BES
BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

BES | Nº 6 | AÑO 3
ENERO 2017

ISSN: 0719-7136

CONSUMO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE LA MADERA Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

Periodo 1991-2014

BES
BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Informes BES | Número 06 | Año 03 | ENE. 2017
Producción y diagrámación: Verónica Ortega, Arquitecta, Investigadora Instituto Forestal **Editor general:** René Reyes, Ingeniero Forestal (M.Cs.), Investigador Instituto Forestal **Comité editor:** Adison Altamirano (Ph.D.), Profesor Asistente del Dpto. de Cs. Forestales, Universidad de La Frontera; Patricio González (M.Cs.), Investigador Instituto Forestal; Santiago Barros, Investigador Instituto Forestal.

UNA PUBLICACIÓN:

OCDM OBSERVATORIO DE LOS COMBUSTIBLES DERIVADOS DE LA MADERA

INFOR

Instituto Forestal
Sucre 2397 Ñuñoa
Santiago, Chile
Fono. +56 2 23669115

www.infor.cl

ISSN: 0719-7136

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente:

Reyes, R. 2017. Consumo de combustibles derivados de la madera y transición energética en la Región de Los Ríos, periodo 1991-2014. En: Informes Técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 3. N° 6. Enero 2017. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 20.

índice

03 RESUMEN

04 1. INTRODUCCIÓN

05 2. MÉTODOS

07 3. RESULTADOS

15 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

17 5. REFERENCIAS

CONSUMO DE COMBUSTIBLES DERIVADOS DE LA MADERA Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

Periodo 1991-2014

René Reyes[a]
[a] Instituto Forestal, Fundo Teja Norte s/n, Valdivia, Chile, Tel: 63-2335200, rreyes@infor.cl

RESUMEN

En Chile, los combustibles derivados de la madera, especialmente la leña y los desechos forestales, satisfacen el 25% de la matriz de energía primaria. Estos combustibles se utilizan para calefacción, cocción de alimentos y una serie de otros usos, en los sectores residencial, industrial, comercial y público. Lamentablemente, no existen estudios detallados que den cuenta del consumo regional de CDM, ni tampoco de su evolución. Para llenar este vacío de información se aplicaron una serie de encuestas, además de censos en sectores específicos, cuyos resultados se compararon con estudios previos para analizar cambios y tendencias. El consumo de CDM en la Región de Los Ríos es de 1.485.541 m^3 sólidos/año, cifra que supera ampliamente las estadísticas oficiales. Por otra parte, se observa el reemplazo de combustibles tradicionales como el carbón vegetal y el aserrín, por combustibles más modernos como la electricidad y el pellet. Al mismo tiempo, la leña se ha expandido en todos los estratos socioeconómicos, lo que da cuenta de su consolidación en la matriz energética regional siendo el combustible de mayor relevancia. Esta transición energética no sólo es el resultado de las dinámicas de mercado, sino también de las intervenciones que se han realizado desde el Estado y otros sectores de la sociedad. Estas intervenciones han incrementado el precio de la leña y otros CDM, lo que ha impactado en las especies utilizadas, la estacionalidad del abastecimiento, entre otros. El proceso de transición energética que se observa en esta región no ha implicado el reemplazo de CDM por combustibles fósiles, sino más bien su uso más eficiente en formatos nuevos y tradicionales.

Palabras clave | energía, leña, calefacción, transición energética, bosque nativo, Valdivia

1. INTRODUCCIÓN

Dos mil ochocientos millones de personas utilizan madera, desechos agrícolas, estiércol y otras formas de biomasa como fuente de energía, especialmente en países en vías de desarrollo, quienes representan el 38% de la población mundial (Bailis et al., 2015). Más del 50% de la madera cosechada en el mundo se utiliza con estos fines; es decir, unos 3.300 millones de metros cúbicos anuales (FAO, 2010); lo que equivale al 9% de la matriz de energía primaria global (IEA, 2010a; WEC, 2010).

Los combustibles derivados de la madera (CDM) más utilizados en el mundo son la leña - que corresponde a madera en trozo utilizada normalmente para producir calor - el carbón vegetal y los desechos forestales. Estos últimos pueden ser obtenidos en el bosque después de actividades de manejo forestal, en aserraderos u otras instalaciones (residuos madereros), y en faenas de construcción (FAO, 2010).

África concentra la producción mundial de leña y carbón vegetal, con el 32% y el 55% del total, respectivamente. Le siguen Asia (42% y 15%) y América (18% y 29%). Por el contrario, Europa es el principal productor de desechos forestales con el 60% del volumen (FAO, 2009). La participación de los CDM en la matriz de energía primaria de los países en desarrollo es significativa, alcanzando el 26% en África, el 19% en Asia y el 14% en América Latina. Existen al menos 34 países donde los CDM satisfacen más del 70% de la matriz (Sims et al., 2007), los cuales están concentrados en África.

En América Latina, la participación de los CDM en la matriz de energía primaria es variable. En Argentina y Venezuela, países productores de petróleo, su participación es menor al 5%, mientras que en otros países aumenta en función del clima, la disponibilidad de combustibles fósiles y la condición socioeconómica de la población: Colombia 8%, Brasil 10%, Costa Rica 11%, Perú 12%, Bolivia 23%, Chile 23%[1], Uruguay 25%, Nicaragua 35%, Honduras 40% y Guatemala 60% (IEA, 2010b).

La situación chilena es muy particular en el contexto mundial, ya que junto a Nueva Zelandia son los únicos países del extremo sur que son importadores netos de combustibles fósiles. La ubicación de Chile (latitud) determina bajas temperaturas invernales, lo que implica una gran demanda de energía para calefacción. En tanto, la importación de combustibles fósiles determina un alto precio del gas licuado, el kerosene y la electricidad (que en buena medida se produce a partir de petróleo y sus derivados), en ausencia de subsidios. Por esto, la energía obtenida de la leña es, al menos, 3 veces más barata que sus posibles sustitutos (Reyes et al., 2015).

Los artefactos que se emplean en Chile (cocinas y estufas a leña) son muy distintos a los utilizados en otros países en desarrollo, donde son frecuentes los fogones o "fuegos abiertos". Los calefactores chilenos tienen una eficiencia media que varía entre 40% y 60% y ductos de evacuación de gases que reducen la contaminación intradomiciliaria. Sin embargo, el alto

[1] Este porcentaje difiere de la cifra publicada por el Ministerio de Energía en su último Balance Energético, en el cual se estima que la leña satisface el 25% de la matriz de energía primaria (MINENERGIA, 2014).

consumo de leña en áreas urbanas está generando episodios críticos de contaminación ambiental durante el invierno, contaminación que es capaz de ingresar a los hogares a través de puertas, ventanas y otras infiltraciones (Barría et al., 2016).

Entre 1980 y 2005, el consumo de CDM en Chile casi se triplicó, alcanzando los 20 millones de metros cúbicos sólidos anuales (Gómez-Lobo et al., 2006). De ese volumen, el 75% corresponde a leña y el 25% a desechos y residuos de la industria forestal. El sector residencial consume el 69% del volumen de leña, el sector industrial el 27%, y el sector comercial y público el 4%. Además, el sector industrial consume gran parte de los residuos madereros (Gómez-Lobo et al., 2006), los cuales gradualmente comienzan a ser utilizados también en la industria del pellet. Según ECOMAS (2016) la producción de pellet se ha triplicado en Chile en los últimos cinco años, alcanzado actualmente las 60 mil toneladas anuales.

En 1994, INFOR estimó que dos tercios del consumo de leña provenían de bosques nativos, especialmente desde la Región del Biobío al sur, y un tercio de plantaciones forestales. Sin embargo, la importancia de las plantaciones forestales como proveedoras de leña ha ido en aumento durante las últimas dos décadas (Walberg et al., 2005; INFOR, 2010). Al mismo tiempo, el 93% de la madera que se extrae del bosque nativo se utiliza como leña (INFOR, 2010), constituyéndola en el principal producto maderero que se obtiene de estos bosques. En el caso de las plantaciones, la leña suele ser un producto secundario, aunque también puede transformarse en un producto principal.

A partir de los años 70s ha habido una gran discusión sobre el impacto que tiene la producción de CDM sobre los bosques. Mientras Eckholm (1975) sostenía que el consumo de leña estaba generando deforestación, lo cual produciría a su vez escasez de leña en diversas partes del mundo, otros autores han minimizado esa posibilidad (Hiemstra-van der Horst and Hovorka, 2009; Arnold et al., 2006). Actualmente, parece haber consenso que el consumo de leña está más relacionado a degradación de bosques que a deforestación. En Nicaragua, Baker et al. (2014) mencionan que la preferencia por ciertos tipos de maderas y especies produce diferencias de precios que incentivan la explotación selectiva de los bosques. Lara et al. (2010) mencionan un proceso similar en el sur de Chile, donde el Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) y otras especies nativas de buenas características combustibles han ido desapareciendo debido a su sobreexplotación.

En ese contexto, el siguiente artículo tiene por finalidad evaluar el consumo actual de leña y otros CDM en la Región de Los Ríos, y analizar los cambios que se han producido en los patrones de consumo del sector residencial urbano de las tres principales ciudades de la Región durante el periodo 1991-2014. Para evaluar el consumo del sector residencial urbano se aplicaron 500 encuestas en las ciudades de Valdivia, La Unión y Panguipulli. Para el sector residencial rural se realizaron 315 entrevistas semi-estructuradas, y para el segmento de grandes consumidores 75 encuestas y censos (sector público y parte del sector comercial). Los cambios producidos entre 1991 y 2014 se analizaron a partir de la comparación de los siguientes estudios: Murúa et al. (1993), Reyes y Frene (2006), INFOR y CIVA (2012) e INFOR (2015).

2. MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDIO

La Región de Los Ríos se encuentra entre los 39º15' y 40º33' latitud sur, y es una de las quince regiones administrativas de Chile. La Región tiene una superficie de 18.400 km^2, los cuales están divididos en tres unidades fisiográficas: Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de Los Andes. La Región de Los Ríos limita por el norte con la Región de la Araucanía, por el sur con la Región de Los Lagos, por el este con Argentina y por el oeste con el Océano Pacifico. Esta área tiene un clima templado húmedo, con una temperatura promedio de 11°C y precipitaciones abundantes, especialmente en la zona costera donde pueden superar los 2.000 mm anuales (Castillo, 2001). Las precipitaciones disminuyen hacia el interior de la Región, debido al efecto de sombra de lluvia que genera la Cordillera de la Costa, pero vuelven a aumentar hacia la Cordillera de Los Andes.

El 47% de la superficie regional está cubierta por bosque nativo, el 30% por praderas y matorrales, el 11% por plantaciones forestales, el 6% por cuerpos de agua (lagos y ríos) y el 6% por otros usos (humedales, terrenos agrícolas, zonas urbanas, etc.) (CONAF, 2008). Los bosques nativos presentan diferencias importantes a través del gradiente edafoclimático. En la zona costera predominan los bosques del Tipo Forestal Siempreverde, en la Depresión Intermedia los bosques del Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe, y hacia la Cordillera de Los Andes los bosques de los tipos forestales Coigüe-Raulí-Tepa y Lenga (Donoso, 1993). En las partes más altas de la Cordillera de la Costa, especialmente en la denominada "Cordillera Pelada", se encuentran bosques del Tipo Forestal Alerce, y en áreas muy acotadas de la Cordillera de Los Andes es posible encontrar manchones del Tipo Forestal Araucaria.

A partir de la promulgación del Decreto Ley 701 (1974), que subsidia la forestación, se han establecido en la región miles de hectáreas de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y *Eucalyptus sp.*, para abastecer de materia prima a plantas de celulosa, aserraderos, plantas de tableros y plantas de astillado, los cuales están orientados básicamente al mercado



Imagen 1.
Bosque nativo y plantaciones

externo. Parte de esas plantaciones se están utilizando actualmente para producir leña, mientras que los desechos producidos en la industria se aprovechan para generar calor y electricidad.

2.2. EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE CDM EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

La caracterización del sector residencial urbano se realizó a partir de una encuesta aplicada a 500 hogares de las ciudades de Valdivia (300 encuestas), La Unión (100 encuestas) y Panguipulli (100 encuestas) en junio de 2015 (INFOR, 2015)[2]. El consumo de CDM de las ciudades de Corral, Lanco, Mariquina, Mafil, Los Lagos, Paillaco y Río Bueno se estimó en función del consumo promedio de la ciudad de La Unión, mientras que el consumo de las ciudades de Futrono y Lago Ranco (precordillera) se estimó a partir del consumo de Panguipulli. Esta extrapolación se basa en el estudio de Ábalos (1997), quien observó diferencias significativas en los niveles de consumo de CDM entre las microrregiones Centro-Litoral y Cordillera, debido a sus particularidades climáticas. Además, el mismo estudio muestra que el tamaño de la ciudad también incide en el consumo. En una misma zona climática, mientras más grande es la ciudad menor es el consumo por hogar. Por esta razón, ciudades pequeñas como La Unión y Panguipulli son más apropiadas que Valdivia para realizar extrapolaciones.

El consumo del sector residencial urbano se estimó multiplicando el consumo promedio por hogar de cada ciudad (considerando todos los hogares) con el número de viviendas ocupadas, en base a las proyecciones del Censo de Población y Vivienda del 2002 (INE, 2002). Para este segmento se estimó el consumo de leña y pellet.

La caracterización del consumo del sector residencial rural se realizó en base a 315 entrevistas semi-estructuradas aplicadas a explotaciones rurales de la Región de Los Ríos (hogares con tierra)[3]. El consumo total se estimó multiplicando el consumo promedio por hogar, obtenido a partir de las entrevistas, con el número de viviendas rurales ocupadas en cada municipio (INE, 2002). Se asumió que el consumo de los hogares con tierra (predios rurales) era similar al de hogares sin tierra (familias que viven en pequeños pueblos y localidades que no alcanzan a ser considerados áreas urbanas). Para este segmento se estimó solamente el consumo de leña.

La caracterización del consumo del sector industrial, comercial y público se realizó en base a encuestas y censos. En el caso del sector público se contabilizó el consumo de leña y otros CDM en los 12 municipios que conforman la región (censo), considerando educación municipal (DAEM y corporaciones educacionales), salud municipal, y otros (edificio consistorial). También se contabilizó el consumo de los hospitales de la región, y otros edificios públicos no municipales. En el caso del sector comercial, se realizó un censo en los segmentos educación privada, edificios privados y clínicas, mientras que en los sub-sectores "alojamientos" (hoteles, hostales, cabañas y otros) y "panaderías" se realizó un muestreo (30 encuestas). Finalmente, en el sector industrial se contabilizó el consumo de las principales plantas lecheras, forestales y productoras de alimentos (agro-industria). Para esto se utilizó la información contenida en la

[2] Las ciudades fueron divididas en cuadrantes de igual tamaño, a cada uno de los cuales se le asignó un número. Un subconjunto de esos cuadrantes fue seleccionado aleatoriamente para la aplicación de las encuestas. Se elaboró un protocolo para la selección de la primera vivienda a encuestar, y un set de criterios para continuar con el proceso hasta alcanzar una meta de encuestas por cuadrante. La cantidad de cuadrantes seleccionado permitió una buena representatividad de la ciudad (evitar la concentración de encuestas en ciertos cuadrantes).

[3] Explotación se define como "todo terreno que se utiliza total o parcialmente en actividades agrícolas, ganaderas y/o forestales por un(a) productor(a), sin consideración de tenencia o tamaño. La explotación puede comprender parte de un predio, uno o varios predios colindantes o separados, ubicados en una misma comuna y siempre que en conjunto formen la misma Unidad Técnica" (INE, 2007). Para realizar el muestreo se seleccionó aleatoriamente el 30% de los distritos censales existentes dentro de cada municipio (12 municipios en la Región de Los Ríos). Cuando un distrito censal seleccionado correspondía a un área netamente urbana, era reemplazado por otro. Posteriormente, se seleccionaron aleatoriamente tres puntos de muestreo dentro de cada distrito censal seleccionado, utilizando la aplicación randomize de ArcView 3.2. Una vez en terreno, se seleccionaron los cuatro predios más cercanos a cada punto de muestreo para aplicar la entrevista. La entrevista se aplicó al principal tomador de decisiones del predio. Cuando el principal tomador de decisiones no vivía en el campo, se consiguieron sus teléfonos o dirección para contactarlo y realizar la entrevista en otro lugar. Cuando el tomador de decisiones decidió no participar en el estudio, fue reemplazado por la siguiente explotación más cercana al punto de muestreo. En total se aplicaron 315 entrevistas. Las entrevistas no realizadas no estaban concentradas geográficamente.

Imagen 2.
Caldera a leña en clínica de Valdivia



Declaración de Emisiones de Fuentes Fijas (Servicio de Salud Región de Los Ríos), y encuestas. Para este segmento se estimó el consumo de leña, de residuos madereros y de pellet.

2.3. ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL URBANO, PERIODO 1991-2014

Para observar cambios en los patrones de consumo de leña y otros CDM se compararon los resultados de INFOR (2015) con los estudios realizados en Valdivia por Murúa et al. (1993)[4], b) Reyes y Frene (2006), y c) INFOR y CIVA (2012), en Panguipulli con el estudio realizado por Vergara y Badilla (2008), y en La Unión con el estudio realizado por DECON-CNE (2005). Desafortunadamente, esta comparación sólo pudo ser realizada para el sector residencial urbano, debido a que no existen antecedentes suficientes para realizar una comparación similar en el resto de los sectores (residencial rural, industrial, comercial y público).

3. RESULTADOS

3.1. EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE CDM EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS

El consumo de leña en el sector residencial urbano de la Región de Los Ríos es de 641.000 m^3 sólidos/año (44% del consumo regional de CDM), el 43% del cual se concentra en la ciudad de Valdivia y el 57% restante en las demás ciudades de la región (Figura 1). En la ciudad de Valdivia el 95% de los hogares consumen leña, mientras que en el resto

[4] El estudio de Murúa et al. (1993) aplicó encuestas el año 1991, mientras que los estudios de Reyes y Frene (2006) lo hicieron en 2003 y el estudio de INFOR y CIVA en 2011.



de las ciudades de la región este valor es ligeramente superior, llegando en algunos casos a casi el 100%.
En Valdivia, los hogares consumen en promedio 7,0 m^3 sólidos/hogar/año (considerando sólo hogares que consumen leña), con una desviación estándar de 3,9 m^3 sólidos/hogar/año, mientras que en el resto de las ciudades el consumo fluctúa entre 9,1 y 10,3 m^3 sólidos/hogar/año.
Sólo el 0,3% de los hogares de la ciudad de Valdivia consume pellet de madera, lo que genera un consumo total estimado de 417 toneladas/año. Esto equivale a 834 m^3 sólidos/año[5], lo que es extremadamente marginal en comparación al consumo de leña. En las ciudades de La Unión y Panguipulli no se observó consumo de pellet.
El consumo de leña en el sector residencial rural de la Región de Los Ríos alcanza los 444.000 m^3 sólidos/año (30% del consumo regional de CDM), de los cuales 292.000 m^3 sólidos/año corresponden al consumo de hogares con tierra (explotaciones rurales), y 152.000 m^3 sólidos/año al consumo de hogares sin tierra (pequeños pueblos y localidades que no alcanzan a ser consideradas áreas urbanas). El consumo de leña del sector residencial rural está bien distribuido en todas las comunas de la región, aunque se observa una leve concentración en las comunas de Panguipulli, Rio Bueno y La Unión (Figura 2).
El consumo promedio del sector residencial rural es de 13,8 m^3 sólidos/hogar/año, con una desviación estándar de 7,4 m^3 sólidos/hogar/año. Las comunas pre-cordilleranas muestran mayores niveles de consumo promedio

[5] Metros cúbicos sólidos de leña equivalentes. Esto se estima utilizando la siguiente conversión: 1 m3 sólido = 500 kg. de material leñoso.

Figura 1.
Consumo de combustibles derivados de la madera en el sector residencial urbano de la Región de Los Ríos

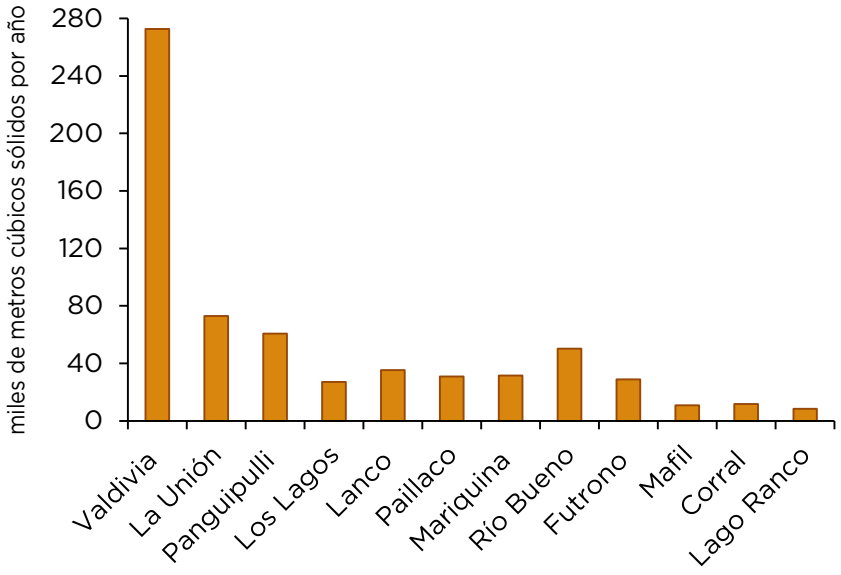
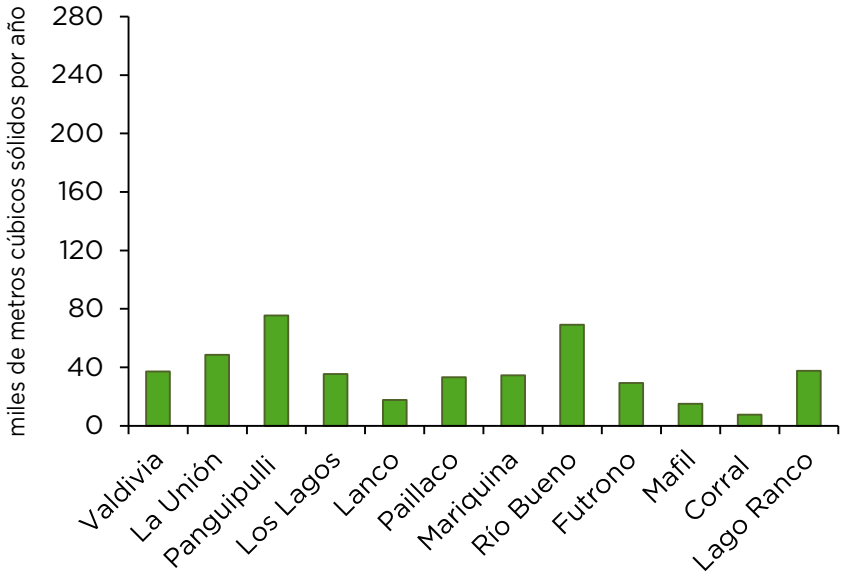


Figura 2.
Consumo de combustibles derivados de la madera en el sector residencial rural de la Región de Los Ríos



que el resto de las comunas (15,9 m^3 sólidos/hogar/año versus 13,1 m^3 sólidos/hogar/año, respectivamente). Prácticamente el 100% de los hogares consumen leña.

El consumo de leña en el sector industrial, comercial y público (grandes consumidores) de la Región de Los Ríos alcanza los 66.000 m^3 sólidos/año, más 304.000 m^3 sólidos/año de residuos madereros (despuntes, aserrín, viruta, corteza, etc.) que se utilizan en la propia industria forestal (25% del consumo regional de CDM). Gran parte del consumo se concentra en las comunas de Mariquina, Valdivia, Los Lagos y La Unión, donde aserraderos, plantas lecheras, hoteles, panaderías, escuelas, hospitales, entre otros, utilizan esta biomasa para producir calor y electricidad (Figura 3). Además, en el subsector "alojamientos" se observa un consumo de pellet que aún es marginal (294 toneladas/año o 588 m^3 sólidos/año) pero que va en aumento, debido a que varios establecimientos declaran estar en el proceso de reemplazo de sus estufas o calderas a leña por equipos que utilizan pellet.

El consumo total de leña y residuos madereros en la Región de los Ríos es de 1.455.000 m^3 sólidos/año[6], lo que equivale a 3.031 GWh (gigawatt por hora)[7]. El 41% de este volumen corresponde a autoabastecimiento (calefacción y cocina en el sector residencial rural con tierra y producción de vapor y fuerza en la industria forestal), y el 59% restante a CDM que efectivamente se transan en el mercado (sector residencial rural sin tierra, sector residencial urbano, y grandes consumidores). Sin embargo, esta cifra no considera el consumo de pellet, briquetas y carbón vegetal, lo cual ha sido estimado en 737 toneladas/año (1.474 m^3 sólidos/año)[8], 33,5 toneladas/año (67 m^3 sólidos/año) y 3.387 toneladas/año (29.000 m^3 sólidos/año)[9], respectivamente (CDT, 2015). Esto genera un consumo total de CDM de 1.485.541 m^3 sólidos/año (3.095 GWh/año), lo que

[6] Esta cifra no incluye la biomasa forestal que se utiliza para producir electricidad en la Región de Los Ríos.
[7] Densidad= 500 kg/m3 sólido; Densidad energética= 15 M.J/kg; Equivalencia M.J/kWh= 3,6.
[8] Metros cúbicos de leña equivalentes.
[9] Saco de carbón promedio= 25 kg/saco; 1 m3 estéreo= 3 sacos de carbón; 1 m3 estéreo= 0,64 m3 sólidos.

equivale al 4,4% de toda la electricidad que se consume a nivel nacional (MINENERGIA, 2014).

3.2. CAMBIOS EN LOS PATRONES DE CONSUMO EN EL SECTOR RESIDENCIAL URBANO

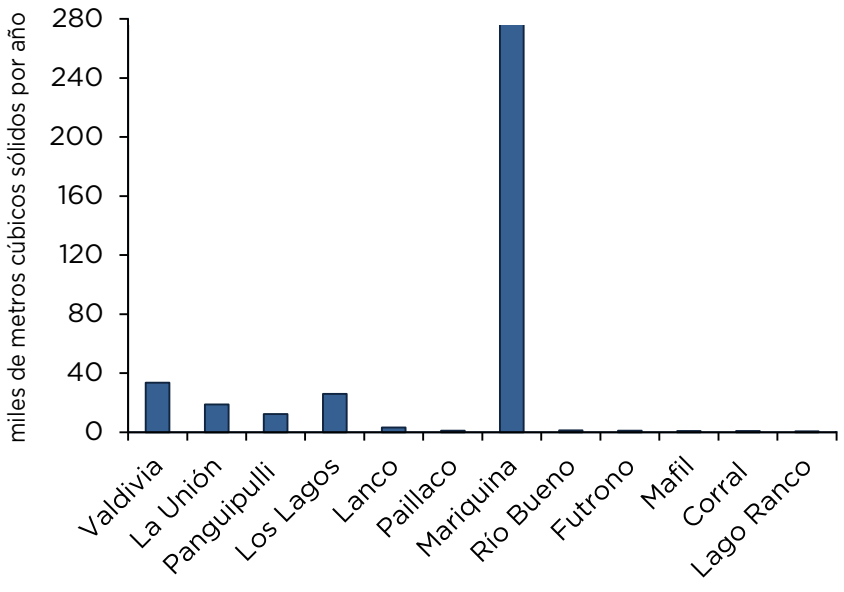
3.2.1. Cambios en la matriz de calefacción

Entre 1991 y 2014 se observan cambios importantes en los patrones de consumo de energía en el sector residencial urbano, especialmente en la ciudad de Valdivia. En 1991, el 76% de los hogares valdivianos consumía leña a un promedio[10] de 10,1 m^3 sólidos/hogar/año, lo que aumentó al 85% de los hogares en 2003 (8,3 m^3 sólidos/hogar/año) y al 95% en 2014 (7,0 m^3 sólidos/hogar/año). Es decir, la leña se expande y consolida como la principal fuente de energía para calefacción, mientras que el carbón vegetal (utilizado en braseros) y el aserrín prácticamente desaparecen (Figura 4). Si bien, el aserrín desaparece como tal, surge el pellet, que corresponde a un procesamiento secundario del aserrín y otros residuos generados en la industria de la madera. El pellet es una alternativa energética que tiene un gran potencial de crecimiento, el cual ha ido reemplazando a la leña y otros combustibles en el estrato socioeconómico alto.
Por otra parte, mientras la electricidad se consolida como el principal complemento de la leña para calefacción, el kerosene y el gas licuado se estancan. En 1991, sólo el 2% de los hogares de la ciudad de Valdivia utilizaban electricidad para calefacción, lo que aumentó al 14% en 2014. Al mismo tiempo, entre 1991 y 2003 el gas licuado y el kerosene se expandieron, para posteriormente estancarse o reducirse (gas licuado).
El gas licuado y el kerosene no han logrado penetrar con éxito en los hogares valdivianos, lo que puede deberse a razones tecnológicas (calefactores que no ofrecen un confort térmico suficiente, generando además contaminación intradomiciliaria) y económicas (precio de los combustibles).
En las ciudades de La Unión y Panguipulli, el 99 y 97% de los hogares utilizan leña, respectivamente. En La Unión este combustible se complementa con gas licuado (18% de los hogares), electricidad (6%) y kerosene (1%), mientras que en Panguipulli se complementa con gas licuado (8%), kerosene (5%) y electricidad (4%). En estas ciudades no se observa aún consumo de pellet.
En la ciudad de Valdivia, el consumo de leña equivale a 14.148 kWh/hogar/año, con una desviación estándar de 8.539 kWh/hogar/año[11]. El petróleo diésel y el pellet tienden a utilizarse en reemplazo de la leña, mientras que los



Imagen 3.
Residuos de aserradero

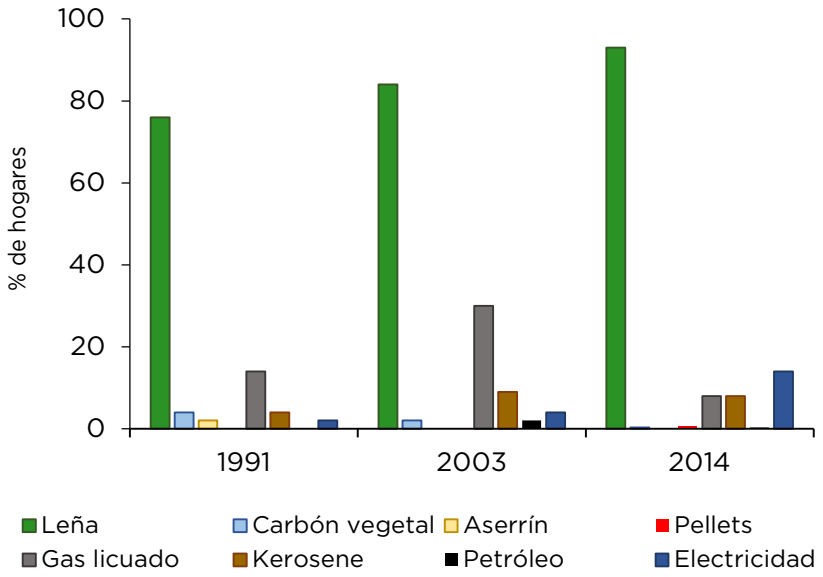
Figura 3.
Consumo de combustibles derivados de la madera en el sector industrial, comercial y público de la Región de Los Ríos



[10] Estos promedios consideran sólo a aquellos hogares que utilizan leña. Un metro cúbico estéreo equivale a 0,64 metros cúbicos sólidos.
[11] Los promedios consideran solamente a los hogares que utilizan leña.

demás combustibles se utilizan como complemento.
En Valdivia, el consumo de leña por hogar se redujo un 1,4% anual (0,2 m^3 sólidos/hogar/año) entre 1991 y 2014. Al mismo tiempo, la ciudad creció a un ritmo de 780 nuevos hogares/año, aumentando también la proporción de hogares que utilizan leña (76% en 1991, 95% en 2014). En términos netos, el consumo de leña en la ciudad aumentó a una tasa de 2.000 m^3 sólidos/ciudad/año durante dicho periodo.
En la ciudad de Panguipulli, en tanto, se produjo una disminución similar en el consumo de leña por hogar (0,2 m^3 sólidos/hogar/año) entre 2008 y 2014, mientras que en La Unión se mantuvo estable (periodo 2004-2014). Durante estos periodos, ambas ciudades crecieron en el número de hogares. En términos netos, Panguipulli y La Unión aumentaron su consumo de leña a un ritmo de 2.400 y 900 m^3 sólidos/ciudad/año, respectivamente.

Figura 4.
Combustibles utilizados para calefacción en la ciudad de Valdivia entre 1991 y 2014



Nota: las barras pueden sumar más de 100% porque muchos hogares utilizan más de una fuente de energía para calefacción.

3.2.2. Cambios tecnológicos

En 1991, más del 85% de los calefactores a leña que existían en la ciudad de Valdivia correspondían a equipos de baja eficiencia, como salamandras, cocinas y chimeneas. En 2014, en cambio, salamandras y chimeneas prácticamente desaparecen de la ciudad, consolidándose las estufas con templador (combustión lenta) con el 57% de los equipos, y las cocinas a leña con el 39% (Figura 5). Otro aspecto interesante es la aparición de calderas a leña (1,3%), especialmente en hogares del estrato socioeconómico alto, y de estufas a pellet (0,3%).
La eficiencia media de los equipos utilizados en Valdivia en 1991 era del 40%,

Imagen 4.
Combustibles derivados de la madera: carbón, leña y pellet







Imagen 5.
Tipos de calefactores: cocina a leña, estufa con templador y estufa a pellet

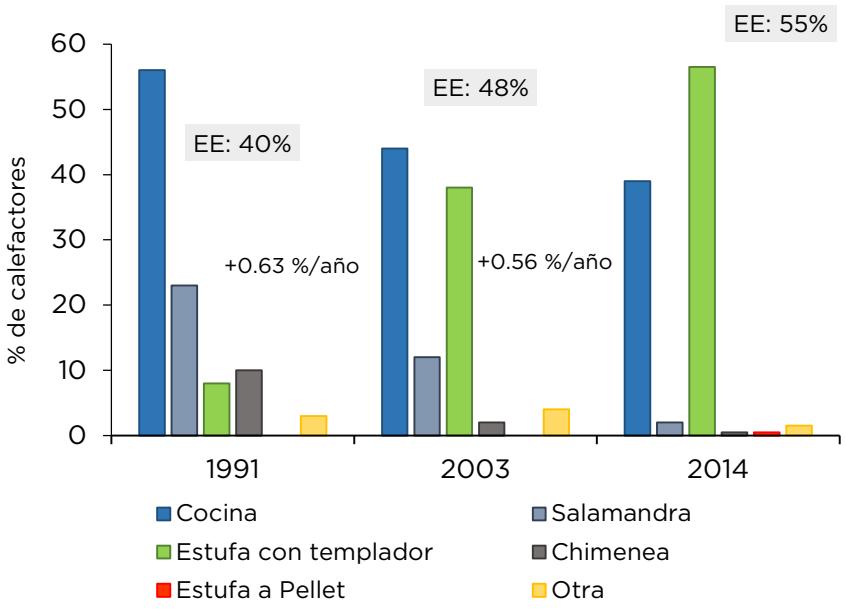






lo cual aumentó al 55% en 2014. Esto equivale a un aumento en eficiencia del 0,6% anual[12].

Figura 5.
Calefactores utilizados en la ciudad de Valdivia entre 1991 y 2014



Nota: EE significa eficiencia energética (promedio ponderado).

3.2.3. Cambios en las especies utilizadas

En 1991, el 97% de los hogares de la ciudad de Valdivia consumía leña de especies nativas, mientras que sólo el 3% utilizaba leña de especies exóticas. Proporciones similares se observan el 2003. Sin embargo, en 2011 el 14% de los hogares declaraba consumir leña de especies exóticas, lo que aumentó al 37% en 2014 (Figura 6).
Este reemplazo de especies nativas por exóticas fue mucho más rápido en la ciudad de La Unión, donde en un periodo de 11 años las proporciones prácticamente se invierten. En 2004, el 7% de los hogares de esa ciudad consumían leña de especies exóticas, lo cual aumentó al 71% en 2014. En la ciudad de Panguipulli, en tanto, el consumo de especies nativas sigue siendo mayoritario, aunque la proporción de hogares que utilizan leña

[12] Este porcentaje corresponde al promedio ponderado de la eficiencia de los distintos calefactores existentes en la ciudad. Para chimeneas y estufas hechizas se consideró una eficiencia media del 30%, para salamandras y cocinas a leña del 40%, para estufas con templador del 60% y para calefactores a pellets del 75%.

Figura 6.
Especies utilizadas como leña en la ciudad de Valdivia entre 1991 y 2014

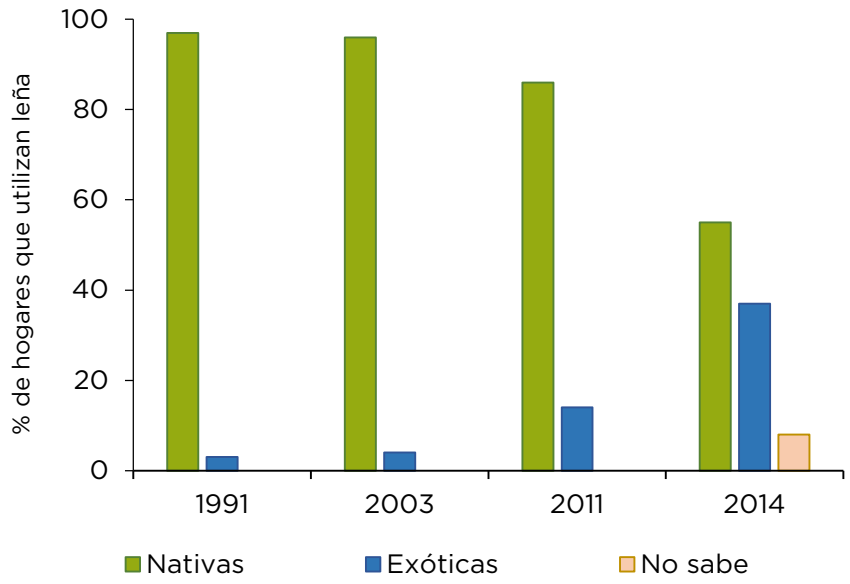
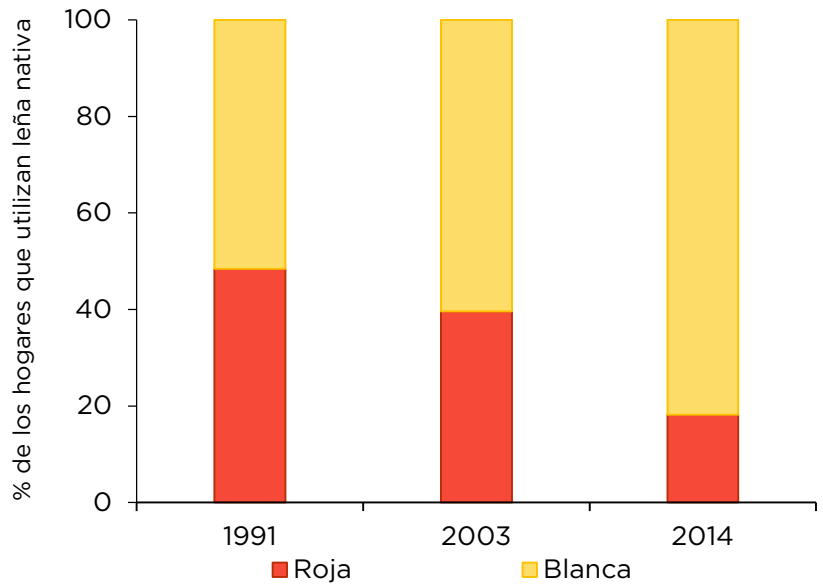


Figura 7.
Proporción entre leña nativa blanca y roja entre 1991 y 2014



de especies exóticas aumentó del 7% en 2008 al 18% en 2014.
En Valdivia, el volumen de "leña roja" con respecto al volumen total disminuyó en los últimos 24 años (Figura 7). En 1991, el 48% de los hogares que se abastecían de especies nativas consumía leña roja[13], lo cual cayó al 40% en 2003 y al 18% en 2014.

3.2.4. Cambios en los precios

La Figura 8 muestra cómo ha variado el precio[14] de la leña entre 1991 y 2014. Entre 1991 y 2003, el precio de la leña blanca aumentó en 324 $/año, entre 2003 y 2011 en 867 $/año, y entre 2011 y 2014 en 1.089 $/año. Entre 2004 y 2014, el precio de la leña blanca en La Unión aumento en 1.039 $/año, y en 1.395 $/año en Panguipulli (periodo 2008-2014).
En 2014, el precio promedio de la leña roja en Valdivia fue de 26.065 $/m³ estéreo (Figura 8), mientras que en Panguipulli y La Unión era de 23.500 $/m³ estéreo. La leña blanca, en tanto, estaba a 22.800 $/m³ estéreo en Valdivia, 21.028 $/m³ estéreo en Panguipulli y 20.357 $/m³ estéreo en La Unión, mientras que la leña de eucalipto estaba a 21.880 $/m³ estéreo en Valdivia, 20.250 $/m³ estéreo en Panguipulli y 17.455 $/m³ estéreo en La Unión.
Entre 2003 y 2014, la leña roja ha sido la que ha experimentado el mayor aumento de precios en la ciudad de Valdivia, seguida por la leña blanca y la leña de especies exóticas. En La Unión se observa una tendencia similar, mientras que en Panguipulli lo contrario, ya que entre 2008 y 2014 el mayor aumento de precios se observó en la leña de especies exóticas, seguida por leña blanca y leña roja. Esto puede deberse a distintos niveles de escasez relativa. Mientras que en torno a Valdivia y La Unión se ha ido generando una mayor disponibilidad de plantaciones de *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus* y otras especies, en Panguipulli todavía hay una alta

[13] La leña roja se asocia normalmente a árboles adultos de ulmo (Eucryphia cordifolia Cav.), aunque es común que esté mezclada con tineo (Weinmannia trichosperma Cav.) y otras maderas nativas de color rojizo, mientras la leña blanca se asocia a árboles jóvenes de especies como canelo (Drimys winteri J.R. & G. Forster), mañío (Podocarpus sp. y Saxegothaea conspicua Lindl.), roble (Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst.), entre otras.
[14] Precios ajustados al año 2014 en base a la inflación.

disponibilidad de madera nativa.

3.2.5. Cambios en el abastecimiento

En Valdivia se observa una disminución en la proporción de hogares que se abastecen en verano, y un aumento de aquellos que se abastecen en primavera y a lo largo del año (Figura 9). Esto puede deberse al incremento en el precio de la leña durante el periodo 1991-2014, lo cual hace más difícil comprarla en verano, que es cuando existe una mayor demanda (la madera alcanza su menor contenido de humedad) y por ende un mayor precio. Anticipar la compra para los meses de primavera es la estrategia que han adoptado los hogares para reducir el gasto y asegurar el secado del producto en sus patios, mientras que la compra gradual de leña (compra todo el año) es una estrategia más bien asociada a limitaciones económicas y de almacenamiento. Un aumento en la proporción de hogares que compran leña todo el año o durante los meses de otoño-invierno implica, probablemente, un aumento en los niveles de pobreza de energía (dificultades para cubrir el gasto en calefacción).

Con respecto a las formas de almacenamiento, se observa que existe una mayor proporción de hogares que almacenan su leña bajo techo, en desmedro del almacenamiento bajo plástico o a la intemperie (cerca del 25% de los casos en 2003). Esto refleja una mayor preocupación de la gente por mantener la leña seca durante el invierno, aunque la calidad de los techos varía enormemente (Figura 10).

En 2003, el 39% de los hogares valdivianos consideraban que su leña estaba seca, lo cual aumenta al 59% en 2014. De acuerdo a la percepción de la gente, el consumo de leña húmeda se ha reducido mucho en dicho periodo (Figura 11).

Figura 8.
Evolución del precio de la leña en la ciudad de Valdivia entre 1991 y 2014

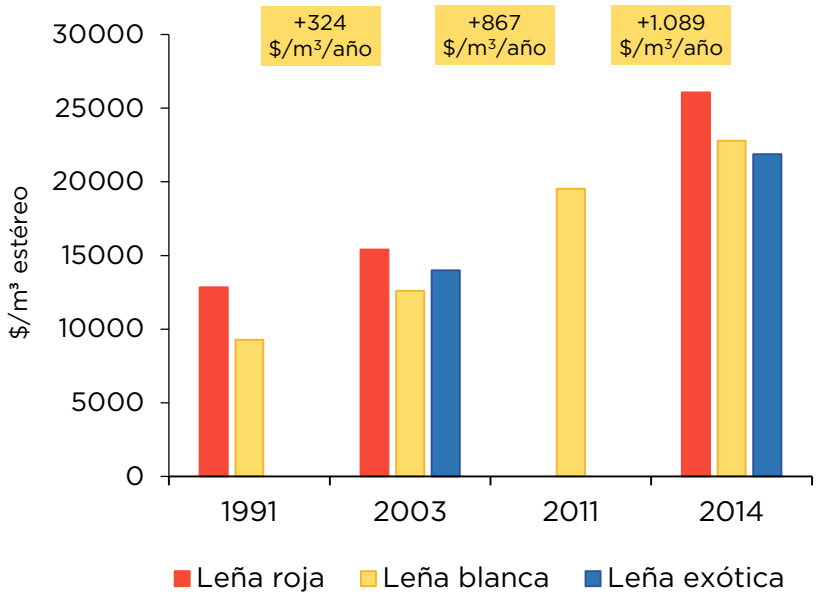
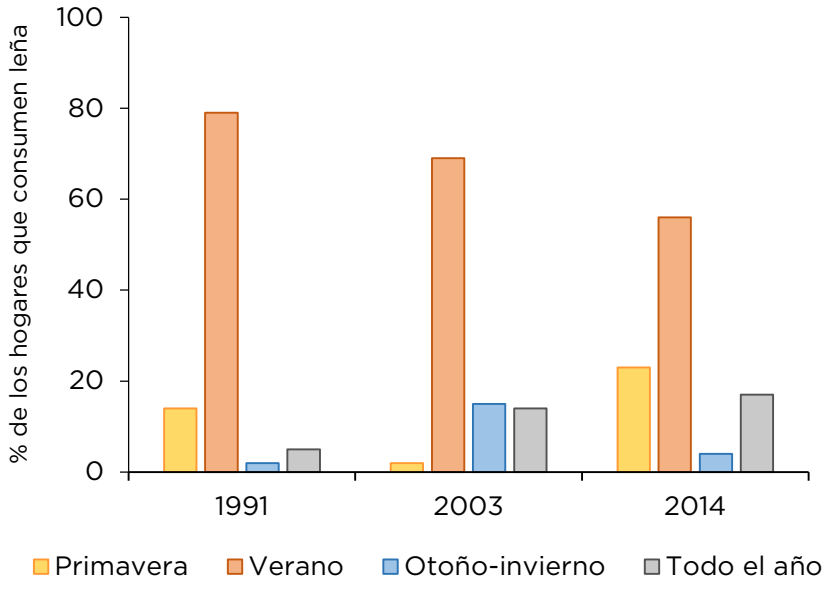


Figura 9.
Periodo de compra de leña en Valdivia



4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El consumo de CDM en el sector residencial urbano y rural de la Región de Los Ríos difiere con las cifras entregadas por CDT (2015) en 100.000 m^3 sólidos/año. En el caso del sector industrial, comercial y público las diferencias son mayores, razón por la cual el consumo total de CDM estimado por CDT (2015) para la región es un 31% menor al estimado en este estudio. Esta diferencia podría ser mucho mayor en regiones donde el consumo industrial de CDM es más relevante, como son las regiones del Maule, Biobío y Araucanía (Gómez-Lobo et al., 2006). Esta primera constatación es preocupante, dado que genera un alto grado de incertidumbre con respecto a la precisión de las cifras oficiales relativas al consumo nacional de estos combustibles.
En lo que respecta a los cambios en los patrones de consumo de CDM, se observa un aumento en la cantidad de hogares que utilizan leña, electricidad y pellet, y una disminución de aquellos que utilizan aserrín y carbón vegetal. El consumo de gas licuado y kerosene, en tanto, muestra cierto nivel de estancamiento e incluso contracción. Estos cambios reflejan un proceso de transición energética, en el cual se abandonan combustibles tradicionales, como el carbón vegetal y el aserrín, y comienzan a utilizarse combustibles más modernos como la electricidad y el pellet, asociados a un mayor poder adquisitivo de la población.
El caso de la leña en muy interesante, dado que tradicionalmente ha sido considerado un combustible de "pobres". Entre 1991 y 2014 el ingreso per cápita en Chile aumentó de US$4.900 a US$22.100[15]. Sin embargo, en vez de retroceder, el consumo de leña se expandió en todos los estratos socioeconómicos. Esto puede deberse a que la leña es entre 3 y 4 veces más barata que el gas licuado y el kerosene

Figura 10.
Almacenamiento de leña en Valdivia

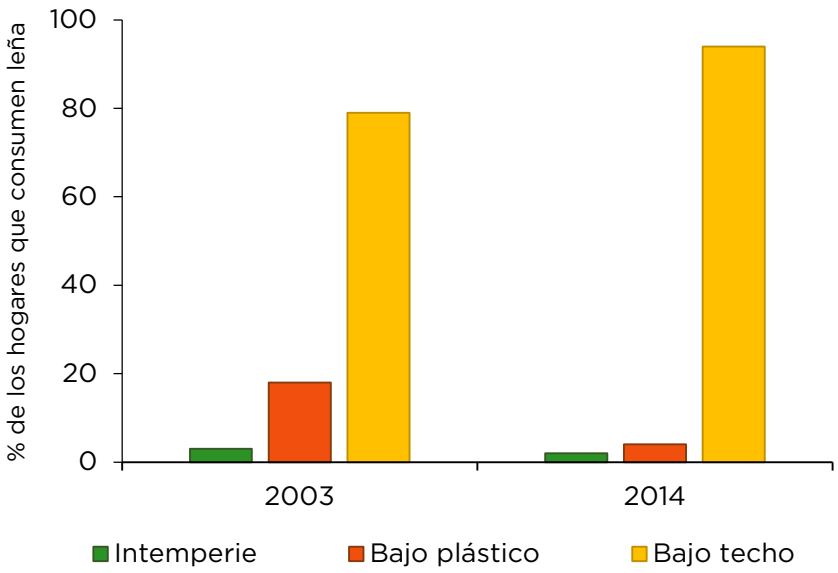
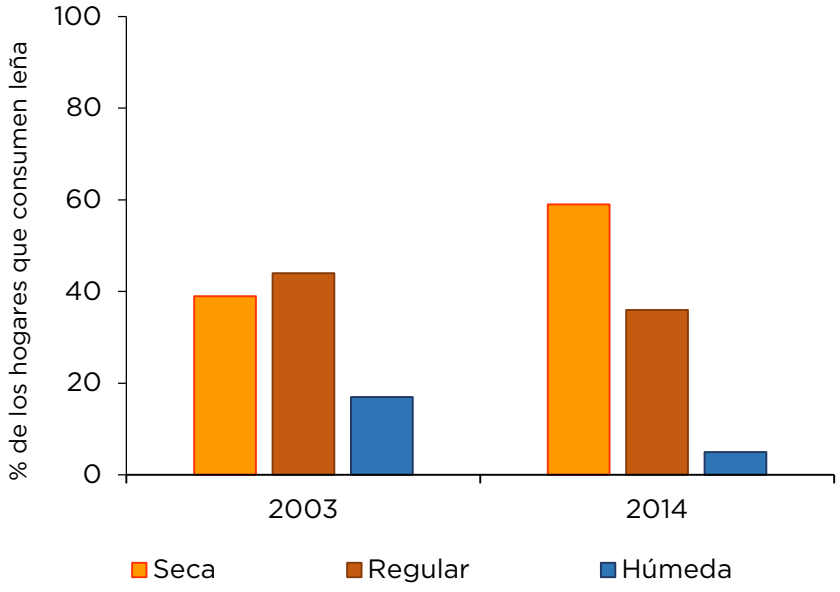


Figura 11.
Humedad de la leña utilizada en Valdivia (percepción encuestados)



[15] Ingreso en dólares actuales ajustado por poder de compra (World Bank, 2015).



Imagen 6.
Compra de leña en verano en viviendas de estrato socioeconómico alto

por unidad de energía (Reyes et al., 2015). Sin embargo, no es la única razón. Las estufas a leña generan un calor seco, muy distinto al que producen las estufas a gas licuado y kerosene que se emplean en la región. La humedad relativa es tan alta en esta zona del país, que las casas necesitan una fuente de calor poderosa que evite la formación de hongos y moho, tempere distintos recintos y genere una sensación de confort.

Mientras aumenta la proporción de hogares que utilizan leña, el consumo por hogar disminuye. Las razones por las cuales las familias están consumiendo menos leña pueden ser varias: familias más pequeñas, menos horas de calefacción (más personas trabajan o estudian fuera del hogar), menor importancia de la leña en la cocción de alimentos (reemplazo por gas licuado), inviernos más suaves (cambio climático), etc. Lo que sí queda claro a partir de los resultados de este estudio, es que la modernización del parque de calefactores es una de las causas, toda vez que su eficiencia está aumentando a una tasa del 0,6% anual. El uso de calefactores a leña más eficientes y una mayor demanda por leña seca es parte del proceso de consolidación de los CDM como principal fuente de energía para calefacción, proceso que se profundiza y proyecta con la aparición del pellet.

Por otra parte, el bosque nativo ha sido la fuente tradicional de abastecimiento de leña en la Región de Los Ríos. Sin embargo, los datos muestran una importancia creciente de las plantaciones forestales, especialmente a partir del año 2003. Una mayor disponibilidad de plantaciones, con menores costos de extracción y manejo en relación al bosque nativo, y una mejor posición relativa del precio de la leña con respecto al precio del metro ruma para celulosa, han sido algunos de los factores que han propiciado este cambio.

Dentro de las especies nativas, aquellas denominadas comúnmente como "leña roja", son las que retroceden con más fuerza. Un menor consumo de leña roja se puede deber, por un lado, a una menor disponibilidad física de estas especies (pérdida de bosques adultos), y por otro, a una menor disponibilidad comercial asociada a un mayor costo de extracción y transporte (aumento significativo del radio de abastecimiento), en comparación a la leña que proviene de renovales nativos y plantaciones forestales.

El año 2003 no sólo representa un punto de inflexión en relación a las especies utilizadas como leña, sino también determina dos periodos en lo que respecta al precio de este combustible. Un primer periodo (1991-2003) en el que el precio de la leña aumenta a un ritmo del 2,6% anual, y un segundo periodo (2003-2014) en el que el aumento alcanza el 5,1% anual. Este incremento tan significativo en el precio de la leña

Imagen 7.
Almacenamiento de leña bajo techo e intemperie





es probablemente uno de los factores que incidieron en la decisión de dedicar plantaciones forestales a la producción de leña, en un escenario en el que el precio del metro ruma para celulosa (uso competitivo) se mantuvo relativamente estable.

El aumento en el precio de la leña coincide con la implementación del Sistema Nacional de Certificación de Leña (SNCL) en la ciudad de Valdivia (2005). Un precio más alto implicó cambios en la estacionalidad del abastecimiento, reduciéndose la compra en verano, cuando la demanda y los precios son más altos, e incrementándose la compra en otras estaciones y en forma parcializada (compra mensual). Esto pudo haber agudizado estados de pobreza de energía en los estratos socioeconómicos medio y bajo (problemas para cubrir el gasto en calefacción), los cuales desafortunadamente no han sido monitoreados.

El análisis comparativo de los estudios realizados en 1991, 2003, 2011 y 2014 permitió analizar el proceso de transición energética experimentado en Valdivia, La Unión y Panguipulli. Los cambios observados son extremadamente interesantes, en especial en la ciudad de Valdivia, dado que son una muestra de lo que muy probablemente está ocurriendo también en otras ciudades del país.

A pesar del aumento en el ingreso per cápita, y del mejoramiento de otros indicadores socioeconómicos (ej. Índice de Desarrollo Humano), la matriz energética del sector residencial de la Región de Los Ríos sigue dependiendo de los CDM. Esto permite hablar de una nueva transición, que a diferencia de la tradicional no implica reemplazar CDM por combustibles fósiles, sino que apunta hacia el uso más eficiente de la biomasa forestal, ya sea como leña, pellet u otros combustibles leñosos.

Esta transición energética no sólo es el resultado de las dinámicas de mercado, sino también de las intervenciones que se han realizado desde el Estado y otros sectores de la sociedad. Desde ese punto de vista, es recomendable analizar cuidadosamente el impacto que han tenido iniciativas como el Sistema Nacional de Certificación de Leña, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos, este tipo de iniciativas podrían haber generado cambios profundos y permanentes en las dinámicas asociadas al abastecimiento de energía, el uso de los bosques nativos, y los patrones de consumo energético en general, no sólo en la Región de Los Ríos sino que también en otras zonas del país.

5. REFERENCIAS

Abalos, M. 1997. Estimación del consumo de leña en las regiones V, IX y X. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. 129 p.

Arnold, J.E.M., Köhlin, G., Persson, R. 2006. Woodfuels, livelihoods, and policy interventions: Changing Perspectives. World Development 34(3): 596-611.

Bailis, R., Drigo, R., Ghilardi, A., Masera, O. 2015. The carbon footprint of traditional woodfuels. Nature Climate Change 5(3): 266-272.

Baker, K., Bull, G.Q., LeMay, V.M. 2014. The use of fuelwood market segmentation and product differentiation to assess opportunities and value: A Nicaraguan case study. Energy for Sustainable Development 18: 58–66.

Barría, R.M., Calvo, M., Pino, P. 2016. Contaminación intradomiciliaria por material particulado fino (MP2,5) en hogares de recién nacidos. Revista Chilena de Pediatría 87(5): 343–350.

Castillo, C. 2001. Estadística Climatología Tomo II. Dirección Meteorológica de Chile, Climatología y Meteorología Aplicada. Santiago, Chile. 542 p.

CDT (Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción). 2015. Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera. Informe final. Estudio encargado

por el Ministerio de Energía. 302 p.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2008. Catastro de uso del suelo y vegetación. Monitoreo y actualización Región de Los Ríos. Periodo 1998-2006. Ministerio de Agricultura. 19 p.

DECON (Departamento de Economía Universidad de Chile), CNE (Comisión Nacional de Energía). 2005. Mercado de la leña en zonas urbanas de la X Región. Departamento de Economía, Universidad de Chile. Informe Final.

Donoso, C. 1993. Bosques Templados de Chile y Argentina. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. 484 p.

Eckholm, E. 1975. The other energy crisis: firewood. Worldwatch paper 1. Washington, DC. Worldwatch Institute.

ECOMAS. 2016. El mercado del pellet en Chile. Presentación realizada en el Seminario "PYMES Forestales y Madereras, sus relaciones con el Estado e intereses de Desarrollo", organizado por PRO-NITENS A.G.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2010. Criteria and indicators for sustainable woodfuels. FAO Forestry Paper 160. Rome. 103 p.

Gómez-Lobo, A., Lima, J.L., Hill, C., Meneses, M. 2006. Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile. Informe Final preparado para la Comisión Nacional de Energía de Chile. Centro Micro Datos, Departamento de Economía, Universidad de Chile. Disponible en http://www.sinia.cl/1292/articles-50791_informe_final.pdf.

IEA (International Energy Agency). 2010a. Key World Energy Statistics. Disponible en www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf.

IEA (International Energy Agency). 2010b. Statistics and balances. Disponible en www.iea.org/stats/index.asp

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2002. Censo de Población y Vivienda 2002. Disponible en http://www.ine.cl/cd2002/

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2007. Informe metodológico VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2007. 29 p. Disponible en http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07.php

INFOR (Instituto Forestal). 2010. Anuario forestal 2010. Boletín técnico Nº 128. Santiago, Chile. 134 p.

INFOR (Instituto Forestal). 2015. Encuesta residencial urbana sobre consume de energía, uso de combustibles derivados de la madera, estado higrotérmico de las viviendas y calefacción en las ciudades de Valdivia, La Unión y Panguipulli. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera. Base de datos no publicada.

INFOR (Instituto Forestal) y CIVA (Certificación e Investigación de la Vivienda Austral). 2012. Estudio de consumo domiciliario urbano de material leñoso en Valdivia. Valdivia, Chile. 17 p.

Lara, A., Reyes, R., Urrutia, R. 2010. Bosques Nativos. En: Gligo (ed.) Informe país: estado del medio ambiente en Chile 2008. Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile, Colección Sociedad Estado y Políticas Públicas. LOM Ediciones, p. 107–138.

MINENERGIA (Ministerio de Energía Chile). 2014. Consolidado balances energéticos 2008-2014. Disponible en http://energiaabierta.cl/balance-energetico/

Murúa, R., Miranda, J., Ramírez, C. 1993. Necesidad de una Política de Bosques para Leña. Ambiente y Desarrollo 9(9): 75-80.

Reyes, R., Frene, C. 2006. Utilización de leña como combustible en la ciudad de Valdivia. Bosque Nativo 39: 10-17.

Reyes, R., Nelson, H., Navarro, F., Retes, C. 2015. The firewood dilemma: Human health in a broader context of well-being in Chile. Energy for Sustainable Development 28(1): 75–87.

Sims, R.E.H., Schock, R.N., Adegbululgbe, A., Fenhann, J., Konstantinaviciute, I., Moomaw, W., Nimir, H.B., Schlamadinger, B., Torres-Martínez, J., Turner, C., Uchiyama, Y., Vuori, S.J.V., Wamukonya, N., Zhang, X. 2007. Energy supply. En: B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave y L.A. Meyer (eds). Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp. 251-322. Cambridge, UK and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

Vergara, C., Badilla, M. 2008. Estimación del consumo residencial urbano de leña en la ciudad de Panguipulli. Proyecto "Oportunidades de negocios en predios de campesinos en el territorio Siete Lagos, Región de Los Ríos.

Walberg, F., Radon, F., Neugebauer, J., Berg, A. 2005. Disponibilidad de subproductos forestales y madereros en Chile. Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT), Universidad de Concepción. Informe borrador elaborado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 50 p.

WEC (World Energy Council). 2010. Survey of energy resources. Disponible en www.worldenergy.org/publications/.

World Bank. 2015. International Comparison Program database. Disponible en http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.PP.CD?locations=CL

BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Número 06 | ENE. 2017

Proyecto apoyado por CORFO

Conaf

Ministerio de Energía

Gobierno de Chile