 | 41 | 48 | 94 | 2% |
| VII | 68 | 91 | 52 | 151 | 65 | 130 | 185 | 372 | 6% |
| VIII | 152 | 203 | 181 | 528 | 138 | 276 | 472 | 1.007 | 16% |
| IX | 76 | 101 | 36 | 103 | 159 | 319 | 271 | 523 | 8% |
| X | 42 | 56 | 32 | 94 | 634 | 1.268 | 709 | 1.419 | 23% |
| RM | - | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | 0% |
| Otras | - | - | - | 1.327 | 2.655 | 1.327 | 2.655 | 43% | |
| TOTAL | 393 | 523 | 313 | 912 | 2.361 | 4.723 | 3.067 | 6.158 | 100% |
| % | | 9% | | 15% | | 77% | | 100% | |

Fuente: Pontt, 2008.

bien la Región del Bío-Bío es la que posee el mayor potencial energético, es también aquella donde prevalece y se ubican las mayores extensiones de bosques y donde las grandes compañías tienen instaladas sus plantas de pulpa, papel, aserraderos o tableros haciéndola en algo más de 71% una región preeminentemente de influencia industrial, lo cual en cierta forma se considera como una limitación al emprendimiento de proyectos de generación eléctrica independientes. Finalmente estiman un total de entre 313 a 469 MW, para la potencia instalada total mínima y máxima respectivamente.

Realidad Nacional

Respecto de la literatura de generación de energía por medio de biomasa forestal en Chile muchos autores (González et al. 2007; Bertrán y Morales, 2008; Pontt, 2008; Programa Chile Sustentable, 2008; Dalberg, 2008; Delgado, 2010) señalan que la opción más viable actualmente para el país es la de usar desechos forestales. De hecho actualmente en el país existen algunas plantas de energía en base a biomasa, y que según el CNE (2007) corresponden al 2,11% de la capacidad instalada de generación de energía del país. Según el Centro de Despacho Económico de Carga-Sistema Interconectado Central (CDEC-SIC, 2010) y la Comisión Nacional de Energía

CUADRO 5:

Potencia instalable factible por regiones

| Región | Potencia instalada factible (MW) | |
|--------|----------------------------------|--------|
| | Mínima | Máxima |
| VI | 13 | 19 |
| VII | 63 | 95 |
| VIII | 133 | 199 |
| IX | 68 | 103 |
| X* | 36 | 53 |
| Total | 313 | 469 |

Fuente: (Bertrán y Morales, 2008.). *Representa a las regiones X y XIV

(CNE, 2011), las plantas existentes se pueden apreciar en los Cuadros 6 y 7, respectivamente. Además en el Cuadro 8 se puede ver una lista parcial de proyectos aprobados por el Servicio de Evaluación Am-

biental (SEA, 2011) de generación de energía con biomasa en Chile. De lo anterior es importante señalar que la mayoría de estas plantas utilizan recursos dendroenergéticos ya sea directa o indirectamente.

CUADRO 6:

Plantas generadores de energía eléctrica en base a biomasa y biogás al 2010

| Nombre | Propietario | Fuente de energía primaria | Potencia máxima instalada [MW] | Región |
|--------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------|
| Constitución | Energía Verde S.A. | Biomasa | 11,05 | 7 |
| Laja | Energía Verde S.A. | Biomasa | 12,69 | 8 |
| Escuadrón (Ex Fpc) | Eléctrica Nueva Energía S.A. | Biomasa | 15 | 8 |
| Nueva Aldea III | Celulosa Arauco y Constitución S.A. | Biomasa | 37 | 8 |
| Loma Los Colorados | KDM Energía y Servicios S.A. | Biogas | 2 | 13 |
| Masisa | Masisa | Biomasa | 11,1 | |
| Total | | | 88,84 | |

Fuente: CDEC-SIC, 2010.

CUADRO 7:

Unidades generadoras Sistema Interconectado Central de Chile, en base a Biomasa o biomasa-petróleo

| Propietario | Nombre Central | Año puesta en servicio | Tipo de combustible primario | Nº unid. | Potencia bruta Total MW | Potencia neta Total MW |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|----------|-------------------------|------------------------|
| | Arauco | 1996 | Biomasa-Petróleo N°6 | 1 | 30,1 | 30,1 |
| Celulosa | Licanten | 2004 | Biomasa-Petróleo N°6 | 1 | 27 | 4 |
| Arauco y | Valdivia | 2004 | Biomasa-Petróleo N°6 | 1 | 70 | 61 |
| Constitución S.A. | Nueva Aldea III | 2008 | Biomasa | 1 | 65 | 37 |
| | Constitución | 1995 - 2007 | Biomasa | 1 | 20 | 8 |
| Energía Verde | Constitución | 1995 - 2007 | Biomasa | 2 | 10,856 | 10,1 |
| | Laja | 1995 - 2007 | Biomasa | 2 | 12,5 | 11,7 |
| Paneles Arauca S.A. | Cholguán | 2003 | Biomasa-Petróleo N°6 | 1 | 29 | 13 |
| | Nueva Aldea I | 2005 | Biomasa | 1 | 29,3 | 14 |
| Masisa Ecoenergía | MASISA | 2010 | Biomasa | 1 | 11 | 10,5 |
| Arauco Energía | TG6 (excedentes al SIC) | En pruebas al de conexión | Desechos Forestales | 1 | 23 | 23 |
| Total Generado | | | | | 352,8 | 247,3 |

Fuente: CNE, 2011.

Además las plantas se concentran en la Octava región, lo que tiene relación con el nivel de explotación forestal de la región. También resulta de suma importancia señalar la creciente cantidad de plantas que usan bioamasa través del tiempo en Chile, lo que ha ido generando un aumento sostenido de la energía por este medio.

En general la electricidad generada por biomasa en Chile es usada principalmente por la industria del

papel y la celulosa (Pontt, 2008), sin embargo, haciendo una estimación de la población para el año 2011 (INE y CEPAL, 2005) de 17.248.450 habitantes, y asumiendo una distribución uniforme de esa electricidad a los habitantes del país, estaría beneficiando eventualmente a 363.942 personas del país. Lo cual puede ser considerable si se considera personas que habitan en zonas remotas del país sin acceso a electricidad.

CUADRO 8:

Lista parcial de Proyectos Aprobados Biomasa SEA, Chile

| Nombre | Región | Titular | Inversión (MMU\$) | Año |
|---|---------|-------------------------------------|-------------------|------|
| Planta de cogeneración con biomasa en Norske Skog Biobío | Octava | Papeles Norske Skog Biobío Ltda. | 60 | 2010 |
| Reemplazo de Caldera de Petróleo por Generación de Energía Térmica por Biomasa | Quinta | Energías Industriales S.A. | 5 | 2009 |
| Embarcadero, Uso de Biomasa y Depósito de Cenizas Central Térmica Andino | Segunda | Central Eléctrica Andina S.A. | 5,25 | 2009 |
| Planta de Cogeneración de Energía Eléctrica y Vapor con Biomasa en CFI Horcones | Octava | Celulosa Arauco y Constitución S.A. | 73 | 2007 |
| Caldera de Biomasa CFI Horcones | | | | |
| Sistema de Cogeneración de Energía con Biomasa Vegetal | Octava | Cogeneración MASISA | 17 | 2007 |
| Cabrero | | | | |
| Cogeneración de Energía con Biomasa Vegetal | Octava | Allan Lomas Redón | 10 | 2005 |
| Modificación Proyecto Caldera a Biomasa en Planta Pacífico MININCO | Novena | CMPC Celulosa S.A. | 35 | 2005 |
| Caldera a Biomasa en Planta Pacífico, Mininco | Novena | CMPC Celulosa S.A. | 25 | 2004 |
| Caldera a Biomasa | RM | Vapores Industriales S.A. | 1,2 | 2001 |

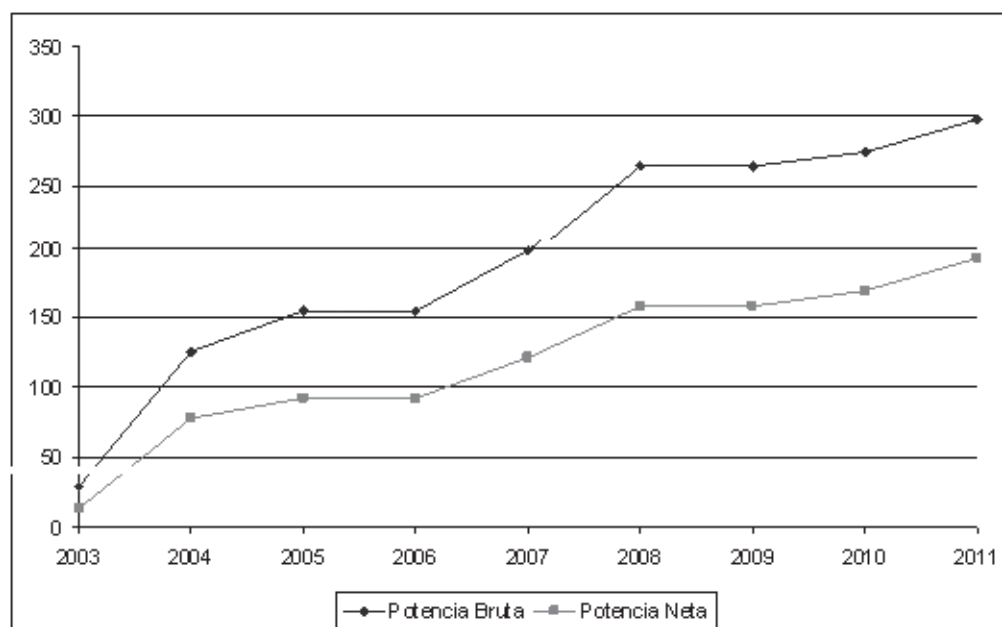
Fuente: SEA, 2011.

Otro uso que está dentro de la biomasa forestal corresponde a la leña, la cual una fuerte presencia dentro de la matriz energética nacional, llegando el año 2006 a representar cerca del 16% de las energías primarias y el 17,5% a nivel de energías secundarias, mientras que el 2010 un 20,5% y un 18% respectivamente (CNE, 2010). El sector industrial y minero junto al comercial, público y residencial, son los consumidores de leña, siendo el subsector residencial

el que consume toda esta biomasa de su sector, llegando el año 2006 a 29.212 teracalorías. Cabe destacar que se usa en especial para calefacción y cocina, y en la zona sur del país se concentra su uso, por su mayor disponibilidad. Lo negativo de este asunto es su gran impacto ambiental por la mala combustión a la cual es sometida (alto % de humedad). Por lo que se requiere de mejoras a nivel de certificación y tecnologías de uso (Pontt, 2008).

GRÁFICO 19:

Potencia Bruta y Neta (MW) de Unidades generadoras Sistema Interconectado Central de Chile, en base a Biomasa o biomasa-petróleo acumulada años 2003 a 2011



Fuente: CNE, 2011.

3. CONCLUSIÓN

Chile al entrar tarde en el mercado de los biocombustibles, tiene la posibilidad de marcar tendencias en el desarrollo de los biocombustibles de segunda generación. La utilización de los desechos agrícolas y forestales, el desarrollo de micro y macro algas y la búsqueda de especies o cultivos que no compitan con la producción de alimento, pueden permitir a nuestro país el desarrollo de un mercado nuevo con variadas alternativas para la producción de biocombustibles. Es necesario e imprescindible el compromiso del Estado para promover la investigación, desarrollo e in-

novación (I+D+i) en la producción de biocombustibles (en toda la cadena de producción), de las casas de estudio en la investigación y en el desarrollo de nuevas tecnologías y de organismos del Estado que velen por el desarrollo (económico, social y ambiental) de este nuevo mercado.

Reconociendo el enorme potencial y las ventajas que representa la bioenergía, es claro que ella por sí sola no puede desplazar el patrón actual de producción de energía basado fundamentalmente en las energías fósiles y nucleares. Ella puede sin embargo, contribuir a desplazarlo junto con la amplia variedad de energías renovable.

El crecimiento de la bioenergía como fuente de combustible para el transporte, la electricidad y la calefacción ofrece oportunidades, aunque con la necesidad de compensaciones, para el uso sostenible de los recursos naturales, así como para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles a escala local, nacional y mundial. Los impactos sobre los entornos natural y humano dependerán en gran medida de una buena gestión y planificación bioenergéticas, al igual que de la existencia de marcos políticos dirigidos a la maximización de las oportunidades para el desarrollo sostenible y la minimización de los impactos negativos sobre las personas pobres del medio rural y el medio ambiente.

4. BIBLIOGRAFÍA

- CEPAL. 2012. Políticas sobre desarrollo institucional e innovación en biocombustibles en América Latina y el Caribe. Serie Seminarios y Conferencias. Memoria del Diálogo de Políticas realizado en CEPAL en Santiago el 28 y 29 de marzo de 2011. 55 p.
- CER. Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía. 2012.i. Chile: Tierra Fértil para las Energías Renovables. 34 p.
- CER. Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía. 2012. ii. Reporte Abril 2012: Estado de los Proyectos de ERNC en Chile. 2 p.
- CER. Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía 2012. iii. Reporte Mayo 2012: Estado de los Proyectos de ERNC en Chile. 2 p.
- CER. Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía.- 2012. iv. Reporte 1er Semestre 2012: Estado de los Proyectos de ERNC en Chile. 2 p.
- CER. Centro de Energías Renovables, Ministerio de Energía. 2012.v. Fuentes de Financiamiento para Proyectos ERNC. 8 p.
- CNE. Comisión Nacional de Energía. 2008. Estudio marco normativo y de los procedimientos que se debe cumplir en la cadena de producción-consumo de los biocombustibles para el inicio y desarrollo de sus actividades dentro de la República de Chile. Informe Final. Barros y Errázuriz Abogados & Gamma Ingenieros S.A. 621 p.
- Gómez-Lobo, A., J.L. Lima, C. Hill y M. Meneses. 2006. Diagnóstico del mercado de la leña en Chile. Centro de Microdatos, Departamento de Economía, Universidad de Chile. 157 pp.
- IEA, International Energy Agency. 2011 Key World Energy Statistics. 82 p.
- INNOVACHILE-CORFO. 2009. Estudio de Energías Renovables No Convencionales. Informe Final. ECOFYSVALGESTA S.A.. 230 p.
- Ministerio de Energía. 2012.i. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030: Energía para el futuro. 29 p.

- Ministerio de Energía. 2012.ii. Las Energías Renovables No Convencionales en el Mercado Eléctrico Chileno. Documento Complementario. 88 p.
- Ministerio de Energía. 2012. iii. Estrategia Nacional de Energía 2012-2030. 38 p.
- REN21. Renewable Energy Policy Network for de 21st Century. 2012. Renewables 2012: Global Status Report.172 p.