

BES | N° 17 | AÑO 10
DICIEMBRE 2024

**Consumo de leña y otros biocombustibles
sólidos en la región de Coquimbo:
Uso histórico de la biomasa
como energético estratégico residencial**



OBSERVATORIO BOSQUES, ENERGÍA Y SOCIEDAD

Informes BES | Número 17 | Año 10 | DIC. 2024

Editor general: René Reyes, Ingeniero Forestal (Ph.D.), Investigador Instituto Forestal. **Comité editor:** Matthias Denham, Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. **Colaboradores:** Vicente Letelier y Felipe Bengoa (fotografías).

Producción y diagramación: Stephanie Hauyon, Diseñadora Gráfica.

Foto de portada: Valle del Elqui.

Índice

03 RESUMEN

04 INTRODUCCIÓN

05 MÉTODOS

11 RESULTADOS

20 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

24 REFERENCIAS



Instituto Forestal

Sucre 2397 Ñuñoa, Santiago, Chile

Fono. +56 2 23667120

www.infor.cl

ISSN: 0719-7136

Se autoriza la reproducción parcial de esta publicación siempre y cuando se efectúe la cita correspondiente: Sanhueza, R., Reyes, R., Schueftan, A., Pinto, J. 2024. Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Coquimbo: Uso histórico de la biomasa como energético estratégico residencial. En: Informes técnicos BES, Bosques-Energía-Sociedad, Año 10. N°17. Diciembre 2024. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile, p. 25. <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32750>

Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Coquimbo: Uso histórico de la biomasa como energético estratégico residencial

Rafael Sanhueza¹, René Reyes¹, Alejandra Schueftan^{1, 2} y Joselyn Pinto¹

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

² Facultad de Arquitectura, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

RESUMEN

Se estimó para el sector residencial urbano y rural de la región de Coquimbo un consumo total de energía residencial de 1.476,6 GWh/año, el cual está fuertemente marcado por el gas licuado y la electricidad, sin embargo la leña representó el 2,7% de la matriz energética en el sector urbano y el 17,2% en el sector rural. De este modo, el volumen total de leña consumida en el sector residencial fue de 38.846 m³ sólidos, los cuales se concentran en un 25% en áreas urbanas y 75% en zonas rurales. Sin considerar departamentos, el 12,6% de los hogares urbanos y el 60,5% de las viviendas rurales utilizan leña, donde el uso para cocinar alimentos se asocia directamente a una mayor intensidad de consumo de leña. La leña utilizada en el sector residencial proviene en un 35% de parra (*Vitis spp.*), 27% eucalipto (*Eucalyptus spp.*), 10% de desechos forestales y un 28% restante distribuido entre espino (*Acacia caven*), molle (*Schinus latifolius*), palto (*Persea spp.*), quisco (*Echinopsis chilensis*), sauce (*Salix spp.*), pino (*Pinus spp.*) y otros. Pese a que en la región se registra un bajo consumo de leña por vivienda, los resultados reflejan que continúa un uso histórico de la biomasa como combustible estratégico complementario a otros energéticos, principalmente en los hogares rurales y urbanos con menores ingresos económicos.

Palabras clave | leña, energía, biocombustibles, transición energética, pobreza energética, región de Coquimbo



Ciudad de Coquimbo, provincia del Elqui

1. INTRODUCCIÓN

La leña es una de las principales fuentes de energía residencial en Chile. A nivel nacional cuenta con una penetración del 33,2% (CDT, 2015) y en las regiones al sur de La Araucanía su uso en los hogares supera el 88% (Reyes, 2017; Reyes *et al.*, 2020a, Reyes *et al.*, 2021; Reyes *et al.*, 2022). Las posibles implicancias que su uso puede tener en la calidad del aire de las ciudades, el impacto en los bosques y los procesos de transición energética de los hogares han sido objeto de diversos estudios (Schueftan *et al.*, 2019; Schueftan y González, 2013, 2015). Sin embargo, son escasos aquellos que aborden el uso de los biocombustibles en las regiones al norte de la región Metropolitana.

Para la región de Coquimbo, CDT (2015) realizó un estudio a nivel nacional, que incluye a Coquimbo como parte de la macrozona norte (que contempla las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama y Coquimbo), considerando un tamaño muestral relativamente pequeño para representar la diversidad de esta región. En aquel estudio, se estima una penetración de la leña del 6,7% y un consumo promedio anual por vivienda de 1,4 m³ estéreos.

Actualmente, la región de Coquimbo enfrenta serios desafíos en la búsqueda por comprender los procesos de desertificación y erosión de sus suelos. Sin embargo, esto no fue siempre así. En 1838, el naturalista Claudio Gay, en carta al ministro del interior de aquellos años, relataba la vegetación existente en la región como grande y robusta: “sobre todo distante de las poblaciones, se encuentran todavía árboles de gran tamaño, allí se ven algarrobos, espinos, talhuenes, litres, etc., de una belleza y altura notable” (Gay, 1838). En aquel relato, el autor responsabiliza a la minería del cobre y a las ordenanzas municipales de, según lo escrito por Gay: “autorizar a los mineros para arrancar y destruirlo todo”. En aquellos años, el uso excesivo de biomasa para alimentar los hornos de la industria minera causaba preocupación, ya que vaticinaba que de no haber medidas los efectos sobre el abastecimiento de agua y pérdida de cubierta vegetal mermarían la disponibilidad de leña tanto para uso humano como industrial (Gay, 1838; Bahamondes y Castro, 1986).

Lo anterior, da cuenta de la enorme importancia que tuvo la biomasa forestal en el desarrollo de la industria minera de aquellos años, y por otro lado, refleja que

el escenario actual de escasa vegetación arbórea tiene su raíz en una historia de sobreexplotación del recurso.

Al día de hoy, en la región de Coquimbo la relación de la biomasa como fuente de energía y la ruralidad aún es estrecha. Para Medina (2006), la tala y extracción de especies leñosas se complementa con actividades agrícolas y ganaderas, cuya práctica es más intensa en sociedades empobrecidas que utilizan este recurso como combustible y material de construcción para sus viviendas. Urbina (2005), en tanto, refuerza la importancia de la biomasa como fuente de energía rural en la región, que junto al gas son los energéticos que permiten garantizar el acceso de los hogares a agua caliente sanitaria y cocción de alimentos.

Por lo anterior y dada a la escasa investigación disponible, el presente estudio busca comprender la matriz energética residencial en diversos estratos de la región, como también dar cuenta de los hábitos de consumo de leña y los procesos de transición energética que se llevan a cabo actualmente en este territorio.

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La región de Coquimbo está situada entre los 29° 20' y 32° 15' latitud sur (Figura 1). Limita al norte con la región de Atacama, al este con la cordillera de los Andes, al sur con la región de Valparaíso y al oeste con el Océano Pacífico. Esta región tiene una superficie total de 40.579,9 km², lo que equivale al 5,37% del territorio nacional.

En el sector costero predomina el clima estepario, en la zona intermedia (sobre 800 msnm) estepa cálido y hacia la cordillera de Los Andes (sobre 3.000 msnm) el templado frío de altura. Las condiciones climáticas de la región sugieren una transición entre un clima desértico y uno mediterráneo, conocido comúnmente como semiárido o semidesértico.

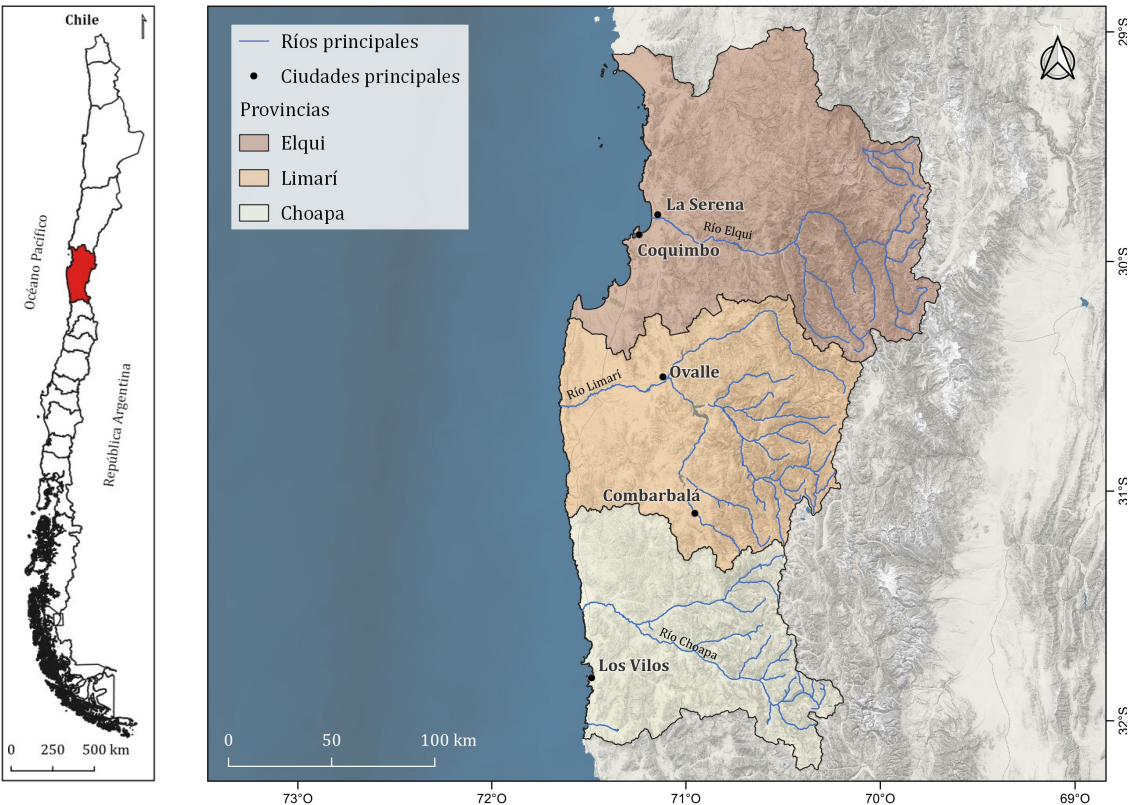
La región representa el límite septentrional del área de alta biodiversidad como parte de los 25 "hotspots" de mayor biodiversidad mundial (Myers *et al.*, 2000). Es así como dentro de las 1.478 especies nativas presentes en la región, el 53,3% de ellas son especies endémicas, de ellas el 75% son especies endémicas exclusivamente de la región de Coquimbo (Squeo *et al.*, 2001).

Desde un punto de vista geomorfológico, la región se caracteriza por la presencia de tres importantes valles transversales, que de norte a sur se conocen como los valles del Elqui, Limarí y Choapa, cuyas condiciones biofísicas han permitido el desarrollo de actividad agrícola. A su vez, es notoria la presencia de cordones transversales que

nacen en la cordillera de Los Andes hasta llegar a las planicies litorales, cuyas alturas varían de 600 a 1.200 msnm, lo cual permite la formación de valles en la depresión intermedia (Börgel, 1983).

El 90,3% de los suelos cultivados en la región lo componen principalmente especies forrajeras (54,5%), seguido por frutales (20,3%), viñas y parronales viníferos (8%) y hortalizas (7,5%). De este modo, gran parte del trabajo disponible en el sector rural está orientado a la actividad agrícola, donde las viñas pisqueras representan el 93,4% de la superficie pisquera nacional (ODEPA, 2023).

Figura 1.
Mapa de la región de Coquimbo, provincias, ciudades y ríos principales.



Fuente: Elaboración propia.

2.2. Diseño e implementación del muestreo

El sector residencial urbano y rural es estudiado en base a la unidad de muestreo de vivienda, cuya población objetivo la comprende aquellas que el Censo de Población y Vivienda denomina "viviendas particulares ocupadas con moradores presentes" y "viviendas particulares ocupadas con moradores ausentes" (INE, 2017). Se excluyen de este estudio los departamentos y aquellas clasificadas como "viviendas particulares desocupadas". El Cuadro 1 muestra un resumen de dicha información por comuna.

Cuadro 1.

Viviendas urbanas y rurales ocupadas, sin edificios de departamentos, por comuna en la región de Coquimbo.

Comuna	Viviendas Urbanas	Viviendas Rurales
La Serena	51.697	8.347
Coquimbo	60.365	5.636
Andacollo	3.229	520
La Higuera	401	2.109
Paihuano	0	2.761
Vicuña	5.611	6.424
Illapel	6.917	4.679
Canela	741	3.974
Los Vilos	6.438	1.989
Salamanca	5.223	6.033
Ovalle	26.744	13.179
Combarbalá	2.291	4.454
Monte Patria	5.040	9.038
Punitaqui	2.092	2.474
Río Hurtado	0	2.765
Total	176.789	74.382

2.3. Estimación del tamaño de la muestra

2.3.1. Sector residencial urbano

Para el sector residencial urbano, Ábalos (1997) señala que tanto la penetración como el consumo de leña por vivienda aumentan en la medida que disminuye el tamaño de la urbanización, lo cual ha sido comprobado en estudios anteriores (Reyes, 2017; Reyes *et al.*, 2018a, 2020a, 2020b, 2021, 2022; Sanhueza *et al.*, 2023). Por esta razón, en el sector urbano se implementó un muestreo estratificado por tamaño de ciudad, de acuerdo con la clasificación definida por INE (2005; 2019): Metrópolis (más de 500 mil habitantes); Ciudades mayores

(entre 100.000 y 500.000 habitantes); Ciudades grandes (entre 40.000 y 100.000 habitantes); Ciudades intermedias (entre 15.000 y 40.000 habitantes) y Ciudades pequeñas (menos de 15.000 habitantes).

Según INE (2019), la región cuenta con una conurbación compuesta por las comunas de La Serena y Coquimbo, siendo la primera su capital regional.

De esta forma, los estratos considerados para el sector urbano son los siguientes:

- Metrópolis: Conurbación La Serena – Coquimbo.
- Ciudad grande: Ovalle
- Ciudades intermedias: Vicuña e Illapel
- Ciudades pequeñas: Tongoy, Andacollo, Los Vilos, Salamanca, Combarbalá, Monte Patria, El Palqui, Punitaqui y otros 17 pueblos considerados urbanos.

En base a lo anterior, se determinó un tamaño muestral por estrato, utilizando la siguiente expresión (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= tamaño de la muestra por estrato
- np= total de viviendas habitadas sin departamentos por estrato
- p= proporción de la muestra que maximiza el tamaño muestral (50%)
- B= margen de error (10%)
- C= valor crítico para distribución normal con nivel de confianza de 95% (1,96)

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017)

Considerando un 10% de error, el tamaño de la muestra en cada estrato fluctuó entre 75 y 300 viviendas (Cuadro 2). La muestra se distribuyó de manera proporcional al tamaño de las ciudades que conforman cada estrato (número de viviendas ocupadas, sin considerar departamentos). En el caso de las ciudades pequeñas, dado el alto número de centros poblados y para no perder intensidad de muestreo, se sorteó aleatoriamente un tercio de las entidades, a partir de las cuales se distribuyó la muestra proporcional al número de viviendas (Cuadro 3).

De esta forma, se aplicaron encuestas en la conurbación La Serena – Coquimbo (metrópolis), en Ovalle (ciudad grande), en Vicuña e Illapel (ciudades intermedias), y en las ciudades de Combarbalá, Los Vilos, Quilimarí alto, Chillepín, Caleta San Pedro, El Peñón, Limarí y Pichidangui (ciudades pequeñas).

Los puntos de muestreo fueron distribuidos aleatoriamente al interior de cada ciudad, utilizando sistemas de información geográfica. El primer paso fue generar polígonos de cada ciudad, dentro de los cuales se distribuyeron los puntos sobre una capa de red vial, utilizando el algoritmo *Random Points Along a Line* del software QGIS 3.0.

Cuadro 2.
Distribución de la muestra por estratos urbanos.

Estrato	Muestra
Metrópolis	300
Ciudad grande	100
Ciudades intermedias	75
Ciudades pequeñas	81

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017)

Cuadro 3.
Distribución de la muestra en sector residencial urbano.

Estrato	Provincia	Comuna	Nombre	Viviendas	Muestra
Metrópolis	Elqui	Coquimbo	Coquimbo	56.542	158
Metrópolis	Elqui	La Serena	La Serena	50.674	142
Grande	Limarí	Ovalle	Ovalle	23.462	100
Intermedia	Elqui	Vicuña	Vicuña	5.283	18
Intermedia	Choapa	Illapel	Illapel	6.917	57
Pequeña	Limarí	Combarbalá	Combarbalá	2.291	21
Pequeña	Choapa	Los Vilos	Los Vilos	4.175	24
Pequeña	Choapa	Los Vilos	Quilimarí Alto	1.050	10
Pequeña	Choapa	Salamanca	Chillepín	598	6
Pequeña	Elqui	La Serena	Caleta San Pedro	511	5
Pequeña	Elqui	Coquimbo	El Peñón	496	5
Pequeña	Limarí	Ovalle	Limarí	291	3
Pequeña	Choapa	Los Vilos	Pichidangui	1.213	7

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017)



Parque Nacional Fray Jorge, comuna de Ovalle

De esta forma, el cuestionario fue aplicado a la vivienda más cercana al punto de muestreo (Figura 2). Cuando la vivienda seleccionada estaba deshabitada o cuando las personas no quisieron participar, se sortearon nuevos puntos en su reemplazo

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

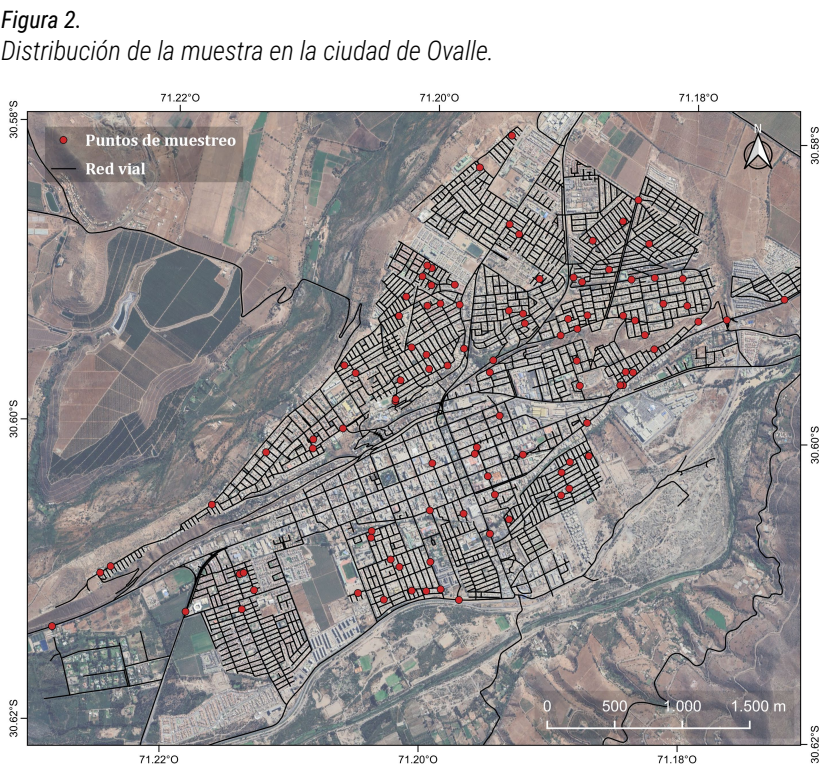
2.3.1. Sector residencial rural

Para el sector residencial rural, en primer lugar se estimó la proporción de viviendas habitadas dispersas en el territorio, y que el Censo Agropecuario 2007 denomina “viviendas con tierra”, y aquellas que se encuentran en aldeas y caseríos que no alcanzan a ser considerados áreas urbanas, y que se conocen como “viviendas sin tierra” (INE, 2007, 2019). De acuerdo a estudios previos (Reyes *et al.*, 2018, 2020a), existen diferencias importantes en los volúmenes de consumo de leña entre ambos subgrupos, razón por la cual vale la pena distribuir la muestra de manera proporcional al número de viviendas de cada uno.

En base a la Ecuación 1 se estimó un tamaño muestral para el sector rural de 120 viviendas, las cuales fueron distribuidas proporcionalmente a los subgrupos “viviendas sin tierras” y “viviendas con tierra” (Figura 3). De esta forma, se definió un solo

estrato rural, que considera la diversidad existente dentro del estrato. La muestra se distribuyó aleatoriamente en una capa con las restricciones de áreas silvestres protegidas, cuerpos de agua, áreas urbanas y entidades sin tierra (según el caso). Por

último, la cantidad de encuestas a realizar en cada comuna se determinó en base al número de viviendas y su proporción entre viviendas denominadas “sin tierra” y “con tierra” (Cuadro 4).



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4. Distribución de la muestra rural por comuna.

Comuna	Muestra	Comuna	Muestra	Comuna	Muestra
La Serena	26	Vicuña	6	Ovalle	19
Coquimbo	14	Illapel	6	Combarbalá	5
Andacollo	2	Canela	5	Monte Patria	9
La Higuera	1	Los Vilos	3	Punitaqui	3
Paihuano	3	Salamanca	12	Río Hurtado	6

Fuente: Elaboración propia.

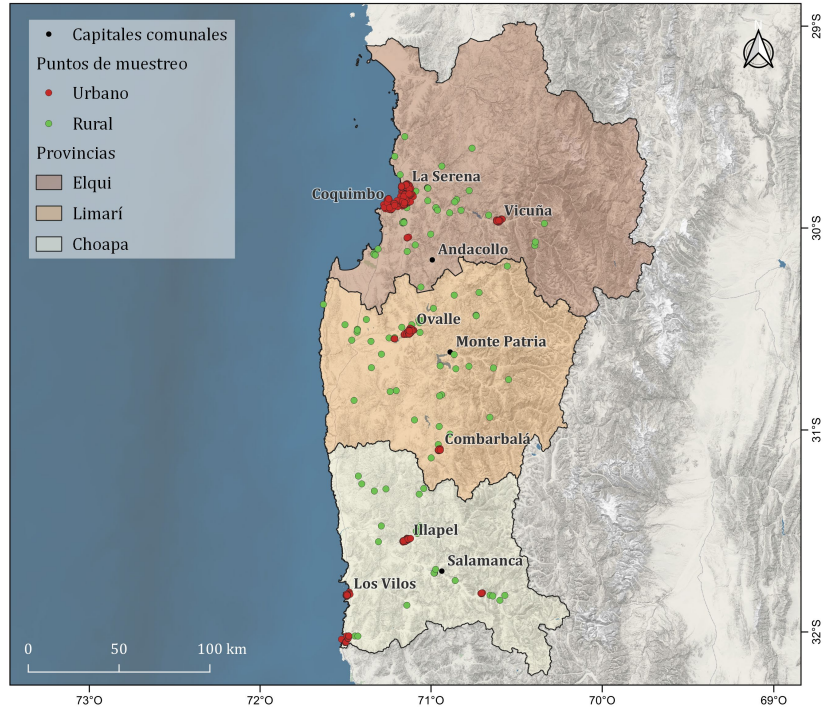
2.4. Consumo energético residencial

La encuesta aplicada en el sector residencial (urbano y rural) consta de ocho secciones, las cuales abordan los siguientes temas: a) antecedentes generales, b) características de la persona que toma decisiones, c) características de la vivienda, d) consumo final de energía, e) patrones de consumo, f) detalles del consumo de leña y g) composición familiar y gastos.

Junto a caracterizar el consumo de leña en la vivienda, este instrumentó permitió estimar el consumo de otros energéticos de uso residencial. De esta forma, fue posible estimar el consumo final de energía de cada una de las viviendas, lo que incluye el uso en calefacción, cocina, agua caliente sanitaria, iluminación y electrodomésticos (no considera transporte). Los factores utilizados para la transformación de unidades de energía fueron los siguientes:

Figura 3.

Distribución de la muestra residencial urbano y rural en la región de Coquimbo.



Fuente: Elaboración propia

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

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

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

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

$$O_i = V_{ij} \left(\frac{\text{litro}}{\text{año}} \right) \times 9,66 \left(\frac{kWh}{\text{litro}} \right) \quad (6)$$

$$D_i = V_{ij} \left(\frac{\text{litro}}{\text{año}} \right) \times 10,70 \left(\frac{kWh}{\text{litro}} \right) \quad (7)$$

$$E_i = V_{ij} \left(\frac{\text{peso}}{\text{año}} \right) \div CV \left(\frac{\text{peso}}{kWh} \right) \quad (8)$$

$$C_i = V_{ij} \left(\frac{\text{saco}}{\text{año}} \right) \times 18 \left(\frac{\text{kilo}}{\text{saco}} \right) \times 8,0 \left(\frac{kWh}{\text{kilo}} \right) \quad (9)$$

$$P_i = V_{ij} \left(\frac{\text{kilo}}{\text{año}} \right) \times 4,8 \left(\frac{kWh}{\text{kilo}} \right) \quad (10)$$

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 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 pellet 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 los hogares encuestados.

Con la estimación de consumo por cada una de las fuentes de energía se estimó el consumo final por vivienda mediante la sumatoria del consumo de todos los energéticos del hogar. Esta información permitió, entre otras cosas, analizar la importancia relativa de los distintos combustibles, sus niveles de penetración y consumo a nivel regional.



Vivienda del Valle del Elqui

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización socioeconómica de los hogares encuestados

En la región de Coquimbo, el 57% de los tomadores de decisión de los hogares encuestados fueron mujeres y el 43% hombres. En todos los estratos del sector urbano se mantuvo esta tendencia. Sin embargo, en el sector rural hubo una mayor participación de hombres.

La edad promedio de los tomadores de decisión fue de 55 años (desviación estándar de 16 años). El estrato ciudad intermedia registró la mayor edad promedio con 57 años (desviación estándar de 17 años), mientras que las edades menores correspondieron al estrato ciudad pequeña, con una media de 53 años (desviación estándar de 16 años). En cuanto al sector rural, el promedio de edad registrado fue de 54 años (desviación estándar de 16 años).

En relación al nivel educativo, la conurbación Coquimbo – La Serena concentró la mayor

proporción de encuestados con estudios universitarios, siendo el único estrato con tomadores de decisión con estudios de postgrado. En contraste, la escolaridad disminuye hacia el estrato rural, con solo un 5% de los encuestados con estudios universitarios.

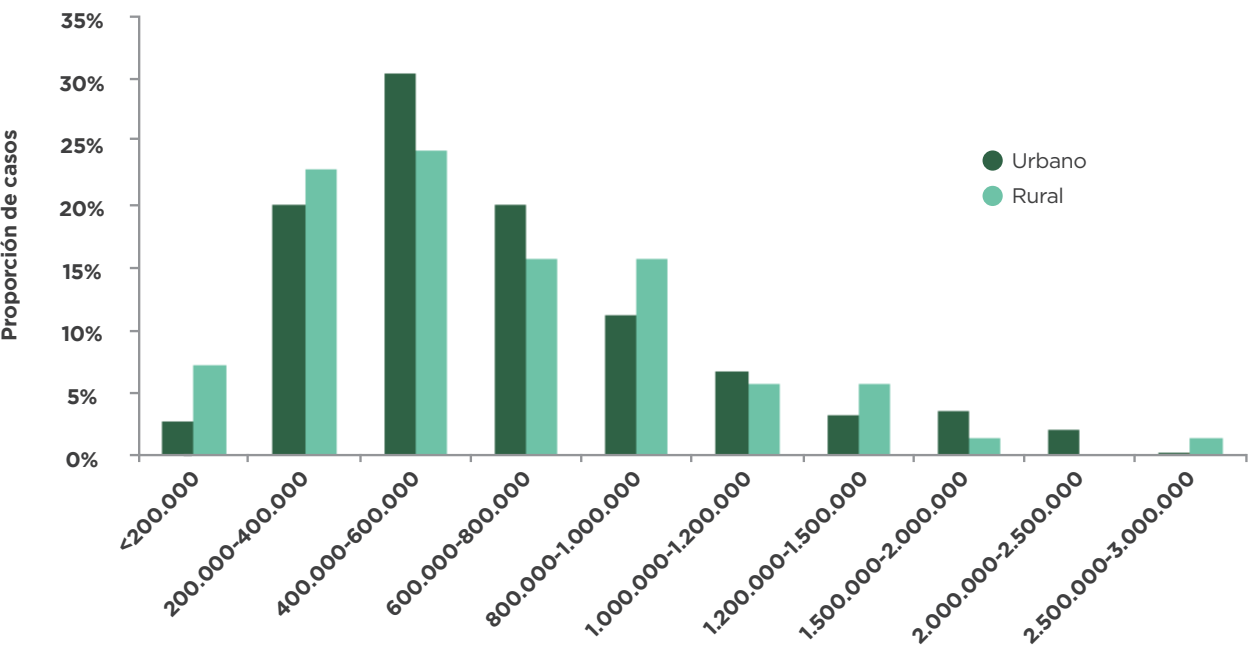
El 73% de las viviendas encuestadas fueron construidas antes del año 2000, el 13% entre 2000 y 2007, y el 14% restante después de 2007. En las ciudades intermedias predomina la proporción de viviendas más antiguas (83% construidas antes del año 2000), mientras que en el estrato rural se concentran las viviendas más nuevas (39% posterior al año 2007).

Respecto al tamaño de las viviendas, el promedio regional fue de 84,5 m² (desviación estándar de 53,8 m²). La conurbación Coquimbo – La Serena concentra las

viviendas más grandes, con una superficie promedio de 95,2 m² (desviación estándar de 63,6 m²). El tamaño disminuye a medida que se avanza hacia sectores urbanos más pequeños, llegando a 61,9 m² en ciudades pequeñas (desviación estándar de 20,4 m²). Mientras que en el sector rural el tamaño promedio es de 67,3 m² (desviación estándar de 28,9 m²).

La Figura 4 muestra el gasto familiar mensual de las viviendas encuestadas en los sectores urbano y rural. Los datos muestran que, en la mayoría de los hogares, tanto urbanos (53%) como rurales (54%), el gasto mensual no supera los \$600.000. A partir de ese rango, la proporción de hogares con mayores niveles de gasto disminuye en forma progresiva en ambos sectores, reflejando que solo el 9% de los hogares gasta más de \$1.200.000 por mes.

Figura 4.
Gasto familiar mensual declarado por sector (\$).



3.2. Consumo de leña en la región de Coquimbo

3.2.1. Consumo en el sector residencial urbano y rural

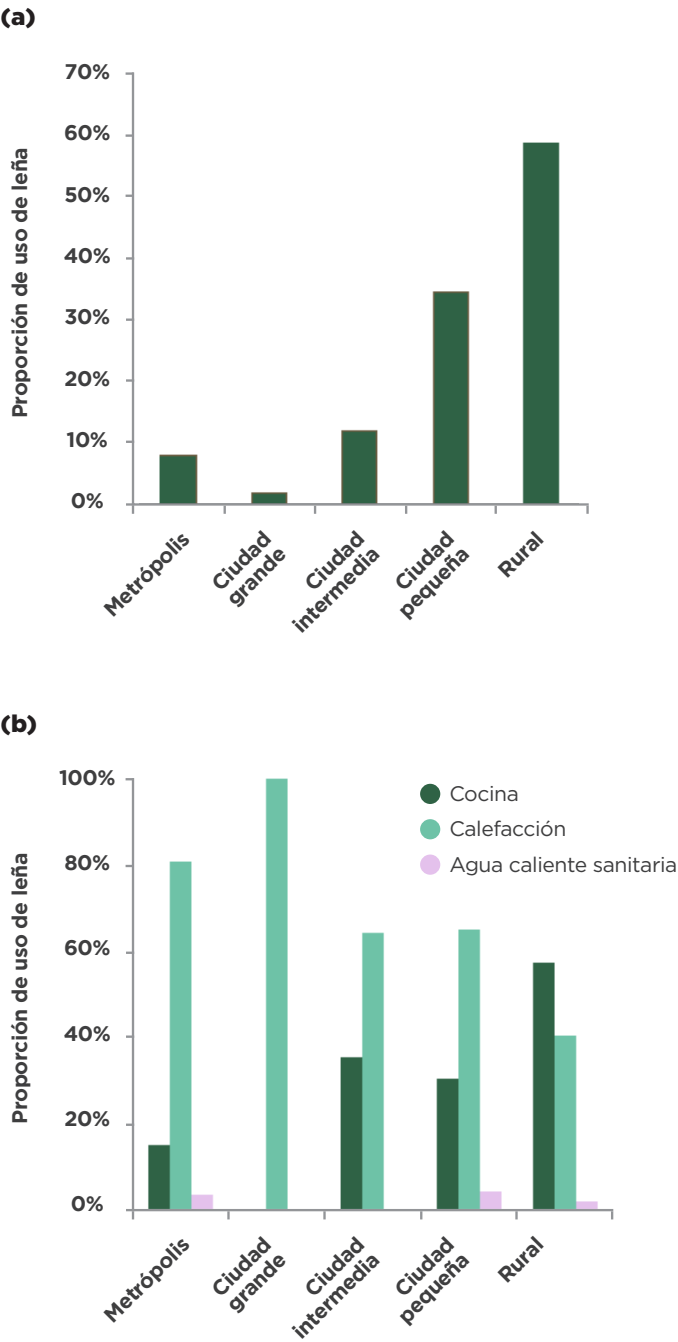
El 12,6% de las viviendas urbanas y el 60,5% de las viviendas rurales consumen leña en la región de Coquimbo. La Figura 5 muestra el aumento de la penetración de la leña a través de los estratos, desde la metrópolis con una penetración del 8%, hasta el estrato rural con el 60,5%.

De las viviendas que usan leña en la región, el 58,9% destina su uso a calefaccionar los hogares, en tanto que un 38,4% la utiliza para cocinar, mientras que solo el 2,7% la usa también para agua caliente sanitaria. Esta proporción varía a lo largo de los estratos. En la conurbación Coquimbo – La Serena predomina el uso de leña para calefacción y a medida que se avanza hacia el estrato rural emerge el uso de cocina. Es notorio el caso de la ciudad de Ovalle (ciudad grande), donde sólo se registró uso para calefacción, sin embargo, también corresponde al estrato con menor uso de leña en la región (Figura 5).

Las viviendas que utilizan leña en la región consumen en promedio 0,58 m³ sólidos anuales (IC95% : 0,34 - 0,74 m³). En el sector urbano el promedio fue de 0,43 m³ sólidos anuales (IC95%: 0,30 - 0,57 m³), mientras que en sector rural el consumo aumenta levemente, con un promedio de 0,65 m³ sólidos anuales (IC95%: 0,43 - 0,83 m³). Las diferencias por estrato se aprecian en el Cuadro 5, donde se observa que el consumo promedio aumenta progresivamente a medida que se avanza hacia las áreas rurales.

El consumo total de leña en el sector residencial de la región de Coquimbo se estima en 38.846 m³ sólidos al año (IC95%: 25.819 – 50.020 m³). El sector urbano concentra el 25% del consumo regional,

Figura 5. Penetración (a) y uso de la leña por estrato (b).



1 Intervalo de confianza al 95%.

con 9.623 m³ sólidos (IC95%: 6.608 – 12.638 m³), mientras que la mayor proporción corresponde al sector rural (75%), con un total de 29.223 m³ sólidos (IC95%: 19.210 – 37.382 m³).

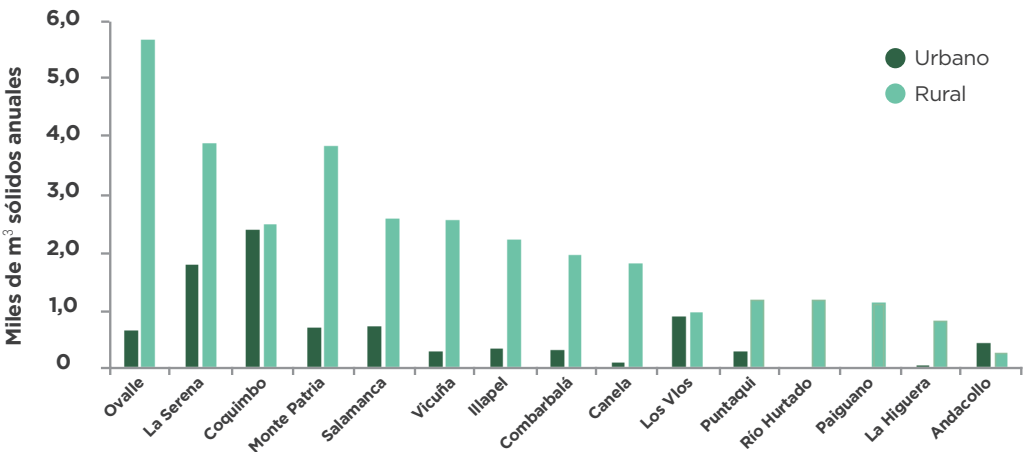
La mayor parte del consumo urbano se concentra en las comunas más pobladas (Figura 6), donde destaca Coquimbo como la principal consumidora, con 2.380 m³ sólidos/año, seguida por La Serena (1.796 m³ sólidos/año). Por otro lado, en el sector rural las comunas con mayor consumo son Ovalle (5.656 m³ sólidos/año), La Serena (3.881 m³ sólidos/año) y Monte Patria (3.828 m³/año).

Cuadro 5.
Consumo medio anual de leña por estrato.

Estrato	m³ sólidos/año	Error porcentual
Metrópolis	0,27	18%
Ciudad grande	0,26	33%
Ciudad intermedia	0,46	28%
Ciudad pequeña	0,56	14%
Rural	0,65	16%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6.
Consumo urbano y rural por comuna (miles de m³ sólidos anuales).



3.2.2. Características del consumo de leña en la región de Coquimbo

La especie más utilizada para leña en la región es la parra (*Vitis spp.*), que representa el 35% del total consumido, lo que equivalente a 13.596 m³ sólidos, seguida por el eucalipto (*Eucalyptus spp.*) con 27, desechos forestales con un 10% y un 28% restante distribuido entre espino (*Acacia caven*), molle (*Schinus latifolius*), palto (*Persea spp.*), quisco (*Echinopsis chilensis*), sauce (*Salix spp.*), pino (*Pinus spp.*) y otros. No obstante, al analizar el consumo de especies por sector (Cuadro 6), se observa

que en las viviendas urbanas el eucalipto es la más utilizada, alcanzando el 55,1% de las preferencias, seguido de la parra con un 21,7%, y en menor medida palto (*Persea spp.*) (6,2%), molle (*Schinus latifolia*) (5,5%), espino (*Acacia caven*) (4,5%), pino (*Pinus spp.*) (3,1%) y otras (3,9% entre frutales, exóticas y nativas). En el sector rural, las especies preferidas son la parra, que lidera con un 43,3%, y los desechos forestales que ocupan el segundo lugar con un 16,4%, y en menor proporción se utiliza eucalipto

(8,6%), otros frutales (7,9%), espino (4,8%), otras exóticas (4,6%), quisco (*Echinopsis chilensis*) (4,0%), sauce (*Salix spp.*) (3,6%), molle (2,5%) y pino (*Pinus spp.*) (0,3%).

De esta forma, se observa una marcada preferencia por el consumo de especies exóticas, que representan un 88,5% en áreas urbanas y un 84,7% en áreas rurales. En cambio, las especies nativas representan solo el 11,5% en zonas urbanas y el 15,3% en zonas rurales.



Vicuña, valle del Elqui

Cuadro 6.
Proporción de especies más utilizadas en el sector residencial urbano y rural, según volumen consumido.

Especie	Urbano	Rural
Parra	21,7%	43,3%
Eucalipto	55,1%	8,6%
Desechos forestales	-	16,4%
Espino	4,5%	4,8%
Molle	5,5%	2,5%

Especie	Urbano	Rural
Palto	6,2%	-
Quisco	-	4,0%
Sauce	-	3,6%
Pino	3,1%	0,3%
Restos	-	0,2%

Especie	Urbano	Rural
Restos	-	0,2%
Otras frutales	1,0%	7,9%
Otras exóticas	1,4%	4,6%
Otras nativas	1,5%	4,1%
Total	100%	100%

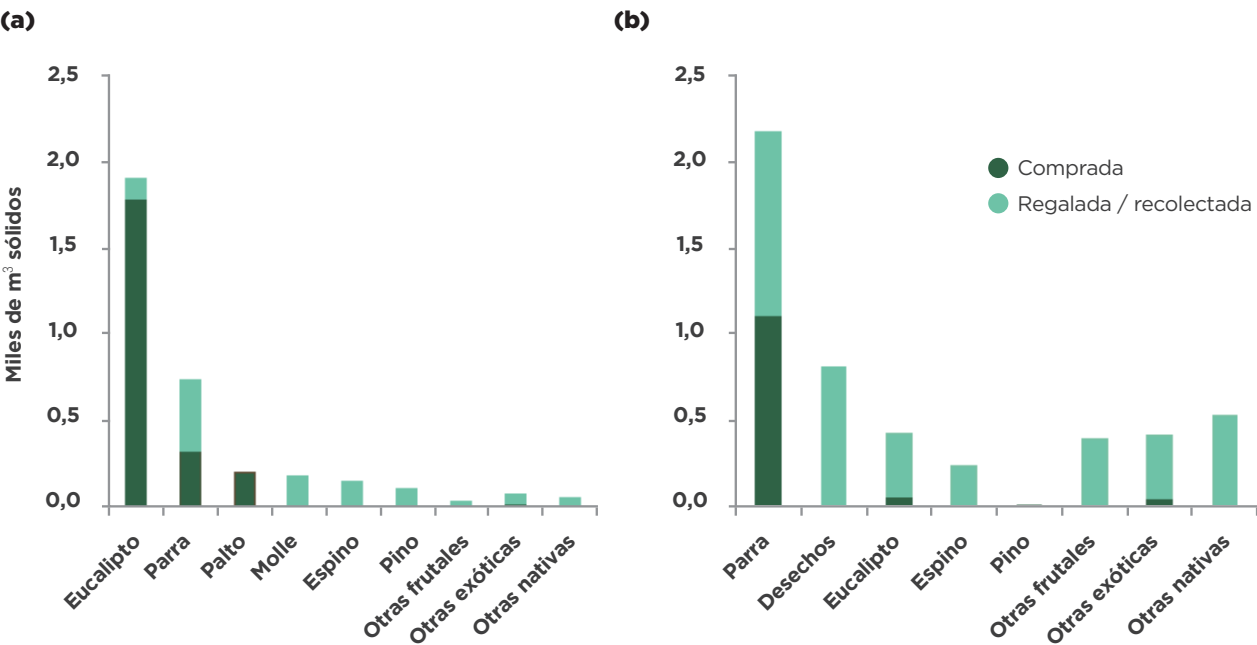
Fuente: Elaboración propia.

En la región de Coquimbo, el 68% de los usuarios obtiene su leña mediante recolección o como regalo de terceros, mientras que el 32% la compra. Esta dinámica varía según sector: a nivel urbano, la mayoría de los usuarios adquiere la leña mediante compra (64%), mientras que en el rural ocurre lo contrario, con un 68% de los usuarios obteniéndola por recolección o regalo. En ciudades los formatos de

compra más comunes son los sacos de 15 y 25 kg, mientras que en las zonas rurales predomina el uso de las carretillas (formato asociado a la recolección). Al desglosar la obtención de leña por especie (Figura 7), en el sector urbano, el eucalipto es la especie más consumida y principalmente comprada, mientras que las especies menos utilizadas tienden a ser recolectadas o regaladas. En el sector rural, la parra es la

especie más consumida, la cual se obtiene de manera equilibrada entre compra (51%) y recolección o regalo (49%). Es importante destacar que el volumen total consumido de especies nativas, tanto en áreas urbanas como rurales, proviene de la recolección o regalo, mientras que las especies exóticas son en su mayoría compradas en el sector urbano (76%) y regaladas o recolectadas en el sector rural (71%).

Figura 7.
Consumo de leña comprada y regalada por especie. A la izquierda se muestra el sector urbano (a) y a la derecha el sector rural (b).



La leña que es comprada se adquiere a un valor promedio de \$173,05 por kilogramo (desviación estándar de \$55,19). La variación interanual del precio de la leña experimentó un alza del 31% entre 2022 y 2023, la cual fue levemente mayor en el sector urbano que en el rural (32% y 28%, respectivamente). En 2022, los hogares de la región de Coquimbo gastaron 1,65 millones de dólares en la compra de leña (1 USD = 952 pesos chilenos). Esto implica que el 68% de la leña obtenida a través

recolección o regalo evitó un gasto estimado en 3,52 millones de dólares. Este ahorro fue particularmente relevante en áreas rurales, donde se evitó un gasto de 3,29 millones de dólares, en comparación a los 0,46 millones de dólares ahorrados en zonas urbanas.

En el sector urbano se estima un total de 26.090 (IC95%: 23.979 – 28.199) calefactores a leña instalados (Cuadro 7). De estos, la mayoría corresponden a combustiones lenta (33%), salamandras

(18%), braseros (15%), chimeneas (12%), cocinas tradicionales a leña (11%), estufas hechizas (7%), calderas (4%) y otros tipos (1%). En el sector rural, en cambio, se registran 52.897 (IC95%: 48.618 – 57.176) calefactores a leña, donde predominan las cocinas a leña, con un 31%, seguidas de salamandras (30%), braseros (16%), combustiones lenta (12%), chimeneas (6%) y estufas hechizas (6%).

Cuadro 7.
Cantidad de calefactores a leña en el sector residencial de la región de Coquimbo.

Estrato	Cocina a leña	Salamandra	Combustión lenta	Brasero	Chimenea	Estufa hechiza	Caldera	Otra	Total
Metrópolis	1.754	2.192	3.069	877	2.192	0	0	0	10.084
Ciudad grande	0	276	0	0	276	0	0	0	552
Ciudad intermedia	0	288	864	288	0	0	0	288	1.728
Ciudad pequeña	2.859	0	4.575	2.859	572	1.716	1.144	0	13.726
Rural	16.137	15.702	6.180	8.698	3.227	2.953	0	0	52.897
Total	20.750	18.458	14.689	12.722	6.267	4.669	1.144	288	78.987
Proporción	26%	23%	19%	16%	8%	6%	1%	0%	100%

Al consultar a los usuarios de leña sobre su disposición a cambiar la leña por otra fuente de energía a un costo similar (Figura 8), en el sector urbano sólo el 5% respondió afirmativamente y el 9% en el rural, lo cual refleja el fuerte arraigo que tiene este combustible en los hogares que utilizan leña. De aquellos usuarios dispuestos a cambiar la leña, la mayoría se orientó hacia la energía solar (81% en el sector urbano y 67% en el sector rural). En el sector rural, pese a predominar la energía solar como alternativa a la leña, se observó mayor diversidad de preferencias que en el sector urbano (energía eólica, pellet y carbón vegetal).

Entre los hogares dispuestos a cambiar la leña por otra fuente de energía, en el sector urbano la disposición a pagar fue de \$2.950 mensuales (error estándar de \$627), mientras que en el sector rural ascendió a \$4.167 mensuales (error estándar de \$2.007). Independientemente del sector, predomina la disposición a cambiar siempre que se mantenga el precio (61% en el sector urbano y 50% en el sector rural) (Figura 9), lo cual reafirma el arraigo de la leña en los hogares de la región, y a su vez refleja la relevancia económica que representa la leña en el gasto de los hogares.

En el sector urbano, la principal forma de abastecimiento de leña de los hogares es la compra en locales de venta (40% de los casos), seguido por la compra a productores que traen la leña desde el campo (33%) (Figura 10). Menos frecuente es la compra a camiones que recorren la ciudad (13%), la compra directa en el campo (10%), y la compra a intermediarios no trazables (5%). En el sector rural se observa una estructura de abastecimiento diferente, predomina la compra directa al productor (63%).

Figura 8.
Usuarios de leña dispuestos a transicionar hacia un combustible distinto (a) y preferencia del cambio (b), por sector.

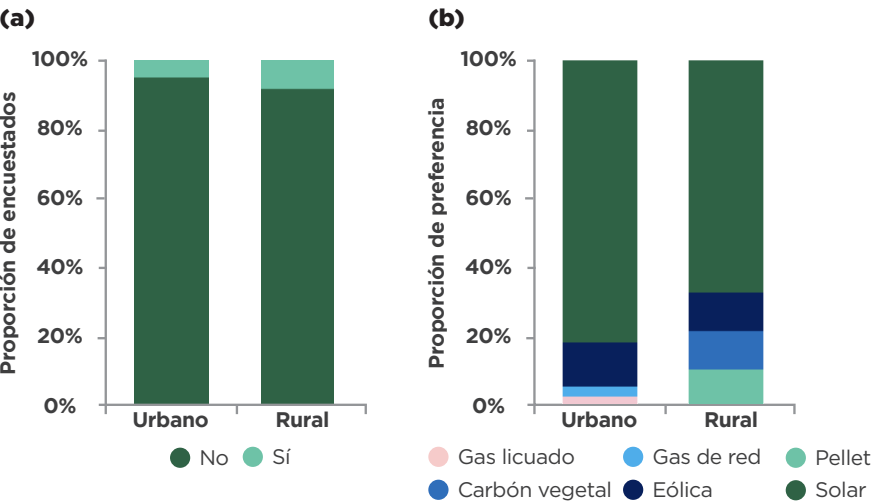


Figura 9.
Disposición a pagar en reemplazo a la leña por sector.

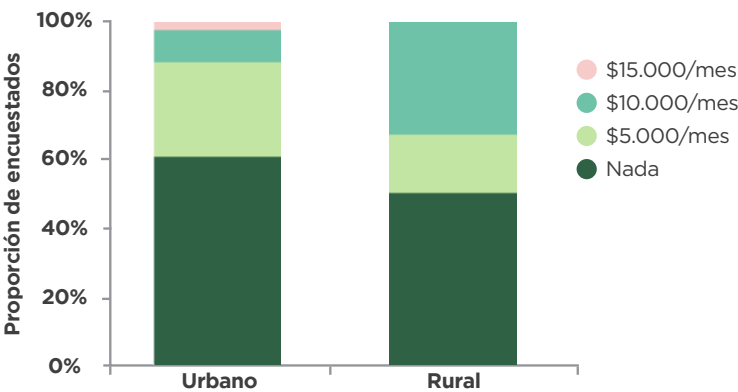
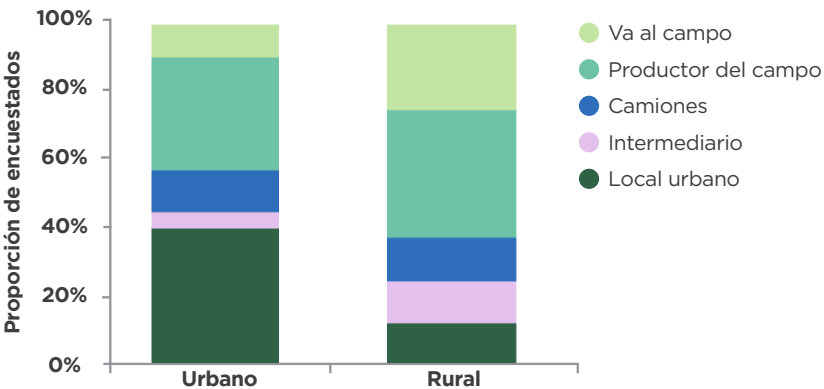


Figura 10.
Vías de abastecimiento de leña por sector.



3.3. Uso y consumo de otros energéticos

Tanto en el sector urbano como rural, se observa una fuerte penetración de la electricidad y el gas licuado (Cuadro 8). Es interesante notar que en el sector rural el 13% de los hogares complementa y en algunos casos reemplaza la electricidad proveniente del sistema interconectado central, mediante el uso de paneles fotovoltaicos. Llama la atención, además, el extendido uso del carbón vegetal, el cual es utilizado como complemento para cocinar en hornos, braseros, parrillas y estufas, siendo ampliamente utilizado en áreas urbanas y rurales. Pese a ello, el aporte del carbón vegetal es marginal, satisfaciendo solo el 1,9% del consumo energético regional. El kerosene se utiliza en menos del 6% de los hogares, especialmente en el sector urbano, contribuyendo solo el 0,4% del consumo de energía de la región.

Al considerar todas las fuentes de energía utilizadas en el sector residencial, se llega a un consumo total de 1.476,6 GWh/año (IC95%: 1.304,4 – 1.646,8 GWh/año) en la región de Coquimbo (año 2022), 68% de los cuales se utilizan en el sector urbano y el 32% restante en el sector rural.

En los hogares urbanos las fuentes de energía más utilizadas son la electricidad y el gas licuado. La electricidad es usada en la totalidad de los hogares con un consumo promedio por vivienda de 2.251 kWh/año (error estándar de 114 kWh). El gas licuado es usado en el 95% de los hogares, con un consumo medio de 3.136 kWh/año (error estándar de 112 kWh). El gas de red es utilizado en el 7% de los hogares, especialmente en la Conurbación Coquimbo – La Serena, a un promedio de 3.232 kWh/año (error estándar de 370 kWh). El carbón vegetal se utiliza en el 71% de los hogares a un promedio por vivienda de 191 kWh/año (error estándar de 17 kWh). La leña se emplea en el 13% de los hogares a un promedio de 958 kWh/año (error estándar de 183 kWh). El kerosene es utilizado exclusivamente en el sector

Cuadro 8.

Penetración de energético según estrato, ordenados por penetración regional.

Energético	Metrópolis	Ciudad grande	Ciudad intermedia	Ciudad pequeña	Rural
Electricidad	100%	100%	100%	100%	93%
LPG	92%	100%	100%	100%	100%
Carbón vegetal	74%	74%	69%	59%	30%
Leña	8%	2%	12%	34%	59%
Solar	4%	1%	7%	5%	16%
Kerosene	5%	6%	4%	3%	0%
Gas de red	7%	0%	0%	0%	0%
Gasolina	0%	0%	0%	0%	4%
Pellet	1%	0%	0%	0%	2%
Diésel	0%	0%	0%	0%	0%

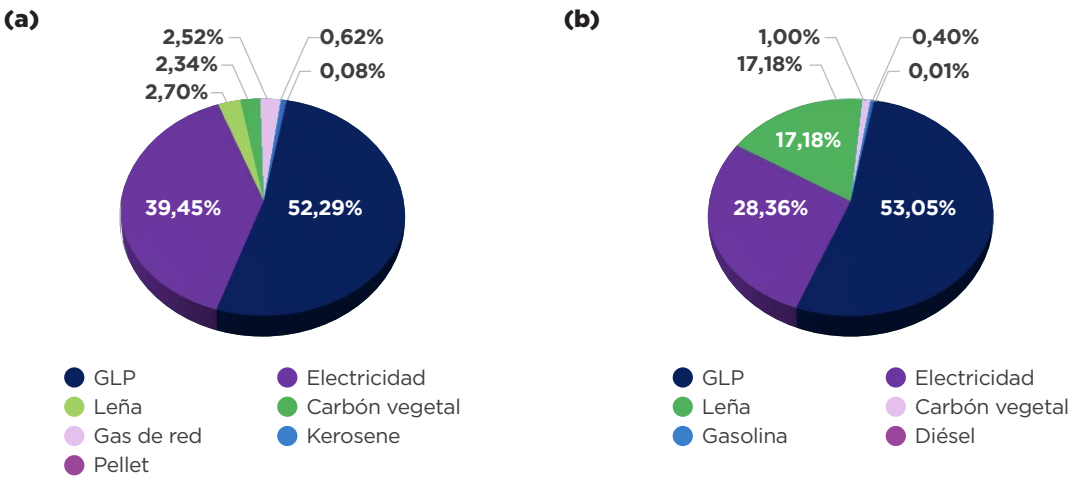
Fuente: Elaboración propia.

urbano, con un promedio por vivienda de 743 kWh/año (error estándar de 209 kWh). El pellet presenta una baja penetración en el sector urbano (0,4%), razón por la cual no es posible estimar consumos promedios. De esta forma, los mayores contribuyentes al consumo energético del sector urbano son el gas licuado (52,29%) y la electricidad (39,45%). En menor proporción se encuentran la leña (2,7%), el gas de red (2,5%), el carbón vegetal (2,3%), el kerosene (0,6%) y el pellet (0,1%) (Figura 11).

En el sector rural, el gas licuado se utiliza en el 100% de los hogares, a un promedio por vivienda de 3.328 kWh/año (error estándar de 202 kWh). La electricidad tiene una penetración del 93%, con un consumo medio de 1.916 kWh/año/vivienda (error estándar de 150 kWh). La leña es la tercera fuente de energía más importante en el sector rural, con un 59% de presencia en los hogares, los que consumen en promedio 1.840 kWh/año (error estándar

de 301 kWh). En comparación con el sector urbano, el carbón vegetal disminuye su presencia con una penetración del 30% y un consumo medio por vivienda de 210 kWh/año (error estándar de 22 kWh). Por otro lado, la baja penetración de gasolina y pellet (4% y 2%, respectivamente), impiden estimar consumos promedios con valores confiables. En relación al aporte a la matriz energética rural, la leña alcanza el tercer lugar (17,18%), mientras que el gas licuado mantiene el primer puesto (53,05%) y la electricidad el segundo (28,%).

Figura 11.
Matriz energética residencial del sector urbano (izquierda) y sector rural (derecha), en la región de Coquimbo.



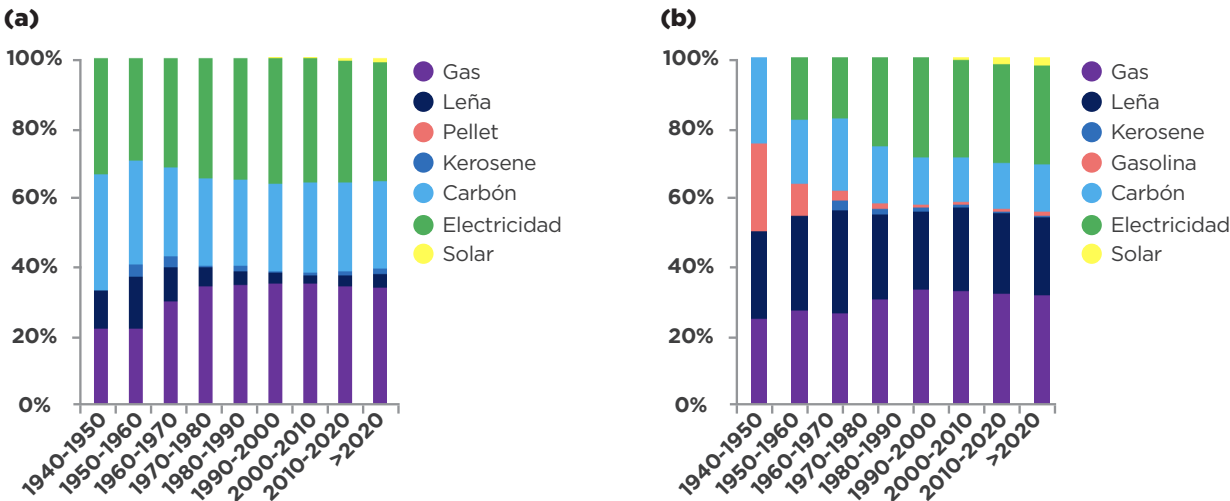
La Figura 12 muestra la historia de uso de diversas fuentes de energía en los hogares de la región, desde el momento en que las viviendas fueron habitadas. En las áreas urbanas se aprecia una composición de energéticos relativamente estable a través del tiempo, con una leve tendencia a un menor uso de leña que comenzó a ser reemplazada por el kerosene a partir de 1950-1960 y por el gas desde 1960-1970. A partir de 1980, se consolida una matriz con importante presencia de electricidad y gas,

mientras que la leña, aunque en declive, permanece como un combustible que no ha sido sustituido por completo. Destaca la presencia de energía solar desde 1990-2000, aunque en una proporción limitada. En cuanto al pellet, su uso comienza a registrarse desde 2010, sin embargo, dada su baja penetración no logra apreciarse en el gráfico.

Para el sector rural, resulta interesante apreciar la notoria diferencia en el uso de

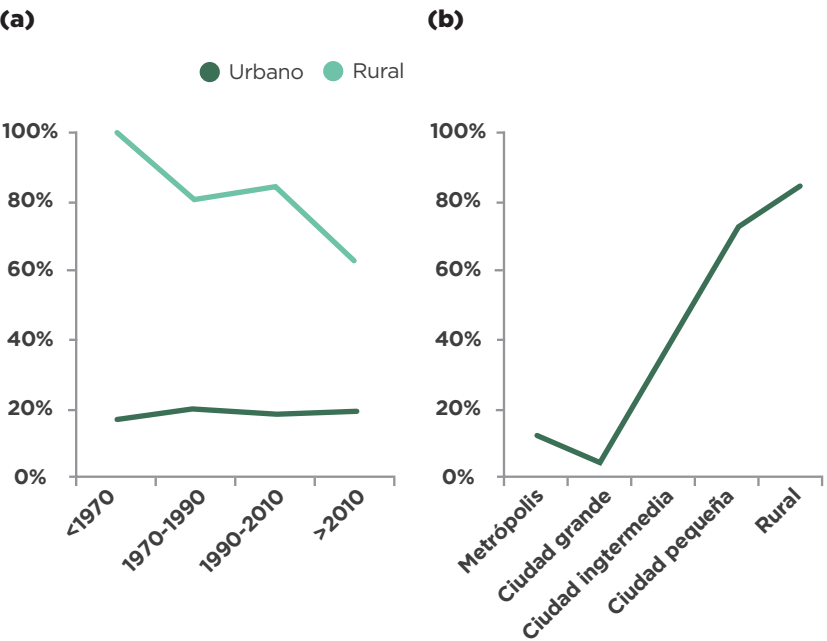
energéticos en el período 1950-1960 y posterior a 2020. En las primeras décadas, se observa una matriz con baja energía eléctrica, en cuyo reemplazo fue importante la gasolina. Más adelante, con el ingreso de la energía eléctrica y la consecuente disminución del uso de gasolina, se consolida una matriz más equilibrada, donde la electricidad, el gas y la leña se utilizan en proporciones similares.

Figura 12.
Historia de uso de energéticos en el sector urbano (izquierda) y rural (derecha), en la región de Coquimbo.



Al centrar el análisis histórico en la leña, se observa que la proporción de hogares que declaran haberla utilizado al menos una vez se mantiene relativamente constante a lo largo de los años, cercano al 25% de los casos (Figura 13). Sin embargo, al comparar por sector urbano y rural, es notorio que en el sector urbano el 19% de los hogares declaran haber utilizado leña, independiente del año de llegada a la vivienda, cuya tendencia se mantiene relativamente constante en el tiempo. No obstante, en el sector rural se observa una notoria disminución en el uso de la leña a lo largo de los años, con tendencia a la baja. Por otro lado, si se analiza el uso histórico de la leña se aprecia un aumento constante de su uso en el gradiente urbano-rural, con una leve disminución en el estrato ciudad grande. Estos hallazgos dan cuenta del arraigo histórico de la leña en el sector urbano, y reflejan un proceso de transición energética en curso en el sector rural.

Figura 13.
Uso histórico de la leña por sector (urbano y rural) de acuerdo al año de llegada a la vivienda (izquierda) y comportamiento del uso histórico de la leña por estrato (derecha).



Quebrada de Paihuano, provincia del Elqui

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Son escasos los estudios orientados a estimar el consumo de biocombustibles sólidos en el norte de Chile. INFOR (1994) estimó para la región de Coquimbo un consumo promedio por vivienda en el sector urbano de 1,36 m³ sólidos anuales y de 4,33 m³ sólidos por año para el sector rural. Posteriormente, CDT (2015) consideró en una sola categoría, llamada macrozona norte, a las regiones desde Coquimbo hasta el extremo norte del país, donde estimó un consumo promedio anual por vivienda de 0,9 m³ sólidos. Sin embargo, esta estimación no permite hacer una distinción entre el consumo urbano y rural, como tampoco conocer con precisión el

consumo de leña en la región de Coquimbo.

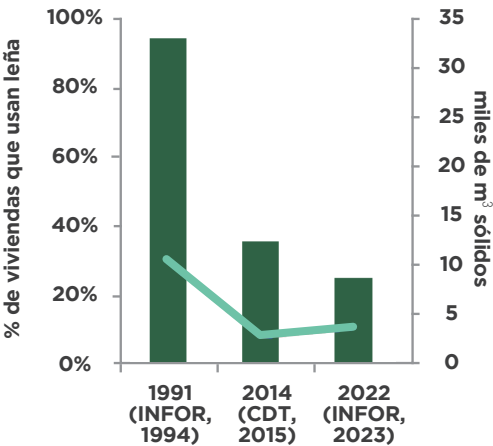
En contraste, los resultados del presente estudio muestran que en el sector urbano la penetración de la leña alcanza el 12,6%, con un consumo medio por vivienda de 0,43 m³ sólidos anuales. Para el sector rural el consumo promedio es de 0,65 m³ sólidos anuales por vivienda, con una penetración del 60,5%. Esto permite estimar para el año base 2022, un consumo total de leña a nivel regional de 38.846 m³ sólidos (IC95%: 25.819 – 50.020 m³), de los cuales el sector urbano consume 9.623 m³ sólidos (IC95%: 6.608 – 12.638 m³) y el sector rural 29.223

m³ sólidos (IC95%: 19.210 – 37.382 m³).

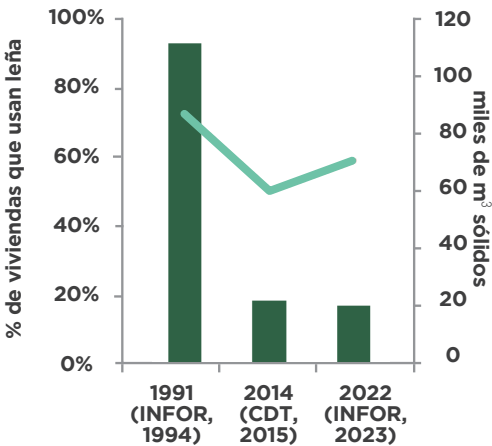
Si se comparan estos estudios (Figura 14), se aprecia en primer lugar un notorio aumento en el número de viviendas entre 1991 y 2014, acompañado de una marcada reducción del consumo total de leña. Si bien esta tendencia se repite en los últimos estudios, los resultados muestran que entre 2014 y 2022 existió cierta estabilización en el consumo total de leña en el sector rural, a diferencia del sector urbano, donde la disminución del consumo fue más pronunciada.

Figura 14.
Consumo de leña en la región de Coquimbo entre 1991 y 2022 para el sector urbano (izquierda) y sector rural (derecha).

(a) Sector urbano



(a) Sector rural



— Viviendas que consumen leña
— Consumo leña

En relación con las características socioeconómicas asociadas al consumo de energía, los datos permiten apreciar que, en la región de Coquimbo, el consumo total de energía en los hogares disminuye levemente a medida que aumenta la edad de los tomadores de decisión. La escolaridad pareciera también cumplir un rol importante, ya que cuando ésta disminuye también lo hace el consumo total de energía, y a la vez aumenta el volumen de leña consumido. Dado el estrecho vínculo entre escolaridad y nivel socioeconómico de los hogares (Bellei, 2013; Donoso y Hawes, 2002), esta tendencia refleja que en la región el consumo de leña

surge como una alternativa para satisfacer la demanda energética cuando los recursos económicos son escasos.

La pobreza presente en el sector rural y en zonas periféricas a los sectores urbanos ha sido objeto de diversas investigaciones. Osorio y Oyarce (2010) dan cuenta de la relación que existe entre pobreza y desertificación, siendo ésta una relación que ha implicado disminución de suelos productivos, escasez de demanda laboral y por ende detrimento de la calidad de vida, la cual afecta directamente el ingreso familiar. Al respecto, el presente estudio logra

constatar también cómo la recolección de biomasa (que implicó un ahorro en el sector rural de 3,29 millones de dólares) es utilizada en situaciones de necesidad energética, ya sea como energético principal o como complemento al gas, cuando no se cuentan con los recursos necesarios para su adquisición.

Esta situación se asocia a un mayor uso de la leña para cocinar alimentos ($r^2 = 0,12$), que para otros fines (calefacción y agua caliente sanitaria). Esto sugiere que, pese a que las condiciones climáticas no demandan un alto consumo de leña, su uso



La Serena, capital regional

cumple un rol de contención económica en hogares que deciden utilizarlo como complemento o reemplazo a otros energéticos (p.ej: gas licuado), dado su bajo costo y fácil acceso. Frente al bajo volumen de leña consumido, la recolección de biomasa se vuelve una práctica habitual y sencilla en ciertas zonas, aún más cuando proviene de la industria agrícola, la cual en muchos casos dispone de estos recursos en forma gratuita para trabajadores y comunidades locales (parras, frutales y madera de desecho en general).

A nivel nacional, los datos constatan que la región de Coquimbo concentra el menor volumen de consumo de leña en comparación al resto de las regiones hacia el sur de Chile. La Figura 15 muestra una tendencia ascendente en el consumo de leña por vivienda a medida que se avanza latitudinalmente hacia el sur. Este hecho da cuenta de la importancia que suscita el uso de la biomasa en la matriz energética residencial, la cual está determinada en gran medida por las condiciones climáticas y la disponibilidad del recurso. Asimismo,

la penetración del uso de la leña aumenta hacia el sur, con notorias diferencias entre los sectores urbanos y rurales. El desacople entre penetración de la leña urbana y rural, refleja que el mayor acceso a alternativas energéticas en las zonas urbanas y el impacto de políticas públicas como los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) han facilitado procesos de transición energética. No obstante, en el sector rural persiste un uso extendido de la leña como uno de los principales recursos energéticos.

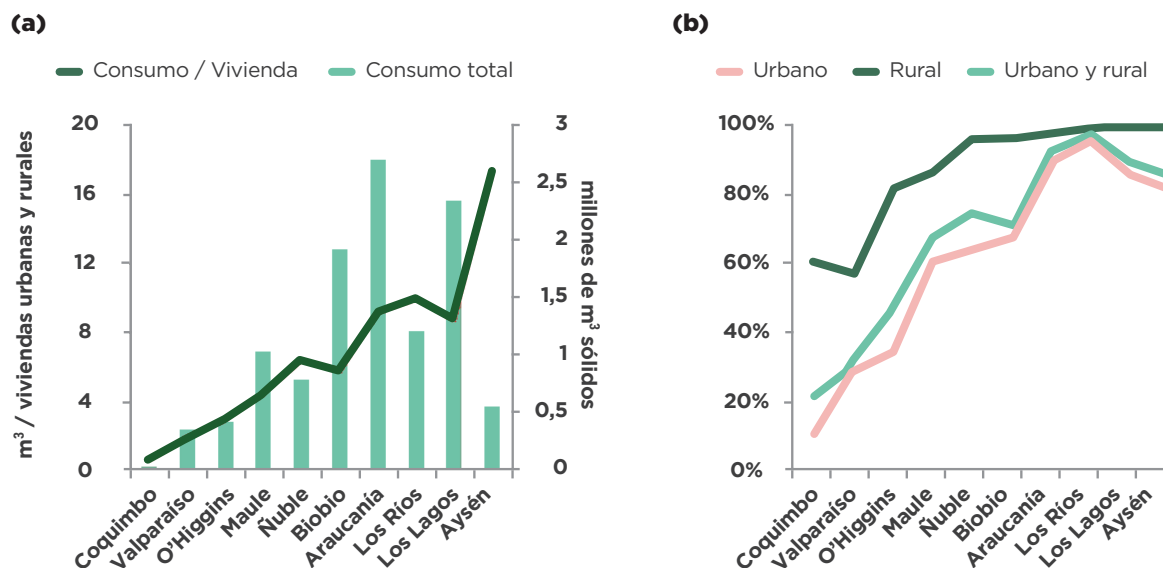
En la región de Coquimbo, la baja penetración de la leña registrada dificulta la posibilidad de apreciar con precisión características sutiles entre estratos y provincias, para lo cual se sugiere en futuros estudios explorar muestreos más intensos y focalizados.

El fuerte arraigo histórico de la leña en la región, tanto en el sector urbano como rural, pone de manifiesto que, pese a su baja intensidad de consumo, sigue siendo una fuente de energía estratégica para muchos hogares, especialmente en zonas

rurales y en hogares de menores ingresos en áreas urbanas. En este sentido, el aporte de viñas y otros frutales en la disponibilidad de biomasa cumple un rol clave para disminuir la presión sobre otros recursos forestales, en una región históricamente afectada por procesos de deforestación y desertificación.

En un escenario marcado por cambios climáticos y económicos, la biomasa emerge como un combustible que promueve la soberanía energética y dinamiza la economía local. De este modo, para garantizar una oferta sostenible de biomasa, que a su vez minimice la presión sobre el bosque nativo y formaciones xerofíticas, resulta esencial fomentar el aprovechamiento de desechos agrícolas y promover el cultivo de especies dendroenergéticas con criterios de sostenibilidad, para a su vez aumentar la disponibilidad de importantes servicios ecosistémicos, como la provisión de sombra, energía, regulación térmica, control de la erosión y soporte para la biodiversidad.

Figura 15.
Comparación regional de consumo (izquierda) y penetración de leña (derecha) entre las regiones de Coquimbo y Aysén.



Fuentes de datos regionales: Región de Valparaíso (Sanhueza et al., 2023); Región de O'Higgins (Reyes et al., 2020b); Región del Maule (Reyes et al., 2018a); Región del Ñuble (Reyes et al., 2018b); Región del Biobío (Reyes et al., 2018b); Región de La Araucanía (Reyes, et al., 2020a); Región de Los Ríos (Reyes, 2017); Región de Los Lagos (Reyes et al., 2022); Región de Aysén (Reyes et al., 2021).



Cerro Mamalluca, Valle del Elqui



Echinopsis chiloensis en estero Socos, comuna de Ovalle

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.

Bahamondes, M. y Castro, M. 1986. Surgimiento y transformación del sistema comunitario: Las comunidades agrícolas, IV Región, Chile. Programa el Hombre y la Biósfera. Ambiente y Desarrollo Vol. II, N° 1, 111-126.

Bellei, C. 2013. El estudio de la segregación económica y académica de la educación chilena. Estudios pedagógicos. Vol. 39. N°1. pp. 325-345.

Börgel, R. 1983. Geografía de Chile, Tomo II: Geomorfología. Instituto Geográfico Militar: 182 p. Santiago.

CDT (Corporación de Desarrollo Tecnológico). 2015. Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera. Informe Final.

Donoso, S. y Hawes, G. 2002. Eficiencia escolar y diferencias socioeconómicas: a propósito de los resultados de las pruebas de medición de la calidad de la educación en Chile. Educação e pesquisa, Universidade de São Paulo, Vol. 28. N°2. pp. 25-39.

Gay, Claudio. 1838. Sobre las causas de la disminución de los montes de la Provincia de Coquimbo. [En línea]. Disponible en: (Consultado el 29-11-2023) <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/22839>.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2005. CHILE: ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2005. <http://www.ine.cl/estadisticas/censos/censos-de-poblacion-y-vivienda>

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2007. Censo agropecuario y forestal 2007. Disponible en <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>

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

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2019. CHILE: ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2019. Disponible en https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/Cd_Pb_AI_Cs_2019.pdf

INFOR (Instituto Forestal). 1994.

Evaluación del consumo de leña en Chile. Informe Final.

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

Medina, A. 2006. Alternativas de Desarrollo Rural Sustentable para una Comunidad Agrícola Tradicional en proceso de Desertificación: El Divisadero, Comuna de Punitaqui, IV Región de Coquimbo. Memoria para optar al título de Geógrafo. Escuela de Geografía, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. 167 p.

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., da Fonseca, G. y Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2023. Ficha Regional: Región de Coquimbo, actualización agosto 2023 [en línea]. (Consultado: 5 diciembre 2023).

Osorio, M. y Oyarce, N. 2010. Análisis socioeconómico de la desertificación en la Región de Coquimbo. RIAT Revista Interamericana de Ambiente y Turismo. Vol. 6 (1). 45-52.

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. y Schueftan, A. 2018a. 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. y Schueftan, A. 2018b. Consumo de combustibles derivados de la madera y transición energética en la Región del Ñuble y Biobío. Informe técnico no publicado. p. 30.

Schueftan, A., Aravena, C., Reyes, R. y Aguilera, F. 2019. Financiando mejoras de eficiencia energética en hogares del centro-sur de Chile: ¿Cómo inciden distintos instrumentos de financiamiento, el ahorro y la incertidumbre en la decisión de invertir? En: Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 5. N° 10. Diciembre 2019. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 16.

Reyes, R., Sanhueza, R. y Schueftan, A. 2020a. 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. y Schueftan, A. 2020b. Consumo de combustibles

derivados de la madera en la región de O'Higgins: El desconocido rol de frutales y viñas en el abastecimiento regional de energía. En: Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 6. N° 11. Enero 2020. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. 17 p.

Reyes, R., Sanhueza, R. y Schueftan, A., 2022. Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Los Lagos: fuerte presión sobre bosques que crecen en suelos frágiles. En: Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 8. N° 15. Diciembre 2022. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 35.

Reyes, R., Sanhueza, R., Schueftan, A. y 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.

Sanhueza, R., Reyes, R., Schueftan, A. y Utrera, M. I., 2023. Consumo de leña y otros biocombustibles sólidos en la región de Valparaíso: El rol de los frutales para disminuir la presión sobre el bosque esclerófilo. En: Informes técnicos BES, Bosques-Energía-Sociedad, Año 9. N°16. Diciembre 2023. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 29.

Schueftan, A. y González, A. 2013. Reduction of firewood consumption by households in south-central Chile

associated with energy efficiency programs. Energy Policy 63(1): 823-832

Schueftan, A. y González, A. 2015. Proposals to enhance thermal efficiency programs and air pollution control in south-central Chile. Energy Policy 79(1): 48-57.

Squeo, F. A., Arancio, G. y Gutiérrez, J. R. Eds. 2001. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena (9): 149-158, La Serena, Chile.

Urbina, L. 2005. Bases para una estrategia de adopción de energía solar domiciliaria en la localidad de Coihuehue, comuna de Paihuano, región de Coquimbo. Tesis para optar al título de Ingeniera Agrónoma. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.



BES Número 17 | Diciembre 2024

