



Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Aysén: adopción acelerada del pellet en la ciudad de Coyhaique, y predominio de la leña en el resto de la región

BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Informes BES | Número 14 | Año 07 | DIC. 2021

Producción y diagramación: Stephanie Hauyon, Diseñadora Gráfica

Editor general: René Reyes, Ingeniero Forestal (Ph.D.), Investigador Instituto Forestal
Comité editor: Juan Carlos Cisternas, Encargado Defor Oficina Provincial Aysén,
Corporación Nacional Forestal, región de Aysén; Jimena Silva, Encargada Área
Calidad del Aire y Cambio Climático, SEREMI del Medio Ambiente, región de Aysén.

Colaboradores: Petra Svitkova y Eric González (fotografías).

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., González, E. 2021. Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Aysén: adopción acelerada del pellet en la ciudad de Coyhaique, y predominio de la leña en el resto de la región. En: Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 7. N° 14. Diciembre 2021. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 38.

Índice

03 RESUMEN

04 INTRODUCCIÓN

05 MÉTODOS

11 RESULTADOS

30 DISCUSIÓN

35 AGRADECIMIENTOS

35 REFERENCIAS

Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Aysén: adopción acelerada del pellet en la ciudad de Coyhaique, y predominio de la leña en el resto de la región

René Reyes¹, Rafael Sanhueza¹, Alejandra Schueftan^{1,2} y Eric González³

¹ Instituto Forestal, Fundo Teja Norte sin número, Valdivia, Chile

² Instituto de Arquitectura y Urbanismo, Facultad de Arquitectura y Artes, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

³ Consultor independiente, Puerto Varas, Chile

RESUMEN

La leña es una de las principales fuentes de energía de la región de Aysén. Sin embargo, no existen estudios que estimen su consumo a escala regional. A partir de encuestas que fueron aplicadas el año 2021, desde La Junta hasta Villa O'Higgins, se analizó el consumo de energía del sector residencial. El consumo total de energía en la región fue de 1.708 gigawatt-hora/año, el 80% de la cual proviene de la leña, el 8% del gas licuado, el 5% de la electricidad, el 5% del pellet, el 1,5% de kerosene y el 0,5% de otras fuentes de energía. El consumo de leña fue de 565.456 m³ sólidos/año (64% urbano y 36% rural). En áreas urbanas, el 82% de las viviendas consumen leña a un promedio de 14 m³ sólidos/vivienda/año, y en áreas rurales el 99% de las viviendas consumen leña a un promedio de 21 m³ sólidos/vivienda/año. La comuna de Coyhaique concentra el 44% del consumo regional de leña, aunque se observa un fuerte desacople entre crecimiento demográfico y consumo de leña, debido a una serie de factores, entre los que destaca el ingreso del pellet al menú energético de las familias. El Plan de Descontaminación Atmosférica implementado en Coyhaique está acelerando procesos de transición energética que han permitido reducir el consumo de leña. Fortalecer ese proceso, e implementar un plan integral de eficiencia energética que implique mejorar el programa de reacondicionamiento térmico de viviendas y hacer más exigentes las normas de emisiones de calefactores a leña, sería un buen camino. Algo similar debería implementarse en Puerto Aysén, Cochrane y otras localidades para que toda la región avance al mismo ritmo.

Palabras clave | leña, pellet, calefacción, transición energética, bosque nativo, Aysén



1. INTRODUCCIÓN

La región de Aysén registra el consumo de leña por habitante más alto del país, junto con la región de Magallanes, y uno de los más altos a nivel mundial (FAO, 2017). Esta región cuenta con una alta disponibilidad de biomasa, debido a la abundancia de bosques nativos, plantaciones forestales y áreas cubiertas por pinos asilvestrados, y serios problemas de conectividad que históricamente han dificultado el acceso a otras fuentes de energía.

El uso de leña en esta región tiene un enorme arraigo cultural, que se remonta a la presencia misma de los seres humanos en la zona, quienes la han utilizado para cocinar y calentarse debido al clima

frio y húmedo que caracteriza a la Patagonia chilena. Hoy, un alto porcentaje de las familias de la región siguen consumiendo leña, lo que está provocando problemas serios de contaminación atmosférica en las ciudades de Coyhaique, Puerto Aysén, Cochrane y Puerto Cisnes.

La contaminación atmosférica que se observa en invierno en la ciudad de Coyhaique ha dado la vuelta al mundo, siendo señalada como una de las ciudades con la peor calidad del aire del continente americano (Pérez et al., 2020). A raíz de esta situación, Coyhaique fue declarada zona saturada por material particulado MP10 en 2012, lo que implicó la elaboración de un Plan

de Descontaminación Atmosférica (PDA) que entró en vigencia en 2016. Ese mismo año, la ciudad fue declarada zona saturada por material particulado fino MP2,5, a partir de lo cual se actualizó el PDA vigente. El nuevo PDA, que considera ambos contaminantes, comenzó a operar en 2019.

Sin embargo, a pesar de la enorme importancia que ha alcanzado el tema, no existen cifras confiables sobre el consumo regional de leña. Las estimaciones disponibles corresponden a extrapolaciones difíciles de defender desde un punto de vista metodológico. En el caso de INFOR (1994), la estimación se basó en la extrapolación de encuestas

que fueron aplicadas en la región de Los Lagos, y en el caso de CDT (2015) a la extrapolación de encuestas que fueron aplicadas en las comunas de Coyhaique y Puerto Aysén, un 82% de las cuales se realizaron en áreas urbanas.

En el caso de Coyhaique existe más información, aunque no actualizada, la que permite analizar mejor los cambios que se han producido en el consumo de leña y de otras fuentes de energía, durante las últimas décadas. Para Puerto Aysén solo hay disponible un estudio, el que caracteriza el consumo de leña

y sirve como referencia (INFOR, 2004). Para el resto de las ciudades de la región no hay nada, al menos no publicado formalmente, al igual que para el sector residencial rural.

En un contexto 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 cuatro estratos, siguiendo un gradiente demográfico asociado al tamaño de las urbanizaciones (Ábalos, 1997): ciudades grandes (Coyhaique), ciudades intermedias (Puerto Aysén), ciudades pequeñas (Villa Mañihuales, Puerto Chacabuco, Puerto Cisnes, La Junta, Melinka, Cochrane y Chile Chico.) y viviendas rurales. En el caso del sector rural, las encuestas se distribuyeron proporcionalmente al tamaño de dos subsectores: explotaciones con tierra y explotaciones sin tierra (villas y caseríos que no alcanzan a ser consideradas áreas urbanas) (INE, 2019). El muestreo se llevó a cabo a pesar de la pandemia, tomando todas las medidas sanitarias recomendadas por el Ministerio de Salud, entre los meses de marzo y julio de 2021. Desafortunadamente, los sectores industrial, comercial y público no fueron incluidos en el estudio debido a limitaciones presupuestarias.

2. MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo es una de las 16 regiones administrativas de Chile (Figura 1), se encuentra entre los 43°38' y 49°16' latitud sur y tiene una superficie de 108.494 km² (BCN, 2021). La región de Aysén limita al norte con la región de Los Lagos, al sur con la región de Magallanes, al este con Argentina y al oeste con el Océano Pacífico.

Esta región tiene un clima oceánico de bajas temperaturas, con abundantes precipitaciones, fuertes vientos y mucha humedad, lo que varía fuertemente en el gradiente



longitudinal debido a la presencia de la Cordillera de Los Andes. En el lado occidental de la cordillera, la región está compuesta por islas y fiordos, con altas precipitaciones, fuertes vientos del oeste y alta humedad. La lluvia acumulada fluctúa entre los 3.000 y 4.000 mm anuales (ej. Puerto Aysén tiene precipitaciones de 2.940 mm anuales). Hacia el este, en cambio, predomina un clima de estepa fría. Debido a la protección de la Cordillera de Los Andes, esta zona presenta menos precipitaciones, las cuales llegan a los 621 mm anuales en localidades como Balmaceda, y 1.385 mm anuales en Coyhaique. Las temperaturas son generalmente bajas, siendo enero el mes más cálido y julio el mes más frío del año (BCN, 2021).

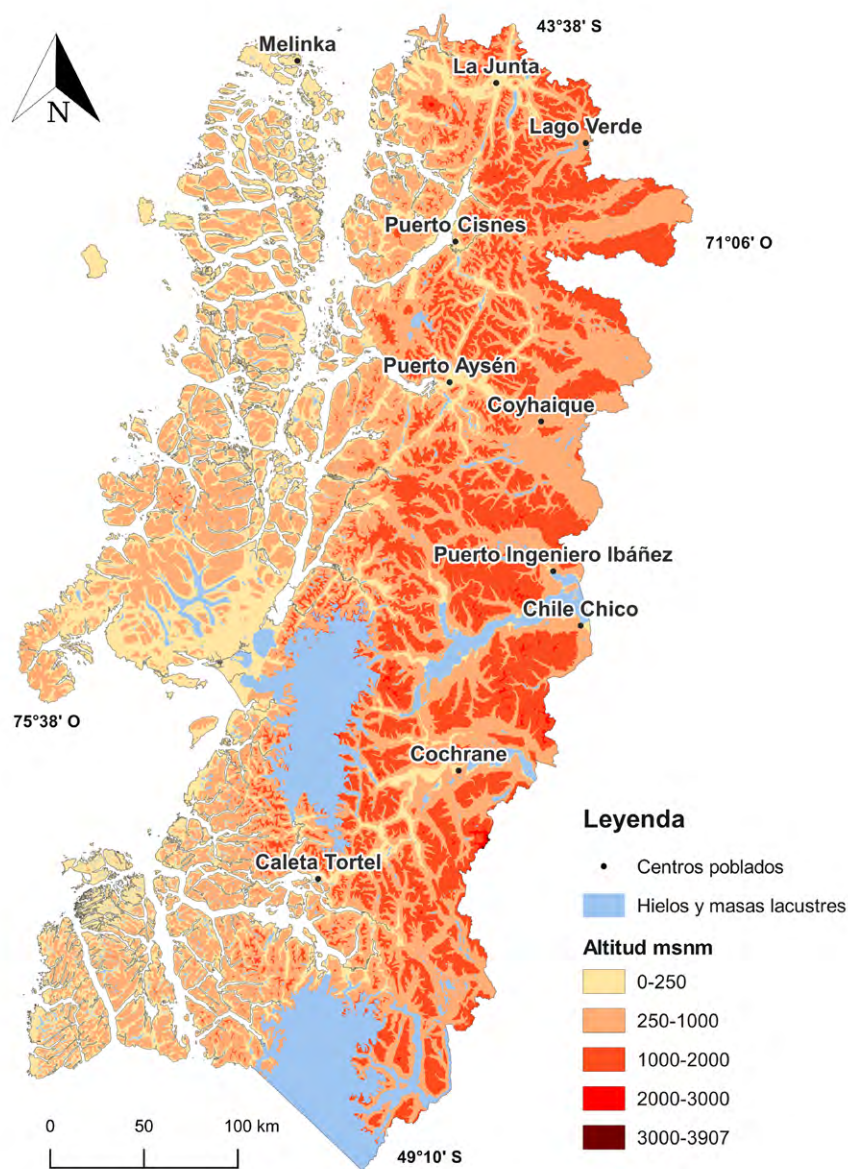
Esta región se caracteriza por su geografía accidentada, con abundantes montañas y la ausencia del valle central que caracteriza a la zona centro y centro-sur de Chile, entre las regiones Metropolitana y de Los Lagos. En su reemplazo aparecen fiordos y archipiélagos que constituyen un borde costero tremendamente irregular, con abundantes glaciares y montañas que pueden superar los 3 mil metros de altura. En esta región, la Cordillera de Los Andes penetra hacia el oeste, lo que genera una zona de estepa, donde se encuentran buena parte de los asentamientos al sur del Río Simpson (Coyhaique).

La región de Aysén tiene una población de 103.158 habitantes (INE, 2017), los cuales se concentran en las ciudades de Coyhaique (49.968) y Puerto Aysén (17.096). El 80% de la población de la región vive en áreas urbanas y el 20% en áreas rurales.

El 41% de la superficie regional está cubierta por bosque nativo, el 26% por praderas y matorrales, el 15% por nieves y glaciares, el 13% por áreas desprovistas de vegetación, y el 5%

por otros usos del suelo (CONAF, 2017). Desde un punto de vista productivo, esta región se orienta a la ganadería, la acuicultura (salmones), y el turismo.

Figura 1.
Área de estudio



2.2. Estimación del consumo de leña y otros biocombustibles sólidos

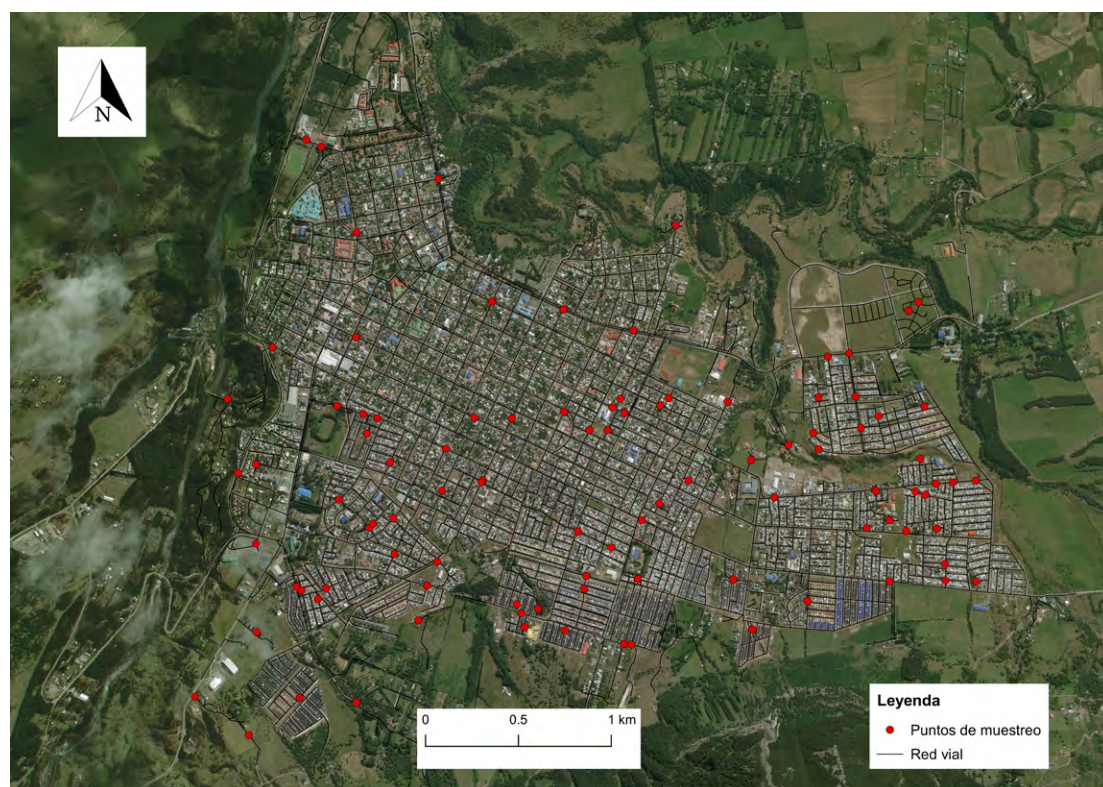
Para estimar el consumo de la leña y otros biocombustibles sólidos en el sector residencial, se aplicaron encuestas presenciales a una muestra de viviendas en áreas urbanas y rurales.

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, 2019):

- Ciudades grandes (entre 40 y 100 mil habitantes): Coyhaique.
- Ciudades intermedias (entre 15 y 40 mil habitantes): Puerto Aysén.
- Ciudades pequeñas (menos de 15 mil habitantes): Villa Mañihuales, Puerto Chacabuco, Puerto Cisnes, La Junta, Melinka, Cochrane y Chile Chico.

Figura 2.
Distribución de la muestra en la ciudad de Coyhaique



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 (Krejcie y Morgan, 1970):

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

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)

En la ciudad de Coyhaique el tamaño de la muestra fue de 100 encuestas, en Puerto Aysén de 77 encuestas, y en las ciudades pequeñas de 101 encuestas (Cuadro 1). Las 101 encuestas aplicadas en ciudades pequeñas se distribuyeron de forma proporcional al tamaño relativo de cada una de ellas.

Para marcar los puntos de muestreo al interior de las ciudades 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. 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.

Cuadro 1
 Distribución de la muestra en la región de Aysén.

Urbano Pequeño		Rural sin tierra		Rural con tierra	
Localidad	n	Localidad	n	Localidad	n
Villa Mañihuales	13	Bahía Murta	4	Coyhaique	45
Puerto Chacabuco	7	Caleta Tortel	5	Lago Verde	1
Puerto Cisnes	17	Puerto Guadal	6	Aysén	11
La Junta	10	Balmaceda	4	Cisnes	6
Melinka	10	Ñirehuao	4	Guaitecas	0
Cochrane	21	El Blanco	3	Cochrane	4
Chile Chico	23	Valle Simpson	4	O'Higgins	0
		Lago Verde	4	Tortel	0
		Villa Tapera	3	Chile Chico	5
		Puerto Aguirre	7	Río Ibañez	3
		Pto. Puyuhuapi	7		
		Cerro Castillo	4		
		Puerto Ing. Ibáñez	9		
		Río Tranquilo	5		
		Villa O'Higgins	5		
101		74		75	

2.2.2. Sector residencial rural

El tamaño de la muestra fue de 149 encuestas, estimado en base a la ecuación (1). Ésta se distribuyó de forma proporcional entre viviendas rurales con tierra y viviendas rurales sin tierra, utilizando como referencia el estudio publicado por INE (2019). Las viviendas sin tierra corresponden a pequeñas villas, aldeas o caseríos que no alcanzan a ser consideradas áreas urbanas (ej. Murta, Lago Verde o Villa O'Higgins). En el sector rural con tierra se aplicaron 75 encuestas, las cuales fueron ubicadas en el territorio de forma aleatoria, utilizando el algoritmo *Random Points Inside Polygon* de QGIS 3.0. El polígono que se utilizó para esto no consideró lagos, ríos, alta montaña y otros sectores donde no habita población rural. En el caso del sector rural sin tierra se aplicaron 74 encuestas, las cuales se distribuyeron de forma proporcional al tamaño de las villas, aldeas y caseríos seleccionados a partir del último Censo de Población y Vivienda, siguiendo el mismo procedimiento utilizado en el sector urbano. En ambos casos 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.

Las encuestas aplicadas en el sector urbano y rural utilizaron el mismo procedimiento. El encuestador se dirigió a los puntos de muestreo sorteados, cada uno de los cuales tenía asociado un ID (código de cinco dígitos). En



terreno, el encuestador seleccionó la casa más cercana al punto de muestreo y preguntó por el principal tomador de decisiones de la vivienda (jefe(a) de hogar). Al inicio de la conversación, el encuestador se presentó, explicó el estudio (alcance y objetivos) y entregó una copia de la carta en la cual se explican los derechos del encuestado (anonimato y protección de la información). Este procedimiento aseguró

una participación informada y consentida. En caso de que los tomadores de decisión no estuviesen en casa o decidieran no participar en el estudio, la vivienda fue reemplazada por otra contigua (primera prioridad al lado derecho de la vivienda seleccionada y segunda prioridad al lado izquierdo). En áreas rurales, se reemplazó por la vivienda más próxima.

2.3. Consumo de energía en el sector residencial

La encuesta contempló un set de preguntas orientadas a caracterizar el consumo de leña en la vivienda, pero también el consumo de otras fuentes de energía: gas licuado, gas natural, pellet, kerosene, gasolina, diésel, carbón vegetal, electricidad (de red), energía solar y energía eólica.

Se consideró todo el consumo de energía de la vivienda, excepto aquella utilizada en transporte (gasolina o Diésel para vehículos). De esta forma, fue posible estimar el consumo final de energía para calefacción, cocina, agua caliente sanitaria, iluminación y uso de electrodomésticos. Los factores utilizados para la transformación de unidades fueron los siguientes:

Donde,

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

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

K_i = consumo de kerosene de la vivienda i (kWh/año)

O_i = consumo de gasolina de la vivienda i (kWh/año)

D_i = consumo de Diésel de la 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} = consumo del combustible j en la vivienda i (unidad/año)

CV = precio del kilowatt-hora incluyendo cargos fijos (pesos/kWh)

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

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

$$K_i = V_{ij} \left(\frac{\text{litro}}{\text{año}} \right) \times 10,45 \left(\frac{kWh}{\text{litro}} \right) \quad (4)$$

$$O_i = V_{ij} \left(\frac{\text{litro}}{\text{año}} \right) \times 9,66 \left(\frac{kWh}{\text{litro}} \right) \quad (5)$$

$$D_i = V_{ij} \left(\frac{\text{litro}}{\text{año}} \right) \times 10,70 \left(\frac{kWh}{\text{litro}} \right) \quad (6)$$

$$E_i = V_{ij} \left(\frac{\text{peso}}{\text{año}} \right) / CV \left(\frac{\text{peso}}{kWh} \right) \quad (7)$$

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

$$P_i = V_{ij} \left(\frac{\text{kilo}}{\text{año}} \right) \times 4,8 \left(\frac{kWh}{\text{kilo}} \right) \quad (9)$$

En el caso de la gasolina y el Diésel, solo se consideró el volumen que se utiliza en generadores que producen electricidad, los cuales se encuentran con frecuencia en áreas rurales de la región de Aysén. Esta información permitió analizar la importancia relativa de los combustibles y sus niveles de penetración y consumo en las distintas localidades, entre otros aspectos.

3. RESULTADOS

3.1. Características demográficas y socioeconómicas de las viviendas encuestadas

A nivel regional, el 49% de las personas que respondieron la encuesta fueron hombres y el 51% mujeres. Sin embargo, estos porcentajes variaron en el gradiente urbano-rural. En la ciudad de Coyhaique solo el 33% de los participantes fueron hombres, en la ciudad de Puerto Aysén el 43%, en ciudades pequeñas el 49%, en áreas rurales sin tierra el 52% y en áreas rurales con tierra el 75%. Esta mayor participación masculina en áreas rurales también se ha observado en otras regiones del país, y se debe a factores culturales (roles más marcados, mayor aversión al riesgo, entre otros).

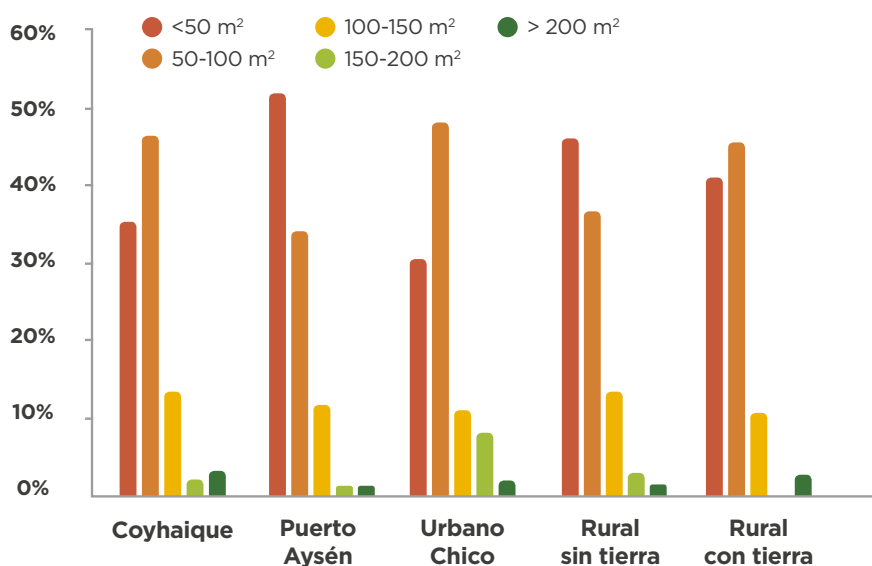
Los encuestados promediaron 51 años de edad, y no se observaron diferencias estadísticamente significativas a lo largo del gradiente urbano-rural. Por ejemplo, en Coyhaique la edad promedio fue de 49 años, mientras que en áreas rurales con tierra fue de 53 años. Con respecto a la escolaridad se observaron algunas diferencias, ya que en la ciudad de Coyhaique las personas encuestadas promediaron 12 años de educación formal (equivalente a educación media completa), mientras que en áreas rurales con tierra 9 años. El error de estas estimaciones fue menor al 4%.

La cantidad de personas que habitan las viviendas varió entre 1 y 9, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos estratos. El 68% de las viviendas son habitadas por 3 personas o menos, y el 32% restante

por 4 personas o más. En Puerto Aysén, las familias tendieron a ser más grandes que en el resto de los estratos, y en el sector rural con tierra ligeramente más pequeñas.

Con respecto a las viviendas, en la ciudad de Coyhaique el 58% fueron construidas antes del año 2000, lo que aumentó al 65% en Puerto Aysén y al 62% en ciudades pequeñas. En áreas rurales, el 55% son anteriores al año 2000. El tamaño de las viviendas varió enormemente, desde 15 a 510 m² (promedio 73 m² y desviación estándar de 48 m²). En Coyhaique promediaron 74 m² y en Puerto Aysén 65 m². La mayor parte de las viviendas tienen menos de 100 m² (Figura 3). Puerto Aysén mostró una mayor proporción de viviendas con menos de 50 metros cuadrados.

Figura 3
Tamaño de las viviendas.



La Figura 4 muestra el histograma de frecuencias del gasto familiar declarado, en miles de pesos por mes. Esto corresponde al monto gastado por las familias para satisfacer sus necesidades de salud, educación, alimentación, vivienda¹ y transporte, entre otras, y se considera una variable “proxy” del ingreso familiar, que normalmente es más difícil de medir a través de encuestas. En Coyhaique el 58% de las familias declaró menos de \$600.000 por mes, en Puerto Aysén el 75%, en ciudades pequeñas el 68%, y en áreas rurales el 79%.

En Coyhaique, el gasto familiar promedio fue de 669 mil pesos mensuales y en Puerto Aysén de 585 mil pesos mensuales. Esta cifra se redujo gradualmente hacia el sector rural con tierra (Figura 5).

¹ Incluye el pago de créditos hipotecarios, y arriendos.

Figura-4
Histograma de frecuencias del gasto familiar declarado

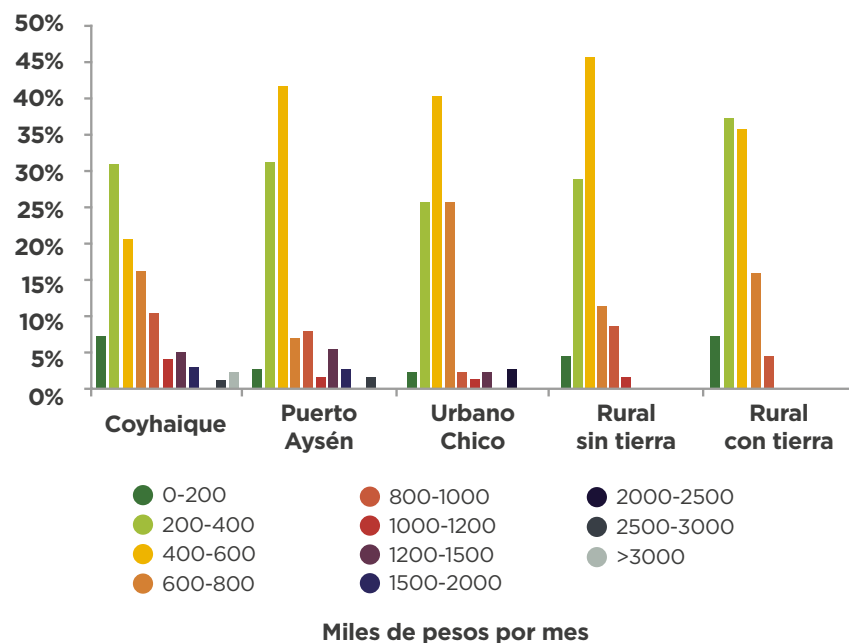
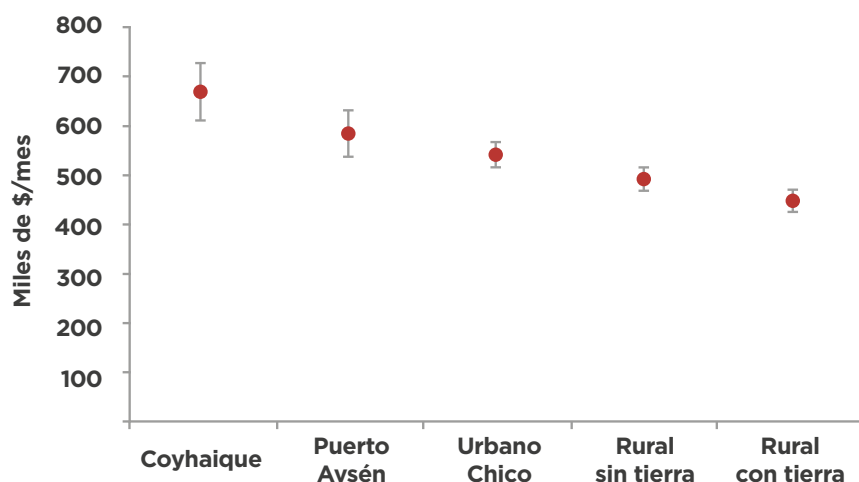


Figura 5
Gasto familiar declarado (promedio y error estándar)



3.2. Consumo de leña en la región de Aysén

3.2.1. Sector residencial urbano

Sin considerar a los edificios de departamentos, el 82% de las viviendas urbanas de la región de Aysén declaró que consumen leña a un promedio de 14 m³ sólidos/vivienda/año², lo que implica un consumo total de 361.076 m³ sólidos/año (error del 7%). La ciudad de Coyhaique fue responsable del 44% de ese volumen, con un consumo anual de 160.690 m³ sólidos/año (intervalo de confianza al 95%: 136.654 - 184.725 m³ sólidos/año), Puerto Aysén consumió el 29%, lo que equivale a 103.099 m³ sólidos/año (intervalo de confianza al 95%: 91.691 - 114.508 m³ sólidos/año), y las ciudades pequeñas el 27% restante (97.286 m³ sólidos/año; intervalo de confianza al 95%: 86.664 - 107.909 m³ sólidos/año). El Cuadro 2 muestra el porcentaje de viviendas que consumen leña por estrato, de acuerdo al diseño metodológico del estudio, el consumo total y el error estándar de la estimación.

² 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. Para efectos de este documento, 1 metro cúbico estéreo= 0,64 metros cúbicos sólidos.

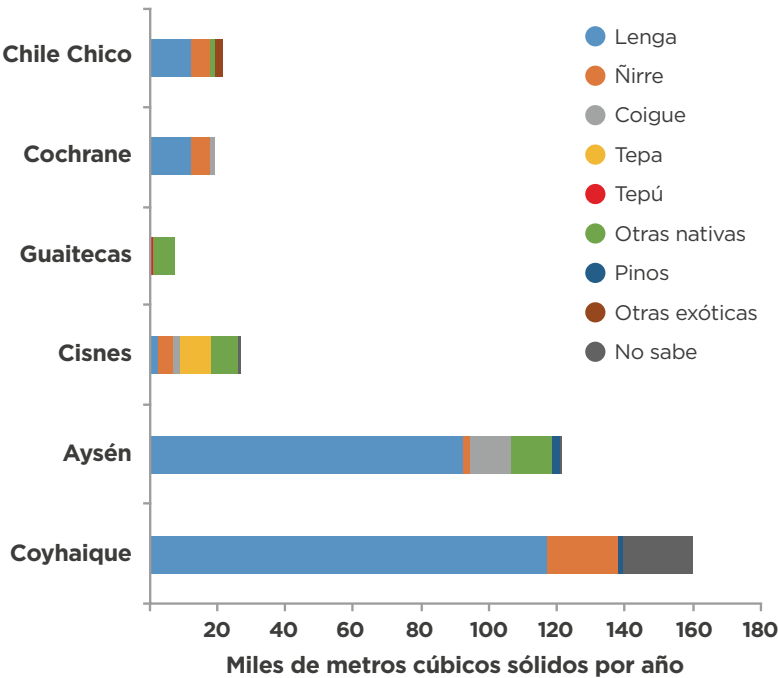
Cuadro 2
Penetración y consumo de leña por estrato, sector residencial urbano.

Estrato	Penetración (% viviendas) ¹	Consumo (m³ sól/viv/año)	Error estándar (m³ sól/viv/año)
Ciudades grandes (Coyhaique)	73%	11,8	0,9
Ciudades intermedias (Puerto Aysén)	94%	17,0	1,0
Ciudades pequeñas ²	98%	15,8	0,9
Promedio ponderado	82%	14,0	0,9

¹ Sin considerar a los edificios de departamentos.

² Villa Mañihuales, Puerto Chacabuco, Puerto Cisnes, La Junta, Melinka, Cochrane y Chile Chico.

Figura 6
Consumo de leña por especie en el sector residencial urbano.



Nota: las comunas de Lago Verde, Ibáñez, Tortel y O'Higgins no tienen población urbana debido al tamaño de sus asentamientos. Esas aldeas y villorrios se contabilizan como población rural.

Después de Coyhaique y Puerto Aysén, la ciudad de Puerto Cisnes consumió el 8% del volumen de leña utilizado en el sector residencial urbano de la región, seguido por Chile Chico (6%), Cochrane (6%), Villa Mañihuales (5%), Chacabuco (5%) y Melinka (2%).

En la ciudad de Coyhaique, el uso predominante de la leña fue calefacción, aunque aún un 30% de las familias la utilizan también para cocinar. En Puerto Aysén, el porcentaje de viviendas que cocinan con leña es mayor, llegando al 48%, y en ciudades pequeñas al 54%.

El 66% de la leña utilizada en el sector residencial urbano correspondió a lenga, el 11% a ñirre, el 4% a coigüe, el 11% a otras nativas, el 2% a pino y otras exóticas y el 6% no fue identificado. En la ciudad de Coyhaique, el 73% de la leña corresponde a lenga y el 13% a ñirre, mientras que en la ciudad de Puerto Aysén la dependencia de lenga es mayor, representando el 85% del volumen total, ñirre el 1%, y otras nativas el 14%. En las ciudades pequeñas de la región la composición del consumo varió dependiendo de su ubicación geográfica. En La Junta,

Melinka, Puerto Cisnes, Puerto Chacabuco y Villa Mañihuales, el 20% del consumo correspondió a coigüe, el 17% a tepa, el 15% a lenga, el 11% a ñirre, el 2% a tepú, el 27% a otras nativas, el 2% a pino y el 6% no fue identificado (Figura 6).

El Cuadro 3 muestra el consumo de leña del sector residencial urbano por comuna, y las especies más utilizadas.

Según los datos aportados por la encuesta, en el sector residencial urbano de la región de Aysén se estimaron un total de 35.169 calefactores a leña y pellet instalados, de los cuales el 48% correspondió a estufas de combustión lenta, el 38% a cocinas a leña, el 13% a estufas a pellet y el 1% a otros equipos (estufas hechizas, salamandras y chimeneas). El Cuadro 4 muestra la distribución

comunal de los artefactos. Llama la atención la gran penetración que ha logrado el pellet en la ciudad de Coyhaique, y en menor medida en la ciudad de Puerto Aysén.

Cuadro 3

Consumo y composición del consumo de leña por comuna en el sector residencial urbano de la región de Aysén

Comuna ¹	Consumo y composición (m ³ sólidos/año)									
	Lenga	Ñirre	Coigüe	Tepa	Tepú	Otras nativas	Pino	Otras exóticas ²	No sabe	Total
Coyhaique	117.304	20.890	-	-	-	-	1.607	-	20.890	160.690
Lago Verde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aysén	93.010	2.051	12.116	-	-	11.917	2.627	-	576	122.298
Cisnes	2.780	4.726	1.946	9.174	-	7.784	278	-	1.112	27.799
Guaitacas	-	-	-	-	1.002	7.349	-	-	-	8.351
Cochrane	12.337	6.169	1.393	-	-	-	-	-	-	19.899
O'Higgins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tortel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chile Chico	14.105	4.408	441	220	-	661	-	2.204	-	22.039
Río Ibáñez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	239.536	38.243	15.896	9.394	1.002	27.711	4.512	2.204	22.578	361.076
%	66%	11%	4%	3%	0%	8%	1%	1%	6%	100%

¹ Algunas comunas no tienen población urbana debido al tamaño de sus asentamientos (ej. Lago Verde). Esas aldeas y villorrios se contabilizan como población rural.

² Álamo, sauce y arce.

Cuadro 4

Cantidad de calefactores a leña y pellet por comuna en el sector residencial urbano de la región de Aysén

Comuna	Calefactores y cocinas				
	Cocina a leña	Calefactor a leña ¹	Calefactor a pellet	Otros equipos a leña ²	Total
Coyhaique	6.166	7.219	3.910	301	17.597
Lago Verde	-	-	-	-	-
Aysén	4.020	5.575	668	176	10.439
Cisnes	1.076	1.429	18	18	2.540
Guaitecas	323	429	5	5	763
Cochrane	770	1.023	13	13	1.818
O´Higgins	-	-	-	-	-
Tortel	-	-	-	-	-
Chile Chico	853	1.133	14	14	2.013
Río Ibáñez	-	-	-	-	-
Total	13.209	16.807	4.628	526	35.169
%	38%	48%	13%	1%	100%

¹ Conocidas comúnmente como “combustión lenta” (con o sin templador).

² Salamandras, chimeneas, y estufas hechizas.

Por otra parte, el 27% de las viviendas de la ciudad de Coyhaique consumió pellet para calefacción. En Puerto Aysén este valor llegó al 10%, y en ciudades pequeñas al 2%. En Coyhaique, el consumo promedio de pellet por vivienda fue de 2.934 kilos/año con un error del 11%. En total, el consumo de pellet en dicha

ciudad llegó a 14.910 toneladas/año (intervalo de confianza al 95%: 11.674 - 18.145 toneladas/año). En Puerto Aysén, el consumo promedio de pellet por vivienda fue de 3.262 kilos/año, con un error del 17%. Esto implicó un consumo total de 2.115 toneladas/año (intervalo de confianza al 95%: 1.407 - 2.823 toneladas/año).

El consumo de carbón vegetal fue mínimo en Coyhaique y Puerto Aysén, siendo utilizado básicamente para preparar asados. En ciudades pequeñas, el 11% de las viviendas declararon un consumo importante de carbón vegetal, aunque el error estándar de la estimación no permitió estimar buenos promedios.

3.2.2. Consumo de leña en el sector residencial rural

El 99% de las viviendas rurales de la región de Aysén consumieron leña a un promedio de 21 m³ sólidos/vivienda/año³, lo que implicó un consumo total de 204.381 m³

sólidos/año (error del 7%). El sector rural sin tierra (aldeas y caseríos) fue el responsable del 46% de ese volumen, con un consumo anual de 93.498 m³ sólidos/año (intervalo de confianza al 95%: 79.549 - 107.448 m³ sólidos/año), mientras que el sector rural con tierra (viviendas

dispersas en el campo) consumió el 54%, lo que equivale a 110.882 m³ sólidos/año (intervalo de confianza al 95%: 94.898 - 126.867 m³ sólidos/año). El Cuadro 5 muestra el porcentaje de viviendas que consumían leña, su consumo total y el error estándar de la estimación.

Cuadro 5

Penetración y consumo de leña por estrato, sector residencial rural

Estrato	Penetración	Consumo (m ³ sól/viv/año)	Error estándar (m ³ sól/viv/año)
Rural sin tierra ¹	97%	20,2	1,6
Rural con tierra	100%	22,6	1,6
Rural	99%	21,2	1,1

¹ Bahía Murta, Caleta Tortel, Puerto Guadal, Balmaceda, Ñirehuao, El Blanco, Valle Simpson, Lago Verde, Villa Tapera, Puerto Aguirre, Pto. Puyuhuapi, Cerro Castillo, Puerto Ing. Ibáñez, Río Tranquilo y Villa O'Higgins



³ 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.

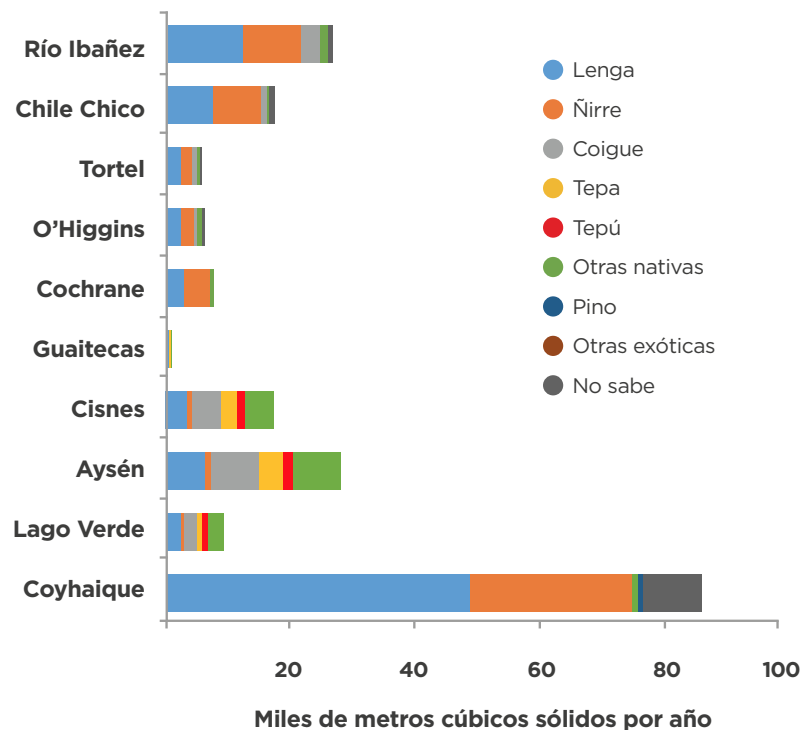
El 42% del consumo rural de leña se produjo en la comuna de Coyhaique, donde existen varias aldeas y caseríos en torno a la capital regional, como Balmaceda, Ñirehuao, El Blanco y Valle Simpson, entre otros. Le siguieron en importancia la comuna de Aysén, con el 14%, Ibáñez (13%), Cisnes (8%) y Chile Chico (8%). El 80% de las viviendas rurales sin tierra se calefaccionan y cocinan con leña, cifra que llegó al 91% en el sector rural con tierra.

El 44% de la leña utilizada en el sector residencial rural correspondió a lenga, el 27% a ñirre, el 10% a coigüe, el 14% a otras especies nativas, y el 5% no fue identificado. Sin embargo, la composición del consumo de leña en áreas rurales varió fuertemente a lo largo de la región. En las comunas que se encuentran al norte de Coyhaique, y en sectores costeros -Lago Verde, Cisnes, Guaitecas y Aysén- el 27% de la leña correspondió a coigüe, el 24% de lenga, el 14% a tepa, el 7% a tepú, el 4% a ñirre, y el 25% de otras especies nativas (luma, canelo, entre otras). En localidades que están en los fiordos y sectores costeros, como Melinka y Puerto Aguirre, se reportó consumo de tepú, luma y especies del bosque siempreverde.

En la comuna de Coyhaique, que es donde se concentra la población rural de la región, el 56% de la leña correspondió a lenga, el 31% a ñirre, el 1% a otras nativas, el 1% a pino y el 11% no fue identificado. Finalmente, en las comunas que están al sur de Coyhaique, es decir, Ibáñez, Chile Chico, Cochrane, Tortel y O'Higgins, el 45% de la

Figura 7

Consumo de leña por especie en el sector residencial rural



leña correspondió a lenga, el 41% a ñirre, el 9% a coigüe, el 4% a otras nativas y el 2% no fue identificado (Figura 7).

En el Cuadro 6 se muestra el consumo de leña del sector residencial rural por comuna, y las especies más utilizadas.

Según los datos aportados por la encuesta, en el sector residencial rural de la región de Aysén se estimó

un total de 15.591 calefactores a leña y pellet instalados, de los cuales el 53% correspondieron a cocinas a leña, el 45% a estufas de combustión lenta y el 2% a otros equipos (estufas hechizas, salamandras y chimeneas). El Cuadro 7 muestra la distribución comunal de los calefactores, y la Figura 8 la proporción de los distintos tipos de calefactores por estrato.

Cuadro 6

Consumo y composición del consumo de leña por comuna en el sector residencial rural de la región de Aysén

Comuna	Consumo y composición (m³ sólidos/año)									
	Lenga	Ñirre	Coigüe	Tepa	Tepú	Otras nativas	Pino	Otras exóticas	No sabe	Total
Coyhaique	48.601	26.504	-	-	-	643	643	-	9.639	86.029
Lago Verde	2.508	489	2.264	817	1.034	2.026	-	-	-	9.139
Aysén	6.417	977	7.530	4.042	1.815	7.111	-	-	-	27.893
Cisnes	3.912	583	4.667	2.551	1.070	4.421	-	-	-	17.203
Guaitecas	251	37	305	170	66	289	-	-	-	1.117
Cochrane	3.041	4.333	152	-	-	76	-	-	-	7.602
O'Higgins	2.801	1.947	679	-	-	284	-	-	169	5.880
Tortel	2.657	1.917	626	-	-	262	-	-	154	5.616
Chile Chico	7.498	7.730	1.154	-	-	496	-	-	243	17.121
Río Ibáñez	12.489	9.714	2.756	-	-	1.156	-	-	666	26.781
Total	90.175	54.232	20.134	7.579	3.985	16.762	643	-	10.871	204.381
%	44%	27%	10%	4%	2%	8%	0%	0%	5%	

Cuadro 7

Cantidad de calefactores a leña y pellet por comuna en el sector residencial rural de la región de Aysén

Comuna	Calefactores y cocinas				
	Cocina a leña	Calefactor a leña¹	Calefactor a pellet	Otros equipos a leña²	Total
Coyhaique	3.462	2.789	15	151	6.417
Lago Verde	371	349	5	3	728
Aysén	1.127	968	9	33	2.138
Cisnes	695	594	6	21	1.315
Guaitecas	45	38	0	1	85
Cochrane	305	228	-	18	551
O'Higgins	239	229	4	1	473
Tortel	228	217	3	1	450
Chile Chico	691	590	6	21	1.308
Río Ibáñez	1.088	1.012	15	11	2.125
Total	8.252	7.014	63	261	15.591
%	53%	45%	0%	2%	100%

¹ Conocidas comúnmente como "combustión lenta" (con o sin templador).

² Salamandras, chimeneas, y estufas hechas.

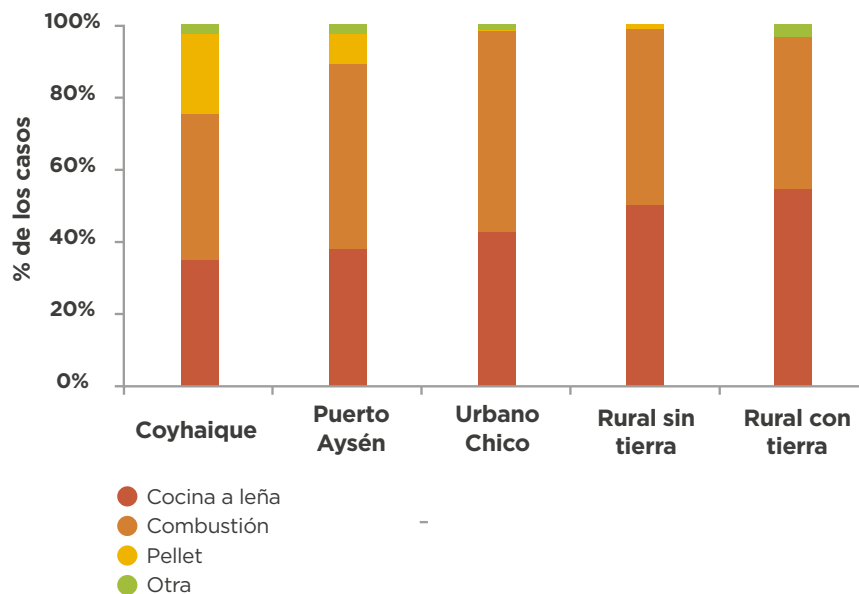
El consumo de pellet para calefacción fue muy bajo en el sector rural, lo que impidió estimar buenos promedios. Por el contrario, el consumo de carbón vegetal fue más relevante, observándose en el 9% de las viviendas. En promedio, las viviendas rurales consumieron 12,5 kilos de carbón vegetal al año, con un error de la estimación del 12%. Esto implicó un consumo total de 11,4 toneladas/año (intervalo de confianza al 95%: 7,9 - 14,9 toneladas/año), lo que es marginal si se compara con el consumo de leña.

3.2.3. Características del consumo de leña en la región de Aysén

En la región del Aysén, el 95% de la leña que se consumió en el sector residencial urbano se compra y el 5% se recolecta u obtiene de regalo. El gasto en leña realizado en este sector fue de 18.467 millones de pesos en 2020 (23 millones de dólares)⁴, mientras que la leña que se recolectó u obtuvo de regalo evitó un gasto de 976 millones de pesos (1,2 millones de dólares). En áreas rurales, el 53% de la leña se compró y el 47% se recolectó u obtuvo de regalo. La leña comprada implicó un gasto de 4.709 millones de pesos (5,9 millones de dólares), y la leña recolectada o regalada evitó un gasto de 4.530 millones de pesos (5,7 millones de dólares) el año 2020 (año base de la estimación).

El precio promedio de la leña en la ciudad de Coyhaique fue de \$ 31.446 por m³ estéreo, mientras que en Puerto Aysén fue de \$ 42.352,

Figura 8
Calefactores que utilizan leña y pellet



en ciudades pequeñas de \$ 31.094, y en áreas rurales de \$ 28.000. La leña fue más cara en las ciudades pequeñas que están al norte de Coyhaique, es decir, La Junta, Puerto Cisnes, Villa Mañihuales y Puerto Chacabuco, con \$ 32.420 por m³ estéreo, mientras que en Chile Chico y Cochrane promedió \$29.582.

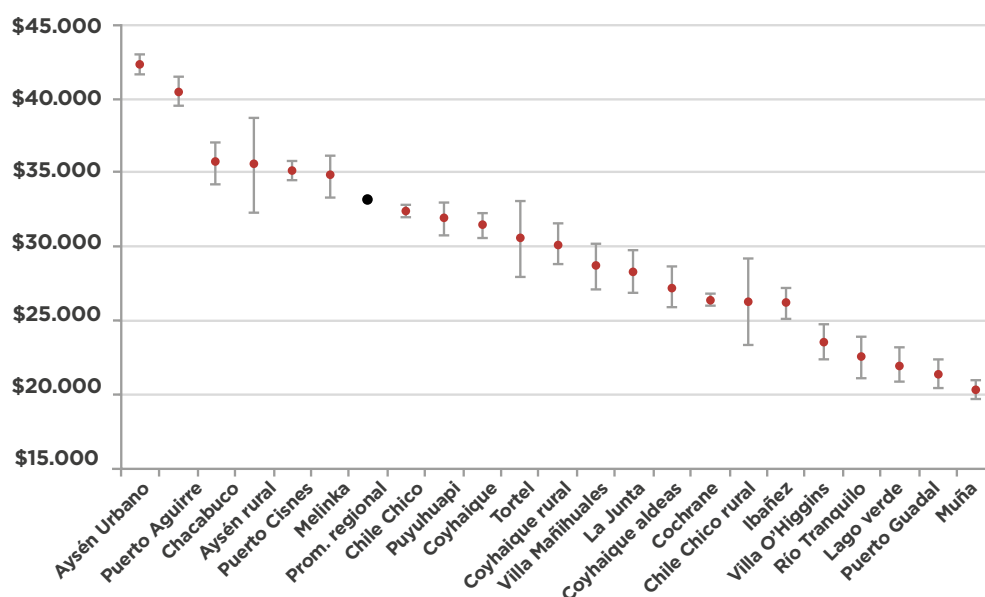
Las diferencias de precios, especialmente la que se observó entre Coyhaique y Puerto Aysén, se deben en buena medida al costo de transporte, dado que Coyhaique se encuentra más cerca de los bosques de lenga que la ciudad de Puerto Aysén, y en general de aquellas que están en el borde costero.

La Figura 9 muestra las diferencias de precios observadas entre distintas ciudades y localidades de la región, incluyendo áreas rurales. El precio más alto se observó en la ciudad de Puerto Aysén, seguido por Puerto Aguirre, localidad ubicada en los fiordos. En esta última, parte importante del abastecimiento se realiza en bote desde islas cercanas. Luego le siguen Puerto Chacabuco, áreas rurales de la comuna de Aysén, Puerto Cisnes y Melinka. El precio cae gradualmente, hasta promediar poco más de 20 mil pesos por metro cúbico estéreo en la localidad de Murta.

En la ciudad de Coyhaique, el 37% de las personas encuestadas

⁴ 1 dólar= 800 pesos chilenos.

Figura 9

Precio de la leña en sectores urbanos y rurales (promedio y error estándar)

Nota: en algunas localidades el error estándar del promedio es bastante alto, debido a que el tamaño de la muestra en esas ciudades era muy pequeño. Sin embargo, se incluyeron para no dejar fuera ninguna localidad relevante de la región. El punto negro representa el precio promedio de la región, ponderado por el volumen de leña que se compra.

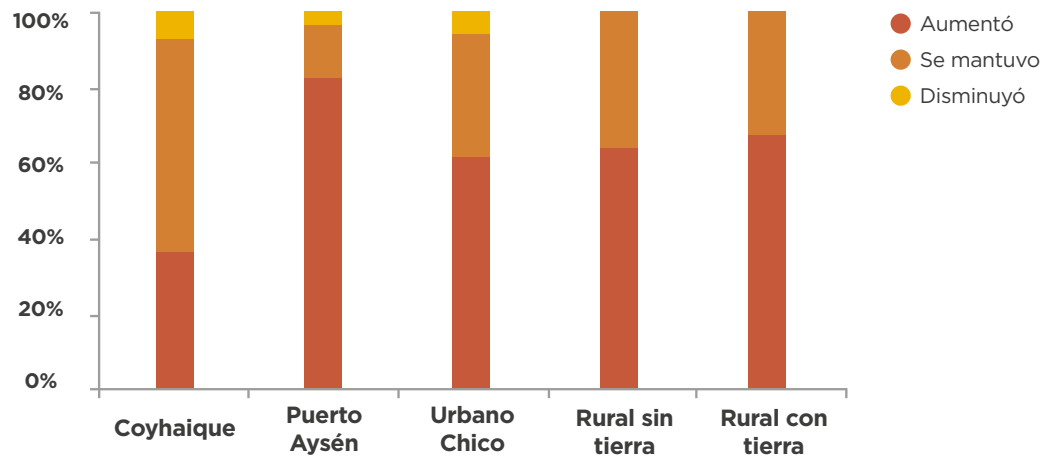
mencionó que el precio de la leña aumentó en los últimos tres años (periodo 2019-2021), el 56% que se mantuvo y el 7% restante que se redujo. Estas proporciones fueron completamente distintas en Puerto Aysén, donde el 83% de las personas respondió que el precio de la leña aumentó. En ciudades pequeñas el 62% de los encuestados planteó algo similar, así como en el 65% de los casos en áreas rurales (Figura 10).

En Coyhaique, aquellos que reportaron aumentos de precio estimaban un incremento promedio del 7% anual, mientras que en Puerto Aysén y ciudades pequeñas sería del 9%, y en áreas rurales del 10%.

Los cambios en el precio de la leña son un reflejo de las dinámicas de oferta y demanda. En el caso de Coyhaique, las proporciones mencionadas anteriormente, así

como también la tasa en que estaría aumentando el precio de la leña, podrían estar evidenciando un debilitamiento de la demanda, mientras que lo opuesto estaría ocurriendo en el caso de Puerto Aysén.

Figura 10
Cambios en el precio de la leña en el periodo 2019-2021

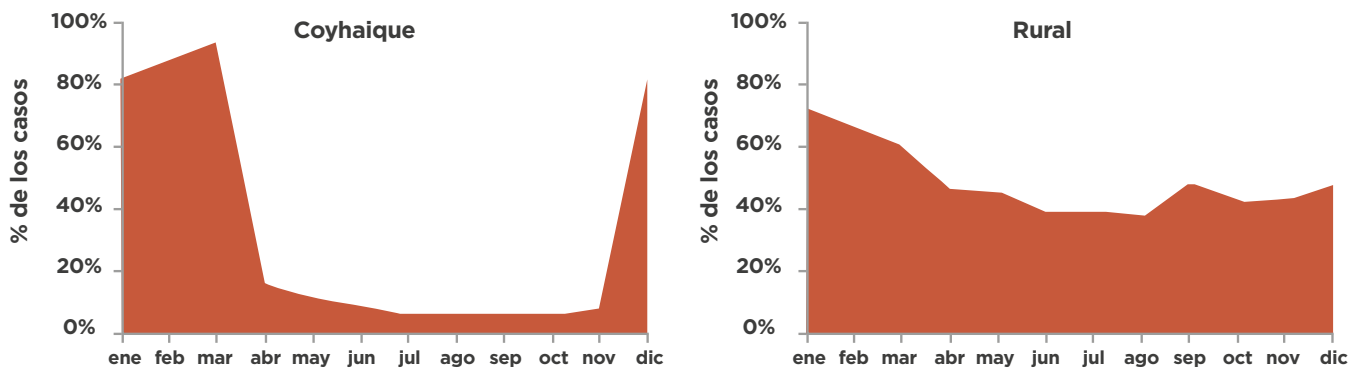


Con respecto al abastecimiento de leña, en la ciudad de Coyhaique éste tiende a concentrarse en los meses de verano. De hecho, más del 80% de las familias que consumen leña se abastecían entre diciembre y marzo, y menos del 20% durante el resto del año

(Figura 11). Por el contrario, en áreas rurales el abastecimiento es permanente (todo el año), aunque aumenta durante los meses de verano. Un caso interesante es el de Puerto Aysén, que mostró patrones de abastecimiento más parecidos a los que se observaron

en áreas rurales que urbanas, pues más del 50% de las familias siguen abasteciéndose de leña durante el invierno. Esto se puede deber a una menor capacidad de acopio de las viviendas.

Figura 11
Periodo del año en que las familias se abastecieron de leña

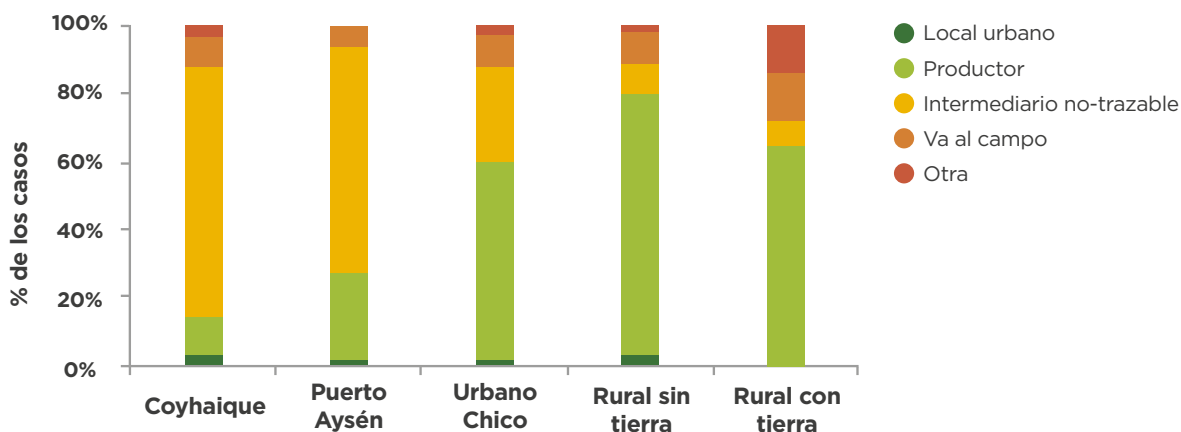


Por otra parte, la vía de comercialización más utilizada en la ciudad de Coyhaique fueron los intermediarios no-trazables (camiones y camionetas que venden leña en la ciudad), la cual es

utilizada por el 68% de los hogares (Figura 12). En Puerto Aysén ocurrió algo similar, aunque el porcentaje fue un poco menor llegando al 58%. En esta ciudad también fue importante el abastecimiento

directo desde el productor (27% de los casos). Esta última fue la vía de comercialización más común en ciudades pequeñas y áreas rurales.

Figura 12
Vías de comercialización



Por otra parte, el 38% de las personas que reportaban consumo de leña en la ciudad de Coyhaique reemplazaría esta fuente de energía por otra, en la medida que eso no implicara un gasto adicional. Este porcentaje aumentó al 49% en Puerto Aysén y al 47% en ciudades pequeñas. En áreas rurales sin tierra solo el 35% de las personas reemplazaría la leña, y el 26% en áreas rurales con tierra.

En Coyhaique, el 36% de las personas que estaba dispuesta

a reemplazar la leña lo haría por electricidad y el 29% por pellet, y en Puerto Aysén el 46% por pellet, el 17% por electricidad y el 17% por kerosene. En ciudades pequeñas, el 31% de las personas la reemplazarían por electricidad, el 30% por pellet y el 17% por energía solar, mientras que en áreas rurales sin tierra por electricidad (29%), pellet (24%) y energía solar (15%), y en áreas rurales con tierra por electricidad (33%) y energía solar (23%).

En general, las personas no estaban dispuestas a pagar más para reemplazar la leña por otra fuente de energía. Sin embargo, en el caso de Coyhaique un tercio de las personas que estaban dispuestas a reemplazar la leña pagarían hasta 10 mil pesos más por mes, porcentaje que se repitió en ciudades pequeñas, y aumentó en áreas rurales. En Puerto Aysén la disposición a pagar fue un poco menor, llegando a 5 mil pesos por mes (31% de quienes estaban dispuestos a reemplazar la leña).

3.3. Consumo final de energía en el sector residencial

En 2020, el consumo final de energía⁵ en el sector residencial urbano de la región de Aysén fue de 1.171 gigawatt-hora/año (Cuadro 8). De toda esta energía, el 75% correspondió a leña, el 10% a gas licuado, el 7% a pellet, el 6% a electricidad y el 2% a kerosene. La comuna de Coyhaique consumió el 51% de esa energía, seguida por la comuna de Aysén (31%)⁶, Cisnes (6,5%)⁷, Chile Chico (5%), Cochrane (4,5%) y Guaitecas.

En el sector residencial rural, el consumo final de energía fue de 538 gigawatt-hora/año, de los cuales el

92% correspondió a leña, el 4% a gas licuado, el 2% a electricidad, el 1% a Diésel y el 1% a gasolina (Cuadro 9). Estos últimos utilizados para producir electricidad en sectores que no tienen acceso a la red eléctrica. También se observó un consumo marginal de kerosene y carbón vegetal. La comuna de Coyhaique utilizó el 42% de esa energía, seguida por las comunas de Aysén (14%), Ibáñez (13%), Cisnes (8%), Chile Chico (8%), Lago Verde (4%), Cochrane (4%), O'Higgins (3%), Tortel (3%) y Guaitecas.

El consumo total de energía del sector residencial de la región, sumando el consumo urbano y rural, fue de 1.708 gigawatt-hora/año, de los cuales el

68,53% fue urbano y el 31,47% rural. El 80% de esa energía provino de la leña (calefacción y cocina), el 8% del gas licuado, el 5% de la electricidad, el 5% del pellet, el 1,5% de kerosene y el 0,5% de otras fuentes de energía (gasolina, Diésel y carbón vegetal). La comuna de Coyhaique utilizó el 48% de esa energía, seguida por las comunas de Aysén (25,5%), Cisnes (7%), Chile Chico (6%), Cochrane (4,5%), Ibáñez (4%), Guaitecas (1,5%), Lago Verde (1,5%), y O'Higgins y Tortel con un 1% cada una.

En la Figura 13 se muestra la importancia relativa de las distintas fuentes de energía que se utilizaron en las ciudades de Coyhaique, Puerto

Cuadro 8

Consumo y composición del consumo de energía por comuna en el sector residencial urbano de la región de Aysén

Comuna	Consumo y composición (GWh/año)									
	Gas licuado	Leña	Pellet	Kerosene	Gasolina	Diesel	Carbón	Electricidad	Total	%
Coyhaique	70	391	72	18	-	-	-	43	593	51%
Lago Verde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Aysén	28	298	10	8	-	-	-	17	361	31%
Cisnes	5	68	0	0	-	-	-	4	77	7%
Guaitecas	2	20	0	0	-	-	-	1	23	2%
Cochrane	4	48	0	0	-	-	-	3	55	5%
O'Higgins	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Tortel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Chile Chico	4	54	0	0	-	-	-	3	61	5%
Río Ibáñez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
Total	113	879	82	26	-	-	-	71	1.171	100%
%	10%	75%	7%	2%	0%	0%	0%	6%	100%	
% error estima.	7%	6%	12%	23%	-	-	-	8%	7%	

⁵ El consumo final de energía del sector residencial no consideró transporte.

⁶ Incluye las áreas urbanas de Puerto Aysén, Chacabuco y Villa Mañihuales.

⁷ Incluye las áreas urbanas de Cisnes y La Junta.

Cuadro 9

Consumo y composición del consumo de energía por comuna en el sector residencial rural de la región de Aysén

Comuna	Consumo y composición (GWh/año)									
	Gas licuado	Leña	Pellet	Kerosene	Gasolina	Diesel	Carbón	Electricidad	Total	%
Coyhaique	8	209	-	1	2	2	0	5	227	42%
Lago Verde	1	22	-	0	0	0	0	1	24	4%
Aysén	3	67	-	0	1	0	0	2	73	14%
Cisnes	2	42	-	0	0	0	0	1	45	8%
Guaitecas	0	3	-	0	0	0	0	0	3	1%
Cochrane	1	18	-	0	0	0	0	0	20	4%
O´Higgins	1	14	-	0	0	0	0	0	15	3%
Tortel	1	14	-	0	0	0	0	0	15	3%
Chile Chico	2	41	-	0	0	0	0	1	45	8%
Río Ibáñez	3	64	-	0	0	0	0	2	70	13%
Total	22	494	-	2	4	4	0	12	538	100%
%	4%	92%	0%	0%	1%	1%	0%	2%	100%	
% error estima.	12%	7%	-	26%	26%	18%	15%	10%	8%	

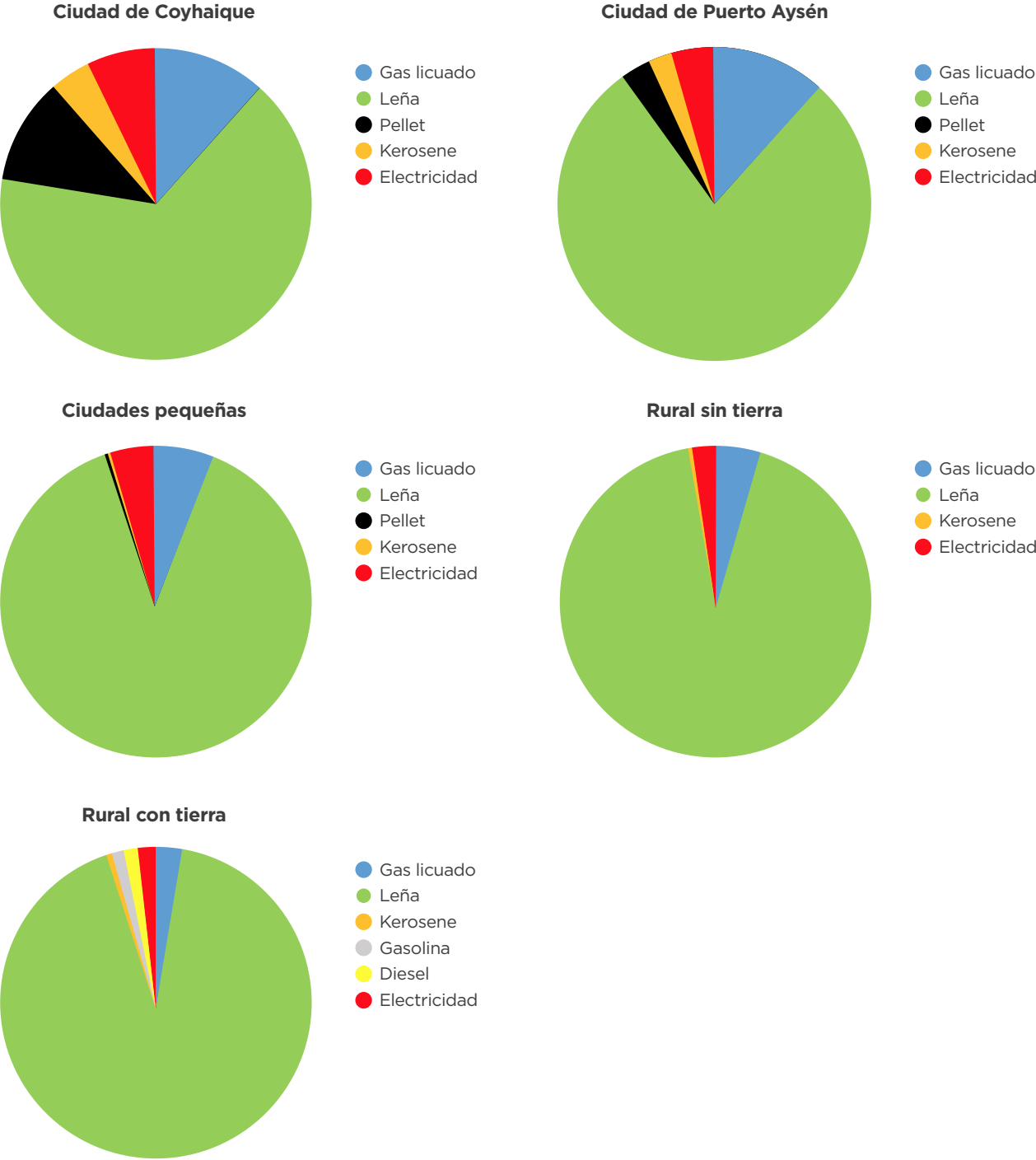
Aysén, ciudades pequeñas, áreas rurales sin tierra (aldeas y caseríos) y áreas rurales con tierra.

El 86% de la energía consumida por el sector residencial urbano se usó en calefacción⁸, con un consumo promedio de 518 kWh/m²/año en la ciudad de Coyhaique, 812 kWh/m²/año

en la ciudad de Puerto Aysén, y 571 kWh/m²/año en ciudades pequeñas (Figura 14). En el sector residencial rural, el 93% de la energía se usó para calefacción, con un promedio de 960 kWh/m²/año.

⁸ Se asumió que toda la leña quemada en cocinas a leña se utiliza para calefacción, dada la dificultad de separar la energía que solo se emplea en cocinar. Esta energía, sin embargo, es marginal con respecto al total.

Figura 13
Composición del consumo final de energía en la región de Aysén



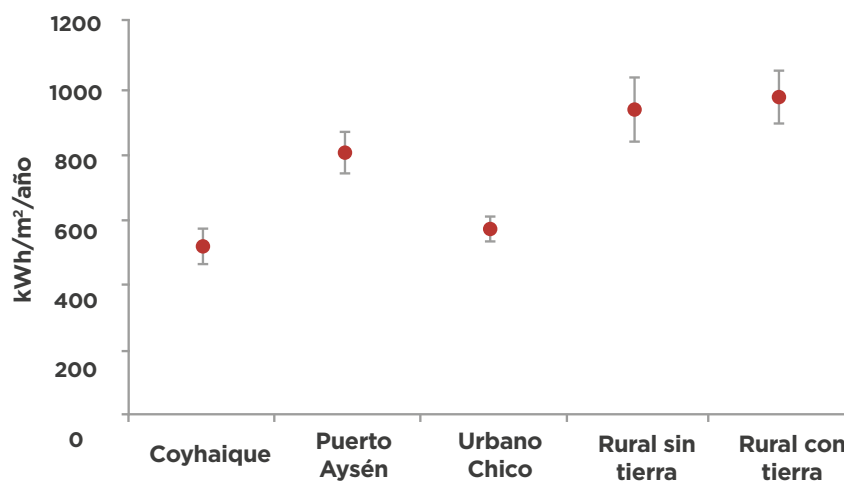
La leña es la fuente de energía más importante en la región, siendo utilizada por el 82% de las viviendas urbanas y el 99% de las viviendas rurales. El clima frío y la mala o nula aislación térmica de las viviendas implica una alta demanda de energía para calefacción, la cual se obtiene de la leña. En áreas rurales, la leña satisfizo casi el 100% de las necesidades energéticas de las personas, como se observa en la Figura 15. Esta enorme dependencia de la leña disminuye levemente hacia ciudades pequeñas, y con más fuerza hacia ciudades intermedias y grandes.

Una de las fuentes de energía que ha comenzado a reemplazar a la leña es el pellet. En Coyhaique, este combustible estaba presente en el 27% de las viviendas, un tercio de las cuales combinaban leña y pellet. En estos casos, el consumo de leña fue ligeramente inferior al promedio, mientras que el consumo de pellet se reducía casi a la mitad (en comparación a viviendas que solo consumían pellet). Esto quiere decir que en estos casos la leña aún predomina sobre el pellet.

El gas licuado fue la principal fuente de energía utilizada para cocinar y calentar agua, con una penetración del 99% en áreas urbanas y del 89% en áreas rurales. El 10% de estas viviendas también consumían gas licuado para calefacción. El kerosene, en tanto, tuvo una importancia mucho menor, con una penetración del 19% en Coyhaique y Puerto Aysén, del 10% en ciudades pequeñas, y del 19% en áreas rurales. En general, gas licuado y kerosene se utilizaban como complemento a la leña para calefacción, aunque hay

Figura 14

Consumo de energía para calefacción, ajustado por el tamaño de la vivienda



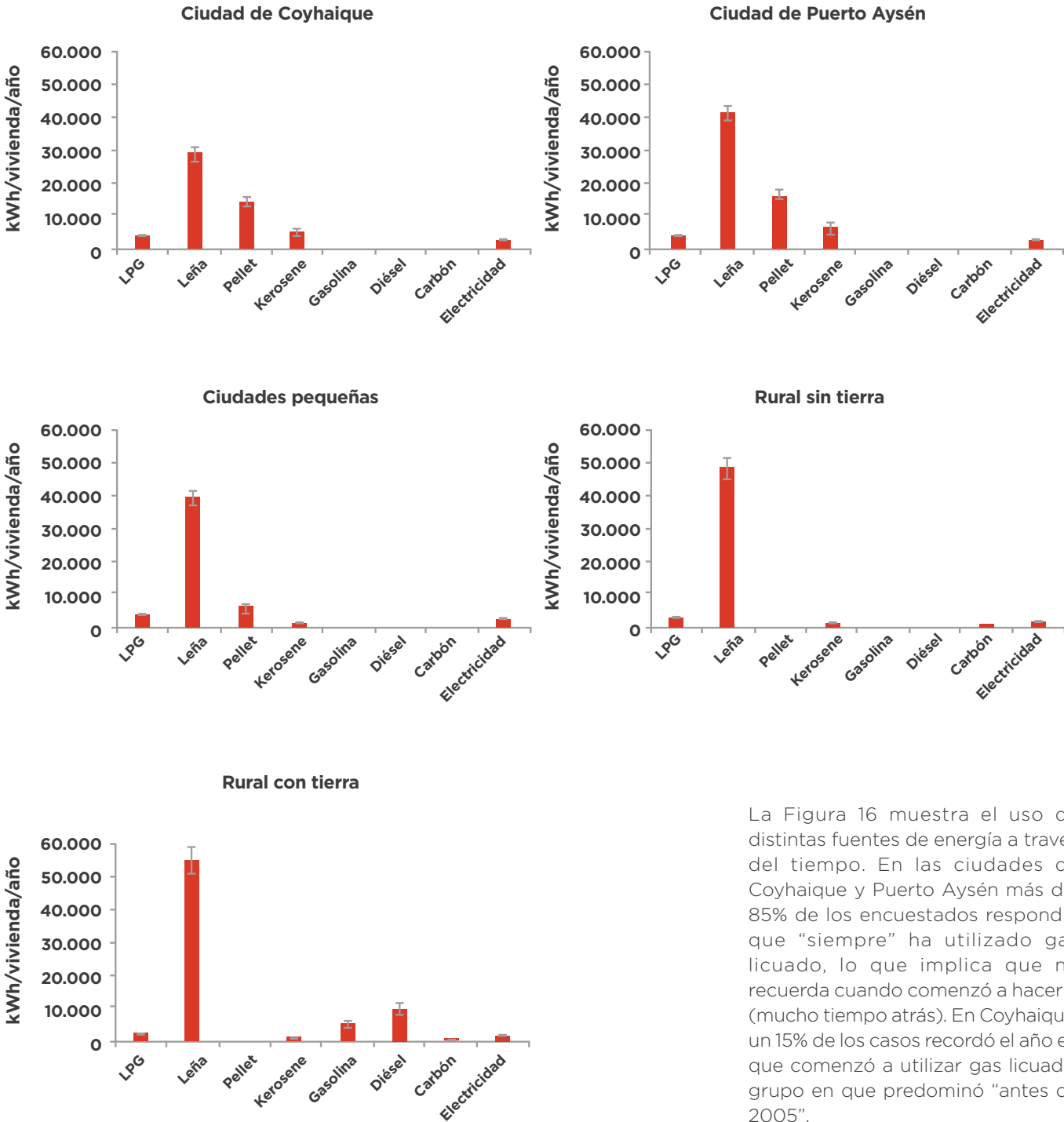
viviendas que se calefaccionaban completamente con kerosene.

La electricidad estaba presente prácticamente en el 100% de las viviendas urbanas, el 97% de las viviendas rurales sin tierra (aldeas y caseríos), y el 68% de las viviendas rurales con tierra. Debido a la geografía, la baja densidad poblacional y el tamaño de la región, casi un tercio de las viviendas rurales con tierra no están conectadas a la red eléctrica. Esto se suple con generadores eléctricos

que utilizan gasolina, Diésel y paneles solares. Estos últimos estaban presentes en el 19% de las viviendas rurales con tierra de la región.

Finalmente, se observó un consumo marginal de carbón vegetal, el cual se utilizaba básicamente para preparar algunas comidas, al igual que pequeñas centrales hidroeléctricas en sectores rurales, y generadores eólicos para complementar la generación eléctrica.

Figura 15
Importancia relativa de las distintas fuentes de energía utilizadas en la región de Aysén (promedio y error estándar)



La Figura 16 muestra el uso de distintas fuentes de energía a través del tiempo. En las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén más del 85% de los encuestados respondió que “siempre” ha utilizado gas licuado, lo que implica que no recuerda cuando comenzó a hacerlo (mucho tiempo atrás). En Coyhaique, un 15% de los casos recordó el año en que comenzó a utilizar gas licuado, grupo en que predominó “antes de 2005”.



En ciudades pequeñas, el 55% de los encuestados respondió que siempre utilizó gas licuado y el 43% recordó el año en que comenzó a hacerlo. En este grupo, el 49% mencionó “entre 2000 y 2018” y el 33% “después de 2018”, es decir, la incorporación del gas licuado a la canasta energética de las familias ha sido un proceso relativamente reciente. En el sector rural con tierra, el 15% de los casos mencionó que “nunca” ha utilizado gas licuado, y el 75% recordó el año en que comenzó a hacerlo, primando también fechas más recientes.

En el caso de la leña, y como era de esperar, un alto porcentaje de los casos respondió que “siempre” utilizó leña. En el caso de Coyhaique, el 11% respondió que nunca utilizó leña, grupo que correspondió a residentes nuevos de la ciudad que han incorporado en sus viviendas otros sistemas de calefacción (generalmente en base a pellet). En el sector rural con tierra, el 16% de los casos recordó el año en que comenzó a utilizar leña, los cuales correspondieron a residentes nuevos que se han instalado en el campo y decidieron instalar calefactores a leña.

En el caso del pellet, un alto porcentaje de los casos respondió que “nunca” utilizó esta fuente de energía, aunque en áreas urbanas, y muy especialmente en las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén, el 26% y 12% de los casos, respectivamente, recordaron el año en que comenzaron a utilizarlo. En este grupo más del 85% de los casos comenzó a utilizar pellet después del 2018. Es decir, la incorporación del pellet a la canasta energética de los hogares es un fenómeno muy reciente.

En el caso del kerosene, más del 78% de los casos respondieron que nunca lo han utilizado. Aquellos que recordaron el año en que comenzaron a utilizarlo, mencionaron que con posterioridad a 2015. Esto se observó tanto en áreas urbanas como rurales. En áreas rurales, algunas personas recordaron el uso antiguo del kerosene para iluminar las viviendas, antes de que tuvieran acceso a la red eléctrica (lámparas a kerosene), lo que deja en evidencia la versatilidad de esta fuente de energía.

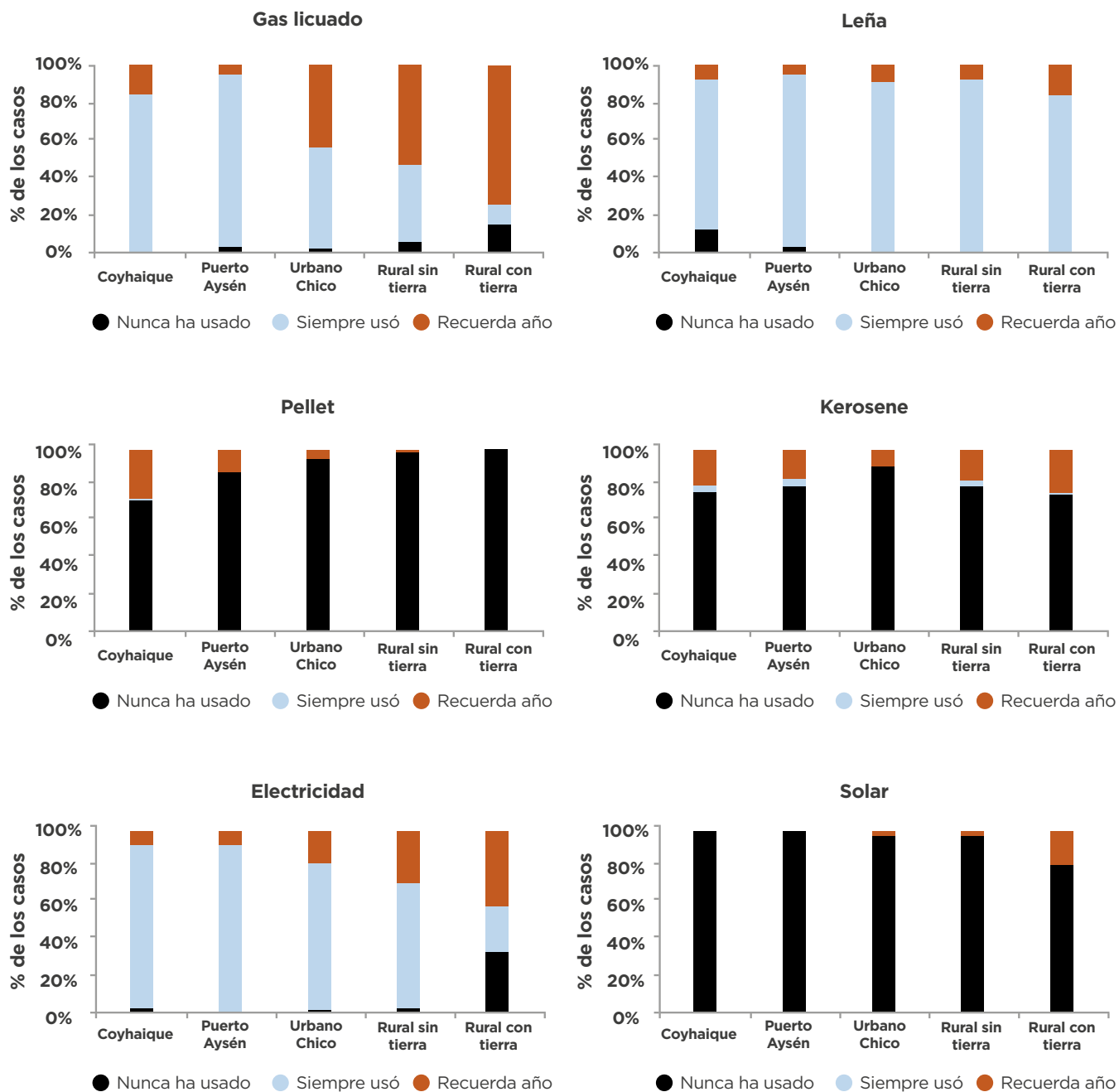
Con respecto a la electricidad, un alto porcentaje de los casos

mencionaron que siempre han tenido acceso a la red eléctrica, incluso en el sector rural sin tierra (aldeas y caseríos). En este último sector, el 29% de los casos recordó el año en que se conectaron, grupo en que predomina “antes de 2005”. En el sector rural con tierra, el 33% de los casos mencionó que nunca ha tenido acceso a la red eléctrica. En este grupo se utilizan generadores a gasolina y Diésel para producir electricidad de forma autónoma. Además, el 41% de los casos recordó el año en que se conectó a la red eléctrica, predominando aquellos que lo hicieron después del 2000 (80% de los casos).

Por último, en el caso de la energía solar, prácticamente todos los encuestados respondieron que nunca han utilizado esta fuente de energía. Sin embargo, en el sector rural con tierra, el 17% de los casos recordó el año en que instaló paneles solares (sistemas fotovoltaicos), predominando aquellos que lo hicieron después de 2018.

Figura 16

Uso de distintas fuentes de energía a través del tiempo (como porcentaje de los casos)



4. DISCUSIÓN

A lo largo de sus más de 600 kilómetros de longitud, la región de Aysén presenta características climáticas, ecológicas y culturales muy diversas, lo que implica un gran desafío para el estudio del consumo de leña y los biocombustibles sólidos en general. Este es el primer estudio que aborda dicha diversidad, pues se basa en encuestas aplicadas en todas las localidades y sectores rurales de la región, desde La Junta en el norte hasta Villa O'Higgins en el extremo sur.

El último estudio regional sobre consumo de leña, realizado por CDT (2015), estimó un consumo residencial de leña de 351.674 m³ sólidos/año, lo que difiere bastante de los 565.456 m³ sólidos/año estimados en este documento. Sin embargo, esta no es la primera vez que se observan diferencias importantes entre CDT (2015) y los estudios regionales que viene realizando INFOR desde 2015, las cuales se deben a diferencias metodológicas que han sido comentadas previamente (Reyes et al., 2018; 2020).

Con anterioridad a 2015, la única estimación disponible sobre el consumo residencial de leña la realizó INFOR (1994), que estimó un consumo de 204.000 m³ sólidos/año. En general, los estudios hechos en la región se han enfocado en las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén, en desmedro de otras zonas urbanas y el sector rural. Esto se observa a lo largo de todo el país, pero probablemente ha sido más intenso en esta región, dado el costo asociado a la aplicación de encuestas en una extensión territorial tan amplia.

INFOR (1994) estimó que el 74% del consumo residencial de leña ocurría en áreas urbanas, a una tasa de 17,8 m³ sólidos/viv/año, y el 26% en áreas rurales, con un consumo promedio de tan solo 6,8 m³ sólidos/viv/año. Este estudio, en cambio, estimó que el 64% del consumo es urbano, a razón de 14 m³ sólidos/viv/año, y el 36% es rural (21 m³ sólidos/viv/año). Estas cifras dejan en evidencia una clara subestimación en el consumo rural de leña por parte de INFOR (1994), toda vez que, además, la proporción de viviendas rurales disminuyó en el periodo, pasando del 31% en 1992 al 24% en 2017 (INE, 1992; 2017).

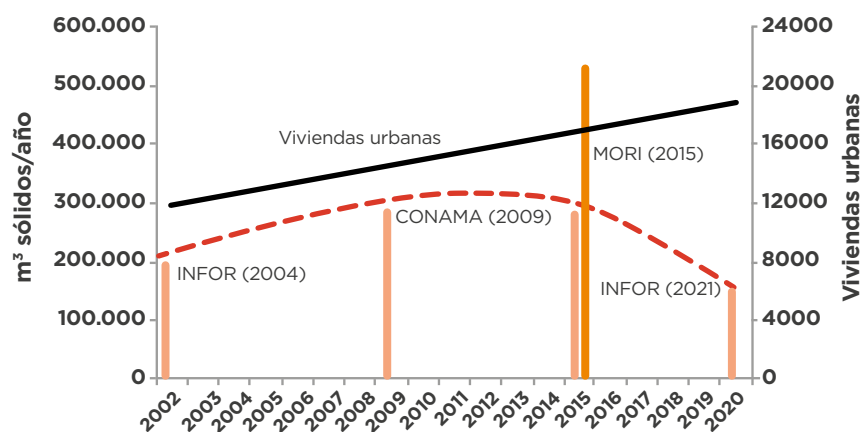
4.1. Consumo de leña en Coyhaique y Puerto Aysén

El 43,6% del consumo regional de leña ocurre en la comuna de Coyhaique, con

160.690 m³ sólidos/año en el sector urbano, y 86.029 m³ sólidos/año en su entorno rural (aldeas, caseríos y viviendas dispersas). Los últimos datos sobre consumo de leña en Coyhaique provienen de una encuesta aplicada por MORI (2015), en la cual se estimó un rango de consumo entre 294.000 y 530.000 m³ sólidos/año. Previamente, CONAMA (2009) había estimado un consumo de 292.257 m³ sólidos/año, a razón de 18,6 m³ sólidos/viv/año, e INFOR (2004) 201.232 m³ sólidos/año, a razón de 16,7 m³ sólidos/viv/año.

Todas estas cifras dejan en evidencia una disminución en el consumo de leña en la ciudad de Coyhaique, y un desacople evidente entre el crecimiento de la ciudad y el consumo de leña (Figura 17).

Figura 17
Consumo de leña en la ciudad de Coyhaique entre 2002 y 2020



Nota: la línea negra representa la cantidad de viviendas de la ciudad de Coyhaique, las barras de color café representan el volumen de consumo de leña estimado en distintos estudios, y la línea roja punteada el desacople entre el crecimiento de la ciudad y el consumo de leña.

Si se consideran los dos estudios realizados por INFOR, el primero de los cuales levantó información con respecto al año 2002 (INFOR, 2004) y este estudio (datos 2020), el consumo de leña en Coyhaique ha disminuido a una tasa de 0,28 m³ sólidos por vivienda al año, lo que representa una reducción del 1,7% anual. Esta tasa es similar a la observada en otras capitales regionales, como Temuco, Valdivia, Osorno y Puerto Montt, donde el consumo de leña por vivienda viene cayendo a un ritmo de 1,1%, 1,4%, 1,6% y 1,7% anual, respectivamente (Reyes, 2017, Reyes et al., 2020; Reyes et al., 2021).

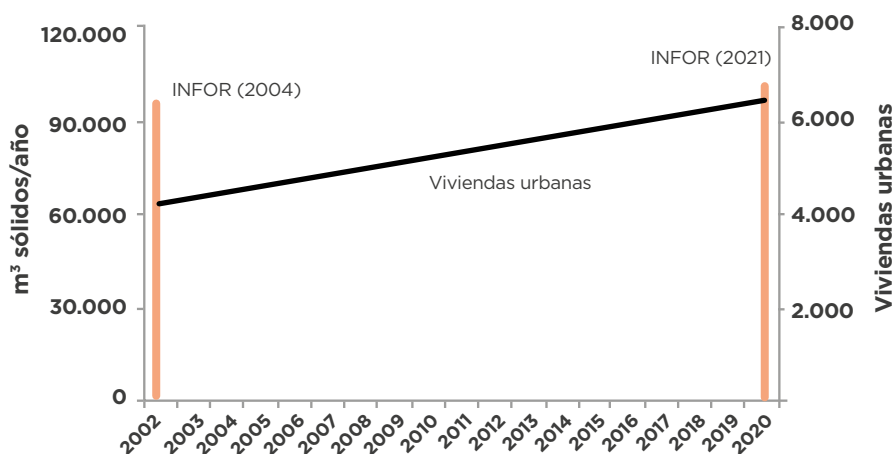
Esta disminución en el consumo de leña por vivienda se debe a varios factores. Uno de los más importantes es el menor porcentaje de viviendas que cocinan con leña. Actualmente, las viviendas que cocinan con leña en la ciudad de Coyhaique consumen en

promedio 20 m³ sólidos/año, mientras que aquellas que solo se calefaccionan utilizan 17 m³ sólidos/año. Detrás del hábito de cocinar con leña hay factores socio-culturales que son muy difícil de cambiar, y que se asocian a personas de la tercera edad, baja escolaridad y/o pobreza. Sin embargo, también hay personas de la tercera edad que se interesan en reemplazar la leña debido a los problemas físicos que les genera picar y entrar leña cada vez que lo necesitan.

Otros factores que inciden en la disminución del consumo de leña es el uso de fuentes de energía complementarias, como el gas licuado, el kerosene y el pellet, cambios demográficos que se expresan en familias más pequeñas y un uso menos intenso de la vivienda, y la implementación de planes de descontaminación atmosférica (PDA). Esto último se ha traducido

en subsidios de reacondicionamiento térmico de viviendas, el reemplazo de estufas a leña por otras tecnologías, y el fomento del consumo de leña seca. Sin embargo, uno de los factores que más ha incidido en desacoplar el crecimiento de la ciudad con el consumo urbano de leña ha sido la transición hacia el pellet. De acuerdo a este estudio, el 27% de las viviendas de la ciudad de Coyhaique consumen pellet. El 70% de ellas solo consumen pellet, y el 30% restante lo combinan con leña. El pellet es un actor relativamente nuevo en el escenario energético de la ciudad, entrando con mucha fuerza a partir del 2018 de la mano de la implementación del PDA. El consumo de pellet en Coyhaique es de 2.934 kilos/viv/año, casi el doble de lo registrado en Puerto Montt (Reyes et al. 2021), y mucho mayor a lo observado en otras ciudades del país. El debilitamiento del mercado de la leña en Coyhaique, que se expresa en

Figura 18
Consumo de leña en la ciudad de Puerto Aysén entre 2002 y 2020



Nota: la línea negra representa la cantidad de viviendas de la ciudad de Coyhaique, y las barras de color café representan el volumen de consumo de leña estimado en distintos estudios.

un menor volumen de consumo en relación al 2002, y a un uso creciente de pellet y otras fuentes de energía, se expresa también en su precio de venta, toda vez que un alto porcentaje de las familias mencionan que el precio se ha mantenido e incluso disminuido durante los últimos tres años, y solo el 37% señala que aumentó. En Puerto Aysén y otras ciudades de la región ocurre lo contrario.

Por otra parte, la comuna de Aysén concentra el 27% del consumo regional de leña, con 122.298 m³ sólidos/año utilizados en las ciudades de Puerto Aysén (103.099 m³ sólidos/año), Puerto Chacabuco (7.084 m³ sólidos/año) y Villa Mañihuales (12.114 m³ sólidos/año), y 27.893 m³ sólidos/año que se consumen en áreas rurales. Al respecto, INFOR (2004) estimó un consumo de 97.429 m³ sólidos/año (22 m³ sólidos/viv/año) en Puerto Aysén, y 5.354 m³ sólidos/año (16.4 m³ sólidos/viv/año) en Puerto Chacabuco. Estas cifras muestran una estabilización en el consumo de leña de Puerto Aysén, a pesar de que la proporción de viviendas que consume leña se mantuvo en torno al 94%. Esta estabilización se debe a una caída en el consumo de leña por vivienda del 1,3% anual entre 2002 y 2020 (Figura 18). No se observa lo mismo en Puerto Chacabuco.

Existe una enorme diferencia en los patrones de consumo de leña, y energía en general, entre Coyhaique y Puerto Aysén. Estando a solo 64 kilómetros de distancia, el consumo de leña por vivienda en Puerto Aysén es un 45% mayor al estimado en Coyhaique. En Puerto Aysén las casas tienden a ser más antiguas y pequeñas que en Coyhaique, y las familias más numerosas. Esto, junto con un clima



lluvioso y húmedo, y una mayor proporción de hogares que cocinan con leña, podrían ser las causas de una mayor demanda de energía para calefacción.

Además, solo el 10% de las viviendas utilizan pellet a un volumen ligeramente superior al que se consume en la ciudad de Coyhaique (3,2 toneladas/viv/año). Esta menor penetración del pellet puede deberse a las características socioeconómicas de las familias aiseninas, que en general tienen ingresos más bajos que en Coyhaique, a que la ciudad no cuenta con un Plan de Descontaminación Atmosférica, y a problemas de abastecimiento de pellet y de servicio técnico, aspectos, estos últimos, que fueron mencionados por varios de los encuestados.

4.2. Impacto social y ambiental del consumo de leña, e implicancias en la política pública

A pesar de que existen miles de hectáreas de *Pinus ponderosa* y *Pinus contorta* en la región de Aysén, llama la atención la escasa importancia que estas especies tienen en el abastecimiento de leña. Hoy, prácticamente el 100% de la leña que se consume en la región proviene de bosques nativos, muchos de los cuales se cortan de manera ilegal, o legal, pero con prácticas de manejo que no siempre son las más adecuadas (Césped, 2005). En cambio, en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, el abastecimiento de leña depende crecientemente de la cosecha de plantaciones de especies exóticas, las que han reducido la presión sobre el bosque nativo.

De acuerdo a INFOR (2004), el 74% de la leña que se consumía en la ciudad de Coyhaique en 2002 correspondía a lenga, el 24% a ñirre, y el 2% a coigüe, mientras que en 2020 el 73% corresponde a lenga, el 13% a ñirre y el 14% a otras especies. En Puerto Aysén, en cambio, el 67% de la leña consumida en 2002 correspondía a lenga, el 8% a ñirre, el 12% a coigüe y el 13% a otras especies, y en 2020 el 85% corresponde a lenga, el 1% a ñirre, el 3% a coigüe y el 12% a otras especies. En ambas ciudades se observa un menor consumo de ñirre, y una mayor dependencia relativa de lenga.

Diversos autores han planteado su preocupación por el estado de

conservación de los bosques de ñirre, que además de ser relativamente escasos, han estado sometidos a una fuerte presión ganadera (Salinas, 2021). Las cifras mencionadas anteriormente son un reflejo de ese agotamiento, toda vez que los productores de leña no han podido sostener la demanda de una de las especies preferidas por las personas, debido a su alto poder calorífico. Lo que está ocurriendo con ñirre también ocurre con tepú, luma y ulmo en la región de Los Lagos (Reyes et al., 2021).

Lenga y ñirre también son importantes en las ciudades de Chile Chico y Cochrane, donde satisfacen más del 90% del consumo. Al norte



de Coyhaique, sin embargo, el abastecimiento de leña proviene de una mezcla de especies propias del bosque siempreverde. En esta zona de la región no se observa una presión excesiva sobre ciertas especies, aunque preocupa el estado de los bosques que se encuentran en los fiordos e islas, desde Melinka al sur, que crecen sobre suelos de baja productividad, desde los cuales se están extrayendo miles de metros cúbicos de leña sin ningún tipo de autorización ni criterios de sostenibilidad (CONAF, 2017).

Desde un punto de vista social, la energía generada con leña es mucho más barata que la producida con otras fuentes de energía, lo que permite cubrir las necesidades energéticas de las personas a un menor costo. En la ciudad de Coyhaique y ciudades pequeñas, la leña tiene un costo de 20 \$/kWh, mientras que pellet, kerosene, gas licuado y electricidad promedian 60, 65, 104 y 156 \$/kWh⁹, respectivamente. En Puerto Aysén, en tanto, la leña tiene un costo promedio de 27 \$/kWh, valor que se reduce a 18 \$/kWh en áreas rurales. En este último sector, el costo de otras fuentes de energía aumenta debido al transporte asociado a su distribución (traslado de balones de gas, kerosene y sacos de pellets desde los puntos de venta).

Esta diferencia de precio, sin embargo, es algo imprecisa, en la medida que se comparan unidades de energía bruta, cuando lo que realmente importa es la “energía aprovechable para calefacción”. Para incorporar esta dimensión se debe considerar la eficiencia de los calefactores. Si se compara, por ejemplo, una cocina a leña utilizada como calefactor, con una eficiencia media del 40%, con estufas a pellet que alcanzan eficiencias del

90%, la leña tendría un costo real de 50 \$/kWh-aprovechable, mientras que pellet costaría 67 \$/kWh-aprovechable (precios de Coyhaique).

Contar con una fuente de energía accesible es muy importante en una zona tan fría y aislada como la región de Aysén. Considerando la alta demanda de energía de las viviendas, debido a su mala aislación térmica, y que gran parte de las familias viven con menos de mil dólares al mes, la leña es la única fuente de energía accesible, que le permite a las personas protegerse del frío y la humedad invernal, y al mismo tiempo evitar una serie de enfermedades (Mannucci y Franchini, 2017; Gordon et al., 2014).

Lo irónico de todo esto es que mientras las familias buscan mantener un ambiente “sano” al interior de la vivienda, contribuyen a generar un serio problema de salud pública, como es la contaminación atmosférica (Boso et al., 2020). De hecho, Coyhaique es considerada una de las ciudades con peores indicadores de calidad del aire en el continente americano (Pérez et al., 2020). Culpar únicamente a la leña de esta situación es un error, en la medida que la norma de emisiones de calefactores a leña aún permite la comercialización de equipos de baja eficiencia, como cocinas a leña (tradicionales) y estufas de combustión lenta, con y sin templador, que demandan grandes volúmenes de combustible y tienen altas emisiones. Considerando el aumento de precio del gas licuado y los combustibles fósiles en general, que se viene observando en los últimos años, y el alto costo de la electricidad, la única posibilidad que tienen ciudades como Coyhaique y Puerto Aysén para reducir la contaminación atmosférica

es fortalecer el programa de recambio de calefactores, priorizando el pellet, e implementar un plan integral de eficiencia energética. Esto último debe considerar, no solo el subsidio a la aislación térmica de las viviendas, sino velar porque esta medida se implemente adecuadamente.

Al respecto, una de las desventajas de la aislación térmica es que una vez aislados y cerrados techos y muros es muy costoso y complejo verificar la calidad de las intervenciones. Si no se coloca el aislante o solo se instala en una parte de la envolvente térmica de la vivienda (pisos, techos y muros), y no se realiza una buena fiscalización del proceso, esta medida no va a tener los resultados esperados. Y el problema es que se responsabilizará a la medida, propiamente tal, y no al proceso deficiente que se llevó a cabo para abordarla.

Un plan integral de eficiencia energética debe considerar también una norma de emisiones para calefactores a leña más exigente, que permita seguir reduciendo el consumo de leña por vivienda a tasas ojalá superiores al 1,7% anual que se observa en la actualidad. Disminuir la demanda de energía para calefacción, a través de viviendas mejor aisladas y calefactores más eficientes, es la única manera de seguir reduciendo el volumen de leña que se consume en la ciudad. Los resultados de este estudio muestran que Coyhaique va avanzando por ese camino, como lo reportan también Muñoz-Ibáñez y Cáceres-Lillo (2020), no así Puerto Aysén, Cochrane y otras ciudades de la región que muestran un alto nivel de rezago.

⁹ En el caso de la electricidad, el valor incluye cargo fijo. Si bien, existe una tarifa eléctrica más barata para Coyhaique, Puerto Aysén y Cochrane, ésta no ha tenido tantos interesados como se pensó inicialmente.

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, así como también al Dr. Hisham Zerriffi de la Facultad de Cs. Forestales de la Universidad de British Columbia y a los miembros del comité científico por sus valiosos comentarios y sugerencias. Finalmente, y con especial cariño, queremos agradecer a las familias que nos recibieron en sus hogares y tuvieron la paciencia y amabilidad de responder la encuesta.

REFERENCIAS

Ábalos, M., 1997. Estimación del consumo de leña en las regiones V, IX y X. Tesis para optar al título de ingeniería forestal. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. 129 p.

BCN (Biblioteca del Congreso Nacional). 2021. Información territorial. Región de Aysén. Disponible en <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region11/region11>

Boso, A., Hofflinger, A., Garrido, J., Álvarez, B., 2020. Breathing clean air or cheaply heating your home: and environmental justice dilemma in Chilean Patagonia. *Geographical Review*, 10.1080/00167428.2020.1845955

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. Bases de datos no publicadas.

Céspedes, L., 2003. Evaluación cualitativa de la adopción de tecnología básica de manejo silvícola por pequeños propietarios de la comuna de Coyhaique, XI región de Aysén. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Cs. Forestales, Universidad de Chile.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2013. Monitoreo de cambios, corrección cartográfica y actualización del catastro de bosque nativo en la XI región de Aysén. Disponible en <https://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro-vegetacional/>

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2017. Programa transferencia técnica para la conservación de los recursos forestales en el litoral norte de la región de Aysén. Informe programa FNDR, glosa 02-51. 75 p.

CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente). 2009. Análisis de emisiones atmosféricas en Coyhaique. Informe final. EnviroModeling Ltda., 253 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. Sustainable woodfuel for food security. A smart choice: green, renewable and affordable. Working paper. 35 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). 1992. Censo de Población y Vivienda 1992. Resultados región de Aysén. Disponible en https://redatam-ine.ine.cl/redbin/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=CENSO_1992&lang=esp

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2017. Censo de Población y Vivienda 2017. Resultados región de Aysén. Disponible en <http://www.censo2017.cl/proceso-censal-resultados-preliminares/>

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2019. Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2019. Disponible en https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/Cd_Pb_Al_Cs_2019.pdf

INFOR (Instituto Forestal). 1994. Evaluación del consumo de leña en Chile 1992. Informe técnico N° 130. Santiago, Chile, 56 p.

INFOR (Instituto Forestal). 2004. Propuesta de una metodología para el estudio de demanda de leña en Coyhaique y Puerto Aysén. Informe elaborado para la Comisión Nacional de Energía.

Krejcie, R., Morgan, D., 1970. Determining sample size for research activities. *Educational and psychological measurement* 30, 607-610.

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 Energía. 2016. Balance nacional de energía 2016. Disponible en <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/244115/bne-2016-balance-energia-global-tcal/>

MORI (Market Opinion Research International). 2015. Caracterización de artefactos de calefacción residencial. Presentación de resultados finales realizada en diciembre de 2015. Disponible en <https://airecoyhaique.mma.gob.cl/publicaciones/>

Muñoz-Ibáñez, F., Cáceres-Lillo, D., 2020. Impacto del recambio de tecnología de calefacción en la concentración atmosférica por MP2,5 y en las admisiones por urgencias respiratorias en Coyhaique, Chile. *Cad. Saúde Pública* 36(6), e00246118.

Pérez, P., Menares, C., Ramírez, C., 2020. PM2.5 forecasting in Coyhaique, the most polluted city in the Americas. *Urban Climate* 32, 100608, doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100608.

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.

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 OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 24.

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.

Reyes, R., Sanhueza, R., Schueftan, A., Aguilera, F., 2021. Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Los Lagos. Informe final. Estudio encargado por el Ministerio de Energía. 71 p.

Salinas, J., 2021. Ganadería integrada al manejo de los bosques de Ñirre de Aysén: Buenas prácticas para compatibilizar la producción y la conservación del bosque. Documento de divulgación N° 53. Instituto Forestal. Disponible en <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/30459>

BES

BOSQUES | ENERGÍA | SOCIEDAD

Nº 14 | DIC. 2021

Proyecto apoyado por

