



OBSERVATORIO BOSQUES, ENERGÍA Y SOCIEDAD



BES | N° 16 | AÑO 9
DICIEMBRE 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**



OBSERVATORIO BOSQUES, ENERGÍA Y SOCIEDAD

Informes BES | Número 16 | Año 09 | DIC. 2023

Editor general: René Reyes, Ingeniero Forestal (Ph.D.), Investigador Instituto Forestal. **Colaboradores:** Matthias Denham, Gabriela Orostica y Matías Velásquez (fotografías). **Producción y diagramación:** Stephanie Hauyon, Diseñadora Gráfica. **Foto de portada:** Flor de espino (*Acacia caven*)

Índice

03 RESUMEN

04 INTRODUCCIÓN

05 MÉTODOS

13 RESULTADOS

26 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

28 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., 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.

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

Rafael Sanhueza¹, René Reyes¹, Alejandra Schueftan^{1,2} y María Inés Utrera¹

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

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

RESUMEN

Son escasos los estudios que logran estimar el consumo de biocombustibles sólidos en el sector residencial de la región de Valparaíso. A partir de las encuestas aplicadas en el año 2022, se estimó un consumo total de energía residencial de 4.649,9 GWh/año. De este total, en el sector urbano la leña representó el 15% de la matriz energética, mientras que en el sector rural fue el energético de mayor importancia, con un 51%. De este modo, el consumo total de leña en el sector residencial de la región de Valparaíso fue de 360.102 m³ sólidos/año, de los cuales el 57% se concentra en áreas urbanas y un 43% en sectores rurales. Sin considerar departamentos, el 29,6% de las viviendas urbanas y el 58,3% de las viviendas rurales consumen leña. El 40% de las especies usadas en el sector residencial para leña corresponden a eucalipto (*Eucalyptus sp.*), el 33% a diversos frutales (principalmente *Vitis sp.* y *Persea americana*), el 15% a otros exóticos (mayormente *Pinus sp.* y *Acacia sp.*), el 6% a especies nativas del bosque esclerófilo, el 4% a restos de construcción y el 2% de origen desconocido. La región enfrenta un proceso de migración caracterizado por nuevos asentamientos en el sector rural y en las periferias de los sectores urbanos, donde la leña es un combustible ampliamente utilizado, principalmente en estratos de menores ingresos.

Palabras clave | leña, transición energética, bosque esclerófilo, pobreza energética, región de Valparaíso.



Acopio de leña de frutal en la comuna de Los Andes

1. INTRODUCCIÓN

Habitualmente, los estudios sobre consumo de leña y otros biocombustibles se han centrado en la zona centro-sur de Chile. No obstante, el Instituto Forestal mediante su estudio regional anual, ha logrado constatar que a medida que nos desplazamos hacia el norte del país, el consumo de biocombustibles persiste como una fuente importante de energía en el sector residencial urbano y rural.

En cuanto a la región de Valparaíso, investigaciones previas sobre el consumo de biocombustibles son escasas, y se han concentrado principalmente en las comunas de Valparaíso y Viña del Mar. Desde 1994 a la fecha, solo tres estudios han estimado la penetración y el consumo de leña en la región de Valparaíso (INFOR, 1994; AMBIOSIS, 2011; CDT, 2015), de los cuales el más reciente (CDT, 2015) ha mostrado divergencias importantes respecto a investigaciones anteriores (Reyes et al., 2018; Reyes et al., 2020). De este modo, aquellos estudios centrados solo en las grandes ciudades pueden subestimar la magnitud e importancia

de los biocombustibles en el resto de la región. De acuerdo a Ábalos (1997), el uso de la leña varía en función del estrato, esto ha sido observado en otras regiones del país (Reyes et al., 2020; 2021; 2022), donde se ha constatado que el uso de los biocombustibles sólidos aumenta en estratos urbanos pequeños y en el sector rural.

La leña es una fuente tradicional de energía que históricamente ha estado presente en gran parte de Chile. Su uso está condicionado por factores climáticos, culturales, socioeconómicos y a la disponibilidad del recurso, que puede provenir tanto del bosque nativo, como de cultivos agrícolas y plantaciones forestales. Las diversas condiciones socioeconómicas y ambientales presentes en la región de Valparaíso sugieren la importancia de investigar los biocombustibles sólidos en el ámbito residencial.

Es relevante analizar el consumo de los biocombustibles sólidos en una región donde el nivel de pobreza por ingresos,

entre 2017 y 2020, pasó de 7,1% a 11,3%¹ (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2022) y que cuenta con la mayor superficie de bosque esclerófilo del país (475.194 hectáreas, según CONAF, 2020). Estos antecedentes, junto con las posibles repercusiones derivadas de la pandemia por COVID-19, configuran un escenario en el cual los biocombustibles sólidos podrían convertirse en recursos energéticos claves durante períodos de restricción económica. Sin embargo, este aumento en su demanda también genera preocupación, ya que podría aumentar la presión sobre el bosque esclerófilo, el cual es especialmente vulnerable en esta región.

Estas razones destacan la importancia de la actual investigación, que más allá de generar datos actualizados representativos sobre los patrones y hábitos de consumo de los biocombustibles sólidos en la región, permite tener una mirada integral del consumo de leña junto a las dinámicas ambientales, económicas y sociales particulares de esta región.

¹ La pobreza por ingresos a nivel nacional para el año 2020 es del 10,8% (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2022).

2. MÉTODOS

2.1. Área de estudio

La región de Valparaíso está situada entre los 32° 02' y 33° 57' latitud sur y entre los 70° y 72° longitud Oeste (Figura 1). Limita al norte con la región de Coquimbo, al este con la cordillera de los Andes, al sur con las regiones Metropolitana y del Libertador General Bernardo O'Higgins y al oeste con el océano Pacífico. La región cuenta con una superficie total de 16.396,10 km², donde 394 km² corresponden al territorio insular, el cual considera las islas de Pascua, Salas y Gómez, San Félix y San Ambrosio, y el archipiélago de Juan Fernández (BCN, 2023).

En la región predomina el clima templado mediterráneo. No obstante, al norte del río Aconcagua se comienza a apreciar el clima semiárido, mientras que en el sector litoral el clima es más húmedo o mediterráneo costero, como frío de altura hacia la cordillera de los Andes.

Desde un punto de vista geomorfológico, la región se caracteriza por ser una zona de transición, puesto que presenta las últimas manifestaciones de los valles transversales del Norte Chico, además de no exhibir con claridad las unidades orográficas que caracterizan al país, especialmente la depresión intermedia que aparece reemplazada por una serie de cuencas tectónicas al pie occidental del cordón andino. Según Börgel (1983), las principales unidades de relieve de la región son: cordillera de los Andes, cuencas transicionales, valles transversales, cordillera de la costa, llanos sedimentarios, planicies litorales y farellón costero.

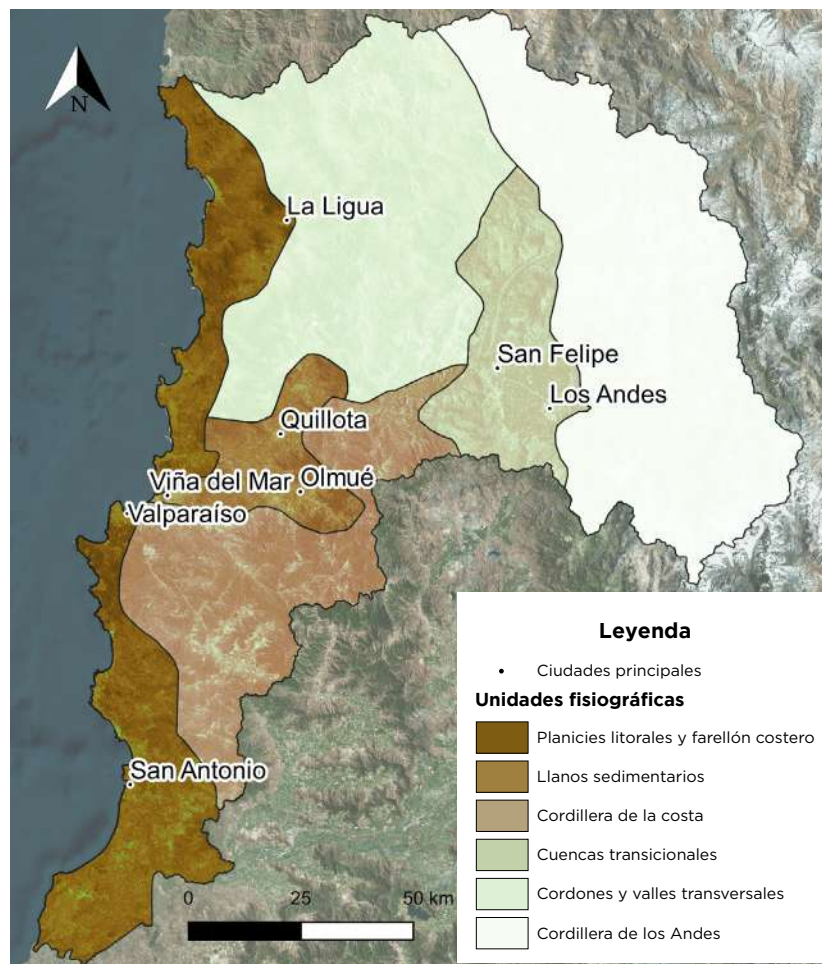
La región de Valparaíso tiene una población de 1.812.920 habitantes, de los cuales el 91% corresponde al sector urbano (48% hombres y 52% mujeres) y el 9% al sector rural (52% hombres y 48% mujeres) (INE, 2017). La capital regional es Valparaíso (295.676 habitantes), que junto a Viña del

Mar (333.866 habitantes) concentran el 35% de los habitantes de la región. Esta región está compuesta por ocho provincias: Valparaíso (749.761 habitantes), Marga Marga (341.697 habitantes), Quillota (203.167 habitantes), San Antonio (167.921 habitantes), San Felipe de Aconcagua (154.629 habitantes), Los Andes (109.715 habitantes), Petorca (78.280 habitantes) e Isla de Pascua (7.750 habitantes que forman parte del territorio insular no considerado en el presente estudio) (INE, 2017).

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.

Figura 1. Mapa de la región de Valparaíso, principales ciudades y unidades fisiográficas



Fuente: Elaboración propia en base a Börgel (1983).

2.3. Estimación del tamaño de la muestra

2.3.1. Sector residencial urbano

Ábalos (1997) señala que tanto la penetración como el consumo de leña por vivienda aumentan a medida que disminuye el tamaño de la urbanización. Es por esta razón, que en este sector se implementó un muestreo estratificado por el tamaño de la ciudad, de acuerdo con la clasificación de INE (2005; 2019) que establece las siguientes categorías: 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), las conurbaciones presentes en la región son las siguientes:

- Gran Valparaíso: Valparaíso – Concón – Quilpué – Viña del Mar – Villa Alemana
- Limache – Olmué
- Los Andes – Calle Larga
- Maitencillo – La Laguna de Zapallar
- Quillota – La Calera – Hijuelas – La Cruz
- San Antonio – Cartagena – Las Cruces – Santo Domingo

- Algarrobo – El Quisco – El Tabo
- San Felipe – Villa Los Almendros
- San Rafael
- Cachagua – Zapallar

En base a lo anterior, se determinó un tamaño muestral por estrato, utilizando la siguiente expresión (Krejcie y Morgan, 1970):

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

Cuadro 1.

Viviendas urbanas y rurales ocupadas, sin departamentos, por comuna en la región de Valparaíso

Comuna	Viviendas Urbanas	Viviendas Rurales	Comuna	Viviendas Urbanas	Viviendas Rurales
Valparaíso	75.906	343	Hijuelas	3.627	2.115
Casablanca	5.078	3.043	La Cruz	6.308	843
Concón	7.526	815	Nogales	5.891	1.143
Juan Fernández	0	378	San Antonio	24.868	1.767
Puchuncaví	5.109	1.028	Algarrobo	2.956	1.216
Quintero	8.547	1.665	Cartagena	7.488	674
Viña del Mar	68.019	0	El Quisco	5.773	398
Isla de Pascua	2.662	200	El Tabo	4.550	282
Los Andes	16.944	1.295	Santo Domingo	1.811	1.473
Calle Larga	3.503	1.382	San Felipe	20.701	2.288
Rinconada	2.577	709	Catemu	2.497	2.098
San Esteban	3.789	2.543	Llailay	5.420	2.171
La Ligua	7.941	3.332	Panquehue	1.217	1.056
Cabildo	3.739	2.386	Putando	2.123	3.359
Papudo	1.071	182	Santa María	3.012	1.832
Petorca	1.513	2.066	Quilpué	41.776	900
Zapallar	1.502	880	Limache	12.049	2.293
Quillota	22.868	3.816	Olmué	4.306	2.026
Calera	13.059	606	Villa Alemana	36.517	424

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017).

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)

Considerando un 10% de error, el tamaño de la muestra en cada estrato fluctuó entre 80 y 200 viviendas. La muestra se distribuyó de manera proporcional al tamaño de las ciudades que conforman cada estrato (número de viviendas sin departamento ocupadas). En el caso de las ciudades pequeñas, dado el número de centros poblados y con el objetivo de no perder la representación espacial del muestreo, se sorteó un tercio del estrato proporcional a la distribución que presentan en cada una de las unidades del relieve (Cuadro 2).

De esta forma, en el estrato metrópolis se aplicaron encuestas en la conurbación Gran Valparaíso. En ciudades mayores en la conurbación Quillota – La Calera – Hijuelas

– La Cruz y San Antonio – Cartagena – Las Cruces – Santo Domingo. En ciudades grandes en las conurbaciones Limache-Olmué, Los Andes-Calle Larga y San Felipe-Villa Los Almendros. En el estrato ciudades intermedias en la conurbación Algarrobo – El Quisco – El Tabo, Placilla de Peñuelas, Casablanca, Quintero, La Ligua y Llaillay y en las ciudades pequeñas fueron sorteadas las entidades de Santa María, San Rafael, La Caldera, El Carmen – La Higuera, Valle Hermoso, Nogales, Las Ventanas, Papudo, Zapallar – Cachagua, Catapilco y Laguna Verde.

La muestra se distribuyó en cada una de las ciudades seleccionadas de manera proporcional al número de viviendas (Cuadro 3). Los puntos de muestreo fueron distribuidos aleatoriamente al interior de cada ciudad, mediante 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*.



Cerros de Valparaíso, capital regional

Cuadro 2.

Entidades sorteadas en el estrato de ciudades pequeñas, proporcional a su distribución en las unidades del relieve dentro de la región de Valparaíso

Unidad del relieve	Entidades	Viviendas	Proporción	Entidades por sortear	Encuestas por sortear
Cordillera de los Andes	0	0	0%	0	0
Cuencas transicionales	10	14.202	26%	3	34
Valles transversales	9	15.851	29%	3	38
Cordillera de la costa	2	2.041	4%	0	0
Llanos sedimentarios	2	1.492	3%	0	0
Planicies litorales y farellón costero	9	20.392	38%	5	48
Total	32	53.978	100%	11	120

Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017).

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

Estrato	Provincia	Comunas	Nombre	Viviendas	Muestra
Metrópolis	Valparaíso	Varias	Gran Valparaíso	216.785	200
Ciudad grande	Marga Marga	Varias	Limache - Olmué	16.230	44
Ciudad grande	Los Andes	Varias	Los Andes - Calle Larga	19.930	54
Ciudad grande	San Felipe de Aconcagua	Varias	San Felipe	19.214	52
Ciudad mayor	Quillota	Varias	Quillota - La Calera - Hijuelas - La Cruz	43.699	82
Ciudad mayor	San Antonio	Varias	San Antonio - Cartagena - Las Cruces - Santo Domingo	35.926	68
Ciudad mediana	San Antonio	Varias	Algarrobo - El Quisco - El Tabo	11.368	26
Ciudad mediana	Valparaíso	Valparaíso	Placilla de Peñuelas	9.702	23
Ciudad mediana	Valparaíso	Casablanca	Casablanca	5248	12
Ciudad mediana	Valparaíso	Quintero	Quintero	13.117	31
Ciudad mediana	Petorca	La Ligua	La Ligua	6.254	15
Ciudad mediana	San Felipe de Aconcagua	Llailay	Llailay	5.639	13
Ciudad pequeña	San Felipe de Aconcagua	Santa María	Santa María	2.443	25
Ciudad pequeña	San Felipe de Aconcagua	Varias	San Rafael	479	5
Ciudad pequeña	Los Andes	Calle Larga	La Caldera	341	4
Ciudad pequeña	Petorca	La Ligua	El Carmen - La Higuera	358	3
Ciudad pequeña	Petorca	La Ligua	Valle Hermoso	1.222	10
Ciudad pequeña	Quillota	Nogales	Nogales	2.884	25
Ciudad pequeña	Valparaíso	Puchuncaví	Las Ventanas	8.247	25
Ciudad pequeña	Petorca	Papudo	Papudo	2.697	8
Ciudad pequeña	Petorca	Varias	Zapallar	748	2
Ciudad pequeña	Petorca	Zapallar	Catapilco	614	2
Ciudad pequeña	Valparaíso	Valparaíso	Laguna Verde	3.531	11

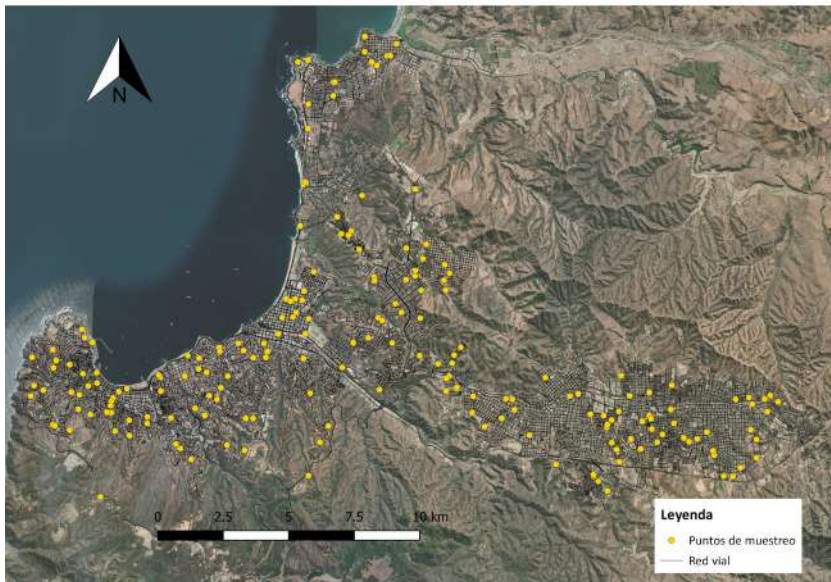
Fuente: Elaboración propia en base a INE (2017).

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

2.3.2. Sector residencial rural

En cuanto al 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 Reyes et al. (2018), existen diferencias importantes en los volúmenes de consumo de leña entre ambos subgrupos, razón por lo cual vale la pena distribuir la muestra de manera proporcional al tamaño de cada uno.

Figura 2.
Distribución de la muestra en el Gran Valparaíso



Fuente: Elaboración propia.



Espino (*Acacia caven*)

Utilizando la Ecuación 1, se estimó un tamaño muestral de 100 viviendas para el subgrupo “viviendas sin tierras” y 80 en el subgrupo “viviendas con tierra”. Las 100 encuestas correspondientes al subgrupo “viviendas sin tierra” se aplicaron en un conjunto de aldeas y caseríos, previamente sorteadas (Cuadro 4), siguiendo los mismos criterios de proporcionalidad de las entidades en función del número de vivienda y su distribución en las unidades del relieve de la región. La cantidad de encuestas a realizar en cada aldea o caserío se estimó en base a su tamaño relativo.

Para el subgrupo “viviendas con tierra”, se sortearon los puntos al azar proporcional a la distribución comunal de las viviendas (Cuadro 5). De esta forma, utilizando sistemas de información geográfica, al polígono de las comunas de la región se eliminaron las áreas donde habían centros urbanos y entidades consideradas “rurales sin tierra”, junto a estos también se eliminaron las áreas silvestres protegidas del estado y los cuerpos de agua. Con la capa resultante se sortearon los puntos para cada comuna, utilizando el algoritmo *Random Points Inside Polygon* de QGIS 3.0 (Figura 3).

2.4. Transición energética en el sector residencial

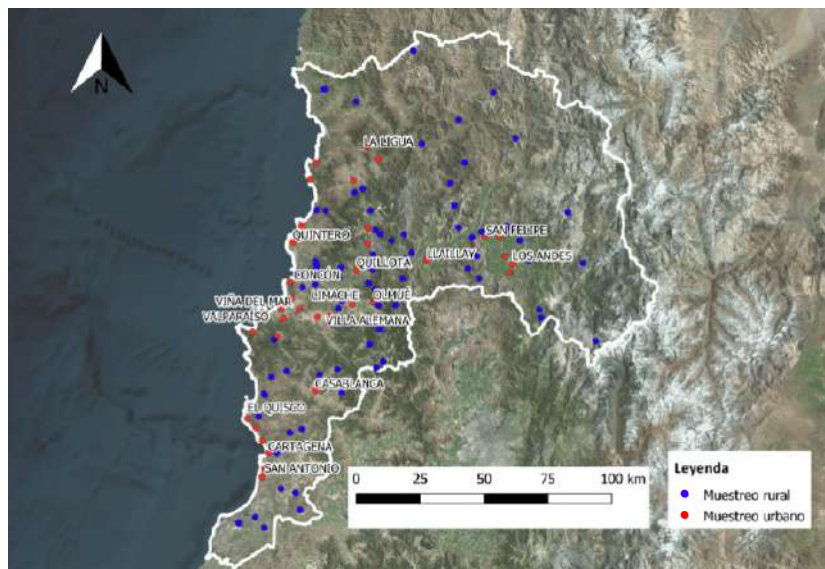
La encuesta aplicada en el sector residencial (urbano y rural) consta de ocho secciones, las cuales cubren los siguientes temas: a) antecedentes generales; b) características del tomador de decisión; c) características de la vivienda; d) consumo final de energía; e) gastos; f) patrones de consumo; g) consumo de leña; y h) efectos de la sequía en la disponibilidad de biomasa.

Cuadro 4.
Entidades sin tierra sorteadas en la región de Valparaíso

Comuna	Entidad	Muestra	Comuna	Entidad	Muestra
San Esteban	Los Espinos	1	Hijuelas	La Sombra	4
San Esteban	Primera Quebrada Carretera	3	Hijuelas	Estación Ocoa	1
Los Andes	Los Villares	1	Catemu	San José	5
Rinconada	Mina Caracoles	3	Quilpué	La Retuca	1
San Esteban	Avenida Santa Teresa	1	Quilpué	Las Canales	1
San Esteban	San Miguel	1	Limache	Llullú	3
San Esteban	Paidahuén	1	Concón	Los Espinos	1
San Felipe	Tocornal	1	Puchuncaví	Campiche	1
Panquehue	El Escorial	6	La Ligua	Los Maitenes	1
Putendo	Calle Larga	6	La Ligua	Illalolén	2
Putendo	Callejón Lo Aranda	1	La Ligua	Las Parcelas De Longotoma	3
Putendo	Las Compuertas	5	San Antonio	Aguas Buenas	8
Calle Larga	El Pedrero	3	San Antonio	Villa El Sol	1
Puchuncaví	Pucalán	1	El Tabo	El Membrillo	3
La Ligua	El Bosque	2	Santo Domingo	San Enrique	2
Cabildo	Monte Grande	3	Quillota	La Hornilla	1
Cabildo	Villa San José	6	Quillota	Los Morrillos	2
Cabildo	Población El Esfuerzo	1	Quillota	Boco Norte	4
Petorca	Paraíso Perdido	2	Limache	Tabolango	4
Catemu	Las Compuertas	2	Olmué	El Venado	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3.
Distribución de la muestra residencial urbano y rural en la región de Valparaíso



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5.
Distribución de la muestra comunal en subgrupo rural con tierra

Comuna	Muestra	Comuna	Muestra
Valparaíso	1	Nogales	3
Casablanca	6	San Antonio	3
Concón	1	Algarrobo	3
Puchuncaví	2	Cartagena	1
Quintero	3	El Quisco	1
Los Andes	1	Santo Domingo	3
Calle Larga	2	San Felipe	2
Rinconada	1	Catemu	1
San Esteban	4	Llaillay	2
La Ligua	2	Panquehue	2
Cabildo	3	Putendo	2
Petorca	2	Santa María	2
Zapallar	2	Quilpué	2
Quillota	7	Limache	4
Calera	1	Olmué	4
Hijuelas	4	Villa Alemana	1
La Cruz	2		



Cerro La Campana; provincia de Quillota

Junto a caracterizar el consumo de leña en la vivienda, este instrumento permitió estimar el consumo de otros combustibles 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 uso de electrodomésticos (no considera transporte). Los factores utilizados para la transformación de las unidades de energía fueron los siguientes:



Chimenea de combustión a leña en la comuna de Concón

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 las familias encuestadas.

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

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización socioeconómica de las viviendas encuestadas

A nivel regional, el 58% de los tomadores de decisión que respondieron la encuesta fueron mujeres y el 42% hombres. Esta tendencia predominó en gran parte del sector urbano y en el subgrupo rural sin tierra. Mientras que en el estrato rural con tierra fue más frecuente la participación masculina, con un 56% de los casos.

La edad promedio de los encuestados fue de 57 años (desviación estándar de 16,2 años), donde las ciudades intermedias representan la media más alta, con 60 años (desviación estándar de 14,3 años), mientras que las edades menores se observan en el estrato rural con tierra con un promedio de 54 años (desviación estándar de 14,4 años).

En cuanto a la escolaridad de los encuestados, es posible apreciar una disminución progresiva desde el estrato metrópolis con 14 años promedio (desviación estándar de 4 años), hasta el estrato rural sin tierra con un promedio

de 10 años (desviación estándar de 4,5 años). Llama la atención el aumento en la escolaridad del sector rural con tierra de 11 años (desviación estándar de 4,3 años), que a su vez presenta el promedio de edad más bajo.

El 76% de las viviendas encuestadas en la región fueron construidas previo al año 2000, un 9% lo hizo entre el 2000 y el 2007, mientras que un 15% habita en viviendas construidas posterior al 2007. Si se observa esta variable a nivel de estrato, se aprecia que las viviendas más antiguas se concentran en el Gran Valparaíso, con el 91% de ellas construidas previo al 2000, las cuales a medida que disminuye el tamaño del estrato tienden a aumentar la proporción de viviendas nuevas, llegando al estrato rural con tierra con solo un 40% de viviendas construidas antes de 2000, donde predominan las construidas posterior al 2007, con un 46%.

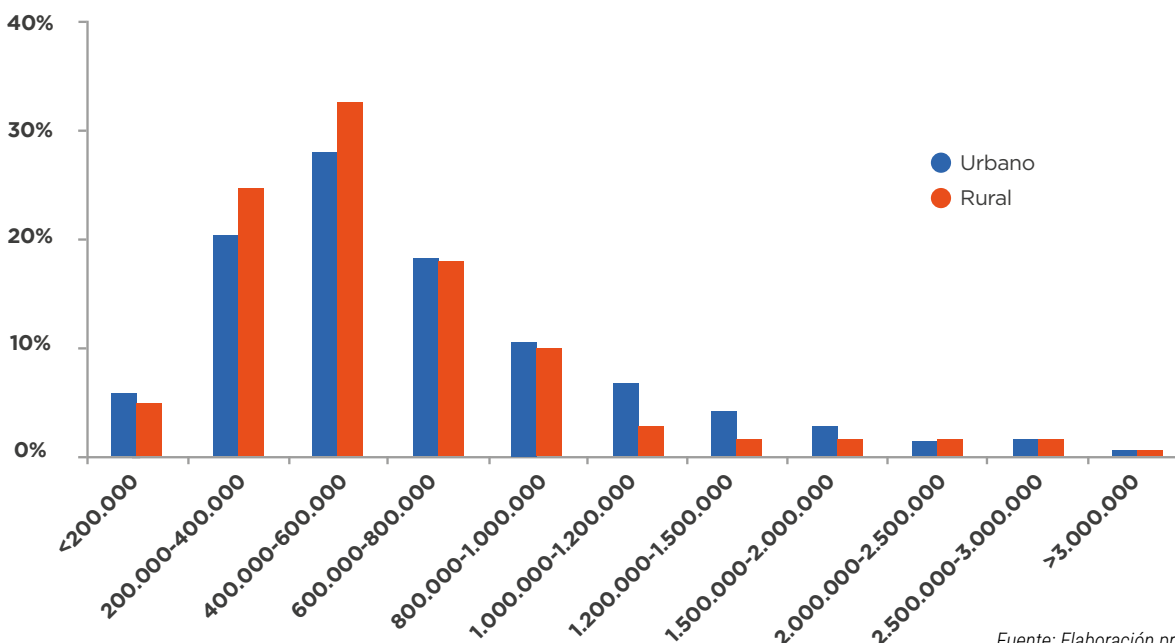
A nivel regional, el año promedio de llegada a la vivienda fue en el 2000 (con una desviación estándar de 18 años), siendo el estrato rural sin tierra el con mayor antigüedad de asentamiento, quienes habitan en promedio desde el año 1996 (desviación estándar de 19 años). Por

otro lado, el estrato con año de llegada más reciente fue el rural con tierra (año promedio 2005, desviación estándar 17 años), estrato que a su vez cuenta con el mayor porcentaje de viviendas construidas posterior al 2007 (46%).

El tamaño promedio de las viviendas es de 79,63 m² (desviación estándar de 45 m²), donde el Gran Valparaíso presenta la media más alta con 106,2 m² (desviación estándar de 54,59 m²), promedio que a medida que disminuye el estrato desciende hasta llegar a un valor cercano a los 70 m². El tamaño de las viviendas aumenta levemente en el estrato rural con tierra llegando a 84 m² (desviación estándar de 53 m²).

La Figura 4 muestra el gasto familiar mensual para las viviendas encuestadas en el sector urbano y rural. A nivel regional, el 56% de los tomadores de decisión declara gastar menos de \$600.000 mensuales. Sin embargo, cuando se realiza el desglose por sector se puede apreciar que en zonas rurales el 62% gasta menos de \$600.000, mientras que en áreas urbanas este valor representa el 54%. Por otro lado, las viviendas que gastan más de 1 millón de pesos mensuales corresponden al 18% del sector urbano y al 10% del sector rural.

Figura 4. Histograma de frecuencias del gasto familiar mensual declarado por sector (\$).



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Consumo de leña en la región de Valparaíso

3.2.1. Consumo en el sector residencial urbano y rural

El 29,6% de las viviendas urbanas y el 58,3% de las viviendas rurales consumen leña en la región de Valparaíso. Como se aprecia en la Figura 5, la penetración de este combustible aumenta progresivamente a medida que disminuye el estrato, desde 20% en el Gran Valparaíso hasta 74% en el estrato rural con tierra.

Más del 74% del uso de la leña en la región es destinada exclusivamente para la calefacción. Sin embargo, el uso para cocinar tan solo alcanza el 26% en el estrato rural sin tierra, cuyo uso más bajo se da en ciudades grandes con un 7%. Por otro lado, el uso de leña para agua caliente sanitaria es prácticamente inexistente en la región (1%), salvo en escasas viviendas del sector rural con tierra.

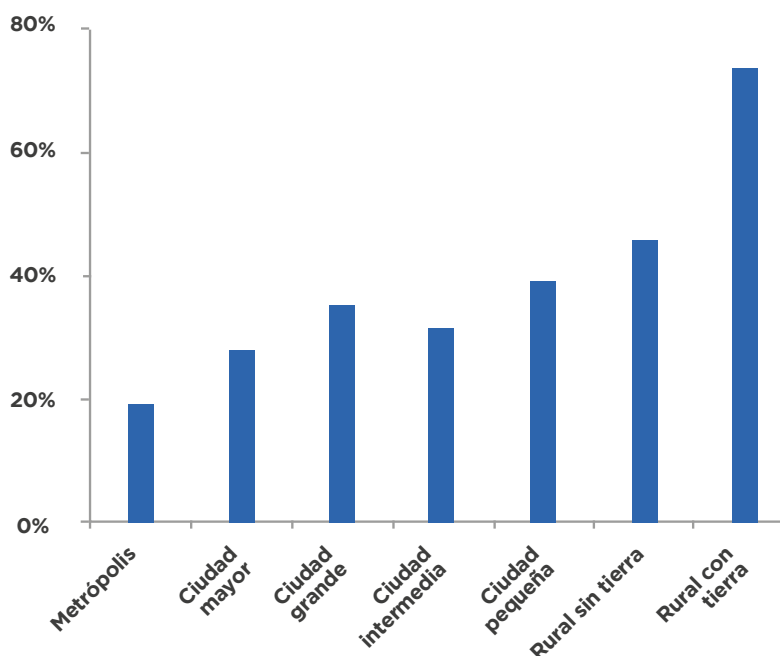
Las viviendas que utilizan leña en el sector urbano consumen en promedio 1,74 m³ sólidos anuales (error estándar 8%), mientras que en áreas rurales el consumo promedio aumenta a 4,17 m³ sólidos anuales (error estándar 15%). El consumo total de leña en el sector residencial de la región de Valparaíso es de 360.102 m³ sólidos/año (error estándar 17%). El sector

urbano consume 203.197 m³ sólidos/año (error estándar 17%) y las zonas rurales 156.905 m³ sólidos/año (error estándar 17%)

Como se puede ver en el Cuadro 6, el consumo de leña anual promedio por vivienda aumenta a medida que se avanza en el gradiente metrópolis - rural con tierra, de 1,47 m³ sólidos/año (error estándar 19%) a 5,50 m³ sólidos/año (error estándar 19%), respectivamente.

A nivel comunal (Figura 6), en el sector urbano la mayor parte del consumo se encuentra en las áreas más pobladas, como son las comunas de Valparaíso y Viña del Mar (24.078 m³ sólidos/año y 21.576 m³ sólidos/año, respectivamente). En el otro extremo se encuentran las comunas de Santo Domingo, Papudo y Panquehue con los menores volúmenes de consumo (716, 1.109 y 1.261 m³ sólidos/año, respectivamente).

Figura 5. Penetración de la leña por estrato (%)



Cuadro 6. Consumo de leña por estrato.

Estrato	m ³ sólidos/año	Error estándar
Metrópolis	1,47	19%
Ciudades mayores	1,27	15%
Ciudades grandes	1,96	18%
Ciudades intermedias	1,50	12%
Ciudades pequeñas	2,39	16%
Rural sin tierra	2,45	12%
Rural con tierra	5,50	19%

Fuente: Elaboración propia.



Matorral de espino (*Acacia caven*) y cultivo de paltos en el valle de Ocoa

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

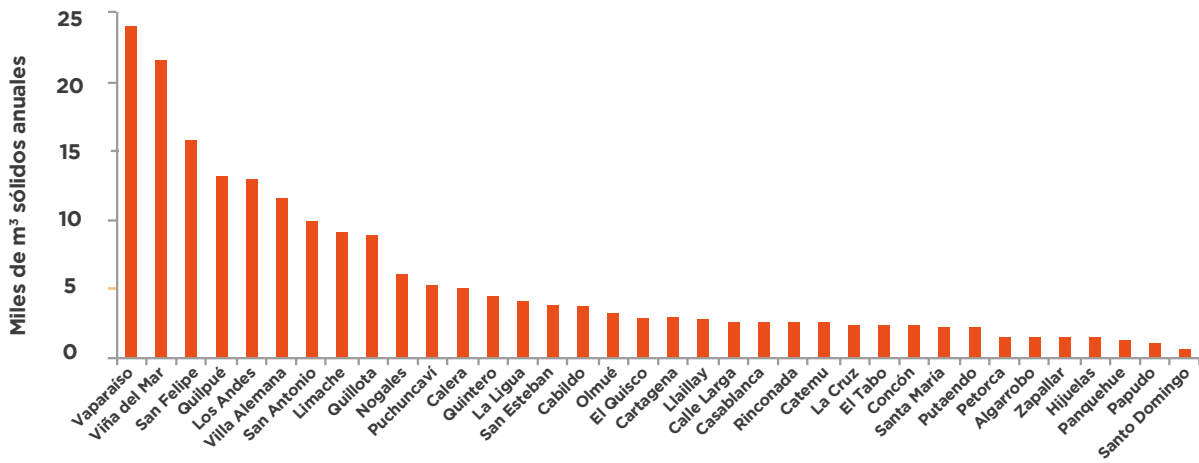
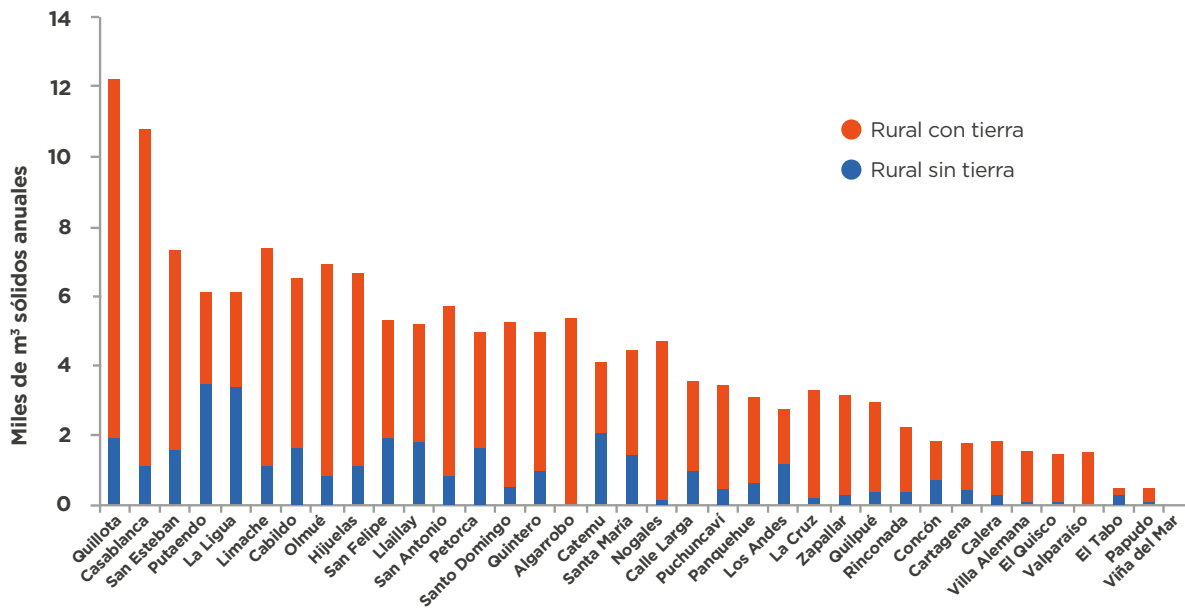


Figura 7.
Consumo comunal total de leña en sectores rurales con tierra y sin tierra (miles de m³ sólidos/año)



Sacos de leña en vivienda de la región de Valparaíso

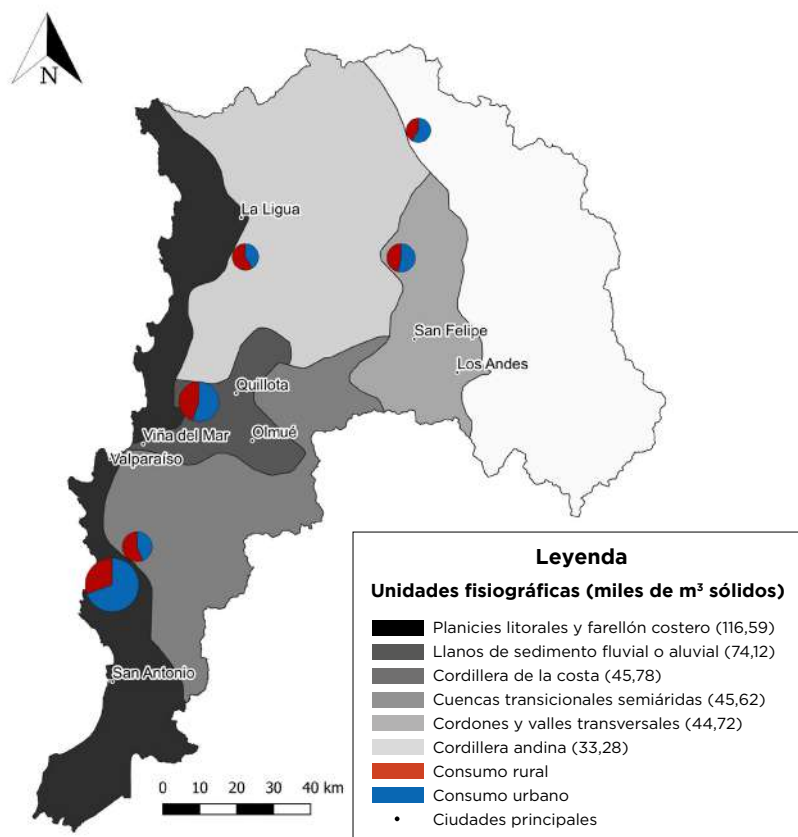
En cuanto al sector rural, las comunas que más consumen leña son Quillota (12.258 m³ sólidos/año), Casablanca (10.758 m³ sólidos/año) y San Esteban (7.293 m³ sólidos/año). Como se puede apreciar en la Figura 7, el consumo de leña es mayor en el estrato rural con tierra, a excepción de las comunas de Putaendo y La Ligua donde el consumo rural sin tierra representa el 56% y 55%, respectivamente del consumo comunal rural.

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

La Figura 8 representa el consumo de leña por unidad fisiográfica, donde se aprecia que este es mayor en las planicies litorales y farellón costero (116.587 m³ sólidos/año, error estándar 18%) con predominio del consumo urbano (70%) por sobre el rural (30%). En los llanos de sedimento fluvial o aluvial se consumen 74.116 m³ sólidos/año (error estándar 17%) y en la cordillera de la costa 45.778 m³ sólidos/año, (error estándar 17%), que destaca por tener un alto consumo pese a su baja población. Los menores consumos se observan en las cuencas transicionales semiáridas (45.621 m³ sólidos/año), seguido por los cordones y valles transversales (44.717 m³ sólidos/año, error estándar 17%) y la cordillera andina con 33.283 m³ sólidos/año (error estándar 18%).

El 40% de las especies utilizadas en el sector residencial de la región de Valparaíso corresponden a eucalipto (*Eucalyptus sp.*), el 12% parras (*Vitis sp.*), el 12% palto (principalmente *Persea americana*), 8% a otros exóticos (principalmente *Populus sp.*, *Acacia dealbata* y *Salix babylonica*), 6% pino (*Pinus sp.*) y 6% nativos (caracterizados por especies leñosas provenientes del bosque esclerófilo como *Acacia caven*, *Quillaja saponaria*, *Colliguaja odorifera*, *Lithraea caustica* y *Peumus boldus*) (Figura 9).

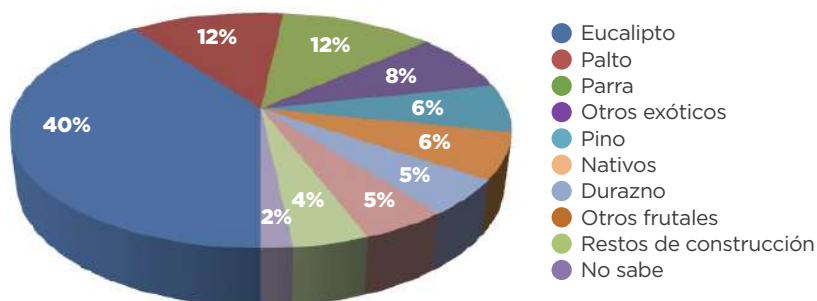
Figura 8. Representación de las unidades fisiográficas, cantidad de viviendas y proporción urbano y rural



Fuente: Elaboración propia.

Nota: El tamaño de los gráficos de consumo rural y urbano están asociados a la cantidad de viviendas que consumen leña.

Figura 9. Consumo de leña por especie en el sector residencial urbano y rural





Santa María, precordillera del valle de Aconcagua

Cuadro 7.
Proporción de especies más utilizadas por sector residencial urbano y rural

Sector	Eucalipto	Pino	Otros exóticos	Palto	Parra	Durazno	Otros frutales	Nativo	Restos de construcción	No sabe
Urbano	52%	11%	3%	5%	6%	8%	4%	1%	6%	4%
Rural	30%	3%	12%	17%	17%	3%	6%	10%	3%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las preferencias de tipo de leña para el sector urbano y rural, el Cuadro 7 muestra que el consumo de pino, eucalipto y durazno es más habitual en el sector urbano, mientras que en el sector rural son más frecuentes los paltos, parras y nativos.

A partir de los datos aportados por la encuesta, en el sector residencial urbano de

la región de Valparaíso se estimó un total de 102.713 calefactores a leña instalados, de ellos el 9% corresponden a cocinas de leña tradicionales, el 52% a combustión lenta, el 16% a salamandras, el 7% a estufas a tambor artesanal o hechizas y el 16% a otros equipos de leña (chimeneas, braseros, hornos y fogones) (Cuadro 8). A su vez, en el sector residencial rural se estimó

un total de 17.181 calefactores a leña, de ellos el 23% corresponden a cocinas a leña, el 22% a estufas de combustión lenta, el 44% a salamandras, el 3% a estufas a tambor artesanal o hechizas y el 7% a otros equipos de leña. La baja penetración del pellet en la región no permitió realizar buenas estimaciones respecto al número de artefactos que utilizan este combustible.

Cuadro 8.

Cantidad de calefactores a leña por estrato en el sector residencial de la región de Valparaíso

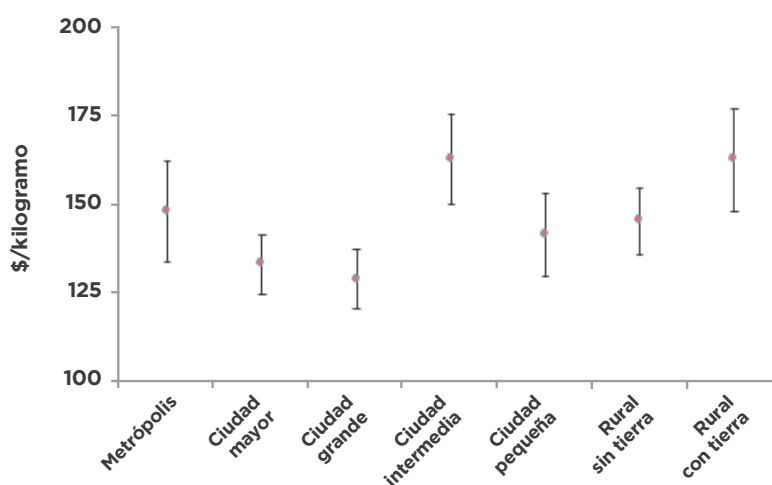
Estrato	Calefactores y cocinas					Total
	Cocina a leña	Combustión lenta	Salamandra	Estufas a tambor	Otros a leña ¹	
Metrópolis	2.297	18.379	4.595	2.297	12.636	40.205
Ciudad mayor	1.067	8.003	2.668	534	0	12.271
Ciudad grande	2.824	17.348	4.034	1.614	2.017	27.837
Ciudad mediana	1.007	4.362	2.684	1.342	336	9.730
Ciudad pequeña	1.810	5.171	2.844	1.810	1.034	12.670
Rural sin tierra	3.294	3.843	2.470	549	274	10.431
Rural con tierra	675	0	5.063	0	1.013	6.750
Total	12.974	57.106	24.358	8.146	17.310	119.894
Proporción (%)	11%	48%	20%	7%	14%	100%

¹ Chimeneas, braseros, hornos y fogones.

El 63% de la leña consumida en el sector urbano es comprada, lo que significó un gasto anual de 14,89 millones de dólares en el año 2021 (1 USD = \$889 pesos chilenos). Esto implica, que el 37% restante proviene de recolección o regalo, lo que evitó un gasto anual de 7,78 millones de dólares. En el sector rural, la alta proporción de leña proveniente de regalo y recolección (88%) evitó un gasto de 17,08 millones de dólares en los hogares rurales de la región.

A nivel regional, el precio promedio de la leña fue de \$143,16 por kilogramo (error estándar 3%). La variación en los diferentes estratos sigue un patrón esperado, salvo algunas excepciones (Figura 10). El sector costero, que alberga numerosas ciudades intermedias, se caracteriza por la llegada de turistas en diferentes períodos del

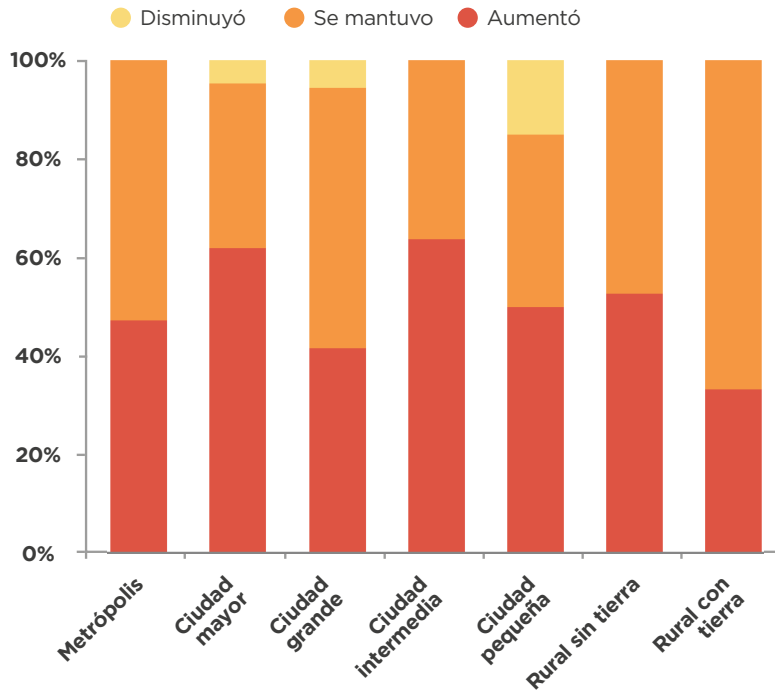
Figura 10. Precio de la leña por kilogramo y por estrato (promedio y error estándar)



año. Esta situación impulsa la demanda, y como consecuencia, podría explicar el aumento de precio en periodos de gran afluencia. Por otra parte, destaca que el estrato rural con tierra muestre el segundo promedio más alto de precio de la leña. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este promedio solo representa al 12% del estrato, que son quienes declararon comprar leña, que en su mayoría (69%) lo realizan en locales de venta ubicados en áreas urbana.

Entre los años 2020 y 2021, el 51% de los encuestados del sector urbano mencionó que el precio de la leña aumentó, el 44% que se mantuvo y el 5% que disminuyó. En cuanto al estrato rural sin tierra, el 53% de las personas respondió que el precio de la leña aumentó y el 47% que se mantuvo (Figura 11). En el estrato rural con tierra, el 33% de las personas mencionó que el precio aumentó y el 67% que no varió. En términos de magnitud, según lo reportado por los encuestados, el aumento de precio en el sector urbano fue del 14%, mientras que en el sector rural fue del 10%.

Figura 11. Cambios en el precio de la leña entre 2020 y 2021

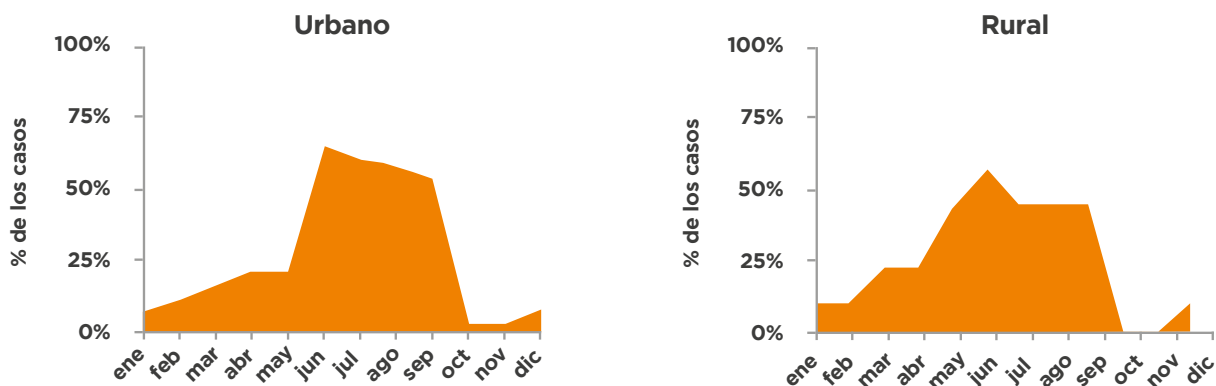


El abastecimiento de leña en la zona urbana tiende a concentrarse en invierno. En efecto, el 73% de las familias se abastecen de leña entre junio y septiembre, el 18% entre marzo y mayo (otoño) y menos del 10% durante el resto de la temporada (Figura 12). En cuanto al sector rural, el comportamiento de abastecimiento es

bastante similar al sector urbano. Cabe destacar, que el abastecimiento aumenta entre junio y septiembre, período en el cual el 62% de los hogares se abastecen de leña, para luego disminuir al 17% en los meses de verano. En la región, el formato de venta predominante es el saco de leña, que se destaca por ser de consumo inmediato,

es decir, el momento de adquisición está estrechamente vinculado a su uso. Esta práctica contrasta con lo observado en otras regiones al sur del país, donde en ciertos hogares realizan el abastecimiento en momentos específicos y con cantidades más considerables, pensando en el consumo a lo largo del año.

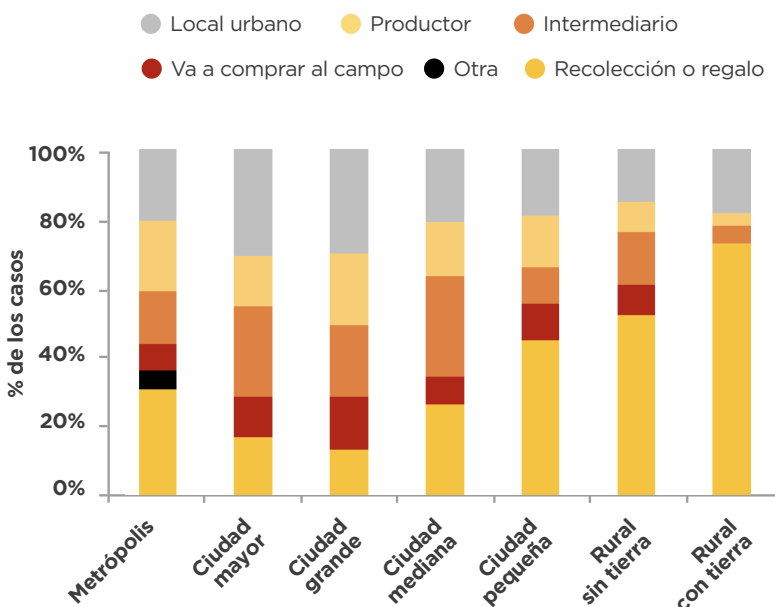
Figura 12. Periodo del año en que las familias se abastecieron de leña



Las vías de abastecimiento de leña más utilizadas por los hogares del sector urbano son en primer lugar la recolección (26%), seguido por la adquisición en locales de venta urbano (25%) y la compra a intermediarios (20%) (Figura 13). En el área rural sin tierra pese a haber un aumento notorio en la recolección de leña (52%), el resto de la estructura comercial se asemeja bastante a los estratos urbanos. Para el sector rural con tierra, la recolección de leña representa el 73%, donde llama la atención que el segundo lugar sean los locales de venta urbano (19%), que incluso son más importantes que en el estrato rural sin tierra (15%).

En la zona urbana, el 51% de las personas que reportaron uso de leña estaría dispuesta a cambiar esta energía por una alternativa a un costo similar. Esta proporción aumenta a un 57% en metrópolis, a diferencia de las áreas rurales sin tierra donde el 30% reemplazaría la leña y en rurales con tierra donde solo lo haría el 19%. En aquel subgrupo de usuarios que reemplazaría la leña, en el sector urbano un 33% optaría por energía solar, seguido de energía eólica (24%), electricidad (17%) y pellet (14%). En menor proporción las personas la sustituirían por gas licuado (7%), gas

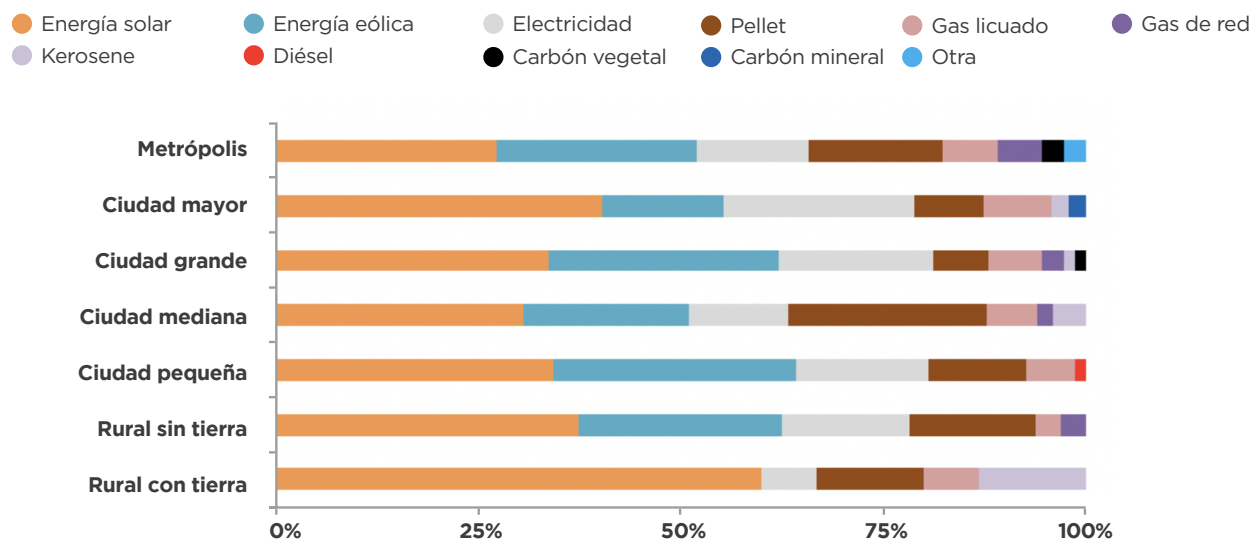
Figura 13.
Vías de abastecimiento de leña



de red (2%) y kerosene (2%). La Figura 14, nuevamente, muestra que el estrato rural sin tierra mantiene un comportamiento similar al sector urbano. No obstante, para el sector rural con tierra, la opción de

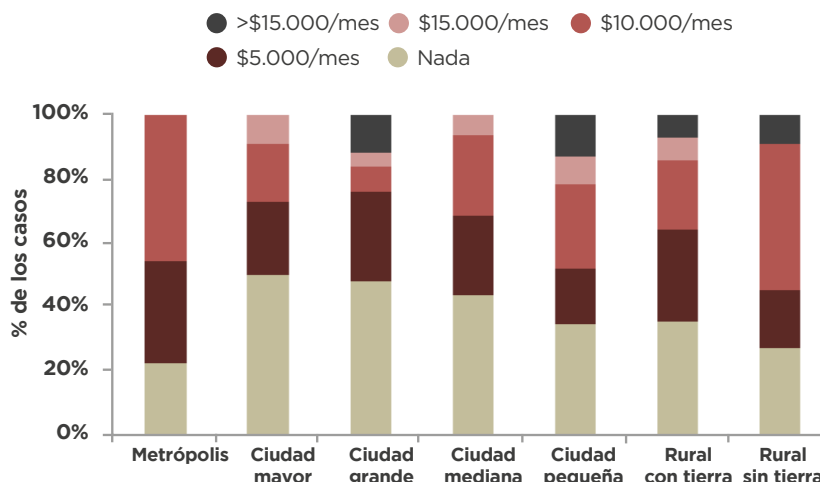
sustituir la leña por energía solar adquiere mayor fuerza, junto al pellet (13%) y el kerosene (13%).

Figura 14.
Fuentes de energía preferidas en reemplazo a la leña



Entre las personas dispuestas a cambiar la leña por otra fuente de energía, en el sector urbano un 60% estaría dispuesto a hacerlo con un costo adicional, mientras que en el sector rural esta proporción asciende al 68% (Figura 15). Se observa que a medida que aumenta el precio teórico, disminuye la disposición a pagar. Destaca que si el costo aumentara \$15.000/mes o más, las ciudades mayores (9%), ciudades grandes (16%), ciudades medianas (6%), ciudades pequeñas (22%), el sector rural sin tierra (14%) y el rural con tierra (9%) lo costearían. Por otro lado, el único estrato que limitaría su disposición a pagar a un máximo de \$10.000 es la metrópolis.

Figura 15.
Disposición a pagar en reemplazo a la leña por estrato



3.2.3. Efectos de la sequía en la disponibilidad de biomasa

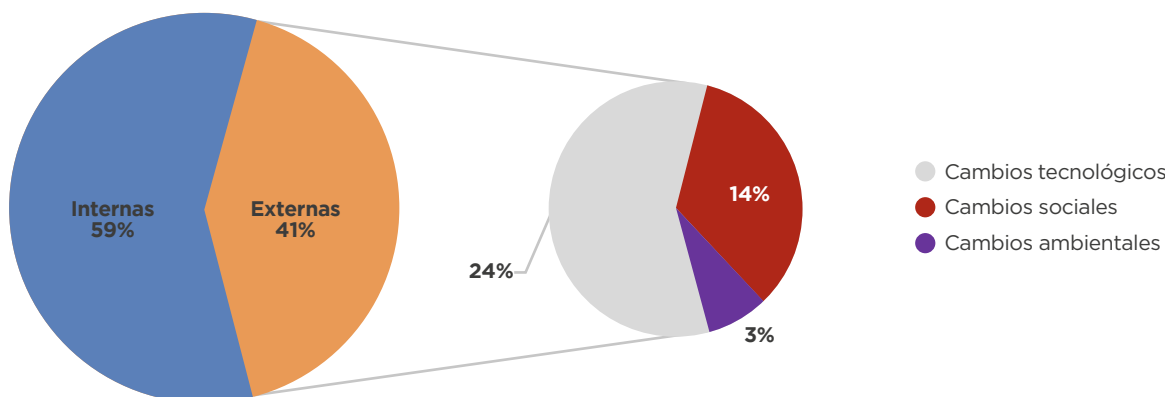
La región de Valparaíso enfrenta la amenaza de la desertificación y ha sido fuertemente impactada por los últimos períodos de sequía (Sarricolea y Meseguer-Ruiz, 2015). Por esta razón, este estudio incorpora una sección orientada a detectar cambios en la disponibilidad de biomasa y si esta se ha visto afectada por este fenómeno.

Según los resultados, el 19% de los encuestados en zonas urbanas declaró

que él o algún miembro de su hogar ha recolectado leña en algún momento, de ellos el 75% lo continúa haciendo. En cambio, en el área rural sin tierra el 45% encuestado señaló que alguna vez ha recolectado, de ellos el 97% lo sigue haciendo, mientras que en el área rural con tierra el 62% ha recolectado y el 98% lo continúa haciendo. Esto indica que la recolección es una práctica que persiste en el sector rural y disminuye gradualmente en cuanto se avanza hacia el estrato urbano.

A grandes rasgos, los motivos que llevaron a los encuestados a abandonar la práctica de la recolección pueden clasificarse en causas internas (que incluyen cambios laborales, condiciones físicas, motivos de salud y una menor disponibilidad de tiempo) y causas externas. Estas últimas se subdividen en aquellas relacionadas con cambios tecnológicos (reemplazo por otras fuentes de energía), factores sociales (migración, pandemia) y factores ambientales (sequías, deforestación, entre otros) (Figura 16).

Figura 16.
Causas por las cuales los encuestados abandonaron la recolección de leña



Si bien la sequía no es considerada un factor determinante en el abandono de las prácticas de recolección de leña, los encuestados perciben cambios significativos en la recolección en los últimos años, a raíz de la sequía que

afecta la región. Esta ha impactado en las plantaciones forestales, árboles nativos, frutales, entre otros, resultando por un lado una mayor cantidad de biomasa disponible seca, pero también menor abundancia de individuos en ciertos contextos. Otro factor

relevante en los cambios percibidos es el aumento de la población. Los encuestados declaran que este crecimiento demográfico ha generado un aumento en la demanda, lo que ha provocado disminución en la disponibilidad de biomasa.



Litre (Lithraea caustica)

3.3. Consumo final de energía

Al considerar todos los energéticos del hogar, el consumo total de energía en el sector residencial de la región de Valparaíso alcanza los 4.649,9 GWh/año (intervalo de confianza entre 3.803 y 5.515 GWh/año). La electricidad es utilizada en el 100% de los hogares de la región, con un consumo promedio anual por vivienda de 2.464 kWh (error estándar del 2%), el 94% consume gas licuado a un promedio de 3.825 kWh anuales (error estándar del 2%), el gas de red se utiliza en el 8% de los casos con un consumo medio anual de 6.372 kWh (error estándar del 7%), el kerosene es utilizado en el 14% de los hogares con un consumo medio anual de 1.922 kWh (error estándar del 18%). Otras fuentes de energía domiciliaria como la gasolina, el diésel, el carbón y el pellet (penetraciones de 0,98%, 0,33%, 0,43% y 0,22%, respectivamente), dada su baja penetración, no permiten estimar consumos promedios con valores confiables.

La importancia de las distintas fuentes de energía en el sector residencial urbano se observa en la Figura 17, donde se consume un total de 3.781 GWh/año (intervalo de confianza entre 3.150 y 4.413 GWh/año), lo cual representa el 81,3% del consumo regional. Las principales fuentes de energía que aportan a la matriz energética del sector urbano son el gas licuado con un 42,4%, seguido de la electricidad con un 29,7%, leña 15,2% y gas de red con 8,1%.

En cuanto al sector rural (Figura 18), el consumo anual asciende a 869 GWh (intervalo de confianza entre 653 y 1.102 GWh), lo que representa el 18,7% del consumo regional. Los principales energéticos que aportan al consumo rural son la leña (51,2%), seguido del gas licuado (26,9%) y electricidad (19,4%).

La Figura 19 muestra la historia de uso de las fuentes de energía en los hogares desde el momento de llegada a la vivienda. Se aprecia que prácticamente en todos los estratos, la electricidad y el gas licuado han mantenido una presencia relevante a lo largo de los años.

Figura 17. Composición de la matriz energética residencial del sector urbano de la región de Valparaíso

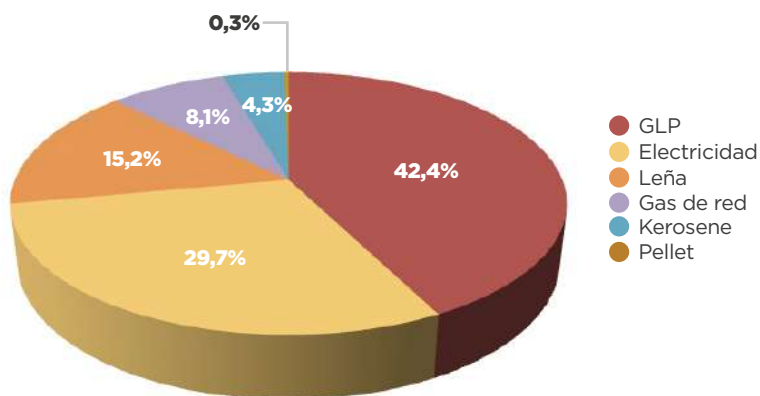
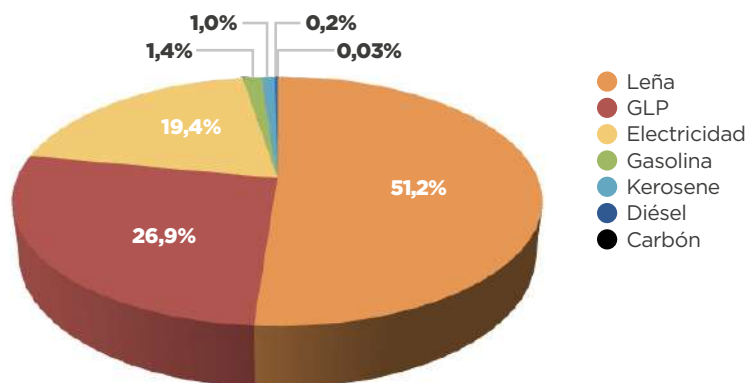


Figura 18. Composición de la matriz energética residencial del sector rural de la región de Valparaíso



En relación a la leña, conforme se avanza hacia áreas rurales con tierra, aumenta la frecuencia de casos en que las personas la han utilizado "siempre" o "alguna vez". Es evidente la relevancia histórica del uso de la leña en la ruralidad con tierra, donde el 64% indica haberla utilizado siempre y un 11% declara haberla usado al menos una vez.

En cuanto al kerosene, el uso histórico es similar en los estratos metrópolis, ciudad mayor y ciudad grande (31%, 30%

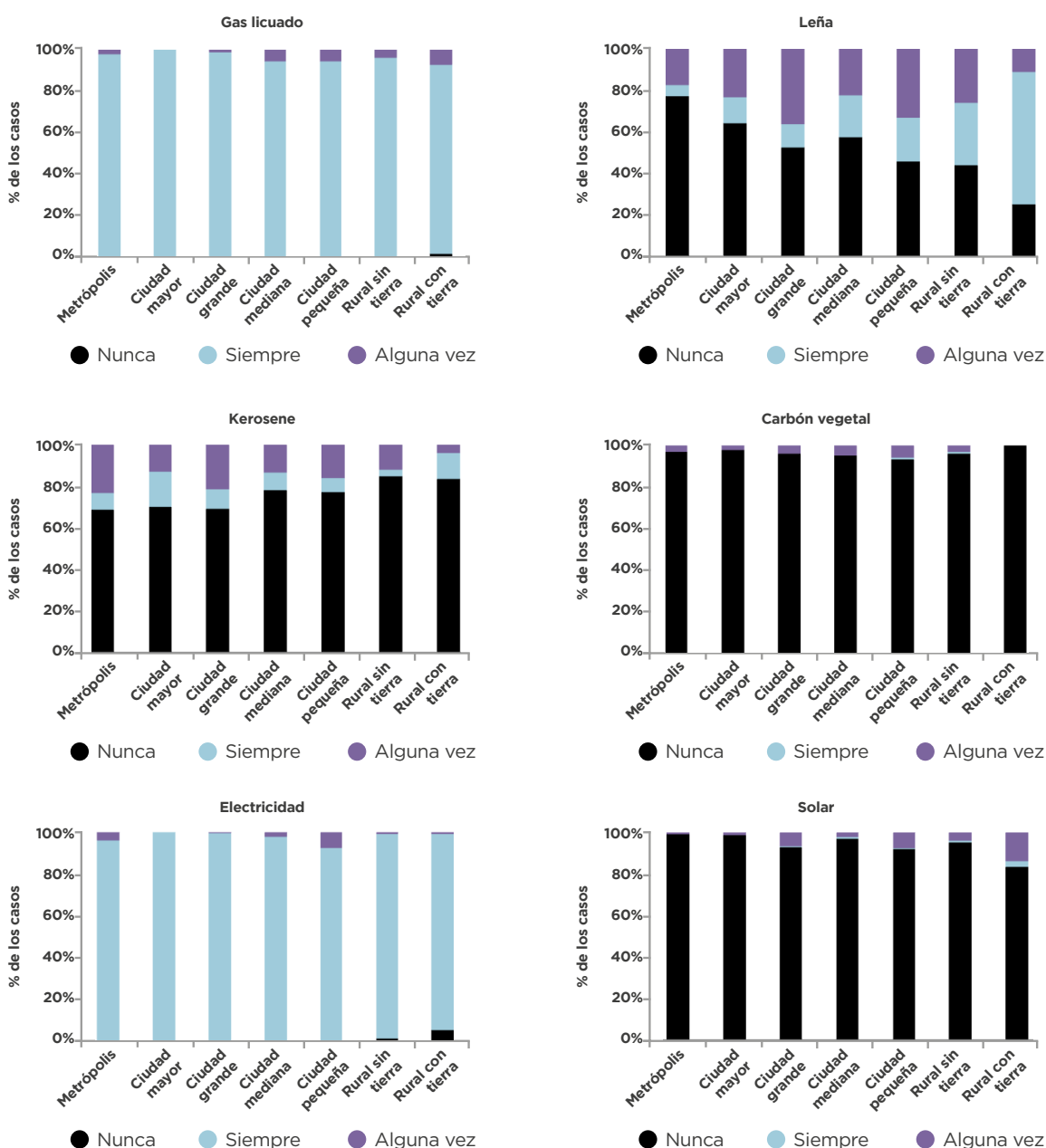
y 31%, respectivamente), y continúa su presencia a medida que se avanza hacia el estrato rural con tierra, llegando al 17%. Habitualmente, el uso del kerosene se asocia a los asentamientos urbanos, por ser un combustible cuya disponibilidad depende de la presencia de estaciones de servicio de abastecimiento de combustibles para vehículos. Este comportamiento refleja el estrecho vínculo entre sectores rurales y asentamientos urbanos, característico de esta región.

Biocombustibles como carbón vegetal y pellet presentan una baja presencia histórica como fuente de energía residencial para cocina o calefacción (se excluye el uso para asados). Es así, como cerca del 95% nunca ha utilizado carbón vegetal con estos fines, y más del 99% tampoco ha usado pellet.

La electricidad tiene una importante presencia a lo largo de los estratos (97%). Destaca que en el estrato rural con tierra el 5% declara nunca haberla utilizado. Al respecto, es notable la incorporación de la energía solar en estratos más pequeños y en particular en el rural con tierra, donde se

convierte en una alternativa frecuente ante la ausencia de acceso a energía eléctrica.

Figura 19.
Historia de uso de distintas fuentes de energía por estratos



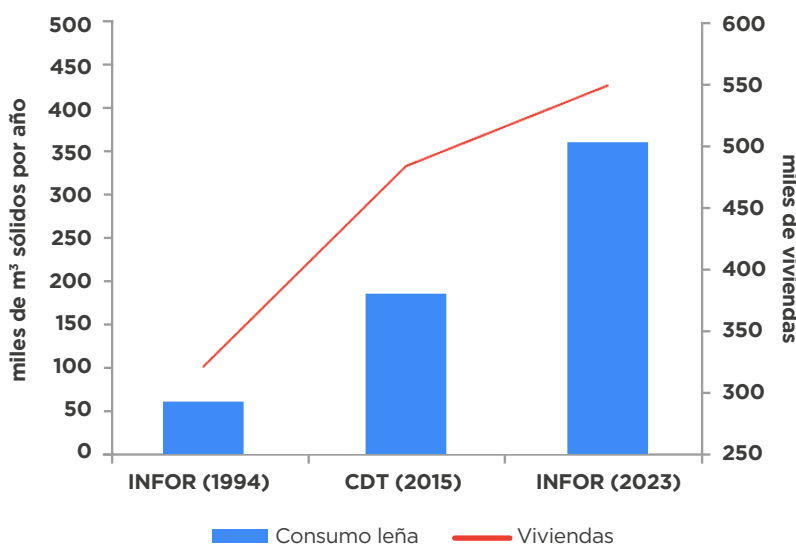
4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A diferencia de otras regiones del centro-sur de Chile, son escasos los estudios de biocombustibles sólidos en la región de Valparaíso. El primero de ellos corresponde a INFOR (1994), que estimó una penetración de la leña en el área urbana del 24% y un consumo de leña por vivienda de 0,3 m³ sólidos anuales. En cuanto al sector rural, INFOR (1994) estimó una penetración similar al sector urbano de 24% y un consumo de 5,3 m³ sólidos/año/vivienda. Años más tarde, con el objetivo de realizar un diagnóstico para el Plan de Gestión Atmosférica en el Gran Valparaíso, AMBIOSIS (2011) realiza un estudio centrado en las comunas de Valparaíso, Viña del Mar y Quilpué, donde identifica para Valparaíso una penetración del 20% y un consumo de 2,78 m³ sólidos/año/vivienda, para Viña del Mar penetración del 29% y consumo de 1,19 m³ sólidos/año/vivienda y para Quilpué una penetración de 25% y consumo de 0,55 m³ sólidos/año/vivienda. Por último, según CDT (2015), la penetración de la leña en el sector urbano fue del 16%, con un consumo promedio de 1,91 m³ sólidos por año por vivienda, mientras que para el sector rural se estimó una penetración del 57%, con un consumo similar de 1,91 m³ sólidos anuales por vivienda. Por otro lado, los resultados del presente estudio estiman una penetración de la leña en el sector residencial urbano del 29,6% y un consumo de 1,74 m³ sólidos/año/vivienda, mientras que para el sector rural la penetración aumenta al 58,3% y el consumo promedio alcanza los 4,17 m³ sólidos/año/vivienda, lo cual se traduce en un consumo regional de 360.102 m³ sólidos/año (error del 17%).

Al comparar los resultados obtenidos con los estudios previamente mencionados, surgen ciertas dificultades. Por un lado, el estudio de AMBIOSIS (2011) se limita a tres comunas del Gran Valparaíso, lo que dificulta la extrapolación de datos a nivel regional. Por otro lado, es importante

Figura 20.

Consumo de leña en la región de Valparaíso entre 1992 y 2021



señalar que la estimación realizada por CDT (2015) considera el mismo consumo medio de leña por vivienda, tanto en el sector urbano como en el rural, lo que podría resultar en una subestimación del volumen total a nivel regional. La Figura 20 muestra la evolución en el tiempo del consumo de leña en la región en relación con el aumento del número de viviendas (tanto urbanas como rurales). Se puede observar una tendencia coherente entre el estudio de INFOR (1994), que estimó un consumo de 62.744 m³ sólidos por año, y el presente estudio, que estima un consumo de 360.102 m³ sólidos por año. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, el estudio de CDT (2015) estima un consumo de 185.667 m³ sólidos por año, que aparentemente subestima el consumo de leña de acuerdo con esta tendencia.

Los resultados presentan una diversidad notable en los patrones de consumo de leña en los sectores rurales y urbanos. Pese a que en el sector urbano existen diversas alternativas energéticas de fácil

acceso, se observa que en ciudades con temperaturas más extremas (como los sectores cordilleranos y la depresión intermedia), la leña continúa siendo una opción para calefacción en ciertos hogares, especialmente aquellos con menores ingresos.

Además, se observa que en las ciudades, el 37% del consumo de leña proviene de la recolección. Esta práctica es más común en las zonas periféricas de las ciudades, donde existe mayor disponibilidad de biomasa, cuya recolección se da en forma esporádica, a medida que las necesidades lo requieran. Este hecho plantea un desafío para la estimación de los volúmenes, dado que en ciertos casos el método de adquisición no siempre es el más preciso.

En el sector rural el uso tradicional de la leña está más arraigado, siendo este un energético más integrado a la matriz energética residencial. Pese a esto, tanto en el estrato rural con tierra como en el sin tierra, se observa el avance de un proceso

migratorio, el cual aumenta la cantidad de viviendas en asentamientos cercanos a ambientes naturales, y por ende implica una mayor presión sobre los recursos naturales. Esta tendencia puede deberse a un proceso migratorio ciudad-campo que podría haberse agudizado con motivo de la pandemia por COVID-19, que tuvo su inicio en marzo de 2020. Como se puede apreciar, el consumo y penetración rural de la leña en comparación al sector urbano es notoriamente mayor.

Un mayor consumo de biocombustibles sólidos en el límite norte del bosque esclerófilo podría ser una amenaza adicional para estos bosques. Sin embargo, los resultados muestran que la demanda energética es satisfecha solo en un 6% por

las especies nativas, siendo los frutales y eucaliptus las más utilizadas (82%), aliviando en gran parte la presión que podría implicar el uso de la leña sobre el bosque nativo. No obstante, el bosque esclerófilo en esta zona presenta múltiples amenazas, como la pérdida de suelo, escasez hídrica y cambio de uso de suelo, razón por la cual, el presente estudio no logra evaluar el real impacto que podría estar generando el consumo de leña sobre el bosque esclerófilo.

El presente estudio constata la importancia del consumo de leña, principalmente en el sector residencial rural, donde es la principal fuente de energía, permitiendo abastecer el 51,2% del consumo energético domiciliario. De esta forma, es necesario abordar la

complejidad del consumo de leña en la región de Valparaíso desde una perspectiva integral. Las políticas sectoriales orientadas a definir exigencias constructivas de las viviendas (en un contexto de migración ciudad - campo), el ordenamiento territorial de las ciudades, así como los planes de recuperación del bosque nativo, deben considerar las dinámicas socioeconómicas en la transición energética de los hogares en el gradiente urbano - rural. Reconocer a la leña como un combustible de amplio uso residencial en la región de Valparaíso, debe fomentar prácticas de gestión forestal sostenibles que garanticen la viabilidad a largo plazo de la leña como fuente energética para la región.



Guayacán (*Porlieria chilensis*)



Quillay (*Quillaja saponaria*)

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, 115 p.

Ambiosis. 2011. Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Atmosférica - Región de Valparaíso, Construcción de un Inventario de Emisiones Regional.

BCN (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile). 2023. Región de Valparaíso. Disponible en: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region5/>

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

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

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 2020. Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Actualizaciones al año 2020. Corporación Nacional Forestal. Chile. p. 71.

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

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 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/>

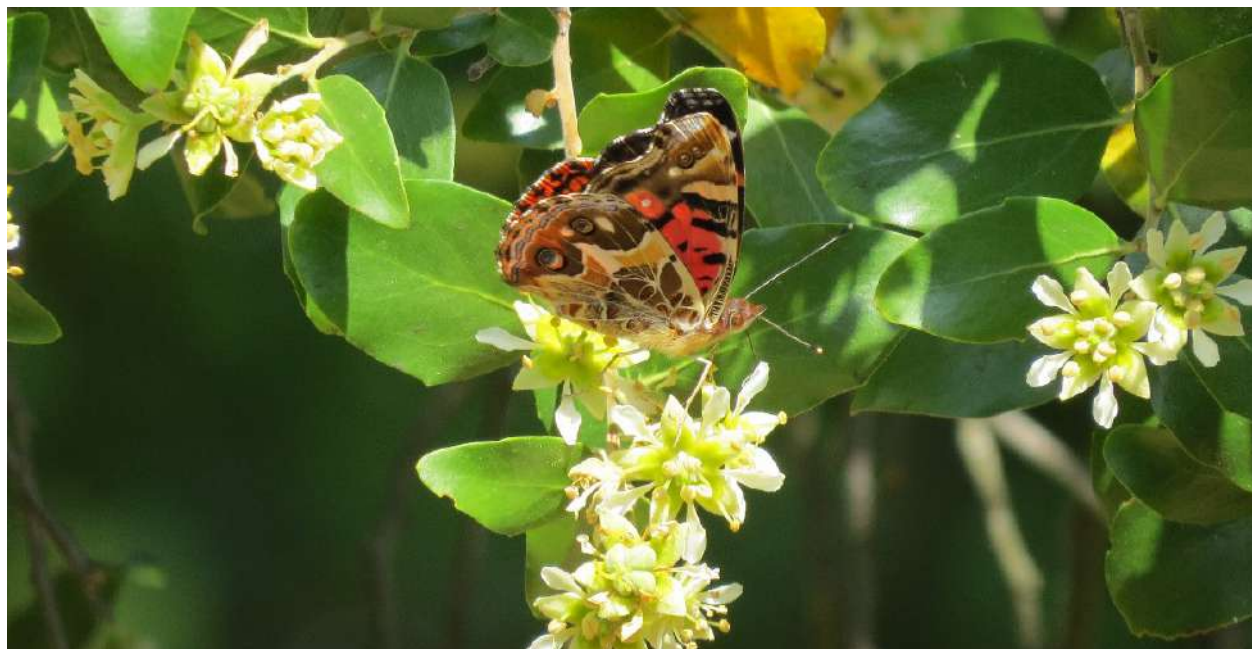
INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2019. CHILE: ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2019. Disponible en https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/Cd_Pb_AI_Cs_2019.pdf

INFOR (Instituto Forestal). 1994. Evaluación del consumo de leña en Chile. Informe Final.

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

Ministerio de Desarrollo Social y Familia. 2022. Informe de Desarrollo Social 2022. Informe técnico. Chile. p. 214.

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.

Quillay (*Quillaja saponaria*)

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., 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.

Reyes, R., Sanhueza, R., 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. 34.

Sarricolea, P. y Meseguer - Ruiz, O. 2015. Sequías en Chile central a partir de diferentes índices en el período 1981-2010. *Investigaciones Geográficas* (50), pp. 19-32.



BES Número 16 | Diciembre 2023

