



GOBIERNO DE

CHILE

OFICINA DE ESTUDIOS Y
POLÍTICAS AGRARIAS

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - Odepa -

Agricultura y bionergía

Rebeca Iglesias Casanueva

Diciembre 2010

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
EVOLUCIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL	1
DIRECTRICES NACIONALES EN BIOENERGÍA	7
POTENCIALIDAD ENERGÉTICA DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO	9
PROYECTOS, PLANES Y PROGRAMAS EN EJECUCIÓN	13
SITUACIÓN NACIONAL	18
CONSIDERACIONES FINALES	21

Agricultura y bioenergía

Rebeca Iglesias Casanueva

Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA
Ministerio de Agricultura

Director y Representante Legal
Gustavo Rojas Le-Bert

Se puede citar total o parcialmente citando la fuente

ODEPA
Teatinos 40 Piso 8
Fono: 397 3000 – Fax: 3973044
Casilla 13.320 Correo 21 – Código Postal 6500696
www.odepa.gob.cl
Santiago de Chile

Agricultura y bioenergía

INTRODUCCIÓN

La evolución del mercado internacional y del mercado nacional energético está determinada, entre otros factores, por el comportamiento y desarrollo que tengan los precios de los combustibles fósiles, lo que influye en el surgimiento de fuentes alternativas de energía y al desarrollo del sector silvoagropecuario que, por una parte, demanda energía de diversos tipos para su actividad productiva, y por otra, puede producir bioenergía¹.

Diversos motivos de índole económica, técnica, social y ambiental han inducido y presionado a numerosos países a considerar el desarrollo de la bioenergía como un factor relevante de sostenibilidad a largo plazo y de contribución a la diversificación de la matriz energética.

Chile no ha estado ajeno a esta realidad. Con énfasis distintos en las últimas décadas, considerando nuestra alta dependencia energética, diversos sectores de la actividad económica, especialmente el sector silvoagropecuario, han introducido nuevas fuentes energéticas como insumos viables de producción y factor importante de competitividad.

EVOLUCIÓN DE LA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

El consumo final de energía de Chile está determinado por cuatro grandes sectores: transporte, industrial, minero y comercial-público-residencial.

El sector transporte es el mayor demandante de energía, con 35% del consumo final, concentrado en un 99% en los derivados del petróleo (más de 70% entre petróleo diésel y gasolinas).

El sector comercial-público-residencial representa un 25% del consumo final de energía. La mayor fuente energética de este sector es la leña, utilizada en su gran mayoría para cocina y calefacción, la que corresponde a un 47% del consumo energético total del sector.

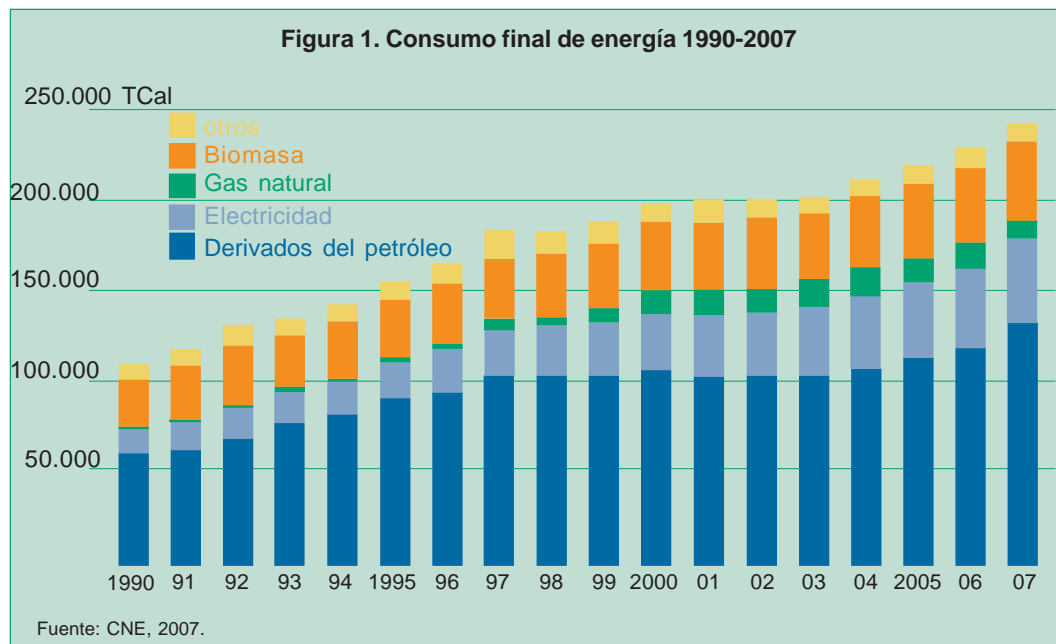
El sector industrial representa el 23% del consumo final, y el 83% de su consumo se concentra en tres fuentes: derivados del petróleo (33%), electricidad (24%) y biomasa (26%).

El sector minero constituye el 13% del consumo final, donde la electricidad es la fuente más significativa, correspondiendo al 50% del consumo total y los derivados del petróleo significan un 46% de este consumo (Política Energética. Nuevos Lineamientos. CNE, 2008).

¹ El término bioenergía se refiere a la energía obtenida a partir de biomasa, que es la fracción biodegradable de productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura (de origen vegetal y animal), de la silvicultura y de industrias conexas, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo).

La definición de la OCDE de biomasa es: “cualquier material orgánico de origen vegetal o animal, procedente de la producción agrícola o silvícola y productos derivados, así como de residuos industriales y urbanos”.

El consumo final de energía nacional creció desde 1990 hasta 2007 en 4,7% promedio anual. Los derivados del petróleo, la biomasa y la electricidad representaron, en promedio en el período 2000-2007, cerca de 90% del consumo final, como se aprecia en la figura 1.

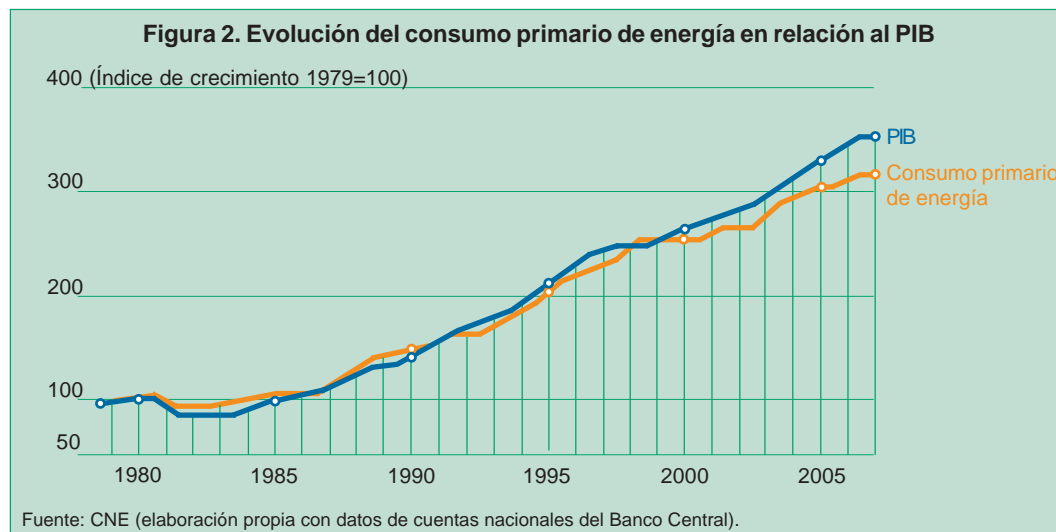


El balance de la energía primaria para el año 2009, incluido en la tabla 1, señala una producción y consumo bruto de leña cercano a 15 millones de toneladas. En 2008 no existían registros de biogás oficiales, no obstante que ya algunas empresas agroindustriales lo producían. Para 2009 se registró una producción de 12 millones de m³.

Tabla 1. Balance de energía primaria en 2009					
Energético	Unidades físicas	Producción bruta	Importación	Exportación	Consumo bruto
Petróleo crudo	Miles m ³	216	11.160	0	11.474
Gas natural	Millones m ³	2.523	885	0	3.219
Carbón	Miles ton	530	5.451	0	5.707
Hidroelectricidad	GWh	25.990	0	0	25.254
Leña y otros	Miles ton	14.651	0	0	14.651
Biogás	Millones m ³	12	0	0	12

Fuente: Ministerio de Energía. Balance Nacional de Energía 2009. Octubre 2010.

Chile ha experimentado un crecimiento significativo del consumo energético en las últimas décadas, particularmente en el sector eléctrico. La evolución de la demanda de energía ha seguido de cerca a la evolución del PIB, como se aprecia en la figura 2.



Sin embargo, la última información entregada por el Ministerio de Energía señala que en 2009 el consumo total de energía en el país fue un 3,8% inferior al de 2008, principalmente por las caídas en el consumo de los sectores industrial y minero y de transporte, en 3,2% y 4,2%, respectivamente. Hubo menor consumo de derivados de petróleo y de carbón, mientras que el consumo de gas natural aumentó con la entrada en operación de las instalaciones de regasificación de gas natural licuado.

En la tabla 2 se incluye la evolución del consumo bruto de la energía primaria en los últimos dos años.

Tabla 2. Consumo bruto de energía primaria					
Teracalorías (participación y variación por energético)					
	2008	% Participación	2009	% Participación	% Variación
Petróleo crudo	110.420	44	106.488	43	-3,60
Gas natural	24.795	10	30.067	12	21,30
Carbón	43.695	17	39.946	16	-8,60
Hidroelectricidad	20.865	8	21.650	9	3,80
Energía eólica	33	0	68	0	106,10
Leña	51.170	20	51.280	21	0,20
Biogás	0	0	69	0	
Total	250.977	100	249.568	100	-0,60

Fuente: elaborado por Odepa con información del Ministerio de Energía. Balance Nacional de Energía 2009. Octubre 2010.

Se estima que en Chile se consumen 20,2 millones de m³ sólidos de leña y desechos forestales, de los cuales un 75% corresponde a leña propiamente tal y un 25% a desechos forestales. El sector que presenta el mayor consumo de leña es el residencial rural, con 44%, seguido por el sector industrial, con 27%; el residencial urbano, con 25%, y el sector comercial y público, con 4% del total.

El sector silvoagropecuario es un importante consumidor de energía, alcanzando a cerca de 20% del total nacional de petróleo diésel, petróleos combustibles, kerosene, gas licuado y electricidad; alrededor de 30% del consumo nacional de leña, y menos de 10% del consumo nacional de gas natural y de carbón.

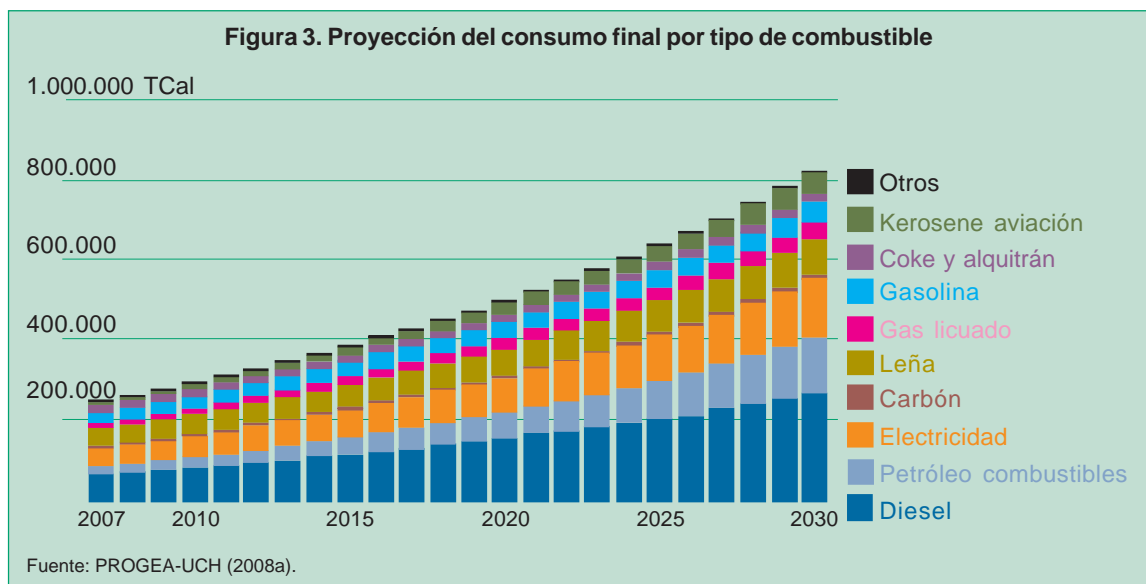
Chile es un país deficitario de energía, con una alta dependencia energética. En 1999 sólo un 29,6% del consumo neto de energía era nacional. Después de una década, con una tasa de crecimiento anual de 1,8% en el consumo de energía, la situación se mantiene muy similar. En 2009 el país, aunque redujo las importaciones netas de energía en 9,1% respecto de 2008, dependía en 67,9% de energías importadas (tabla 3).

Tabla 3. Chile: dependencia energética			
Teracalorías			
Origen	1999	2004	2009
Importaciones netas	177.627	206.150	204.886
Consumo total de energía	252.315	274.351	301.595
Imp. netas/consumo total	70,40%	75,10%	67,90%

Fuente: elaborado por Odepa con información del Ministerio de Energía. Balance Nacional de Energía 2009. Octubre 2010.

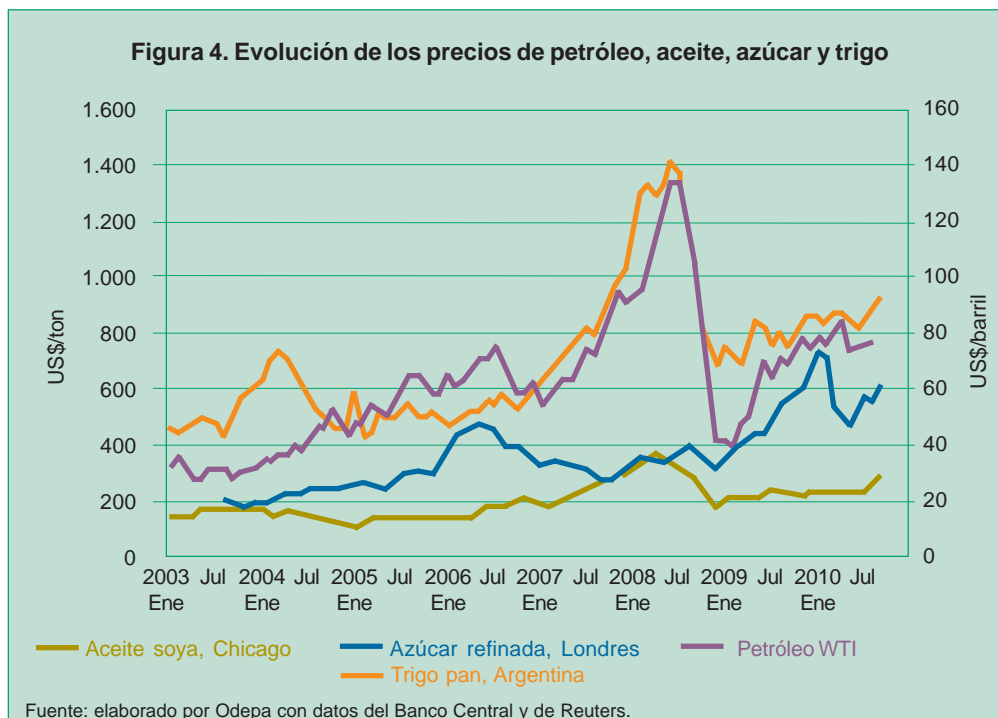
La proyección del consumo final de energía presenta una tendencia al alza, con un aumento promedio anual de 5,4% hasta el año 2030. Durante ese período los energéticos de mayor relevancia en el consumo son el diésel, los petróleos combustibles, la electricidad y la leña, representando en conjunto entre 69% en 2007 y 78% del total para 2030 (Política Energética. Nuevos Lineamientos. CNE, 2008).

En la figura 3 se incluye la proyección al año 2030 del consumo final de energía, en la cual la leña estaría entre los cuatro principales energéticos.



El suministro energético seguro, oportuno y sostenible es altamente estratégico para los países en vías de desarrollo como Chile, considerando que el precio mundial del petróleo responde, entre otros factores, a la existencia de al menos dos escenarios alternativos sobre el abastecimiento mundial de petróleo. Por una parte, se señala que existiría petróleo disponible para 20 años más y, en contraposición, que aún existen yacimientos sin explotar. Esta fluctuación de precios, especialmente las alzas cíclicas, afecta al crecimiento económico del país (a las inversiones, a todos los sectores de la economía) y al precio de los alimentos.

En la figura 4 se incluye la evolución del precio del petróleo y de los principales *commodities*, de los cuales Chile es un importador significativo. Es posible señalar que, aunque con algunas desviaciones respecto del valor del crudo, los precios de los alimentos siguen de manera importante la evolución cíclica del precio del petróleo, especialmente debido a la influencia de él en los costos de producción agrícola de los distintos cultivos.



En el período considerado (enero 2003 a agosto 2010) la variación de precios de estos *commodities* fue de 38% para el petróleo WTI; 34% para el aceite de soya en bruto FOB Chicago y para el azúcar refinada del Contrato N° 5 de la Bolsa de Londres, y de 32% para el precio del trigo panadero, FOB en Argentina.

DIRECTRICES NACIONALES EN BIOENERGÍA

No obstante que la matriz energética del país es un tema transversal, que involucra a los distintos sectores de la economía nacional y a numerosas instituciones públicas y privadas, a continuación se analizarán las directrices nacionales relativas a bioenergía en los cuatro ministerios que tienen una relación más estrecha con el propósito de este documento.

El *Ministerio de Energía* es el ministerio de colaboración del Presidente de la República en las funciones de gobierno y administración del sector de energía. El objetivo general del Ministerio de Energía es colaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector, velar por su cumplimiento y asesorar al Gobierno en todas aquellas materias relacionadas con la energía.

El sector energía comprende todas las actividades de estudio, exploración, explotación, generación, transmisión, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, uso eficiente, importación y exportación, y cualquiera otra que concierna a electricidad, carbón, gas, petróleo y derivados, energía nuclear, geotérmica y solar, y demás fuentes energéticas.

Históricamente las necesidades energéticas del país han sido suplidas por las importaciones de petróleo, la elaboración de gasolina en el país, la importación y producción nacional de gas natural y la generación eléctrica a partir de la energía hidráulica, del gas natural, del diésel y, en los últimos años, de biomasa.

El *Ministerio de Agricultura* es la institución del Estado encargada de fomentar, orientar y coordinar la actividad silvoagropecuaria del país. De acuerdo al decreto ley 294 de 1960, «...su acción estará encaminada, fundamentalmente, a obtener el *aumento de la producción nacional; la conservación, protección y acrecentamiento de los recursos naturales renovables y el mejoramiento de las condiciones de nutrición del pueblo ...*»

Para fomentar eficientemente el desarrollo del sector, el Ministerio de Agricultura actúa en distintas áreas:

- *Área de Gobierno sectorial*: obtención, elaboración y difusión de información sectorial; análisis de situación y perspectivas de desarrollo silvoagropecuario; elaboración y diseño de políticas sectoriales; estudio de disposiciones legales sobre producción y comercialización; protección fito y zoonosanitaria y uso de los recursos agrícolas; asignación interna de los recursos fiscales; definición, supervisión y seguimiento de los programas que ejecuta el Ministerio en beneficio del sector agrícola, y análisis del comercio exterior silvoagropecuario y coordinación de la cooperación técnica internacional.
- *Área de servicios de investigación y transferencia de tecnología*: protección de los recursos naturales renovables; protección de la salud animal y la sanidad vegetal del país; apoyo financiero directo a pequeños agricultores; fomento forestal, y fomento al riego, en coordinación con otras entidades públicas con injerencia en la materia.

El *Ministerio de Bienes Nacionales* tiene como misión reconocer y gestionar el patrimonio fiscal, regularizar la pequeña propiedad raíz y liderar el Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial (SNIT). Su misión la ejecuta mediante la definición de políticas, elaboración de normas, formulación de planes y programas y la mantención de información territorial, con procesos transparentes e informados a los ciudadanos para la protección y valoración del Patrimonio Fiscal, acercando el territorio a la población, de manera de contribuir al desarrollo económico, social y territorial en favor de todos los habitantes del país, especialmente de las personas de mayor vulnerabilidad.

El *Ministerio del Medio Ambiente*, de reciente creación a través de la promulgación de la Ley 20.417, que reformó la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, tiene a su cargo el desarrollo y aplicación de variados instrumentos de gestión ambiental en materia normativa, protección de los recursos naturales, educación ambiental y control de la contaminación, entre otras materias.

Sus 27 funciones específicas se detallan en el artículo 70 de la Ley, entre las cuales, de acuerdo al interés del presente artículo, se pueden señalar las siguientes:

- Proponer las políticas ambientales e informar periódicamente sobre sus avances y cumplimiento.
- Velar por el cumplimiento de las convenciones internacionales en materia ambiental en que Chile sea parte, y ejercer la calidad de contraparte administrativa, científica o técnica de tales convenciones, sin perjuicio de las facultades del Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Colaborar con los organismos competentes en la formulación de las políticas ambientales para el manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables e hídricos.
- Proponer políticas y formular normas, planes y programas en materia de residuos y suelos contaminados, así como evaluar el riesgo de productos químicos, organismos genéticamente modificados y otras sustancias que puedan afectar el medio ambiente, sin perjuicio de las atribuciones de otros organismos públicos en materia sanitaria.
- Proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático. En ejercicio de esta competencia deberá colaborar con los diferentes órganos de la Administración del Estado a nivel nacional, regional y local, con el objeto de determinar sus efectos, así como establecer las medidas necesarias de adaptación y mitigación.
- Generar y recopilar la información técnica y científica precisa para la prevención de la contaminación y la calidad ambiental, en particular lo referente a las tecnologías, la producción, gestión y transferencias de residuos, la contaminación atmosférica y el impacto ambiental.

En relación al *Ministerio de Energía*, algunos de los objetivos propuestos por el actual Gobierno para el año 2020 son los siguientes: nueva meta de 20% de participación de las energías renovables no convencionales (ERNC) en la generación eléctrica; usos térmicos de las ERNC; reducción de la tasa de crecimiento de la demanda eléctrica y de combustibles, por una mayor eficiencia energética, y uso de otras tecnologías con emisiones bajas de gases de efecto invernadero (GEI). Se espera que estas acciones en conjunto contribuirían a la independencia y seguridad energética en el largo plazo y a la reducción de los gases de efecto invernadero al año 2025.

El *Ministerio de Agricultura* ha definido los siguientes cinco objetivos estratégicos para el período 2010-2014: competitividad, transparencia y acceso a mercados, investigación e innovación, sustentabilidad social, económica y ambiental, y modernización institucional.

Como un factor relevante en el objetivo estratégico de competitividad se incluye el riesgo climático y cómo Chile deberá afrontar los desafíos futuros en materias de mitigación, adaptación y formación de recursos humanos para atenuar y enfrentar sus efectos. Respecto a la sostenibilidad ambiental, se han definido diversas acciones que se relacionan con la producción de biomasa para bioenergía en el sector silvoagropecuario: cuidado de nuestro patrimonio fitosanitario y sanitario, combate contra la desertificación, fomento a la forestación, fomento y mejoramiento del bosque nativo y protección de los bosques y la vegetación.

A comienzos de 2010 el *Ministerio de Bienes Nacionales* y el *Ministerio de Energía* firmaron un convenio cuya principal finalidad es el apoyo e implementación de actividades conjuntas e individuales tendientes a promover oportunidades para el desarrollo de proyectos de energías renovables no convencionales en terrenos fiscales.

El convenio contempla el rol técnico del Ministerio de Bienes Nacionales para generar información catastral y las condiciones administrativas de los terrenos que se pondrán en valor, levantamiento topográfico, adquisición de imágenes satelitales y generación y digitalización de planos, informes de tasaciones comerciales y fórmulas de cobro para las concesiones de uso oneroso, estudios jurídicos y títulos de las zonas afectadas; preparar bases de licitación y administrar los procesos de licitación.

La programación 2010-2014 del *Ministerio del Medio Ambiente* incluye, entre otras, acciones en torno a la gestión de residuos sólidos y cambio climático. En relación a la gestión de residuos sólidos, se desea reforzar la política de las 3 R: reducir, reciclar y reutilizar. Esta política reporta ganancias ambientales relevantes, disminuyendo la presión en el uso intensivo de los recursos naturales, evitando la generación de nuevos pasivos ambientales y otros tipos de residuos con altos costos en la reparación. En la actualidad está en revisión el proyecto de Ley General de Residuos (Ley 3R), que será la base para contar con un marco jurídico para la gestión integral de residuos sólidos, orientado a la implementación de una estrategia jerarquizada en el manejo de residuos, promoviendo la prevención de la generación de un residuo y, si esto no es posible, fomentar su reducción, reutilización, reciclaje, valorización energética, tratamiento y disposición final de los mismos.

En cuanto al cambio climático, este nuevo Ministerio elaborará e implementará instrumentos de política suficientemente flexibles para que el país se adecúe y adapte a los cambios climáticos esperados y sus posibles impactos. Se instalará una Mesa Nacional sobre Cambio Climático público-privada, que permitirá construir una posición del país frente a la negociación internacional y una agenda nacional que aborde los sectores energía, minería, silvoagropecuario e industria. Además se considera avanzar en el análisis y aspectos relacionados con la huella de carbono.

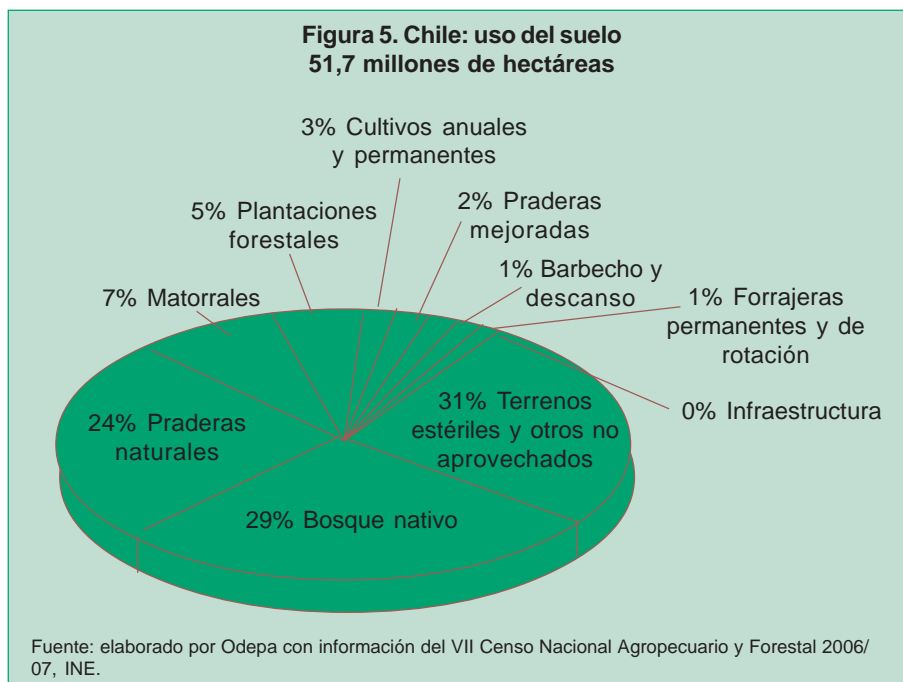
Los desafíos para el período 2010-2014 son los siguientes: formular un plan nacional de mitigación de gases de efecto invernadero, formular un plan nacional de adaptación a los efectos del cambio climático, apoyar técnicamente el desarrollo de instrumentos de incentivo para la mitigación de GEI y la adaptación (asociatividad para validación de las reducciones de emisiones y acceso a mercados internacionales de carbono), implementar una estructura para la preparación continua de inventarios, y entregar la tercera Comunicación Nacional de Chile a Naciones Unidas.

POTENCIALIDAD ENERGÉTICA DEL SECTOR SILVOAGROPECUARIO

En Chile existe un potencial importante para producir biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos de primera y segunda generación a partir de biomasa generada por el sector silvoagropecuario.

Esta producción, **no competitiva con la generación de alimentos**, se basa en la industrialización de residuos primarios y agroindustriales del sector silvoagropecuario y de plantaciones dendroenergéticas arbustivas y arbóreas, y en las premisas de mantener una actividad agrícola sustentable y sostenible en el tiempo, preservando los recursos naturales de agua y suelo; conciliar la producción silvoagropecuaria orientada a satisfacer las necesidades de alimentos en el mercado interno y destinar importantes cantidades al mercado de exportación. Sin competir con la producción de alimentos, es una opción viable la alternativa de producir biocombustibles a partir de residuos de la producción silvoagropecuaria primaria y agroindustrial y de plantaciones de cultivos energéticos, especialmente en suelos marginales.

Las cifras entregadas por el VII Censo Agropecuario y Forestal (2007) indicarían que, de acuerdo a la superficie censada, aquellos suelos clasificados como de *barbecho y descanso*, *matorrales* y *terrenos estériles y otros no aprovechados*, podrían ser destinados a la producción de cultivos energéticos. Del total de la superficie censada, que alcanza a 51,7 millones de hectáreas, se estima que, con algunas condiciones, alrededor de 39% es apropiado para cultivos energéticos (figura 5).



En función de las tres clasificaciones de suelos seleccionadas, se estima que a nivel regional existen potencialidades en las regiones de Coquimbo, Maule y Bío Bío en *suelos de barbecho*; en Valparaíso, Maule, Los Lagos y Aysén, en aquellos clasificados como *matorrales*, y en Atacama, Coquimbo, Los Lagos y Aysén, en los *terrenos estériles y no productivos*. En la Región de Magallanes y Antártica Chilena existen 5,7 millones de hectáreas de matorrales y terrenos estériles, las cuales, bajo condiciones extremas de clima, salvo algunos microclimas existentes, dificultan su incorporación extensiva a la actividad agrícola.²

Durante el período 2006-2009, el Ministerio de Bienes Nacionales recibió 39 postulaciones a lo largo del país, las que consideran una superficie fiscal de cerca de 8.000 ha gestionadas para la producción de energía. Un 71% de las postulaciones correspondieron a energías renovables. En

² En el siguiente link se encuentra mayor información al respecto:
http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/Agrocifras/Agricultura_en_cifras_001.pdf

la actualidad se gestionan 125 postulaciones por un total de 151.800 ha, de las cuales un 90% corresponde a proyectos de energías renovables, fundamentalmente eólica y solar. Además, en el último período está desarrollando convenios para estudios de especies y cartografía de suelos fiscales orientados a proyectos de bioenergía.

Las condiciones edafoclimáticas de Chile permiten la adaptación de numerosas especies vegetales, anuales y perennes, susceptibles de sembrarse y plantarse para la generación de biomasa que puede ser transformada en bioenergía. Sin embargo, la principal limitante para la producción de biocombustibles es la escasez relativa de terrenos agrícolas cultivables.

A fin de precisar esta potencialidad nacional de cultivos energéticos, fue solicitado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) al Centro de Información de Recursos Naturales (Cirén) el estudio «Mapas de zonificación de aptitud productiva del territorio nacional de especies vegetales con potencial de producción de biocombustibles». El objetivo de este estudio, como su nombre lo indica, fue elaborar mapas de zonificación de aptitudes productivas del territorio nacional para 31 especies vegetales de cultivos anuales, arbustivas y arbóreas, con potencial para la producción de biocombustibles. A través de la selección de parámetros de clima y de suelos requeridos por diversas especies para desarrollarse será posible determinar aquellas regiones y zonas que podrían ser destinadas a la producción de estos cultivos.

En julio de 2010 fueron entregados los resultados de este estudio, con la posible localización de los 31 cultivos en Chile y su máximo de productividad bajo condiciones de riego y seco.

En la tabla 4 se incluye un breve resumen de algunas de las especies consideradas en el estudio y su superficie máxima potencial para una productividad elevada en condiciones de riego y seco, en las regiones más representativas. Las superficies son sólo parámetros numéricos, ya que esta información no considera la rotación ni la estructura productiva regional.

Tabla 4. Chile: superficie potencial cultivable con altos niveles de biomasa (hectáreas)				
Especie	Nombre científico	Riego	Secano	Total
Avena	<i>Avena sativa</i> L.	1.095.399	2.067.149	3.162.548
Nabo forrajero	<i>Brassica rapa</i> L.	1.449.711	952.201	2.401.912
Atriplex	<i>Atriplex</i> sp.	814.731	349.595	1.164.326
Jatropha	<i>Jatropha curcas</i>	881.306	895.572	1.776.878
Álamo	<i>Populus</i> sp.	1.239.032	986.115	2.225.147
Eucalipto-Sur	<i>Eucalyptus gunni</i>	1.014.189	1.654.230	2.668.419
Total		6.494.368	6.904.862	13.399.230

Fuente: elaborado por Odepa con información de "Mapas de zonificación de aptitud productiva del territorio nacional de especies vegetales con potencial de producción de biocombustibles", Cirén, julio 2010.

En condiciones de secano, la mayor potencialidad para el conjunto de las catorce especies de cultivos anuales se encontraría entre las regiones de La Araucanía y Los Ríos; para las siete especies arbustivas, en Bío Bío y La Araucanía, y para las diez arbóreas, en las regiones del Bío Bío, La Araucanía y Los Ríos. Bajo condiciones de riego, las especies anuales tendrían mayor potencialidad en las regiones del Maule y Bío Bío; desde la Región de Coquimbo a la del Maule, las especies arbustivas, y desde Coquimbo a Bío Bío, las especies arbóreas.

Además debe considerarse con fines energéticos la existencia a nivel regional de los residuos de la actividad silvoagropecuaria primaria y agroindustrial, que en la actualidad posibilitan la generación de biogás, vapor y electricidad en numerosas regiones y localidades.

En relación a las fuentes de biomasa para la producción de biocombustibles en Chile, se pueden mencionar las siguientes:

- Desechos de la industria forestal, desechos de la industria del mueble y de la madera y de cultivos dendroenergéticos, para obtener biocombustibles sólidos: leña, *pellets*, briquetas.
- Residuos de cereales (maíz, trigo, avena, cebada), de papa y de remolacha; biomasa forestal y sus subproductos; residuos lignocelulósicos de cosechas y de agroindustrias, residuos del cultivo de nabo forrajero para obtener biocombustibles líquidos, como etanol, metanol y bio-oil.
- Aceites de oleaginosas: cártamo, linaza, maravilla, raps, ricino, jojoba, jatropha; de algas y otras especies; aceites vegetales reciclados y grasa animal³, para obtener biocombustible líquido, como el biodiésel.
- Purines de la actividad ganadera, porcina y avícola; suero de leche; desechos de mataderos, residuos agrícolas, agroindustriales y de mercados mayoristas; residuos vitivinícolas; residuos lignocelulósicos, para obtener biocombustible gaseoso como biogás (metano).

La estimación preliminar indicaría que existen cerca de 10 millones de toneladas de residuos silvoagropecuarios anuales que pueden ser destinados a la producción de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos.

En este sentido el sector agrícola tiene un rol importantísimo como generador de biomasa susceptible de transformarse en bioenergía y biocombustibles sólidos (leña, *pellets*, briquetas), biocombustibles líquidos (etanol, metanol, biodiésel), y biocombustible gaseoso [biogás (metano)].

El potencial de producción de biogás en Chile se estima en a lo menos en $1,2 \times 10^9$ m³/año, equivalente a 2,4% del consumo bruto de energía primaria del país. Esta estimación puede acrecentarse en los próximos años, por el crecimiento de la población y de la actividad silvoagropecuaria y el aumento de proyectos de utilización de biogás y conocimientos técnicos. En relación a la potencialidad de producción estimada de biogás y gas metano en Chile, en la tabla 5 se incluyen los resultados, mayores que la cifra señalada anteriormente, del estudio elaborado por la CNE y la Agencia de Cooperación Técnica de Alemania (GTZ, por su sigla en alemán).

³ Estimaciones preliminares indican que existiría un potencial estimado de 52.000 m³/año de biodiésel, a partir de grasas animales.

Fuente	Biogás (Mm³/año)	Metano (Mm³/año)
Plantas de tratamiento de aguas	137.369	82.421
Rellenos sanitarios c/captación de biogás	115.551	57.775
Rellenos sanitarios s/captación de biogás	53.671	26.835
RILES	47.838	28.706
Pretratamiento de aguas residuales urbanas	80.652	50.811
<i>Biomasa de principales cultivos de temporada</i>	<i>387.791</i>	<i>240.430</i>
<i>Biomasa de residuos de poda y desmalezados municipales</i>	<i>425.488</i>	<i>297.842</i>
<i>Biomasa de desechos de la industria vitivinícola</i>	<i>27.561</i>	<i>17.088</i>
<i>Biomasa de residuos sólidos de la industria cervecera</i>	<i>8.752</i>	<i>5.533</i>
<i>Biomasa de industria de lácteos</i>	<i>3.580</i>	<i>2.148</i>
<i>Biomasa de industria conservera de frutas y verduras</i>	<i>65.163</i>	<i>39.098</i>
<i>Biomasa bebidas de infusión</i>	<i>2.412</i>	<i>4.387</i>
<i>Biomasa residuos de matadero</i>	<i>29.775</i>	<i>19.353</i>
<i>Biomasa residuos de industrias de aceites y grasas</i>	<i>132.190</i>	<i>82.533</i>
<i>Biomasa a partir de estiércol (avícola, vacunos y porcinos)</i>	<i>1.027.453</i>	<i>607.872</i>
Total	2.515.471	1.562.832

Fuente: CNE/GTZ, septiembre 2007.

De la tabla anterior se concluye que el 84% del potencial de biogás y metano en Chile podría obtenerse de biomasa del sector silvoagropecuario.

En la tabla 6 se presenta el número de los proyectos en Chile relacionados con algunas de las ERNC para generar electricidad. De un total de 139 proyectos, un 13,7%, con 19 proyectos, corresponde a biomasa. Un 56,1% son del tipo minihidro.

Tipo	En operación		En construcción		Aprobados		En trámite	
	N°	MW	N°	MW	N°	MW	N°	MW
Minihidro	26	186,25	9	57,4	40	314	3	43
Eólico	6	166,98	1	20	26	1.904	2	57
Solar	-	-	-	-	1	9	1	28
Biogás	1	2	3	13,14	1	28	-	-
Biomasa	9	153,8	3	47,7	7	137	-	-
Total	42	509	16	138,2	75	2.392	6	128

Fuente: Ministerio de Energía, julio 2010.

En términos de potencialidad, a julio de 2010, los aportes de las ERNC en la matriz eléctrica de Chile llegaban a 3,2%, considerando los aportes de la biomasa (1,13%), la generación eólica (1,12%) y las minihidro (1,03%).

Para la generación eléctrica sobre la base de la biomasa forestal, existiría un potencial total del orden de 470 MW de potencia instalable factible como máximo y 310 MW como mínimo.

A comienzos de septiembre de 2010 fue anunciada la construcción de la primera caldera de cogeneración de energía eléctrica a partir de biomasa forestal en un complejo industrial de la Región del Bío Bío, perteneciente a una de las mayores empresas forestales de Chile. Su producción será inyectada al Sistema Interconectado Central (SIC). Recientemente, a fines de octubre, se dieron a conocer las perspectivas de aumentar la producción de vapor y la venta de energía eléctrica y de vapor a terceros en una empresa forestal en la Región de Los Ríos. Actualmente esta empresa opera nueve plantas de generación y sus excedentes para el SIC alcanzarían a 180 MW.

En relación a los biocombustibles líquidos, etanol y biodiésel, en Chile existe un potencial interesante de producción de biocombustibles de segunda generación a partir de materia prima lignocelulósica y de algas y de cultivos arbustivos introducidos, como la *Jatropha curcas* y la higuera o ricino. Para bioetanol se estima un potencial anual de 19,7 millones de m³, y para biodiésel, un potencial de 8,2 millones de m³.

No obstante que el agua de riego no cabría en la definición de biomasa, pero sí está relacionada con las ERNC del sector silvoagropecuario y diversas actividades productivas, parece interesante señalar la importancia de la contribución que este recurso hace a la seguridad energética de Chile. En el país, entre las regiones de Tarapacá y La Araucanía, existiría un potencial hidroeléctrico asociado al riego (caudal mínimo de 4m³/s y potencia de al menos 2 MW) de 866 MW. Adicionalmente, existe un potencial interesante en numerosos puntos en las redes de canales de riego con potencialidades de generación. Actualmente existen 26 minihidroeléctricas operando en Chile.

PROYECTOS, PLANES Y PROGRAMAS EN EJECUCIÓN

El tercer objetivo estratégico del *Ministerio de Agricultura*, sobre *investigación e innovación*, contempla fortalecer las instituciones dedicadas a la investigación, como el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), y a la innovación, como la Fundación para la Innovación Agraria (FIA). A su vez fortalecer la investigación orientada a las necesidades del sector en el Centro de Información de Recursos Naturales (Cirén) y el Instituto Forestal (Infor). Asimismo, promover alianzas entre el sector público, el sector privado y las universidades y fomentar los Grupos de Transferencia Tecnológica (GTT).

Tanto la competitividad como la sostenibilidad sectorial están estrechamente relacionadas con la orientación que den las diversas instituciones al desarrollo, la investigación y la innovación de aquellos rubros, sectores o líneas productivas que tengan un potencial en el país.

Entre los más diversos ámbitos del sector silvoagropecuario nacional, hay uno que es transversal al desempeño de la agricultura: la eficiente utilización de las ERNC, entre ellas la bioenergía, como

alternativa energética válida para el país, y cómo ésta contribuye a procesos productivos más limpios, menos contaminantes y más competitivos. Del mismo modo, el aporte significativo de la bioenergía a la reducción de los GEI y el cumplimiento del compromiso que el país ha asumido en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés), de reducir sus emisiones al año 2020.

Esto se torna un desafío a futuro para el sector agrícola y forestal: buscar un equilibrio entre relevar las mejores oportunidades de desarrollo en la producción de alimentos y productos primarios e industriales de excelente calidad y potenciar las numerosas condiciones de suelo y clima que posibilitan la adaptación de especies vegetales terrestres y acuáticas anuales y perennes (y el cultivo de ellas), y especies animales para la producción de biomasa susceptible de transformarse en bioenergía.

Considerando que **no se promueve el reemplazo de la producción de alimentos** en suelos agrícolas, las herramientas disponibles de investigación, desarrollo e innovación, entre ellas, la biotecnología y las diversas fuentes de biomasa disponibles en Chile, han permitido el desarrollo de interesantes actividades y proyectos de producción de bioenergía en el país, orientados a contribuir a suplir la demanda de energía en Chile.

A fin de contar con los antecedentes y conocimientos necesarios, se han realizado numerosos estudios, tanto con recursos de Odepa como con isponibles bajo el Convenio Marco suscrito entre Odepa, Comisión Nacional de Energía (CNE) y FIA y los de otras instituciones, como la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama) y la FAO.

- «Evaluación socioeconómica y balance energético de la cadena productiva desde la producción de materia prima hasta la elaboración de etanol y biodiésel». Universidad Santa María, CNE, FIA y Odepa.
- «Evaluación y sensibilización de estudios técnico-económicos respecto al potencial de biocombustibles en Chile». Universidad Santa María, CNE, FIA y Odepa.
- «Análisis de la producción de materias primas y de biocombustibles -presente y potencial- en países naturalmente proveedores de Chile». FAO, TCP-*Facility*, Odepa.
- «Análisis comparativo de las políticas y legislaciones implementadas para promover la producción de biocombustibles en Alemania, Argentina, Brasil y EE.UU.» FAO, TCP-*Facility*, Odepa.
- «Análisis del ciclo de vida del desarrollo de los biocombustibles en Chile». PricewaterhouseCoopers, Conama, Odepa y FIA.
- «Estudio para la evaluación socioeconómica y ambiental de tres prototipos de biodigestores en predios de pequeños productores lecheros». Ingeniería Alemana S.A., Odepa.
- «Barreras y oportunidades arancelarias para Chile en el comercio internacional de biocombustibles». Odepa.
- «Monografías de especies anuales, arbustivas y acuícolas con potencial energético en Chile». Odepa.
- «Mapas de zonificación de aptitud productiva del territorio nacional de especies vegetales con potencial de producción de biocombustibles». Cirén y Odepa.

En relación a bioenergía, las diez instituciones dependientes del Ministerio de Agricultura, de acuerdo a su ámbito de acción, han desarrollado y están desarrollando diversas acciones, actividades e iniciativas en diferentes temas de I+D+i en distintas regiones del país.

- Introducción de especies bioenergéticas: acción del INIA y FIA-Universidad de Chile para la producción de biodiésel de *Jatropha curcas* (manejo agronómico, selección genética, clones, análisis físico-químicos).
- «Valorización energética de residuos agropecuarios en la Provincia de Valdivia, integradas a un sistema de gestión de abastecimiento sostenible, para producción de biogás en unidades centralizadas de cogeneración, biofertilizantes y reducción de contaminantes». Estudio realizado por Bioagfo Energía con Todoagro S.A., ONG Grener e investigadores/expertos externos del tema biogás y biomasa, cofinanciado por FIA.
- Proyectos integrales de desarrollo regional: Centro Regional de Investigación del Instituto de Investigaciones Agropecuarias Tamel Aike de la Región de Aysén, con el nabo forrajero, el cual busca definir un modelo de producción mixta ganadera-bioenergética, sobre la base de cultivos forrajeros del género *Brassica* (nabos y rutabagas), para la producción de bioetanol y forraje de nabo forrajero.
- Investigación en establecimiento y manejo de especies forestales: Conaf (álamo, eucalipto, costo de plantaciones bioenergéticas).
- Bases para una estrategia dendroenergética nacional de Chile. Proyecto FAO/TCPF: Infor (mapas, tablas e informes, identificación de potencial dendroenergético nacional).
- Disponibilidad de residuos madereros generados por la industria primaria de la madera: Infor/CNE (actualización periódica de información de disponibilidad de residuos madereros generados por la industria primaria de la madera (aserraderos).
- Biomasa forestal como fuente de energía: Infor, investigación de opciones tecnológicas para la transformación de biomasa forestal en energía y productos derivados para uso industrial y residencial; investigación de modelos silviculturales y de manejo integrado; prospección tecnológica y de mercado de los productos dendroenergéticos (*Eucalyptus* spp., *Acacia* spp., *Salix* spp., entre otras).

Diversas universidades e institutos de investigación e innovación en Chile han creado líneas específicas de investigación y convenios de cooperación con instituciones extranjeras en biocombustibles, para contar con la base científica necesaria para el desarrollo a largo plazo de los biocombustibles en Chile. Es posible mencionar algunos de ellos, como los siguientes:

- Análisis de la interrelación de agroenergía, biocombustibles y suelos. Laboratorio de Relación Suelo Agua Planta de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, Santiago (fitomejoramiento, análisis físico-químico de los suelos, ciclo del carbono).
- Biodiésel de raps canola. Universidad de la Frontera, Temuco (selección de variedades, procesos físico-químicos, mecánicos de biodiésel).
- Producción de biogás. Universidad de la Frontera, Temuco (procesos físico-químicos).
- Producción de hidrógeno por digestión anaeróbica de residuos. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Investigación en pretratamiento de biomasa lignocelulósica (agrícola y forestal) para obtener bioetanol, procesos de hidrólisis químicos y enzimáticos, procesos de sacarificación y fermentación simultáneos, y subproductos de los procesos de producción de etanol (biorrefinerías). Centro de Biotecnología de la Universidad de Concepción.
- Bioetanol de álamos híbridos. Universidad Católica de Temuco (mejoramiento genético).
- Parcela demostrativa y selección de clones de álamo. Universidad de Talca-Conaf (mejoramiento genético).

- Parcela demostrativa de selección de material genético de álamo para fitorremediación. Conaf–Codelco–GreenWood Resources S.A. (mejoramiento genético).
- Multiplicación acelerada de clones de álamo. Vivero Proplanta, Región del Bío Bío, Innova Bío Bío (mejoramiento genético).

Dos consorcios empresariales lignocelulósicos, vigentes desde octubre de 2008, son instancias claves para la investigación, desarrollo e innovación en materia de biocombustibles producidos con materia prima lignocelulósica, para poder incorporar los biocombustibles de segunda generación a la matriz energética nacional.

- **Consortio Biocomsa S.A.**, para la producción de biodiésel a partir de material lignocelulósico. Investigará en: evaluación de la biomasa, cultivos bioenergéticos, plantaciones forestales, renovales de *Nothofagus sp*, modelos de crecimiento, medio ambiente y sociedad, caracterización de materias primas, evaluación de tecnologías.
- **Consortio Energético Bioenercel S.A.**, para la producción de bioetanol y bio-oil a partir de material lignocelulósico. Investigará en las problemáticas relacionadas con la disponibilidad de biomasa y las tecnologías de conversión: a través de bioprocesos transformaría materiales lignocelulósicos en biocombustibles. La transformación biotecnológica estará dirigida a la producción de bioetanol, y la transformación termoquímica, a la producción de bio-oil.

En relación a la Ley N° 20283, de *Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal*, a la fecha se han licitado dos concursos del Fondo de Conservación, Recuperación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo para pequeños propietarios forestales (individuales y colectivos) y otros propietarios. En el primer llamado de 2009 se seleccionaron 1.089 agricultores, de los cuales 808 son pequeños propietarios, que presentaron proyectos para el manejo maderero, planes forestales no madereros y preservación del bosque nativo.

La Corporación Nacional de Certificación de Leña sostiene que la participación de leña y derivados en la matriz energética nacional podría aumentar ostensiblemente, sin necesidad de cortar más árboles, mejorando tres aspectos que determinan su eficiencia: equipos de combustión, humedad de la leña y aislamiento de las viviendas.

Los tres consorcios de algas, que por el momento estarían bajo el concepto de producción acuícola y no agrícola, que iniciaron sus actividades en 2010, producirían biocombustibles a base de algas y crearán un modelo energético sostenible para fortalecer las capacidades y competencias científicas y tecnológicas del país, mediante la adopción, transferencia y comercialización de sus resultados:

- **Consortio Desert Bioenergy S.A.**, busca originar desarrollos tecnológicos para la elaboración de biodiésel y otros bioproductos de interés económico, recorriendo la cadena productiva que se inicia con el desarrollo de técnicas para el cultivo masivo de microalgas de alto potencial productivo.
- **Consortio Algafuels**, contempla la implementación de programas de I+D+i, de formación de capacidades en recursos humanos e infraestructura, y un programa de transferencia tecnológica que será el pilar fundamental para maximizar el impacto de sus resultados en biocombustibles a partir de microalgas en las regiones del norte de Chile.
- **Consortio BAL Biofuels S.A.**, desarrollará programas de I+D+i para la producción de biocombustibles y productos químicos a partir de macroalgas y empleará una avanzada tecnología de fermentación.

Transferencia, extensión y difusión de tecnologías se realizan constantemente en el país a través de talleres, seminarios, simposios, conferencias que reúnen a investigadores nacionales e internacionales en torno al tema de las ERNC, la bioenergía y su utilización en el desarrollo de biocombustibles. Sólo a modo de ejemplo, es posible mencionar la realización de:

- El taller internacional «Bioenergía para un desarrollo sostenible. Desafíos en tecnologías y mercados», en septiembre de 2009, organizado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, que participa en Biotop, en conjunto con universidades e instituciones de Alemania, Austria, Dinamarca, España, Holanda, Argentina, Brasil y México. Su objetivo es promover la investigación e identificación de nuevas tecnologías que permitan la producción de biocombustibles de primera y segunda generación (BG1, BG2).
- Los «Seminarios internacionales: cambio climático y energías renovables», organizados por la FAO, la Comisión Nacional de Energía y Odepa, a fines de 2009 y realizados en La Serena, Temuco y Santiago. En estos se dieron a conocer elementos de política energética, la visión agrícola del uso de materias primas bioenergéticas, instrumentos de fomento a las ERNC, experiencias internacionales, nacionales y regionales.
- El Primer Seminario Internacional sobre Gases Biogénicos: «**First Chilean International Seminar on Biogenic Gases as Fuels for the Future 2010**», realizado por la Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT) de la Universidad de Concepción. Se abordaron temas como generación, usos y potencialidades de los gases biogénicos (sustitutos del gas natural) como combustibles en nuestro país y en el mundo.
- El Seminario «Lanzamiento del primer reporte sobre el manejo de residuos sólidos en Chile», de fines de octubre de 2010. Recientemente, a fin de responder a los compromisos contraídos por Chile con la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE), y enmarcado dentro de los objetivos de la política de gestión integral de residuos sólidos, el Ministerio del Medio Ambiente dio a conocer los resultados obtenidos en el proyecto «Levantamiento, análisis, generación y publicación de información nacional sobre residuos sólidos de Chile», realizado por la Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Universidad de Concepción.
- El V Encuentro Internacional de Inversiones en Energías Renovables, organizado en noviembre de 2010 por el Ministerio de Energía y el Centro de Energías Renovables (CER). En este encuentro se incluyeron temas de cambio climático y las ERNC como factor de competitividad para los distintos países que en él participaron.

En relación a la articulación, difusión de información y conocimientos entre los agentes públicos y privados, el Ministerio de Agricultura está representado por la Unidad de Bioenergía de Odepa y el Comité Interministerial. Odepa ha realizado ocho seminarios regionales, preparado artículos, publicaciones, presentaciones de estudios a productores agrícolas, agentes públicos y privados, y participado en el Comité Interministerial (coordinado por CNE) sobre normas técnicas en biodiésel y bioetanol.

Los servicios del agro han efectuado, en las competencias propias para crear capacidades en RR.HH., técnicas y de gestión: estudios, pasantías, giras tecnológicas, cursos, diagnósticos y participación en consorcio lignocelulósico; y mantenido un rol activo en la revisión y promulgación de la normativa forestal, como la Ley del Bosque Nativo y Plantaciones Forestales (en trámite).

Asimismo, los servicios del Ministerio de Agricultura han realizado talleres, charlas y seminarios que han incluido temas técnicos específicos, de investigación, desarrollo e innovación, que han contado con el concurso de diversas instituciones nacionales e internacionales. Por parte de Odepa, se ha asistido a numerosos seminarios y elaborado presentaciones relativas a bioenergía y biocombustibles.

En el ámbito de capacitación y captura de conocimientos, profesionales del Ministerio de Agricultura han participado en programas de perfeccionamiento y giras tecnológicas como los siguientes:

- Programa Cochran de capacitación en bioenergía y biocombustibles del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, al cual asistió un profesional de Infor.
- Curso de Bioetanol en Brasil, con la participación de un profesional del INIA.
- En el marco del convenio de cooperación en materia de bioenergía y biocombustibles suscrito entre Brasil y Chile, se realizó una gira de capacitación de representantes públicos de diversos ministerios y agentes privados de Chile, a instituciones públicas y privadas de Brasil, asistiendo un profesional de Odepa y uno del INIA.
- La Fundación para la Innovación Agraria ha realizado tres giras técnicas a Alemania, Brasil y los Estados Unidos, cuyo objetivo principal fue conocer las políticas, el desarrollo y las tecnologías sobre bioenergía y biocombustibles; visitar plantas procesadoras, y establecer contactos con los agentes especializados en bioenergía de los países visitados. Fueron integradas por delegaciones públicas y privadas, y participaron en ellas representantes de FIA, Odepa, Cirén, Indap, INIA, Secretarías Regionales Ministeriales de Agricultura; Agricultura Familiar Campesina; universidades; empresas privadas, y la Cámara Chileno-Alemana de Comercio.

SITUACIÓN NACIONAL

Las alternativas de suplir la demanda de energía en Chile están dadas por la posibilidad de importarla, producirla con fuentes de materias primas nacionales o importadas, o hacer uso de una fracción de producción nacional y el resto de las importaciones.

Nuestro país ha sido privilegiado con numerosas fuentes o tipos de energía y a lo largo del territorio y dependiendo de su ubicación es posible que existan una o más simultáneamente. La biomasa se considera en el conjunto de fuentes de energías renovables no convencionales, junto a las energías eólica, solar, mareomotriz (diferencia de mareas), undimotriz (movimiento de las olas), geotérmica, hidráulica, fósil (gas natural y petróleo).

Los usos de la biomasa en aplicaciones energéticas son principalmente en la producción de gas, energía calórica (térmica) y energía eléctrica. Actualmente la biomasa es utilizada en Chile para producir electricidad e inyectarla a la red, mediante plantas de cogeneración eléctrica que aprovechan los residuos energéticos (licor negro, cortezas) de otros procesos industriales, tales como la producción de celulosa.

En relación al grado de desarrollo tecnológico de generación eléctrica y térmica a partir de biogás y biomasa forestal, éste ha alcanzado niveles de madurez suficiente, y cuenta con un mercado de proveedores robusto y competitivo, que limita los espacios de innovación en este ámbito. En este contexto, a la fecha en Chile se han desarrollado sólo aquellas ERNC que han alcanzado madurez

tecnológica y que han sido capaces de competir en el mercado eléctrico con tecnologías tradicionales de generación para aplicaciones eléctricas. Las aplicaciones no eléctricas se limitan al uso de la energía solar, y de la biomasa mediante quema directa para calefacción, cocción de alimentos y producción de vapor y agua caliente en procesos industriales.

El concepto de seguridad energética, eficiencia energética y sostenibilidad involucra el desarrollo de tecnologías bajo el concepto de biorrefinerías, en el cual el procesamiento de biomasa genera biocombustibles, pero a su vez numerosos productos químicos y biofertilizante como subproducto que es usado en la producción silvoagropecuaria.

En la actualidad ya existe un mercado relativamente reducido de biocombustibles sólidos y gaseosos, que permiten generar para el mercado interno vapor, gas y electricidad para la actividad industrial de numerosas agroindustrias y cuyo remanente se incorpora a la red de distribución eléctrica nacional.

Nuestro país ya ha emprendido la producción de biocombustibles, con biogás y biodiésel, cuya utilización, además de constituir nuevas alternativas de negocios, se espera que aporte múltiples beneficios, como la reducción de uso de combustibles fósiles, la disminución de emisiones de anhídrido carbónico, el acceso de Chile al mercado de bonos de carbono y el cumplimiento en el futuro de las metas de reducción de gases de efecto invernadero fijadas en el Protocolo de Kyoto.

La producción de *pellets* para generar calor usa los desechos de la industria agrícola, forestal y maderera. Actualmente se están evaluando plantaciones dendroenergéticas y el uso de residuos provenientes del manejo sustentable del bosque nativo y de plantaciones forestales, para la producción de *pellets* y biocombustibles líquidos, bioetanol y biodiésel, de segunda generación. Existen tres empresas productoras de *pellets*, con una producción potencial de 62.000 toneladas por año.

Respecto de biocombustibles líquidos como bioetanol, éste aún no se produce en Chile, y se encuentra en etapa de ejecución por parte del INIA un proyecto para elaborarlo a partir de nabo forrajero en Aysén, como un proyecto integrado ganadero-energético.

En la fabricación de biodiésel existen a lo menos cinco empresas que iniciaron experiencias piloto. Tres de ellas se ubican en Santiago (se usa en flota de vehículos), utilizando aceites vegetales reciclados de consumo humano y grasas animales, subproducto de la industria cárnica. Otra está en Gorbea, sobre la base de aceite de raps canola, en etapa de planta piloto de producción y de distribución en la Región de La Araucanía. Otro proyecto inició la producción de biodiésel sobre la base de grasas de ovinos y se desarrolla en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Empresas mineras poseen en ejecución convenios y proyectos de investigación orientados a la obtención de biodiésel de especies arbustivas (que serían regadas con aguas recicladas o de mar), para uso en sus faenas extractivas y de producción.

Hay numerosas alternativas de nuevos cultivos anuales y perennes, a través de la introducción de especies. A lo menos tres proyectos están estudiando la posibilidad de plantar *Jatropha curcas* (especie arbustiva perenne oleaginosa), como cultivo energético renovable para la producción de

biodiésel: Universidad de Tarapacá (Región de Tarapacá), Universidad de Chile-FIA (entre las regiones de Arica y Parinacota hasta Bío Bío) e INIA-Corfo (Región de Coquimbo).

Estos proyectos contemplan la plantación de *Jatropha curcas* en suelos marginales en el norte del país, que no sustituirían superficies destinadas a la producción de alimentos. Entre algunas ventajas del uso de estos suelos es posible mencionar las siguientes: incorpora a la estructura productiva regional nuevas alternativas productivas; optimiza la utilización de los insumos productivos y de los recursos agua y suelos para obtener por unidad de superficie el mayor rendimiento de materia prima a un menor costo de producción; amplía las alternativas de ingreso a los productores agrícolas y crea polos de desarrollo regionales.

En el norte, además, se evalúa la producción de biodiésel a partir de microalgas, producidas en estanques o infraestructura especialmente diseñada para estos fines, en terrenos también marginales, algunos fiscales, sin uso actual.

Los proyectos de vapor, biogás y electricidad que se encuentran operando están relacionados con los residuos de la explotación forestal, principalmente, y en fase de plantas piloto, sobre la base de purines y materias primas vegetales. Además de las ventajas que implican el ahorro y la menor dependencia de otros combustibles, la generación de biogás y de bioetanol a partir de riles de lecherías o de residuos agrícolas contribuye a una producción de la industria láctea sostenible desde el punto de vista ambiental y revierte la controversia entre la utilización de tierras aptas para producir alimentos o para la producción de biocombustibles. A lo menos cinco proyectos de biodigestores están siendo llevados a cabo, con instalaciones funcionando y produciendo biogás en Arica y Parinacota, Región Metropolitana, Región del Libertador Bernardo O'Higgins y Bío Bío.

En otro ámbito de la cadena de valor de los biocombustibles, referido a los accesos a los mercados⁴, la información obtenida en 2008 señala que, si Chile exportara biocombustibles, tendría libre entrada en Estados Unidos, México, Venezuela, Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina. En el mediano plazo (2015), gracias a la desgravación arancelaria pactada, China también entrará en esta lista.

En general, respecto al bioetanol, el etanol sin desnaturalizar presenta más protecciones arancelarias que el desnaturalizado en los principales países productores. Esta modalidad, al parecer, reflejaría mejor el comercio del bioetanol y sus mayores aranceles serían una forma de protección a la producción interna. En India, México, Japón, la UE y China, se observan los mayores aranceles generales para bioetanol, mientras que en Estados Unidos y Canadá alcanzan el menor valor.

Los aranceles generales internacionales para el biodiésel son más moderados que los del bioetanol, alcanzando un máximo de 14% en los países del Mercosur. Si se exportara hoy bioetanol desde Chile a la UE, éste se enfrentaría a elevadas barreras arancelarias, que probablemente desalentarían cualquier intento. Sin embargo, los envíos de biodiésel estarían libres de arancel

⁴ «Barreras y oportunidades arancelarias para Chile en el comercio internacional de biocombustibles». Se consideraron en el estudio: la Unión Europea, India, China, Japón, Canadá, EE.UU., México, Venezuela, Perú, Bolivia, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.
<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2148.pdf>

para Chile, lo que es una oportunidad para el futuro. En cuanto a pellets y biogás, éstos presentan en general menos trabas arancelarias que biodiésel y bioetanol.

Con respecto a potenciales importaciones de biocombustibles, caso factible si es que Chile se propusiera una meta de mezcla y decidiera recurrir a importaciones, los envíos desde China, Japón, Canadá, México, Venezuela, Bolivia y los países del Mercosur se verían privilegiados respecto a las otras naciones, al estar exentos de arancel en nuestro país. Sin embargo, los países de la UE y Estados Unidos tendrán este mismo beneficio en el mediano plazo (2010-2015). Al igual que en las exportaciones, Chile no presenta hoy un escenario favorable para importaciones de biocombustibles desde la India, país que enfrenta el arancel completo, aunque es de sólo 6%.

Pellets y biogás tienen libre entrada a Chile para todos los orígenes, salvo la India. Respecto a los combustibles fósiles, sólo las importaciones desde México, Venezuela y Perú están sujetas a la tasa de 6% en Chile.

En general, no hay mayores barreras arancelarias para las importaciones de biocombustibles a Chile, al igual que en los combustibles fósiles. El panorama arancelario parece ser más favorable para las importaciones que para las exportaciones de biocombustibles.

Es decir, si Chile estableciera metas obligatorias de utilización de biocombustibles, podría importar biodiésel y bioetanol desde los principales países productores en el mediano plazo, sin barreras arancelarias. Sin embargo, posibles exportaciones también se verían beneficiadas. En la actualidad, con la excepción de la India, los principales países involucrados ofrecen una oportunidad arancelaria para exportaciones de biodiésel desde Chile, mientras que Brasil, Estados Unidos, México y Canadá la darían para el bioetanol nacional. China en el mediano plazo ofrecerá una oportunidad para ambos.

A su vez, pellets y biogás chilenos están exentos de arancel en los principales países consumidores de biocombustibles.

Esta oportunidad para las importaciones podría ser una desventaja para una potencial industria de biocombustibles en Chile, ya que podría ingresar bioetanol subsidiado o a precios muy competitivos desde otros países. A su vez, el biodiésel quedará exento de arancel para la UE, desde donde en el futuro podría entrar libremente biodiésel subsidiado. Por otro lado, se ha señalado que Chile podría tener ventajas frente a otras naciones en la producción de biocombustibles de segunda generación, donde se produciría bioetanol y biodiésel y otros productos, a partir de residuos lignocelulósicos y biomasa forestal, dado el potencial forestal de nuestro país.

CONSIDERACIONES FINALES

La inserción de Chile en los mercados internacionales constituye un desafío para los productores agrícolas y agroindustriales, que deben enfrentar exigencias de los consumidores, de países competidores, cumplimiento de normas internacionales de comercio y los conceptos cada vez más importantes de trazabilidad de productos, producción limpia, uso de energías limpias,

emisiones de gases de efecto invernadero, huella de carbono y huella del agua aplicables a los productos transados.

El Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL), creado por Corfo en diciembre de 2000, con el fin de difundir y establecer un enfoque de la gestión ambiental que coloca el acento en la prevención de la contaminación, más que en su control final.

Por su parte, los Acuerdos de Producción Limpia (APL) tienen por finalidad contribuir al desarrollo sostenible de las empresas a través de definiciones de metas y acciones específicas en materias ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, uso eficiente de la energía y fomento productivo.

En relación a la energía limpia, es aquella que tiene posibilidades de renovación y es medioambientalmente sostenible. Utilizar las energías limpias es un importante elemento de competitividad para el sector silvoagropecuario.

Una vez publicada y difundida por parte del Ministerio de Agricultura la «Contribución de la Política Agraria al Desarrollo de los Biocombustibles en Chile», la percepción nacional de posibilidades limitadas en torno a la utilización de la biomasa para producir energía ha cambiado hacia un creciente interés por evaluar las alternativas regionales y particulares para producirla.

Diversas empresas agrícolas ya han iniciado la generación de energía sobre la base de biomasa, tanto primaria como derivada de los residuos originados de los procesos primarios y agroindustriales, a fin de reducir los costos de producción y la emisión de los gases de efecto invernadero y contribuir al ahorro energético, la eficiencia energética y el aumento de competitividad. Es así como el sector agroindustrial, representado por Chilealimentos, ha iniciado un programa de eficiencia y ahorro energético entre sus asociados.

Para un país como Chile, con escaso territorio, es importante la utilización de las tecnologías productivas que permitan optimizar los recursos de suelo y clima disponibles. Entre éstas, la biotecnología se utiliza para producir biocombustibles a partir de biomasa y es una de las herramientas más eficaces e innovadoras para cumplir los objetivos de uso de biocombustibles, al tiempo que reduce el impacto medioambiental adverso debido al transporte.

Las técnicas biotecnológicas pueden ayudar a:

- aumentar el rendimiento de biomasa por hectárea, así como reducir la necesidad de recursos productivos;
- mejorar la calidad de los cultivos (mayor rendimiento en biocombustible);
- reducir la competencia por el uso de la tierra, gracias a una mayor productividad y a una disminución de las pérdidas por estrés biótico (insectos, virus, etc.) y abiótico (ambiental, como la sequía, el viento, la salinidad);
- contribuir al desarrollo de cultivos energéticos en tierras marginales;
- desarrollar microorganismos y enzimas eficientes en la transformación de la hemicelulosa en azúcares que puedan fermentar en biocombustibles.
- La investigación en procesos físicos y químicos a nivel de laboratorio e industrial, a través del

concepto de biorrefinerías, busca la elaboración de biocombustibles de segunda generación a partir de lignocelulosa y la producción y utilización de numerosos subproductos con valor económico.

Los proyectos orientados a producir vapor, biogás y electricidad sobre la base de una fuente de ERNC, especialmente biomasa, ubicados a lo largo del país, se han desarrollado para contribuir a la diversificación de la matriz energética, asegurar el suministro de energía constante, seguro y medioambientalmente sostenible necesario para sus actividades productivas, y crear polos de desarrollo regionales.

La estructura productiva de estas regiones y sus recursos naturales son elementos claves para los cultivos energéticos, la creación de polos de desarrollo locales con un alto componente regional y su aporte al suministro seguro y diversificado de energía a la matriz energética nacional.

Como se señalara el sector silvoagropecuario es un importante consumidor de energía, que alcanza a cerca de 20% del total nacional para el petróleo diésel, petróleos combustibles, kerosene, gas licuado y electricidad; alrededor de 30% del consumo nacional de leña, y menos de 10% del consumo nacional de gas natural y de carbón. En este sentido el sector agrícola tiene un rol importantísimo como generador de biomasa susceptible de transformarse en bioenergía y biocombustibles sólidos (leña, pellets, briquetas), biocombustibles líquidos (etanol, metanol, biodiésel), y biocombustible gaseoso [biogás (metano)].

Chile cuenta con alrededor de 2,1 millones de ha de bosques nativos entre la Región de Valparaíso y la Región de Aysén, equivalente a una oferta sostenible de biomasa de 10 a 15 millones de metros cúbicos anuales (equivalente a 6 a 10 millones de toneladas). El potencial de residuos de plantaciones alcanza la significativa cifra de tres a cuatro millones de toneladas entre las regiones de Valparaíso y de Los Lagos. Tales cifras y volúmenes son equivalentes a 17-20% de la energía primaria chilena y alrededor de 59% del consumo energético a nivel residencial. Considerando la necesidad de mantener en el bosque una parte de los residuos generados para efectos de mantención de las condiciones del suelo, se determina un factor de aprovechamiento o de extracción de la biomasa residual de 75%, es decir, una cuarta parte de los residuos permanecen en el bosque. A partir de esa información, se determina el potencial de generación de dicha biomasa, aplicando factores de utilización de 50% como mínimo y de 75% como máximo; es decir, de los residuos extraídos del bosque se utiliza como mínimo un 50% y como máximo un 75% para fines de generación eléctrica. El resultado fue un potencial total del orden de 470 MW de potencia instalable factible como máximo y 310 MW como mínimo,

El potencial de producción de biogás en Chile se estima en $1,2 \times 10^9$ m³/año, equivalente a un 2,4% del consumo bruto de energía primaria del país. Esta estimación puede ser mayor en los próximos años, por el crecimiento de la población y de la actividad silvoagropecuaria y el aumento de proyectos de utilización de biogás y conocimientos técnicos.

En relación a los biocombustibles líquidos, etanol y biodiésel, en Chile existe un potencial de producción de biocombustibles de segunda generación a partir de materia prima lignocelulósica (residuos y plantaciones bioenergéticas) y de algas y cultivos arbustivos introducidos, como la *Jatropha curcas* y la higuera o ricino.

Respecto de la generación eléctrica, es destacable la contribución que puede hacer al suministro local y comunal el agua de riego intrapredial y su potencial hidroeléctrico asociado. Actualmente existen 26 minihidroeléctricas operando en Chile.

Como consecuencia del terremoto que afectó al país en febrero de 2010, el Centro de Energías Renovables (CER) organizó a comienzos de mayo, en conjunto con el Laboratorio de Energías Renovables (NREL, por su sigla en inglés), de EE.UU., el taller «Energías limpias y reconstrucción». El objetivo del taller fue entregar la experiencia y conocimientos en aplicaciones de energías limpias en los procesos de reconstrucción de zonas de catástrofe por parte de expertos provenientes de agencias internacionales, orientado a autoridades de instituciones públicas, funcionarios públicos en cargos de planificación y gestión y funcionarios de gobiernos locales. A la fecha se cuenta con resultados no oficiales, los que estarán disponibles próximamente.

A fines de abril, en el marco de cooperación entre los ministerios de Energía y Bienes Nacionales, y frente al compromiso del Gobierno de impulsar el desarrollo de proyectos de ERNC con el objetivo de alcanzar que un 20% de la energía necesaria por el país en 2020 se derive de fuentes limpias renovables, se firmó un acuerdo que busca establecer traspasos de recursos y procedimientos para la administración y disposición de terrenos fiscales con potencial para desarrollar ERNC.

Los convenios de cooperación entre el Gobierno de Chile, sus instituciones relacionadas y los países líderes en el desarrollo de ERNC, son elementos claves para posicionar a la bioenergía como un componente importante a la contribución de la matriz energética a largo plazo. Recientemente, a modo de ejemplo, el Gobierno analizará, además de las ya existentes entre Conicyt y universidades chilenas, líneas de acción en el ámbito forestal con el apoyo de instituciones de Nueva Zelanda.

Adicionalmente al comportamiento, perspectivas y evolución de los precios de los combustibles fósiles y de los biocombustibles, cabe señalar que un análisis de la evolución de la agroenergía o bioenergía en el país debe considerar las emisiones de los gases de efecto invernadero, su efecto sobre el cambio climático y cómo estos dos factores influyen en las decisiones de políticas sectoriales.

El Ministerio de Agricultura está abocado al desarrollo sectorial y a convertir a éste en uno de los ejes principales del desarrollo económico y social del país. Concretar este objetivo significa cambiar el concepto de desarrollo exportador desde el aprovechamiento de ventajas comparativas, basado en productos de poco valor agregado (commodities agropecuarios) a un desarrollo con ventajas competitivas de productos silvoagropecuarios de alto valor, diferenciados por atributos de calidad.

Alcanzar esta calidad implica, entre otros factores, como elementos importantes de competitividad, contar con la energía suficiente de manera oportuna, usarla eficientemente e incorporar el ahorro energético en los procesos productivos de última generación.

Tanto la competitividad como la sostenibilidad sectorial están relacionadas con la eficiente utilización de las ERNC, entre ellas la bioenergía, como alternativa energética válida y cómo ésta contribuye

a procesos productivos más limpios, menos contaminantes y más competitivos. Del mismo modo, cómo el aporte significativo de la bioenergía apoya la reducción de los GEI y el cumplimiento del compromiso que el país ha asumido en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) de reducir unilateralmente sus emisiones al año 2020.

Para diversas economías es relevante utilizar sus residuos silvoagropecuarios como fuente de biomasa para generar bioenergía y biocombustibles, por múltiples razones. Entre las más importantes se pueden mencionar: la utilización de residuos urbanos y rurales que no poseen valor económico y que contaminan el medio ambiente; la creación de polos de desarrollo locales y regionales, creando actividad económica y social y evitando las migraciones del campo a la ciudad; la reducción de los GEI; la producción de alimentos, subproductos y biofertilizantes de manera sostenible, y la contribución a la seguridad y diversificación de la matriz energética de los países.

Los biocombustibles de primera y de segunda generación tienen un potencial de producción y pueden ser producidos en Chile buscando el justo equilibrio entre la producción silvoagropecuaria orientada a satisfacer las necesidades de alimentos en el mercado interno; la destinada al mercado de exportación y la mantención de una actividad agrícola sustentable y sostenible en el tiempo, preservando los recursos naturales de agua y suelo. Sin competir con la producción de alimentos, es una opción viable la alternativa de producir biocombustibles a partir de residuos de la producción silvoagropecuaria primaria y agroindustrial y de plantaciones de cultivos energéticos.

Finalmente, como señala la Agencia Internacional de Energía (AIE)⁵ en el documento «Perspectivas sobre tecnología energética 2010. Escenarios y estrategias hasta el año 2050», «...una revolución energética, basada en el despliegue generalizado de tecnologías con baja emisión de carbono, es necesaria para superar las dificultades del cambio climático. *Energy Technology Perspectives 2010* (ETP 2010-Perspectivas sobre Tecnología Energética) demuestra que un futuro con bajas emisiones de carbono también es una herramienta poderosa para aumentar la seguridad energética y el desarrollo económico. ...»

En un país con más de 4.000 km de longitud, innumerables climas y condiciones de suelos y realidades sociales diversas, una cantidad importante de ellas ubicadas en localidades aisladas, sin lugar a dudas contar con energía (ojalá producida con sus propios recursos) constituye una contribución importante al desarrollo nacional a largo plazo.

⁵ 28 países pertenecen a la AIE: Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Corea, Dinamarca, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelanda, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, República Eslovaca, Suecia, Suiza, Turquía. La Comisión Europea también participa en ella. Chile está en proceso de ingresar a la Agencia.