

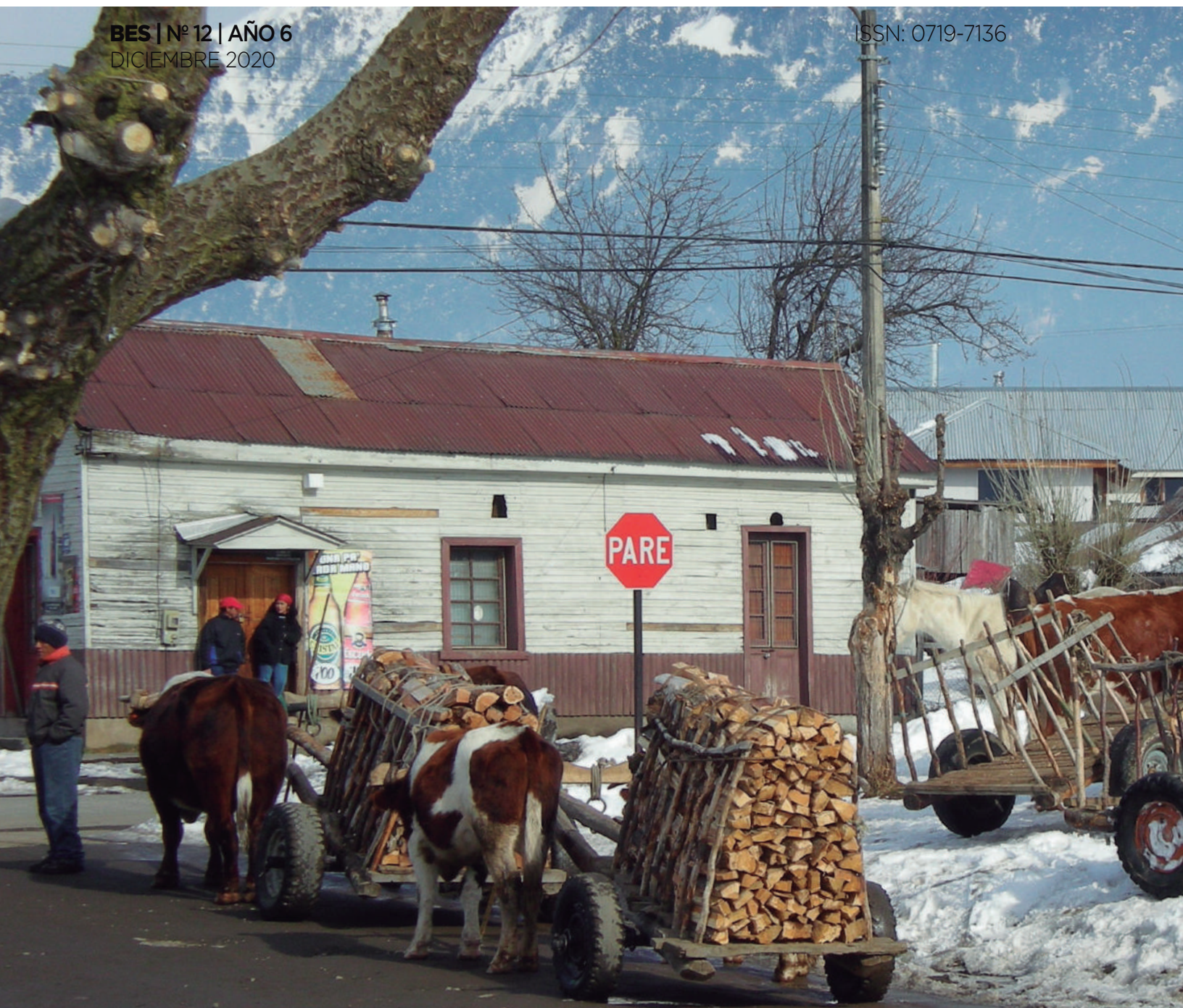
BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD



BES | Nº 12 | AÑO 6
DICIEMBRE 2020

ISSN: 0719-7136



**CONSUMO DE LEÑA Y OTROS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS EN LA
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA: NUEVAS CIFRAS Y TENDENCIAS**

BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Informes BES | Número 12 | Año 06 | DIC. 2020

Producción y diagramación: Luz Díaz V., Arquitecta, Investigadora Instituto Forestal **Editor general:** René Reyes, Ingeniero Forestal (Ph.D), Investigador Instituto Forestal **Comité editor:** Rony Pantoja, encargado de la Unidad de Dendroenergía, Corporación Nacional Forestal (CONAF).
Colaboradores: Richard Velásquez, Periodista Instituto Forestal.
Fotografía de portada I. Municipalidad de Lonquimay.

UNA PUBLICACIÓN:



OCDM | OBSERVATORIO DE
LOS COMBUSTIBLES
DERIVADOS DE LA
MADERA



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., Sanhueza, R., Schueftan, A. 2020. Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de la Araucanía. Nuevas cifras y tendencias. En: Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 6, N° 12. Diciembre 2020. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 23.

índice

03 RESUMEN

04 1. INTRODUCCIÓN

05 2. MÉTODOS

08 3. RESULTADOS

15 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

22 5. REFERENCIAS

CONSUMO DE LEÑA Y OTROS BIOCOMBUSTIBLES SÓLIDOS EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA: NUEVAS CIFRAS Y TENDENCIAS

René Reyes, Rafael Sanhueza y Alejandra Schueftan.¹

¹Instituto Forestal, sede Valdivia, Chile

Email:
rreyes@infor.cl

RESUMEN

El consumo de leña en la región de La Araucanía es de 2.736.413 m³ sólidos/año y 890.000 m³ sólidos/año de desechos de la industria forestal que se utilizan con fines energéticos. Estas cifras difieren significativamente de estimaciones anteriores, debido a diferencias metodológicas. El 84% de las viviendas de la región de La Araucanía (urbanas y rurales, incluyendo departamentos) consumen leña, a un promedio de 9,2 m³ sólidos/vivienda/año. La importancia relativa de las especies nativas en el abastecimiento de leña ha disminuido desde 1992, como consecuencia de una mayor disponibilidad de madera de eucalipto, aramo y pino insigne. En términos energéticos, el total de las viviendas urbanas y rurales de la región de La Araucanía consumen 9.000 gigawatt-hora al año, de los cuales el 85% proviene de leña, el 8% del gas licuado, el 6% de la electricidad y el 1% de otras fuentes de energía. Cuando se analizan ciudades específicas se observa que el consumo de leña crece a una tasa menor que el número de viviendas, lo que se debe a que en ciudades grandes como Temuco y Padre Las Casas se está produciendo un reemplazo gradual de leña por pellets y otros combustibles, y a una disminución en el volumen de consumo por vivienda. Esta disminución fluctúa entre 1,1% y 1,6% anual, lo que también se ha observado en ciudades como Valdivia como consecuencia de un aumento en la eficiencia de los calefactores a leña, y a cambios demográficos, climáticos y del uso de la vivienda.

Palabras clave | leña, calefacción, transición energética, bosque nativo, Araucanía.



Imagen 1.

Arrumado de leña de roble (*Nothofagus obliqua*), Loncoche.

Fuente: base de datos Proyecto Leña (2006-2011).

1. INTRODUCCIÓN

La conurbación Temuco-Padre Las Casas ha estado en el centro del debate público desde fines de la década de 1990, por sus altos niveles de contaminación atmosférica. De acuerdo a los inventarios de emisiones realizados en la ciudad, el 90% del material particulado fino proviene de estufas y cocinas a leña que se utilizan principalmente para calefacción (SICAM, 2018). Debido a esto, se ha generado una intensa discusión sobre el consumo de leña, la cual permitió visibilizar un tema que hasta entonces se mantenía oculto en la cotidianeidad del sur del país.

Más allá de los aspectos culturales asociados al uso de leña, esta fuente de energía es muy importante en la región de La

Araucanía. El alto consumo de leña se debe a la abundancia de biomasa, lo que implica precios muy competitivos en relación a otras fuentes de energía (incluso la posibilidad de recolectarla), y al clima frío y húmedo que caracteriza a esta zona. De acuerdo a la reglamentación térmica chilena, gran parte de la región de La Araucanía se encuentra en la zona térmica 5, en una clasificación de siete niveles, en el que 7 representa las áreas más frías de Chile. La región de La Araucanía alberga también comunas que están en la zona térmica 6, ya que presentan climas más fríos por encontrarse en zonas cordilleranas, como Lonquimay y Melipeuco.

De acuerdo al Ministerio de Energía (2019), el consumo final de energía en la región de La Araucanía es de

13.426 gigawatt-hora/año, considerando todos los sectores: transporte, industria, minería y residencial, entre otros. La biomasa forestal sería responsable del 37% de ese volumen, lo que la convierte en la principal fuente de energía de la región, seguida por el petróleo diésel (28%), la electricidad (14%) y la gasolina (12%). Buena parte de esa biomasa corresponde a leña que se utiliza en viviendas urbanas y rurales, y otra a desechos de la industria forestal utilizados para producir calor y electricidad. Sin embargo, las cifras sobre consumo de leña utilizadas en dicho estudio provienen de una cuantificación realizada por CDT (2015), la que ha mostrado deficiencias importantes (Reyes *et al.*, 2018). Esto implica que la importancia relativa de la biomasa en la matriz energética

Cuadro 1.

Penetración y consumo promedio de leña en Temuco y Padre Las Casas.

Ciudad	Penetración leña (% viviendas) ¹	Consumo (m ³ sólidos/viv/año) ²
Conurbación Temuco – Padre Las Casas	79,47	5,4

¹ No considera edificios de departamentos. Fuente: SICAM (2018) y Ministerio de Desarrollo Social (2017).² Promedio estimado en base a viviendas que consumen leña.

regional podría ser mayor.

En un marco de incertidumbre con respecto a las cifras, el presente estudio tiene por finalidad contribuir a aclararlas y analizar el proceso de transición energética que se está produciendo en los hogares de la región. En el sector residencial, el consumo de leña se estimó en base a un muestreo aleatorio simple aplicado en tres estratos: ciudades intermedias, ciudades pequeñas y viviendas rurales. Se dejó fuera del estudio a la conurbación Temuco-Padre Las Casas debido a razones presupuestarias, y a que SICAM (2018) acababa de realizar un estudio similar en dicha ciudad. Para estimar el consumo del sector industrial manufacturero se utilizaron fuentes secundarias de información, mientras que en el sector público se utilizó la plataforma Mercado Público para obtener cifras de consumo de municipios y hospitales. El sector comercial no fue incluido en el estudio.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La región de La Araucanía se encuentra entre los 37°35' y 39°37' latitud sur, y es una de las dieciséis regiones administrativas de Chile. La región tiene una superficie de 31.842,30 km² y está dividida en cuatro unidades fisiográficas:

Planicies Litorales, Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de Los Andes. Limita por el norte con la región del Biobío, por el sur con la región de Los Ríos, por el este con Argentina y por el oeste con el Océano Pacífico. Esta región presenta características predominantes de clima templado oceánico lluvioso, las temperaturas oscilan entre los 2°C y 23°C y las precipitaciones varían entre 1500 a 2500 mm, produciéndose periodos secos de uno a dos meses (BCN, 2018). El 30% de la región está cubierta por bosque nativo, el 18% por praderas y matorrales, el 25% por terrenos agrícolas, el 20% por plantaciones forestales, el 2% por áreas sin vegetación (zonas rocosas y alta montaña) y el 5% por otros usos (CONAF, 2017). Esto deja en evidencia la abundante biomasa forestal y agrícola que está disponible en la región para distintos usos.

2.2. Estimación del consumo de leña y otras fuentes de energía

Para estimar el consumo de leña y otras fuentes de energía se aplicaron encuestas, en el caso del sector residencial urbano y rural, y se recurrió a fuentes secundarias de información en el caso del sector industrial manufacturero y el sector público.

2.2.1. Sector residencial urbano

Dado que los patrones de consumo

de leña y otros biocombustibles sólidos cambian significativamente en la medida que aumenta el tamaño de la urbanización (Ábalos, 1997), se realizó un muestreo estratificado en el sector residencial urbano. Los estratos definidos fueron los siguientes (INE, 2005):

1. Áreas urbanas grandes (más de 40 mil habitantes): Conurbación Temuco-Padre Las Casas.
2. Áreas urbanas intermedias (entre 15-40 mil habitantes): Angol¹, Villarrica, Lautaro, Victoria, Collipulli, Pucón, Nueva Imperial, Loncoche, Pitrufquén y Vilcún.
3. Áreas urbanas pequeñas (entre 1-15 mil habitantes): Traiguén, Curacautín, Carahue, Gorbea, Cunco, Renaico, Purén, Freire, Teodoro Schmidt, Los Sauces, Lumaco, Toltén, Galvarino, Cholchol, Lonquimay, Ercilla, Perquenco, Saavedra, Melipeuco y Curarrehue.

La población objetivo correspondió a las viviendas habitadas según el último Censo de Población y Vivienda 2017 (INE, 2017). Para cada estrato se estimó un tamaño muestral a partir de la siguiente ecuación:

$$n = \frac{(np \times p \times (1-p))}{((np-1) \times 2 \left(\frac{B}{C}\right) + p \times (1-p))} \quad (1)$$

Donde,

n= viviendas a encuestar
np= total de viviendas habitadas
p= proporción de la muestra (50%)
B= margen de error (10%)
C= valor crítico para distribución normal con nivel de confianza de 95% (1,96)

Dado que en la conurbación

¹ Si bien Angol acaba de superar los 40 mil habitantes, se decidió mantenerla en el estrato de ciudades intermedias.

Temuco - Padre Las Casas se han realizado varios estudios sobre consumo de leña y otros biocombustibles sólidos, y a que el presupuesto disponible para realizar este estudio era exiguo, el muestreo se concentró en los estratos menos estudiados: ciudades intermedias, ciudades pequeñas y sector rural.

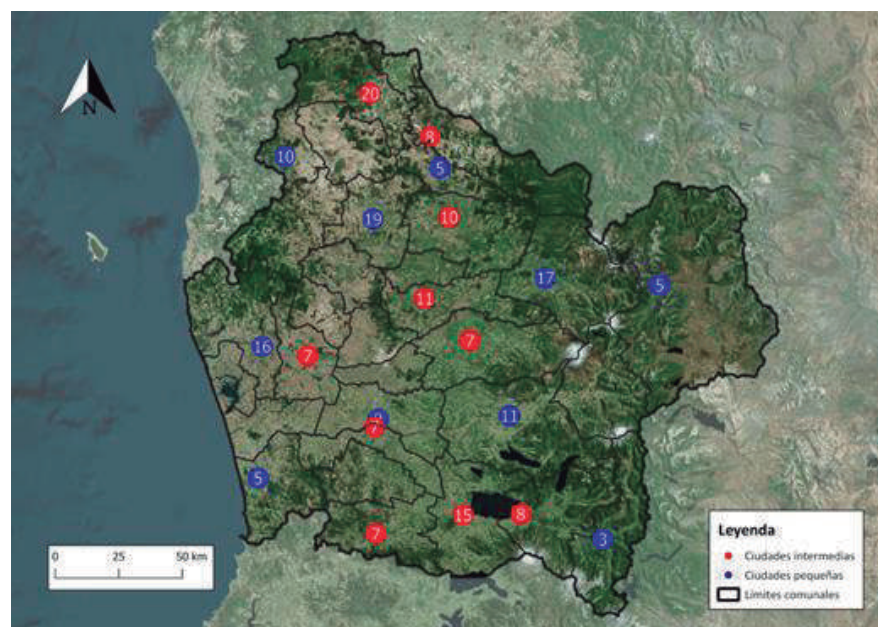
Las cifras de consumo correspondientes a la conurbación Temuco - Padre Las Casas se tomaron del estudio “Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas de las Comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017” (SICAM, 2018) (Cuadro 1).

En los estratos ciudades intermedias y ciudades pequeñas el tamaño de la muestra fluctuó entre 95 y 100 viviendas, cada uno (Cuadro 2). Debido a la alta dispersión que resultaba de distribuir la muestra en áreas urbanas pequeñas, se seleccionó aleatoriamente el 50% de ellas para concentrar el muestreo. Las ciudades seleccionadas fueron Traiguén, Curacautín, Carahue, Cunco, Purén, Freire, Toltén, Villarrica, Ercilla y Curarrehue (Figura 1).

Para distribuir la muestra en ciudades intermedias y pequeñas se utilizó el *software* QGIS 3.0, con el cual se generaron polígonos de cada ciudad, para luego mediante el algoritmo *Random Points Along Line* ubicar los puntos de muestreo sobre una capa de red vial (Figura 2). Cuando las viviendas seleccionadas estaban deshabitadas o cuando las personas no quisieron participar, se sortearon nuevos puntos de muestreo en su reemplazo. Para estimar el consumo de carbón vegetal y pellets se utilizó un

Figura 1.

Ciudades intermedias y pequeñas donde se aplicaron encuestas.

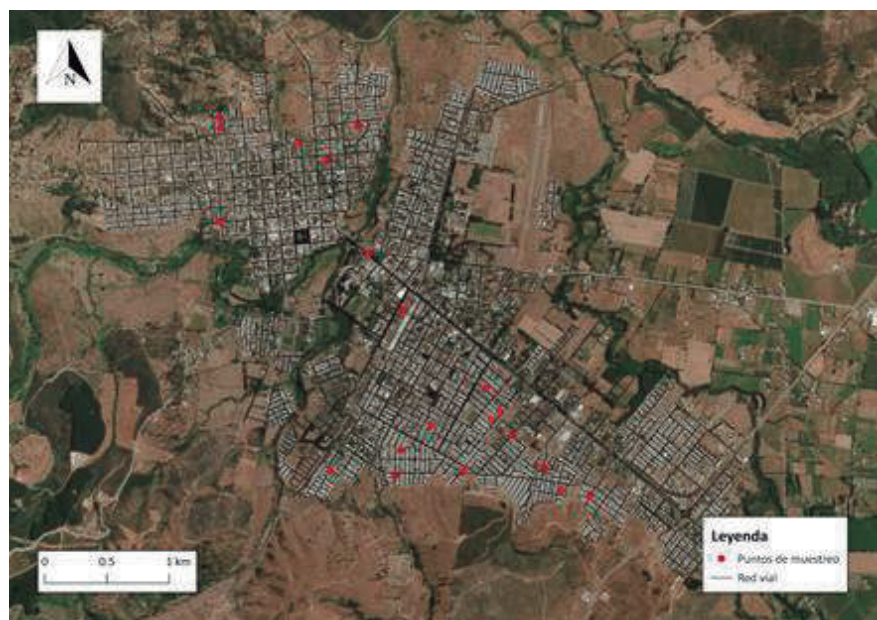


Cuadro 2.

Distribución de las muestras en la región de La Araucanía.

Ciudades intermedias		Ciudades pequeñas		Sector rural	
Comuna	n	Comuna	n	Comuna	n
Lautaro	11	Carahue	16	Temuco	1
Loncoche	7	Cunco	11	Cunco	8
Nueva Imperial	7	Curarrehue	3	Curarrehue	1
Pitrufquén	7	Freire	9	Freire	7
Pucón	8	Toltén	5	Galvarino	2
Vilcún	7	Curacautín	17	Gorbea	9
Villarrica	15	Ercilla	4	Lautaro	4
Angol	20	Lonquimay	5	Loncoche	2
Collipulli	8	Purén	10	Melipeuco	3
Victoria	10	Traiguén	18	Nueva Imperial	1
				Padre Las Casas	3
				Perquenco	4
				Pitrufquén	1
				Pucón	4
				Teodoro Schmidt	2
				Toltén	4
				Vilcún	2
				Villarrica	11
				Angol	1
				Collipulli	5
				Curacautín	7
				Ercilla	1
				Lonquimay	3
				Los Sauces	1
				Purén	2
				Renaico	1
				Traiguén	7
				Victoria	4
Total	100		98		101

Figura 2.
Distribución de la muestra en Angol (ejemplo).



procedimiento similar.

La expansión del consumo de leña, pellet y carbón vegetal no consideró a los edificios de departamentos, donde el consumo de estos combustibles es marginal.

2.2.2. Sector residencial rural

El tamaño de la muestra se estimó en base a la ecuación (1). Los puntos de muestreo se ubicaron en el territorio en forma aleatoria, utilizando el algoritmo *Random Points Inside Polygon* de QGIS 3.0. El polígono que se utilizó para la ubicación de los puntos no consideró lagos, ríos, alta montaña y otros sectores donde no habita población rural. Se sortearon puntos de muestreo adicionales para reemplazar aquellos en los que no fuese posible aplicar la encuesta, debido a falta de interés o ausencia de moradores.

2.2.3. Sector industrial y público

En el caso de la industria

manufacturera, se utilizó la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA) proyectada al año 2017 (INE, 2013), y el VII Catastro de la Industria Forestal Primaria² (INFOR, 2019). ENIA censa a los establecimientos que tienen más de 10 trabajadores³, pero sólo toma una muestra de los más pequeños, lo que implica que los resultados obtenidos en este sector corresponden a una subestimación del consumo real de leña y desechos forestales.

Para estimar el consumo de leña, carbón vegetal y pellets en los municipios de la región de La Araucanía, se revisaron las compras realizadas a través del portal Mercado Público. De los 32 municipios existentes en la región se seleccionaron al azar 17 para realizar el muestreo.

Sólo se consideraron las compras adjudicadas, y que expresaran claramente volumen, precio y tipo de leña. En cada municipio seleccionado se consideraron las compras realizadas por los

departamentos de educación municipal (DAEM y corporaciones educacionales), salud municipal, y otros (ej. edificio consistorial). Además, se consideraron las compras realizadas por hospitales públicos de la región y otros edificios públicos no municipales.

2.3. Transición energética en el sector residencial

La encuesta aplicada en el sector residencial urbano y rural contempló un set de preguntas orientadas a caracterizar el consumo de leña en la vivienda, pero también el consumo de otros combustibles. De esta forma, fue posible estimar el consumo final de energía de cada una de las viviendas, lo que incluye la energía utilizada en calefacción, cocina, agua caliente sanitaria, iluminación y uso de electrodomésticos (no incluye transporte). Los factores utilizados para la transformación de unidades fueron los siguientes:

$$L_i = V_{ij} \left(\frac{\text{m}^3 \text{estéreo}}{\text{año}} \right) \times 0,64 \left(\frac{\text{m}^3 \text{sólido}}{\text{m}^3 \text{estéreo}} \right) \times 730 \left(\frac{\text{kilo}}{\text{m}^3 \text{sólido}} \right) \times 3,88 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kilo}} \right) \quad (2)$$

$$G_i = V_{ij} \left(\frac{\text{kilo}}{\text{año}} \right) \times 14,06 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kilo}} \right) \quad (3)$$

$$R_i = V_{ij} \left(\frac{\text{kilo}}{\text{año}} \right) \times 13,60 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kilo}} \right) \quad (4)$$

$$K_i = V_{ij} \left(\frac{\text{litró}}{\text{año}} \right) \times 10,45 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{litró}} \right) \quad (5)$$

$$E_i = V_{ij} \left(\frac{\text{peso}}{\text{año}} \right) / CV \left(\frac{\text{peso}}{\text{kWh}} \right) \quad (6)$$

$$C_i = V_{ij} \left(\frac{\text{saco}}{\text{año}} \right) \times 18 \left(\frac{\text{kilo}}{\text{saco}} \right) \times 8,0 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kilo}} \right) \quad (7)$$

$$P_i = V_{ij} \left(\frac{\text{kilo}}{\text{año}} \right) \times 4,8 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{kilo}} \right) \quad (8)$$

Donde,

L_i = consumo de leña de la vivienda i (kWh/año)

G_i = consumo de gas licuado de la vivienda i (kWh/año)

R_i = consumo de gas de red de la vivienda i (kWh/año)

K_i = consumo de kerosene de la

² Esto permitió mejorar la estimación del consumo de desechos forestales (autoconsumo de aserraderos). Esta información no ha sido publicada aún, y corresponde a una aproximación del uso/destino de los residuos. Es posible que parte de estos desechos sean entregados gratuitamente a los trabajadores de las empresas, o se utilicen para mantener animales.

³ La restricción del número de trabajadores no se aplica para aquellos establecimientos pertenecientes a empresas que se desempeñan en más de una actividad económica y/o tienen más de una planta. En estos casos la información del establecimiento se levanta aun cuando trabajen en él menos de 10 trabajadores (INE, 2013).

Imagen 2.
Venta de leña en Temuco.



Fuente: base de datos Proyecto Leña (2006-2011).

vivienda i (kWh/año)

E_i = consumo de electricidad de la vivienda i (kWh/año)

C_i = consumo de carbón vegetal de la vivienda i (kWh/año)

P_i = consumo de pellets de la vivienda i (kWh/año)

V_{ij} = volumen de consumo del combustible j en la vivienda i (unidad/año)

CV = precio del kilowatt-hora incluyendo cargos fijos (pesos/kWh), en base a las boletas de pago de las familias encuestadas

Esta información permitió, entre otras cosas, analizar la importancia relativa de los distintos combustibles, y sus niveles de penetración y consumo en la región.

3. RESULTADOS

3.1. Evaluación del consumo de leña en la región de La Araucanía

3.1.1. Sector residencial urbano

Sin considerar a los edificios de departamentos, el 90% de las

viviendas urbanas de la región de La Araucanía consumen leña a un promedio de 7,7 m³ sólidos/vivienda/año⁴.

La penetración se reduce al 84% cuando se cuenta a los edificios de departamentos, asumiendo que éstos no consumen leña. El consumo de leña por vivienda aumenta en la medida que disminuye el tamaño del área urbana (Cuadro 3).

El consumo de leña del sector residencial urbano de la región de La Araucanía se estima en 1.518.974 m³ sólidos/año (intervalo de

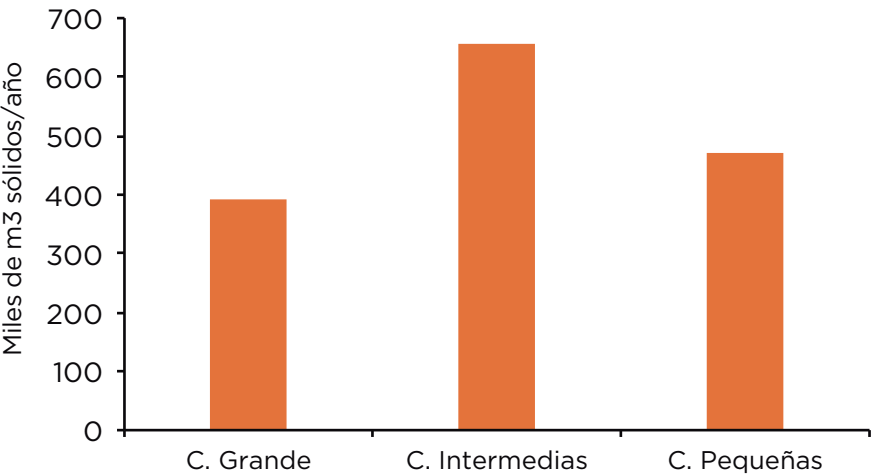
⁴ Todos los promedios y errores estándar que se mencionan a continuación fueron estimados en base a las viviendas que consumen una fuente de energía en específico, en este caso leña. Es decir, no se promedian los valores cero asociados a aquellos que no consumen.

Cuadro 3.
Penetración y consumo de leña por estrato, sector residencial urbano.

Estrato	Penetración leña (% viviendas) ²	Consumo (m ³ sólidos/viv/año)	Error estándar (m ³ sólidos/viv/año)
Ciudades grandes ¹	79,47	5,4	n.a.
Ciudades intermedias	96,94	8,3	0,45
Ciudades pequeñas	98,98	11,0	0,64
Promedio ponderado	90,00	7,7	n.a.

¹ Conurbación Temuco-Padre Las Casas (SICAM, 2018).² Sin considerar a los edificios de departamentos.
n.a.: no hay antecedentes.

Figura 3.
Consumo de leña por estrato en el sector residencial urbano de la región de La Araucanía.



confianza: 1.658.086 - 1.381.487 m³ sólidos/año), el 43% de los cuales se utilizan en ciudades intermedias, el 31% en ciudades pequeñas y el 26% en ciudades grandes (Conurbación Temuco-Padre Las Casas) (Figura 3).

El consumo de leña del sector residencial urbano se concentra en la comuna de Temuco, con el 22% del volumen (352.140 m³ sólidos anuales), seguido por Angol (8%) y Villarrica (7%). Las demás comunas de la región acumulan el 63% del volumen (Figura 4).

El 38% de la leña que se utiliza en el

sector residencial urbano corresponde a especies nativas, entre las cuales destaca el roble (*Nothofagus obliqua*), el 35% a eucalipto, el 11% a pino insigne y el 15% a otras especies, entre las cuales destaca el aramo. Hay cinco comunas donde la leña de especies nativas representa más de dos tercios del volumen total, estas son Melipeuco, Curarrehue, Lonquimay, Curacautín y Cunco. Por el contrario, en las comunas que se encuentran en la costa y en la depresión intermedia, la leña de especies nativas equivale a menos de un tercio del volumen total (Cuadro 4).

El 90% de la leña que se consume en el sector residencial urbano de la región de La Araucanía se compra y el 10% se recolecta u obtiene de forma gratuita, asumiendo que el 89,6% de la leña que se consume en la Conurbación Temuco-Padre Las Casas se compra (CDT, 2015). El porcentaje de leña que se recolecta u obtiene de forma gratuita es mayor en ciudades pequeñas ubicadas en la costa o en la depresión intermedia, pudiendo alcanzar el 18%, y proviene básicamente de plantaciones forestales.

El precio de la leña aumenta en la medida que crece el área urbana. En ciudades pequeñas varía entre 18.700 y 20.200 \$/m³ estéreo, mientras que en áreas urbanas intermedias promedia 22.200 \$/m³ estéreo (precios al año 2017). Según esto, y aplicando el precio de ciudades intermedias a la Conurbación Temuco-Padre Las Casas, el gasto asociado a la compra de leña en el sector residencial urbano sería de 61 millones de dólares anuales (1 dólar= 750 pesos chilenos). Al mismo tiempo, el ahorro generado por la leña recolectada u obtenida de forma gratuita alcanza los 7 millones de dólares anuales.

Por otra parte, sólo el 1% de los hogares urbanos consumen carbón vegetal para calefacción⁵. En áreas urbanas pequeñas este porcentaje alcanza al 3%, mientras que en áreas urbanas intermedias y grandes llega a 1% y 0,3%, respectivamente. La escasa cantidad de hogares que consumen carbón vegetal para calefacción no permite estimar un consumo promedio con un error estándar apropiado, y por ende tampoco un volumen total. Tampoco se observó un consumo significativo de pellet en ciudades intermedias y pequeñas, aunque SICAM (2018) estimó que el 8% de

⁵ Las brasas que se sacan de estufas y cocinas a leña para utilizar en braseros u otros equipos no se consideran consumo de carbón vegetal, ya que corresponden más bien a un derivado de la leña. Carbón vegetal es aquel que es producido y comercializado con ese fin y formato.

las viviendas de Temuco-Padre Las Casas consumen este combustible. Las viviendas urbanas de la región cuentan con 263.040 estufas y cocinas que utilizan leña (aparatos instalados). Esto da un promedio de 1,3 equipos por vivienda que consume leña. De éstos, el 59% corresponden a estufas de combustión lenta (con y sin templador, incluyendo estufas certificadas), el 34% a cocinas a leña, el 4% a salamandras, el 2% a estufas hechizas y el 1% a chimeneas y calderas. El 44% de los equipos que utilizan leña se encuentran en ciudades intermedias, el 26% en ciudades pequeñas y el 30% en la conurbación Temuco-Padre Las Casas. La Figura 5 muestra la distribución de los equipos por estrato, y el Cuadro 5 el detalle de los equipos por comuna.

Según SICAM (2018), en la conurbación Temuco-Padre Las Casas hay 78.409 equipos instalados, el 76% de los cuales corresponden a estufas de combustión lenta (con y sin templador, y certificadas), el 20% a cocinas a leña, el 2% a salamandras y el 2% a otros equipos. La importancia relativa de las estufas de combustión lenta se reduce en la medida que disminuye el tamaño de la urbanización, aumentando la relevancia de las cocinas a leña. Es así como el 59% de los equipos instalados en ciudades intermedias (116.282 unidades) corresponden a estufas de combustión lenta, el 36% a cocinas a leña, el 3% a salamandras y el 3% restante a otros equipos, mientras que solo el 40% de los equipos instalados en ciudades pequeñas (68.350 unidades) corresponden a estufas de combustión lenta, el 46% a cocinas a leña, el 7% a salamandras, el 6% a estufas hechizas y el 1% a

Figura 4.

Consumo de leña por comuna en el sector residencial urbano de la región de La Araucanía.

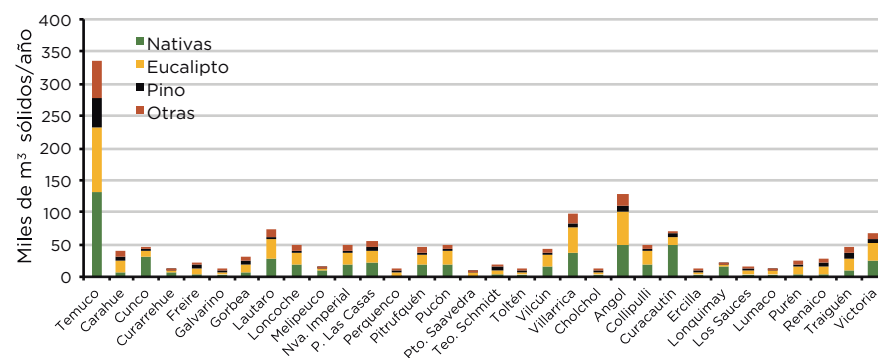
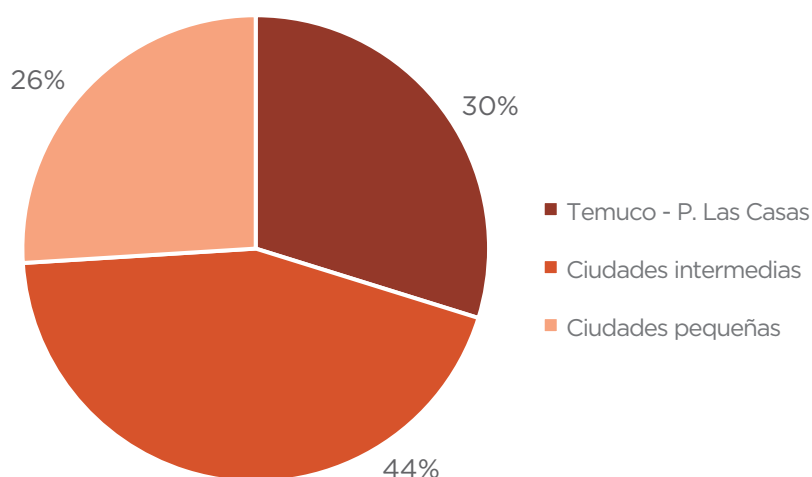


Figura 5.

Proporción de equipos que utilizan leña por estrato.



Fuente: en el caso de Temuco y Padre Las Casas los datos provienen de SICAM (2018).

otros equipos.

En promedio, la conurbación Temuco-Padre Las Casas cuenta con 1,06 equipos por vivienda que consume leña, cifra que aumenta en la medida que disminuye el tamaño de la urbanización, con 1,47 equipos por vivienda en ciudades intermedias y 1,52 equipos por vivienda en ciudades pequeñas.

3.1.2. Sector residencial rural

El 98% de las viviendas rurales

consumen leña a un promedio de 12,4 m³ sólidos/año. El consumo de leña es mayor en comunas que se ubican en la precordillera y presentan un clima más frío, estas son Curacautín, Lonquimay, Cunco, Melipeuco, Curarrehue y Pucón, con un consumo promedio que alcanza los 14,3 m³ sólidos/año (error estándar 1,4 m³ sólidos/año), mientras que en el valle central y la costa el consumo promedio es de 12,1 m³ sólidos/año (error estándar 0,7 m³ sólidos/año; Figura 6).

Cuadro 4.

Penetración, consumo y composición del consumo de leña por comuna en el sector residencial urbano de la región de La Araucanía

Comuna	Penetración (%)	Consumo (m ³ sólidos/viv/año)	Consumo (m ³ sólidos/año)				
			Nativas	Eucalipto	Pino	Otras	Total
Temuco ¹	79	5,4	130.674	102.194	45.233	56.960	335.062
Carahue	99	9,3	8.096	17.042	7.180	8.587	40.905
Cunco	99	14,0	31.319	8.220	3.052	431	43.022
Curarrehue	99	14,0	8.275	2.172	806	114	11.367
Freire	99	9,3	4.663	9.816	4.136	4.946	23.561
Galvarino	99	9,3	2.547	5.361	2.259	2.701	12.867
Gorbea	99	9,3	6.477	13.635	5.744	6.870	32.726
Lautaro	97	8,3	28.922	28.922	5.191	11.124	74.158
Loncoche	97	8,3	18.764	18.764	3.368	7.217	48.113
Melipeuco	99	14,0	9.964	2.615	971	137	13.687
Nva.Imperial	97	8,3	19.072	19.072	3.423	7.335	48.902
P. Las Casás	79	5,4	22.223	17.379	7.692	9.687	56.981
Perquenco	99	9,3	2.206	4.643	1.956	2.339	11.145
Pitrufuén	97	8,3	17.775	17.775	3.190	6.837	45.577
Pucón	97	8,3	19.514	19.514	3.503	7.506	50.037
Pto. Saavedra	99	9,3	1.951	4.106	1.730	2.069	9.855
Teo. Schmidt	99	9,3	3.646	7.675	3.233	3.867	18.421
Toltén	99	9,3	2.594	5.461	2.301	2.751	13.107
Vilcún	97	8,3	16.811	16.811	3.017	6.466	43.105
Villarrica	97	8,3	38.564	38.564	6.922	14.832	98.882
Cholchol	99	9,3	2.445	5.146	2.168	2.593	12.352
Angol	97	8,3	50.433	50.433	9.052	19.397	129.315
Collipulli	97	8,3	19.719	19.719	3.539	7.584	50.560
Curacautín	99	14,0	48.793	12.807	4.755	671	67.026
Ercilla	99	9,3	2.355	4.958	2.089	2.498	11.900
Lonquimay	99	14,0	14.679	3.853	1.431	202	20.164
Los Sauces	99	9,3	2.884	6.071	2.558	3.059	14.571
Lumaco	99	9,3	2.738	5.764	2.428	2.904	13.834
Purén	99	9,3	4.999	10.522	4.433	5.302	25.256
Renaico	99	9,3	5.312	11.182	4.711	5.634	26.840
Traiguén	99	9,3	9.454	19.901	8.384	10.027	47.767
Victoria	97	8,3	26.485	26.485	4.754	10.187	67.910
Total	90	7,7	584.349	536.583	165.211	232.831	1.518.974

¹ en base a SICAM (2018).

El consumo total de leña del sector residencial rural de la región de La Araucanía se estima en 1.184.902 m³ sólidos/año (intervalo de confianza: 1.336.284 - 1.025.838 m³ sólidos/año), del cual el 9% corresponde a la comuna de Padre Las Casas, el 7% a la comuna de Villarrica, el 6% a la comuna de Temuco, el 6% a la comuna de Freire, y entre 1% y 5% al resto de las comunas de la región (Figura 7). El 34% de la leña que se utiliza en el sector residencial rural

corresponde a especies nativas, entre las cuales destaca el roble (*Nothofagus obliqua*), el 37% a eucalipto, el 12% a pino insigne y el 17% a otras especies, entre las cuales destaca el aramo. En las comunas que se encuentran en la precordillera, el 77% de la leña proviene de especies nativas, mientras que en el valle central y costa esto se reduce al 25%. En éstas, la leña de eucalipto representa el 43% del volumen (Cuadro 6).

El 31% de la leña que se consume en áreas rurales se compra y el 69% se recolecta u obtiene de forma gratuita. No se observan grandes diferencias entre comunas precordilleranas y aquellas que se ubican en el valle central y la costa. Donde sí se observan diferencias importantes es en el precio de venta, pues en comunas precordilleranas es de 20.565 \$/m³ estéreo, mientras que en comunas ubicadas en el valle central y la costa es de 17.045 \$/m³ estéreo (precios al año 2017). Esta variación se debe principalmente a que el precio de la leña nativa es mayor al de las especies exóticas.

El gasto asociado a la compra de leña en el sector residencial rural de la región de La Araucanía es de 13,5 millones de dólares anuales (1 dólar= 750 pesos chilenos), mientras que el ahorro asociado a la leña recolectada u obtenida de forma gratuita alcanza los 30 millones de dólares anuales.

Por otra parte, sólo el 3% de los hogares rurales consumen carbón vegetal para calefacción. Este valor no dista de lo observado en áreas urbanas pequeñas. Al igual que en el sector residencial urbano, los datos no son suficientes para proyectar una estimación del consumo de carbón en este estrato. Tampoco se observa consumo de pellet.

En el sector residencial rural de la región de La Araucanía hay 158.309 equipos que utilizan leña (aparatos instalados), a un promedio de 1,66 equipos por vivienda que consume leña. El Cuadro 7 muestra el detalle de los equipos por comuna. De éstos, el 25% corresponden a estufas de combustión lenta (con y sin templador, incluyendo estufas certificadas), el 61% a cocinas a leña, el 3% a salamandras, el 9% a estufas hechizas y el 2% a chimeneas. La importancia relativa de las estufas de combustión lenta es menor al

observado en el sector residencial urbano, existiendo un gradiente entre áreas urbanas y rurales en el que aumenta la importancia relativa de las cocinas a leña y otros equipos (ej. estufas hechizas), y disminuye la proporción de estufas de combustión lenta (Figura 8).

En términos generales, el consumo de leña del sector residencial (urbano y rural) fue de 2.703.876 m³ sólidos/año en 2017, con una penetración promedio del 88% (incluye departamentos) y un consumo promedio de 9,2 m³ sólidos/vivienda/año. De este volumen 988.599 m³ sólidos/año corresponden a especies nativas (37%) y 1.715.277 a especies exóticas (63%).

Las viviendas urbanas y rurales de la región de La Araucanía cuentan con 421.349 equipos que utilizan leña, el 46% de los cuales corresponden a estufas de combustión lenta (con y sin templador y equipos certificados), el 44% a cocinas a leña, el 4% a salamandras, el 4% a estufas hechizas y el 2% restante a chimeneas y calderas. A nivel comunal, el 18% de esos equipos se encuentran en la comuna de Temuco, el 7% en la comuna de Padre Las Casas, el 6% en la comuna de Villarrica, el 6% en la comuna de Angol y el 63% restante en las demás comunas de la región (entre 1% y 4% por comuna).

3.1.3. Sector industrial y público

El consumo de leña del sector industrial manufacturero alcanza los 25.796 m³ sólidos/año (INE, 2013), más 380.000 m³ sólidos/año de desechos forestales (lodos, corteza, finos de harneros y restos de maderas verdes y secas) de la planta de celulosa Pacífico de CMPC, que está ubicada en la

Cuadro 5.

Equipos que utilizan leña por comuna en el sector residencial urbano de la región de La Araucanía.

Comuna	Salamandra	Cocina tradicional	Combustión lenta	Chimenea	Caldera	Estufa hechiza	Total
Temuco ¹	1.620	13.534	51.075	783	-	-	67.012
Carahue	499	2.903	2.404	62	0	375	6.243
Cunco	253	2.470	2.470	84	0	337	5.613
Curarrehue	67	652	652	22	0	89	1.483
Freire	288	1.672	1.384	36	0	216	3.596
Galvarino	157	913	756	20	0	118	1.964
Gorbea	400	2.323	1.923	50	0	300	4.995
Lautaro	394	4.728	7.749	131	66	66	13.134
Loncoche	256	3.068	5.027	85	43	43	8.521
Melipeuco	80	786	786	27	0	107	1.786
Nva. Imperial	260	3.118	5.110	87	43	43	8.661
P. Las Casas	276	2.302	8.686	133	-	-	11.396
Perquenco	136	791	655	17	0	102	1.701
Pitrufquén	242	2.906	4.762	81	40	40	8.072
Pucón	266	3.190	5.229	89	44	44	8.862
Pto. Saavedra	120	699	579	15	0	90	1.504
Teo. Schmidt	225	1.307	1.082	28	0	169	2.812
Toltén	160	930	770	20	0	120	2.000
Vilcún	229	2.748	4.504	76	38	38	7.634
Villarrica	525	6.305	10.333	175	88	88	17.513
Cholchol	151	877	726	19	0	113	1.885
Angol	687	8.245	13.513	229	115	115	22.903
Collipulli	269	3.224	5.283	90	45	45	8.955
Curacautín	393	3.847	3.847	131	0	525	8.744
Ercilla	145	845	699	18	0	109	1.816
Lonquimay	118	1.157	1.157	39	0	158	2.631
Los Sauces	178	1.034	856	22	0	133	2.224
Lumaco	169	982	813	21	0	127	2.112
Purén	308	1.792	1.484	39	0	231	3.855
Renaico	328	1.905	1.577	41	0	246	4.097
Traiguén	583	3.390	2.807	73	0	437	7.290
Victoria	361	4.330	7.096	120	60	60	12.027
Total	10.143	88.973	155.796	2.864	581	4.682	263.040

¹ en base a SICAM (2018).

comuna de Collipulli (Superintendencia de Medio Ambiente, 2013), y 510.000 m³ sólidos/año de desechos de aserraderos y plantas de remanufacturas (aserrín, lampazos, virutas, corteza y despuntes) que se utilizan como fuente de energía (INFOR, 2019). En este segmento no se observó consumo de carbón vegetal ni pellets.

El 81% de los municipios de la región de La Araucanía consumen leña, a un promedio de 286 m³ sólidos/año (error estándar 56 m³

sólidos/año), lo que equivale a un consumo total de 6.724 m³ sólidos/año. Por otra parte, el 38% de los municipios consumen pellet, a un promedio de 22.7 toneladas/año (error estándar de 9 toneladas/año), lo que implica un consumo total de 272 toneladas/año. En 2015, solo el 12% de los municipios consumían pellet. El error asociado a la estimación del consumo municipal de pellet es del 40%, y en el caso de la leña del 20%. En este sector no se observó consumo de carbón vegetal.

Figura 6.

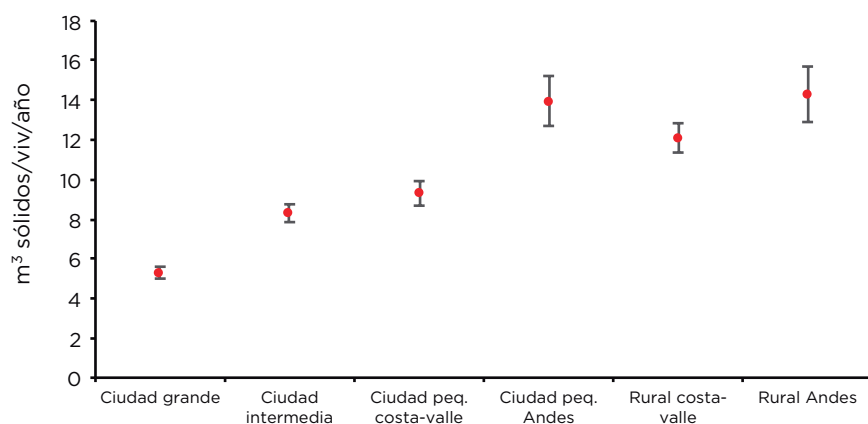
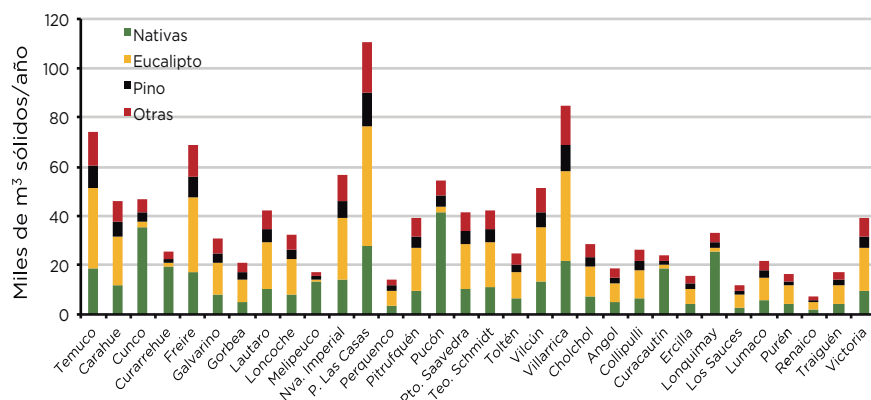
Consumo de leña por vivienda, sector urbano y rural (promedio y error estándar).

Figura 7.

Consumo de leña por comuna en el sector residencial rural de la región de la Araucanía.

3.2. Consumo final de energía en el sector residencial

En 2017, el consumo final de energía⁶ en el sector residencial urbano de la región de La Araucanía fue de 5.383 gigawatt-hora/año, considerando casas y edificios de departamentos, pero asumiendo que éstos últimos no consumen leña. De toda esta energía, el 80% corresponde a leña, el 11% a gas licuado, el 8% a electricidad y el 1% a otros

combustibles (pellet y kerosene, principalmente) (Figura 9, gráfico superior izquierdo). En promedio, los hogares urbanos de la región de La Araucanía consumen 22.831 kWh/vivienda/año (Cuadro 8).

Por otra parte, en el sector residencial rural, el consumo final de energía fue de 3.611 gigawatt-hora/año, de los cuales el 93% corresponde a leña, el 3% a gas licuado, el 3% a electricidad, y el 1% a carbón vegetal (Figura 9, gráfico

superior derecho). Se observó consumo de kerosene, pero marginal (menos del 0,1% del consumo final de energía de las viviendas rurales). En promedio, los hogares rurales de la región de La Araucanía consumen 37.108 kWh/vivienda/año (Cuadro 9). Este mayor consumo de energía en comparación a las viviendas del sector urbano se debe a un consumo significativamente mayor de leña: 7,7 m³ sólidos/vivienda/año en el caso de las viviendas urbanas, y 12,4 m³ sólidos/vivienda/año en el caso de las viviendas rurales.

En términos generales, el sector residencial (urbano y rural) de la región de La Araucanía consume 9.000 gigawatt-hora/año, de los cuales el 60% ocurre en áreas urbanas y el 40% en áreas rurales. El 85% de esa energía proviene de la leña (calefacción y cocina), el 8% del gas licuado, el 6% de la electricidad y el 1% de otras fuentes de energía (kerosene y pellet en áreas urbanas, y carbón vegetal en áreas rurales) (Figura 9, gráfico inferior).

La leña se emplea en el 79% de las viviendas urbanas de la conurbación Temuco-Padre Las Casas (SICAM, 2018), porcentaje que aumenta al 97% en ciudades intermedias y al 99% en ciudades pequeñas. Una penetración similar, cercana al 100%, se observa en áreas rurales. El carbón vegetal se mueve en un gradiente similar, es decir, aumenta en áreas rurales y ciudades pequeñas y disminuye en ciudades grandes, mientras que el gas licuado, el kerosene, la energía solar y el pellet siguen una tendencia opuesta.

El gas licuado es el principal combustible para cocinar y calentar agua, tanto en áreas urbanas como rurales, con una penetración cercana al 100% en ciudades grandes como Temuco-Padre Las

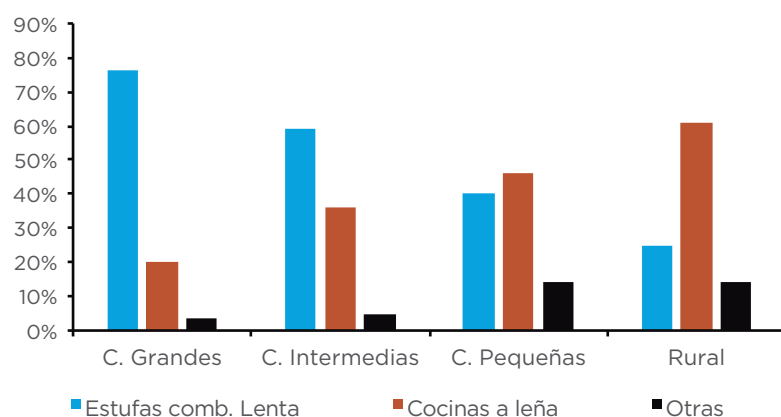
⁶ El consumo final de energía del sector residencial no considera transporte.

Cuadro 6.

Penetración, consumo y composición del consumo de leña por comuna en el sector residencial rural de la región de La Araucanía

Comuna	Penetración (%)	Consumo (m ³ sólidos/viv/año)	Consumo (m ³ sólidos/año)				Total
			Nativas	Eucalipto	Pino	Otras	
Temuco	98	12,1	18.878	32.254	9.288	13.776	74.196
Carahue	98	12,1	11.800	20.161	5.806	8.611	46.377
Cunco	98	14,3	35.551	2.261	3.544	5.115	46.470
Curarrehue	98	14,3	19.652	1.250	1.959	2.827	25.688
Freire	98	12,1	17.557	29.996	8.638	12.811	69.002
Galvarino	98	12,1	7.781	13.294	3.828	5.678	30.582
Gorbea	98	12,1	5.250	8.969	2.583	3.831	20.633
Lautaro	98	12,1	10.711	18.300	5.270	7.816	42.096
Loncoche	98	12,1	8.188	13.990	4.029	5.975	32.183
Melipeuco	98	14,3	13.316	847	1.327	1.916	17.405
Nva.Imperial	98	12,1	14.452	24.692	7.110	10.546	56.800
P. Las Casas	98	12,1	28.165	48.120	13.857	20.552	110.694
Perquenco	98	12,1	3.596	6.145	1.769	2.624	14.135
Pitrufquén	98	12,1	9.935	16.975	4.888	7.250	39.048
Pucón	98	14,3	41.330	2.628	4.119	5.946	54.024
Pto. Saavedra	98	12,1	10.554	18.032	5.193	7.701	41.479
Teo. Schmidt	98	12,1	10.822	18.490	5.325	7.897	42.535
Toltén	98	12,1	6.345	10.841	3.122	4.630	24.937
Vilcún	98	12,1	13.058	22.310	6.425	9.529	51.321
Villarrica	98	12,1	21.524	36.775	10.590	15.706	84.595
Cholchol	98	12,1	7.175	12.258	3.530	5.235	28.198
Angol	98	12,1	4.749	8.114	2.336	3.465	18.664
Collipulli	98	12,1	6.695	11.439	3.294	4.885	26.313
Curacautín	98	14,3	18.655	1.186	1.859	2.684	24.384
Ercilla	98	12,1	3.910	6.681	1.924	2.853	15.368
Lonquimay	98	14,3	25.473	1.620	2.539	3.665	33.297
Los Sauces	98	12,1	3.077	5.258	1.514	2.246	12.095
Lumaco	98	12,1	5.606	9.578	2.758	4.091	22.032
Purén	98	12,1	4.242	7.248	2.087	3.095	16.672
Renaico	98	12,1	1.853	3.165	911	1.352	7.281
Traiguén	98	12,1	4.459	7.619	2.194	3.254	17.526
Victoria	98	12,1	9.890	16.898	4.866	7.217	38.871
Total	98	12,4	404.250	437.390	138.482	204.780	1.184.902

Figura 8.

Proporción de equipos por estrato en la región de La Araucanía.⁷ Los porcentajes suman más de 100% debido a que las personas seleccionaban más de una alternativa.

Casas y del 84% en áreas rurales. El kerosene, por otra parte, tiene una importancia mucho menor, con una penetración del 15% en ciudades grandes, 8% en ciudades intermedias y 3% en ciudades pequeñas. En general, se utiliza como complemento para calefacción. La electricidad está presente prácticamente en el 100% de las viviendas, tanto urbanas como rurales, siendo excepcionales aquellas que no están conectadas a la red. Muchas de ellas cuentan con calefactores eléctricos, los que también se utilizan como complemento a la leña.

Es interesante notar que el 4% de las viviendas del sector residencial urbano cuentan con colectores solares, principalmente para producir agua caliente sanitaria, como una forma de ahorrar gas licuado. Este porcentaje aumenta en ciudades grandes, donde alcanza al 5% de las viviendas, y disminuye en ciudades pequeñas (3% de las viviendas). En áreas rurales, el 2% de las viviendas cuentan con esta tecnología. Probablemente esto se debe a los programas estatales que financian sistemas solares térmicos, tanto en zonas urbanas como rurales. No se observó presencia de tecnología eólica en el sector residencial, tanto urbano como rural.

En ciudades intermedias, el 46% de los encuestados están dispuestos a reemplazar la leña por otra fuente de energía. El 46% de ellos la reemplazaría por pellet, el 24% por electricidad, el 22% por energía solar, el 20% por gas, y el 4% por kerosene⁷. En ciudades pequeñas, el 35% de los encuestados está dispuesto a reemplazar la leña, prefiriendo el gas (35%), el pellet (26%), la electricidad (26%), la energía solar (26%) y el kerosene

Cuadro 7.

Equipos que utilizan leña por comuna en el sector residencial rural de la región de La Araucanía.

Comuna	Salamandra	Cocina tradicional	Combustión lenta	Chimenea	Caldera	Estufa hechiza	Total
Temuco	305	6.209	2.545	204	0	916	10.179
Carahue	191	3.881	1.591	127	0	573	6.362
Cunco	162	3.291	1.349	108	0	486	5.394
Curarrehue	89	1.819	745	60	0	268	2.982
Freire	284	5.774	2.367	189	0	852	9.466
Galvarino	126	2.559	1.049	84	0	378	4.196
Gorbea	85	1.727	708	57	0	255	2.831
Lautaro	173	3.523	1.444	116	0	520	5.775
Loncoche	132	2.693	1.104	88	0	397	4.415
Melipeuco	61	1.232	505	40	0	182	2.020
Nva. Imperial	234	4.753	1.948	156	0	701	7.792
P. Las Casas	456	9.264	3.797	304	0	1.367	15.186
Perquenco	58	1.183	485	39	0	175	1.939
Pitrufquén	161	3.268	1.339	107	0	482	5.357
Pucón	188	3.826	1.568	125	0	564	6.271
Pto. Saavedra	171	3.471	1.423	114	0	512	5.691
Teo. Schmidt	175	3.560	1.459	117	0	525	5.835
Toltén	103	2.087	855	68	0	308	3.421
Vilcún	211	4.295	1.760	141	0	634	7.041
Villarrica	348	7.079	2.901	232	0	1.045	11.606
Cholchol	116	2.360	967	77	0	348	3.869
Angol	77	1.562	640	51	0	230	2.561
Collipulli	108	2.202	902	72	0	325	3.610
Curacautín	85	1.727	708	57	0	255	2.831
Ercilla	63	1.286	527	42	0	190	2.108
Lonquimay	116	2.358	966	77	0	348	3.865
Los Sauces	50	1.012	415	33	0	149	1.659
Lumaco	91	1.844	756	60	0	272	3.023
Purén	69	1.395	572	46	0	206	2.287
Renaico	30	609	250	20	0	90	999
Traiguén	72	1.467	601	48	0	216	2.404
Victoria	160	3.253	1.333	107	0	480	5.333
Total	4.749	96.568	39.577	3.166	-	14.248	158.309

(3%). En áreas rurales, en tanto, solo el 19% de los encuestados reemplazaría la leña por otro combustible, siendo el gas (42%), la energía solar (26%), la electricidad (21%), el pellet (16%), el kerosene (16%) y la energía eólica (5%) sus fuentes de energía preferidas. Esto se debe al mayor acceso a leña barata o gratis y a aspectos socio culturales.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Consumo regional de leña

El consumo de leña en la región de La Araucanía fue de 2.736.396 m³ sólidos/año en 2017. De éstos, 2.703.876 m³ sólidos/año corresponden al sector residencial (urbano y rural) y 32.520 al sector industrial y público. A esto hay que agregar 890.000 m³ sólidos/año de desechos forestales que se utilizan para producir energía en el

sector industrial manufacturero, y 272 toneladas/año de pellet que se consumen en municipios. Esta estimación no consideró al sector comercial, ni tampoco el consumo de pellets y carbón vegetal de la conurbación Temuco-Padre Las Casas.

En los últimos 30 años se han realizado tres estudios sobre el consumo de leña en la región. En 1992, INFOR (1994) estimó un consumo de leña de 1.140.000 m³ sólidos/año en el sector residencial y 388.904 m³ sólidos/año en los sectores industrial, comercial y público. Luego, en 2003, Gómez-Lobo *et al* (2006) estimó un consumo de leña de 1.485.064 m³ sólidos/año en el sector residencial y 721.795 m³ sólidos/año en los demás sectores. Finalmente, CDT (2015) estimó un consumo regional de leña de 1.323.554 m³ sólidos/año en el sector residencial y 7.976 m³ sólidos/año en los otros sectores (Figura 10).

El consumo de leña estimado por CDT (2015) equivale a menos del 50% del estimado en este estudio. Esa enorme diferencia se debería a que CDT (2015): a) aplicó el 70% de las encuestas urbanas en la conurbación Temuco-Padre Las Casas, cuyos niveles de consumo son menores a los observados en ciudades intermedias y pequeñas, b) el muestreo rural no se distribuyó adecuadamente en la región, aplicándose el 100% de las encuestas en el valle central (comunas de Temuco, Angol y Lautaro), cuyas viviendas consumen mucho menos leña que en la zona andina, y c) la muestra rural fue bastante más pequeña que la urbana y ambas se mezclaron para generar promedios. Problemas similares han sido reportados con anterioridad (Reyes, 2017; Reyes *et al.*, 2018; Reyes *et al.*, 2020).

También se observan tendencias contradictorias entre esta estimación y la efectuada por INFOR en 1992. En el sector urbano, por ejemplo, INFOR (1994) estimó un consumo de leña de 5,9 m³ sólidos/vivienda/año, mientras que este estudio estimó 7,7 m³ sólidos/vivienda/año (Cuadro 10). Algo similar ocurre en el sector rural. En general, el consumo de leña tiende a disminuir a través del tiempo, debido a que: a) comienzan a utilizarse otros combustibles en reemplazo a la leña o como complemento (gas, kerosene, pellet, etc.), b) las familias son más pequeñas y muchos de sus miembros trabajan, lo que implica un uso menos intenso de la vivienda, y c) los inviernos se han suavizado debido al calentamiento global, entre otros factores. Estas diferencias podrían deberse a que, al igual que CDT (2015), INFOR (1994) concentró el muestreo en ciudades y comunas del valle central (Temuco, Angol, entre otras), lo que llevó a subestimar las cifras.

Si bien, se observan diferencias importantes en el consumo de leña del sector residencial, éstas son aún mayores al analizar las cifras del

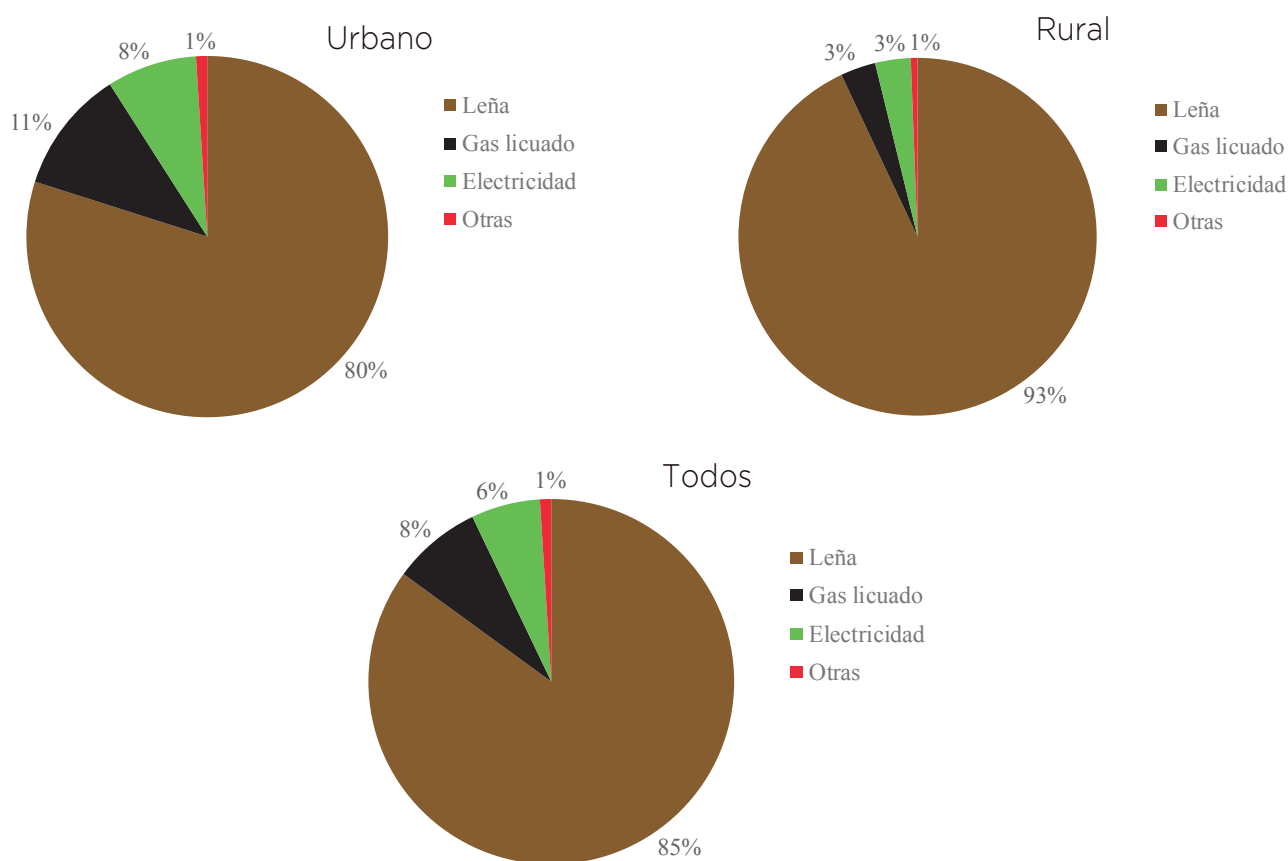
Cuadro 8.

Consumo final de energía, sector residencial urbano de la región de La Araucanía

Comuna	Consumo final de energía (gigawatt-hora/año)					Total (kWh/viv/año)
	Leña	Gas licuado	Electricidad	Otras	Total	
Temuco	961	233	176	26	1.396	15.104
Carahue	116	11	7	0	135	29.932
Cunco	122	8	5	0	135	43.308
Curarrehue	32	2	1	0	36	43.286
Freire	67	7	4	0	77	30.216
Galvarino	36	4	2	0	42	30.257
Gorbea	93	9	6	0	108	30.205
Lautaro	210	23	18	0	251	27.264
Loncoche	136	15	11	0	163	27.266
Melipeuco	39	3	2	0	43	43.334
Nva. Imperial	139	15	12	0	166	27.259
P. Las Casas	163	38	29	4	234	15.590
Perquenco	32	3	2	0	37	30.257
Pitrufquén	129	14	11	0	155	27.181
Pucón	142	16	12	0	171	26.278
Pto. Saavedra	28	3	2	0	32	30.232
Teo.Schmidt	52	5	3	0	61	30.231
Toltén	37	4	2	0	43	30.257
Vilcún	122	14	10	0	146	27.273
Villarrica	280	33	25	1	338	26.181
Cholchol	35	3	2	0	41	30.257
Angol	366	41	31	1	439	27.015
Collipulli	143	16	12	0	171	27.216
Curacautín	190	12	8	0	210	43.229
Ercilla	34	3	2	0	39	30.236
Lonquimay	57	4	2	0	63	43.226
Los Sauces	41	4	3	0	48	30.240
Lumaco	39	4	2	0	45	30.257
Purén	72	7	4	0	83	30.247
Renaico	76	7	5	0	88	30.257
Traiguén	135	13	8	0	157	30.176
Victoria	192	21	16	0	230	27.094
Total	4.316	596	435	37	5.383	22.831



Figura 9.

Composición del consumo final de energía en el sector residencial.

Nota: el gráfico superior izquierdo corresponde al sector residencial urbano, mientras que el gráfico superior derecho al sector residencial rural. El gráfico inferior corresponde a la suma de ambos.

sector industrial, comercial y público. Para no extendernos demasiado en este punto, se observa que tanto INFOR (1994) como Gómez-Lobo et al. (2006) sobreestimaron el consumo de leña de este sector como consecuencia de la habitual confusión que se produce entre la leña y los desechos forestales. De hecho, hasta hace poco la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA) no diferenciaba adecuadamente entre ambos biocombustibles sólidos. Es importante diferenciarlos pues tienen características y usos muy distintos.

En lo que respecta a la penetración, es decir, la proporción de viviendas

que consumen leña, no se observan diferencias importantes entre los estudios. De hecho, los resultados obtenidos coinciden con las cifras estimadas por CDT (2015) y el Ministerio de Desarrollo Social (2017), las cuales mencionan que entre el 88%-89% de las viviendas urbanas y rurales de la región de La Araucanía consumen leña. En áreas urbanas, la penetración sería del 84%, mientras que en áreas rurales del 98%. En 1992, INFOR (1994) estimó una penetración del 93% en áreas urbanas y del 100% en áreas rurales, lo que es bastante coherente, pues muestra una baja en la importancia relativa de la leña con respecto a otras fuentes de

energía (transición energética).

4.2. Consumo de leña en la conurbación Temuco-Padre Las Casas y otras ciudades

En la conurbación Temuco-Padre Las Casas, principal área urbana de la región de La Araucanía, la Universidad de Concepción (2002) estimó un consumo de leña de 362.696 m³ sólidos/año, equivalentes a 6,0 m³ sólidos/vivienda/año.

Posteriormente, SICAM (2018) estimó un consumo de 392.670 m³ sólidos/año y de 5,4 m³ sólidos/vivienda/año, cifras que fueron adoptadas por este estudio

debido a que no se aplicaron encuestas en dicha ciudad.

En quince años (2002-2017), el total de viviendas de la conurbación Temuco-Padre Las Casas creció un 53% (casas y departamentos), aunque cuando se consideran solo las casas, que es donde se concentra el consumo de leña, la cifra baja al 45%. Sin embargo, el consumo total de leña se expandió solo un 8%. Esto se debe a que se redujo la proporción de viviendas que consumen leña (penetración), ya que un porcentaje de ellas transitó hacia otros combustibles (gas, electricidad, kerosene y especialmente pellet). De hecho, el 8% de las viviendas de la conurbación cuenta con un calefactor a pellet (SICAM, 2018). También se redujo el consumo promedio de leña por vivienda en un 17% (1,1% anual), reducción levemente inferior al reportado en Valdivia para el periodo 1991-2014 (Reyes, 2017).

En el caso de la ciudad de Villarrica, Díaz (2011) estimó un consumo de leña de 84.039 m³ sólidos/año⁸ en 2009, con una penetración del 92% y un volumen de consumo por vivienda de 9,2 m³ sólidos/vivienda/año. En cambio, en 2017, el consumo de leña fue de 98.882 m³ sólidos/año, con una penetración del 97% y un consumo de leña por vivienda de 8,3 m³ sólidos/vivienda/año. En ocho años, la cantidad de viviendas de la ciudad creció un 23% (casas y departamentos, aunque estos últimos son marginales), pero el consumo de leña lo hizo en un 18%. Esto se debe a una reducción en el consumo de leña por vivienda del 1,2% anual.

En el caso de la ciudad de Lonquimay, que corresponde probablemente a una de las zonas más extremas de la región de La Araucanía en términos climáticos,

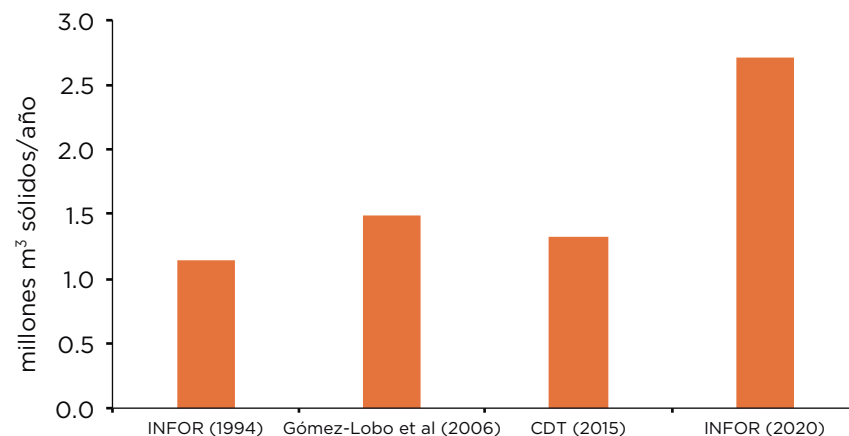
Cuadro 9.

Consumo final de energía, sector residencial rural de la región de La Araucanía.

Comuna	Consumo final de energía (gigawatt-hora/año)					Total (kWh/viv/año)
	Leña	Gas licuado	Electricidad	Otras	Total	
Temuco	210	7	7	2	227	36206
Carahue	131	5	5	1	142	36206
Cunco	132	4	4	1	140	42313
Curarrehue	73	2	2	0	78	42313
Freire	195	7	7	1	211	36206
Galvarino	87	3	3	1	93	36206
Gorbea	58	2	2	0	63	36206
Lautaro	119	4	4	1	129	36206
Loncoche	91	3	3	1	98	36206
Melipeuco	49	1	1	0	53	42313
Nva. Imperial	161	6	6	1	173	36206
P. Las Casas	314	11	11	2	338	36206
Perquenco	40	1	1	0	43	36206
Pitrufquén	111	4	4	1	119	36206
Pucón	153	5	5	1	163	42313
Pto. Saavedra	117	4	4	1	127	36206
Teo. Schmidt	120	4	4	1	130	36206
Toltén	71	2	3	1	76	36206
Vilcún	145	5	5	1	157	36206
Villarrica	240	8	8	2	258	36206
Cholchol	80	3	3	1	86	36206
Angol	53	2	2	0	57	36206
Collipulli	75	3	3	1	80	36206
Curacautín	69	2	2	0	74	42313
Ercilla	44	2	2	0	47	36206
Lonquimay	94	3	3	1	101	42313
Los Sauces	34	1	1	0	37	36206
Lumaco	62	2	2	0	67	36206
Purén	47	2	2	0	51	36206
Renaico	21	1	1	0	22	36206
Traiguén	50	2	2	0	54	36206
Victoria	110	4	4	1	119	36206
Total	3.356	114	116	25	3.611	37108

Figura 10.

Cifras de consumo de leña en el sector residencial de la región de La Araucanía.



Nota: Viviendas urbanas y rurales.

⁸ El volumen estimado fue de 95.717 m³ sólidos/año. Sin embargo, dicha estimación se realizó sobre una base censal estimada, la cual se ajustó con los resultados del último Censo de Población y Vivienda (INE, 2017).

Cuadro 10.

Consumo de leña por vivienda urbana y rural en la región de La Araucanía.

Sector	Consumo de leña (m ³ sólidos/viv/año)	
	INFOR 1994 (datos de 1992)	INFOR 2020 (datos de 2017)
Residencial urbano	5,9	7,7
Residencial rural	9,4	12,4
Residencial (todos)	7,3	9,2

se estimó un consumo de leña de 18.536 m³ sólidos/año en 2006, con una penetración del 100% y un consumo por vivienda de 17,1 m³ sólidos/vivienda/año (Municipalidad de Lonquimay, 2007). El 43% de ese volumen correspondía a roble (*Nothofagus obliqua*), el 32% a lenga (*Nothofagus pumilio*), el 20% a ñirre (*Nothofagus antarctica*) y el 5% a otras especies. Dicho volumen habría aumentado a 20.183 m³ sólidos/año en 2017, con una penetración del 99% y un consumo por vivienda de 14,0 m³ sólidos/vivienda/año. Entre 2006 y 2017, las viviendas urbanas de la ciudad aumentaron en un 35%, pero el consumo de leña lo hizo en solo un 9%. Esto se debe a que el consumo por vivienda cayó en un 1,6% anual, así como también levemente la penetración (proporción de viviendas que consumen leña). Sin embargo, roble y lenga siguen siendo las especies más importantes en el abastecimiento de leña en dicha comuna.

4.3. Impactos del consumo de leña

En general, y al igual que en otras regiones de Chile, la proporción de leña que proviene de bosque nativo ha disminuido en los últimos 30 años debido a una mayor disponibilidad de madera de eucalipto, aramo, pino insigne y otras especies. En 1992, el 86% de la leña que se consumía en la región

de La Araucanía correspondía a especies nativas, equivalentes a 987.240 m³ sólidos/año (INFOR, 1994). Esto se redujo al 40% del volumen total en 2017, equivalentes a 988.599 m³ sólidos/año. Es decir, prácticamente no ha habido aumento en el volumen de leña nativa, a pesar del crecimiento demográfico de la región. Por el contrario, el volumen de leña que proviene de plantaciones aumentó de 152.760 m³ sólidos/año en 1992 a 1.715.277 m³ sólidos/año en 2017, lo que implica una expansión de más de 1.000%.

La abundancia de madera de eucalipto, aramo y pino insigne ha evitado que aumente la presión sobre el bosque nativo, manteniendo el precio de la leña en niveles accesibles para las familias, especialmente en ciudades pequeñas y áreas rurales donde es posible incluso recolectarla. En 2017, la energía generada con leña tuvo un costo de 11 \$/kWh en áreas rurales (leña comprada). Dicho costo aumentó a 13 \$/kWh en ciudades pequeñas y a 14 \$/kWh en ciudades intermedias, mientras que el costo promedio del kerosene, el gas licuado y la electricidad, al año 2017, fue de 55, 83 y 150 \$/kWh, respectivamente. Considerando que el precio del kerosene y el gas licuado aumenta en ciudades pequeñas y áreas rurales, los cuales tienen además el costo de transportar el combustible, es entendible que su penetración y niveles de consumo sean menores a los observados en ciudades grandes.

Imagen 3.
Leña en Lonquimay.



Fuente: I. Municipalidad de Lonquimay.

El impacto social y ambiental del consumo de leña, más allá de la contaminación atmosférica, es tremendamente positivo. Si no existiera biomasa abundante, en un contexto climático como el que caracteriza a la región de La Araucanía, estaríamos lamentando altas tasas de deforestación y degradación de bosque nativo, así como también altos niveles de pobreza de energía y problemas de salud asociados a la dificultad de los hogares para pagar una calefacción adecuada en base a kerosene, gas licuado u otras fuentes de energía, que son mucho más caras. Las enfermedades que resultan de vivir en ambientes fríos y húmedos tienen impactos económicos concretos, que se traducen en problemas como altas tasas de ausentismo laboral y bajo desempeño escolar, y en general una mala calidad de vida (Mannucci y Franchini, 2017; Gordon *et al.*, 2014; Baker *et al.*, 2012).

4.4. Consumo de energía y transición energética

De los 9.000 gigawatt-hora/año que consume el sector residencial (urbano y rural) de la región de La Araucanía, el 6% corresponde a electricidad, lo que equivale a 550 gigawatt-hora/año. Esta cifra coincide con los 551,5 gigawatt-hora/año que estimó el Ministerio de Energía (2020a). La misma fuente de información estimó un consumo promedio de electricidad por vivienda (urbana y rural) en la región de La Araucanía de 1.824 kWh/vivienda/año, mientras que este estudio estimó 1.662 kWh/vivienda/año.

Algo similar ocurre con el gas licuado, que representó el 8% del consumo final de energía en el sector residencial (urbano y rural) en 2017. Este estudio estimó un consumo final de 50 mil

toneladas/año, mientras que el Ministerio de Energía (2020b) estimó una venta de 54 mil toneladas/año (incluyendo sector público y comercial). Como se observa, las cifras sobre consumo final de energía de este estudio son bastante coincidentes con aquellas publicadas por el Ministerio de Energía, a excepción de leña. Esto es relevante, toda vez que la energía aportada por este combustible representa el 85% del consumo final de energía del sector residencial. Desde ese punto de vista urge corregir y actualizar las cifras.

La región de La Araucanía ha experimentado un proceso de transición energética muy dinámico en los últimos 30 años. Este proceso se ha caracterizado por una expansión significativa de la electricidad, la cual llega a prácticamente el 100% de las viviendas urbanas y rurales, consolidándose en usos tan disímiles como iluminación, uso de electrodomésticos, agua caliente, e incluso como complemento de calefacción, en especial en ciudades grandes e intermedias. El gas licuado ha penetrado con fuerza en sectores rurales, utilizándose básicamente para cocinar, y en áreas urbanas para cocinar, calentar agua y como complemento de calefacción. Sin embargo, en ciudades grandes se observa cierto reemplazo de gas licuado por energía solar para producir agua caliente sanitaria. El kerosene se utiliza para calefacción, especialmente en ciudades grandes e intermedias, pero no hay evidencia de que esté reemplazando a la leña, ni de que esté aumentando significativamente su penetración y consumo, tal como se observó en la ciudad de Valdivia (Reyes, 2017).

En cuanto a los biocombustibles sólidos, el carbón vegetal es poco

relevante, especialmente en áreas urbanas donde se utiliza en la preparación de asados. Muchas veces se confunde el uso de brasas que provienen de estufas a leña, con el consumo de carbón vegetal, cuando en realidad ambos combustibles son distintos. Las brasas que provienen de estufas a leña o fogones no corresponden a carbón vegetal, sino a un subproducto de leña o desechos forestales. En relación a estos últimos, su uso energético es muy frecuente en aserraderos, plantas de celulosa y otras instalaciones forestales, y crecientemente se están utilizando para la producción de pellet. No se observa un consumo significativo de desechos forestales en el sector residencial, aunque es posible que parte de la biomasa que la gente recolecta en sus predios o en áreas peri-urbanas, y que erróneamente denominan leña, sean desechos forestales (desechos de actividades silvícolas). Esto no pudo ser evaluado en este estudio.

Con respecto al pellet, SICAM (2018) estimó una penetración del 8% en la conurbación Temuco-Padre Las Casas. También se observa un consumo importante de pellet en los municipios de la región. Este combustible está reemplazando a la leña en muchas viviendas, proceso que se observa también en Puerto Montt, Osorno y otras ciudades importantes de la región de Los Lagos (Reyes *et al.*, 2020), de la mano de la implementación de Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA). Más allá del subsidio que entrega el Estado para estimular este proceso, el ingreso del pellet como alternativa energética de los hogares está creciendo a un ritmo acelerado lo que ha generado incluso problemas de abastecimiento (quiebres de stock). Esta creciente demanda de pellet,

en especial en viviendas pertenecientes a estratos socioeconómicos medios y altos, es uno de los factores que están permitiendo estabilizar las cifras de consumo de leña en la Conurbación Temuco-Padre Las Casas, a pesar del crecimiento demográfico. De hecho, en ciudades grandes e intermedias, el pellet es la fuente de

energía favorita de los hogares al momento de evaluar el reemplazo de la leña por otra fuente de energía, lo que permite proyectar una mayor transición en esa dirección hacia el futuro. No ocurre lo mismo en áreas rurales o ciudades pequeñas, donde aún es un combustible poco conocido.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Sr. Juan Carlos Pinilla, coordinador de la Línea de Investigación de Biomasa Forestal y Energía del Instituto Forestal (INFOR), por su apoyo durante el levantamiento de información. Agradecemos también a las familias que nos recibieron en sus hogares y tuvieron la paciencia de responder la encuesta, y a los miembros del comité científico por sus valiosos comentarios y sugerencias.

Imagen 4.

Profesionales monitoreando el contenido de humedad de la leña, ciudad de Temuco.



5. REFERENCIAS

- Ábalos, M. 1997.** Estimación del consumo de leña en las regiones V, IX y X. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile, p 115.
- Baker, M.G., Barnard, L.T., Kvalsvig, A., Verrall, A., Zhang, J., Keall, M., Wilson, N., Wall, T., Howden-Chapman, P. 2012.** Increasing incidence of serious infectious diseases and inequalities in New Zealand: a national epidemiological study. *The Lancet* 379(9821), 1112-1119. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61780-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61780-7)
- BCN (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile). 2018.** Clima y vegetación, Región de La Araucanía. Chile nuestro país. Disponible en: <http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region9/clima.htm>
- 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). 2017.** Superficies de uso de suelo regional (actualizado a agosto 2017). Versión digital.
- Díaz, P. 2011.** Análisis del mercado de la leña en el área urbana de la comuna de Villarrica. Tesis para optar al título de ingeniero forestal. Universidad Católica de Temuco. Escuela de Cs. Forestales. 49 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.
- Gordon, S.B., Bruce, N.G., Grigg, J., Hibberd, P.L., Kurmi, O.P., Lam, K.H., Mortimer, K., Asante, K.P., Balakrishnan, K., Balmes, et al. 2014.** Respiratory risks from household air pollution in low and middle income countries. *The Lancet Respiratory Medicine* 2(10), 823-860. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(14\)70168-7](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(14)70168-7)
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2005.** CHILE: ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2005. Disponible en <http://www.ine.cl/estadisticas/censos/censos-de-poblacion-y-vivienda>
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2013.** Encuesta Nacional Industrial Anual 2013. Disponible en <http://www.ine.cl/inicio/publicaciones>
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2017.** Censo de Población y Vivienda 2017. Población y viviendas ocupadas en la región de La Araucanía y el Biobío, en el sector urbano y rural. Disponible en <http://redatam.ine.cl/>
- INFOR (Instituto Forestal). 1994.** Evaluación del consumo de leña en Chile. Informe Final.
- INFOR (Instituto Forestal). 2019.** Subproductos madereros de la industria del aserrio 2019. Boletín estadístico N° 170. Disponible en <http://wef.infor.cl/>
- Mannucci, P., Franchini, M. 2017.** Health effects of ambient air pollution in developing countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14(9), 1048. <https://doi.org/10.3390/ijerph14091048>
- Ministerio de Desarrollo Social. 2017.** Resultados encuesta CASEN 2017. Uso de leña y otros combustibles en la región de La Araucanía y el Biobío. Disponible en: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen-multidimensional/casen/casen_2017.php
- Ministerio de Energía. 2018.** Anuario estadístico de energía 2018. Disponible en <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2019/04/Anuario-CNE-2018.pdf>
- Ministerio de Energía. 2019.** Anuario estadístico de energía 2019. Disponible en <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2019/04/Anuario-CNE-2019.pdf>
- Ministerio de Energía. 2020a.** Energía abierta. Electricidad. Consumo eléctrico anual por comuna y tipo de cliente. Disponible en <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/241686/consumo-electrico-anual-por-comuna-y-tipo-de-cliente/>
- Ministerio de Energía. 2020b.** Energía abierta. Hidrocarburos. Venta nacional de gas licuado de petróleo por región. Disponible en <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/241254/venta-nacional-de-gas-licuado-pe-troleo/>
- Municipalidad de Lonquimay. 2007.** Ciclo integral de la leña, zona urbana comuna de Lonquimay. Programa de Desarrollo Forestal (PRODEFOR). 22 p.
- 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 OCDDM. Instituto Forestal, Chile. p. 20.
- Reyes, R., Sagardía, R., Schueftan A. 2018.** Consumo de combustibles derivados de la madera y transición energética en la Región del Maule. En: *Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad*, Año 4. N° 8. Enero 2018. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDDM. Instituto Forestal, Chile. p. 24.
- Reyes, R., Sanhueza, R., Schueftan A. 2020.** Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Los Lagos. Informe de avance noviembre 2020. convenio Ministerio de Energía - INFOR, Decreto N° 307 del 02/12/2019.
- SICAM (Servicios Integrales de Calidad Ambiental). 2018.** Actualización del inventario de emisiones atmosféricas para las comunas de Temuco y Padre Las Casas, año base 2017. Temuco, Chile. 222 pp.
- Superintendencia de Medio Ambiente. 2013.** Informe de fiscalización ambiental, caldera de biomasa planta Pacífico. Disponible en <https://snifa.sma.gob.cl/Fiscalizacion/Ficha/4040522>
- Universidad de Concepción. 2002.** Priorización de medidas de reducción de emisiones por uso residencial de leña para la gestión de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas. Estudio realizado a solicitud de la Comisión Nacional de Medio Ambiente.

BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Número 12 | DIC. 2020

Proyecto apoyado por

