



Consumo de leña en el centro y sur de Chile: determinantes y diferencias regionales

Fuelwood consumption in Central and Southern Chile: determinants and regional differences

Luz María Ferrada^{*}, Gustavo Torres¹, Virginia Montaña¹ y Nicolás Sáez¹

¹ Universidad de Los Lagos, Osorno de Chile.
gustavo.torres@ulagos.cl; vmontana@ulagos.cl;
nsaez@ulagos.cl

^{*} Autora de correspondencia. lferrada@ulagos.cl

RESUMEN

La leña ha sido el dendroenergético más utilizado a escala residencial en regiones del centro y sur de Chile y su alto consumo en zonas urbanas ha afectado gravemente la calidad atmosférica. El objetivo de este trabajo fue analizar cómo factores económicos, sociodemográficos y características de la vivienda inciden en el consumo de leña de hogares en seis regiones del centro sur de Chile. Primero, se estudió el efecto en la probabilidad de consumir leña, mediante estimaciones logit y, luego, sobre la cantidad consumida con modelos Tobit, tanto para el área de estudio como por región. Se observó, a escala global, que aumentos en los ingresos del hogar incrementaron la probabilidad de consumir leña y las cantidades consumidas, siendo más fuerte el efecto en las cantidades. No obstante, el impacto entre regiones es muy distinto. Además, el consumo de leña disminuye frente a un aumento de su precio y aumenta ante el incremento del precio del gas siendo un bien sustituto. Aspectos sociodemográficos y características de la vivienda, como número de personas en el hogar, edad del jefe de hogar y superficie construida, se relacionaron positivamente con el consumo de leña. Los resultados contribuyen a formular políticas públicas regionales, de manera de enfrentar el problema planteado.

PALABRAS CLAVE: bioeconomía, biomasa, demanda de leña, dendroenergía, economía regional, política regional.

ABSTRACT

Firewood has been the most widely used wood energy source at the residential level in central and southern regions of Chile, and its high consumption in urban areas has seriously affected atmospheric quality. The objective was to analyze how economic, sociodemographic, and housing characteristics factors affect the firewood consumption of households living in six regions of central-southern Chile. First, the effect on the probability of consuming firewood was studied using logit estimates, and then on the amount consumed with Tobit models, both for the study area and by region. At a global level, it was observed that increases in household income increased the probability of consuming firewood and the quantities consumed, nevertheless, the impact among regions is different. In addition, firewood consumption decreases when faced with an increase in its price and increases when faced with an increase in the price of gas as a substitute good; sociodemographic aspects and housing characteristics, such as number of people in the household, age of the head of household and more square meters built, were positively related to firewood consumption. The results contribute to the formulation of regional public policies to address the problem.

KEYWORDS: bioeconomy, biomass, demand for fuelwood, wood energy, regional economy, regional policy.

INTRODUCCIÓN

Existe un amplio consumo de biomasa a escala global para la provisión de servicios de energía básica a aproximadamente un tercio de la población mundial (Food and Agriculture Organization [FAO], 2014). Es la principal fuente de energía de los hogares de países en desarrollo (Akther et al., 2010) y, en Europa y Norteamérica, la usan al menos 88,5 millones de personas para fines de calefacción (FAO, 2018), lo que se incrementa sustancialmente en épocas de crisis económica (Arabatzis et al., 2013).

En Chile, la biomasa ocupó el segundo lugar en la producción bruta de energía con 75 976 Tcal en 2020, más de la mitad de esa oferta fue consumida en centros de transformación quedando disponible para consumo final 36 406 Tcal que fueron absorbidas por el sector industrial (50,3%) comercial, público, sanitario y residencial (49,7%) (Ministerio de Energía, 2021). A escala residencial, en el centro y sur de Chile se utiliza preferentemente como leña para calefacción y cocción de alimentos (Corporación de Desarrollo Tecnológico [CDT] y Ministerio de Energía, 2015), sin embargo, su alto consumo genera alta contaminación atmosférica (Gómez-Lobos et al., 2006), impactando en la salud de las personas ya sea por contaminación intradomiciliaria (Cortés y Ridley, 2013) o del exterior (Rodríguez-Villamizar et al., 2012).

Diversas entidades como los ministerios de Energía, de Medio Ambiente y de Salud, y los municipios del centro y sur de Chile, en los últimos años han desplegado iniciativas para controlar el uso de leña a escala residencial y reducir los efectos de la combustión, algunas de ellas son: regular su porcentaje de humedad, normar el uso de calefactores, promover tecnologías más eficientes en la combustión (Gómez et al., 2013), así como fortalecer iniciativas para el uso de combustibles sustitutos y mejorar la eficiencia térmica de las viviendas.

Sin embargo, también se plantea que la producción de leña es una actividad importante para muchas comunidades del centro y sur de Chile (Burschel et al., 2003), existiendo un arraigo sociocultural no solo en la producción, sino también en su consumo (Reyes et al., 2015); con un

mercado fuertemente informal que enfrenta un precio generalmente menor al de otros combustibles comercializados en el mercado formal. Además, la demanda de leña es muy distinta entre las regiones estudiadas, así el porcentaje de hogares que consumen leña va desde 53%, en la región de O'Higgins, a 98%, en la región de Aysén (CDT y Ministerio de Energía, 2015).

Por otro lado, las preferencias locales sobre fuentes energéticas se asocian con los ingresos de las familias, de esta forma, se plantea que pueden transitar de energías tradicionales a aquellas más limpias, en la medida que los hogares tengan mayores ingresos (i.e. avanzar en la escalera de la energía), para lo cual se requiere disponer de alternativas energéticas (Sgarbi et al., 2013; Akther et al., 2010). A su vez, la probabilidad transitar se asocia con un mayor nivel educativo del jefe de hogar (Paudel et al., 2018) y con la edad de las personas (Özcan et al., 2013).

No obstante, para Chile, la relación entre nivel socioeconómico de los hogares y consumo de leña arroja resultados diferentes entre territorios. Gómez-Lobos et al. (2006) indican que en algunas ciudades como Rancagua el uso de leña se concentra principalmente en el nivel socioeconómico medio, sin embargo, en otras como Chillán, Temuco y Aysén, este se concentra en niveles socioeconómicos bajos. A su vez, Díaz et al. (2013) plantean que en Osorno la mayor participación está en el nivel socioeconómico medio y bajo.

En este sentido y para Chile, Cerda et al. (2010) plantean que las personas están valorando positivamente el mejoramiento de la calidad ambiental, con impacto en sus decisiones de alternativas energéticas. Siguiendo a Gómez et al. (2014), los hogares estarían dispuestos a cambiarse de sistemas de calefacción, dependiendo de sus características socioeconómicas y bajo distintos sistemas de incentivos. Sin embargo, Jaime et al. (2020) advierten que el aumento del ingreso de los hogares impacta en el incremento del número de equipos de combustión y no en la cantidad de leña usada, señalando que los incentivos no monetarios son más eficientes. Con todo, es importante destacar que el comportamiento del consumidor de energía al interior de



una vivienda tiene distintas motivaciones, cuya cabal comprensión requiere una aproximación multidisciplinaria para incorporar factores desde una perspectiva sociológica, de ingeniería y diseño, además de la económica (Delzendeh et al., 2017).

Garbacz (1985), para un estudio de demanda de leña en Estados Unidos, incorporó variables como las características de la vivienda (años de la vivienda), del entorno (temperatura ambiental), de la zona de residencia y si el encuestado es usuario principal, e interacciones con el precio y el ingreso de las familias, concluyendo que la demanda era impactada principalmente por el precio del bien, siendo el efecto de los ingresos bajo y negativo. Respecto al impacto de los precios de los bienes relacionados, Jaime et al. (2020) indican la necesidad de profundizar en este tema en Chile. En un estudio para Osorno, una ciudad de Chile (Bustos y Ferrada, 2017), se concluye que el consumo de leña está explicado positivamente por el ingreso del hogar, el número de personas que lo componen y la edad del jefe de hogar; además, que las características de la vivienda, tales como el número de ventanas y de pisos (en niveles) inciden en forma inversa, así aquellas con 2 o más niveles reducen el uso de leña; finalmente, se señala que el kerosene y la leña se comportan como bienes relacionados.

OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio fue analizar cómo factores económicos, sociodemográficos y de la vivienda inciden en el consumo de leña de hogares en las regiones de O'Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos: 1) medir el impacto del ingreso monetario de los hogares, el precio de la leña y de los bienes relacionados, en las decisiones de consumir o no consumir leña en el hogar; 2) evaluar determinantes en la cantidad consumida de leña en el hogar; y 3) analizar diferencias regionales en cuanto al impacto que tiene el ingreso en el consumo de leña anual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación utilizó como principal fuente de información la encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen) del año 2013 del Ministerio de Desarrollo Social de Chile, pues ese año incorporó dos preguntas sobre el uso de leña en hogares: (1) "En el último año, ¿ha utilizado leña en su hogar?" y (2) "En el último año, ¿cuántos kilos de leña?" (Ministerio de Desarrollo Social, 2015), que son tomadas como variables dependientes en el estudio. Se considerará como zona centro sur al espacio geográfico entre las regiones de O'Higgins, Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén. De acuerdo con la encuesta Casen, en el año 2013 en estas regiones se consumió 95,7% de la leña del país y, en promedio, 81,8% de los hogares señalaron usar leña (Fig. 1).

La muestra de interés corresponde a 19 220 observaciones, que corresponden a hogares con residencia urbana en la zona de estudio con ingreso monetario mensual mayor a una canasta básica de alimentos y que contestaron todas las preguntas de interés. En las tablas 1 y 2 se presenta la descripción de las variables utilizadas.

Para obtener las variables explicativas: precios de la leña, precio de bienes relacionados, características de las ciudades y del clima, se recurrió a otras fuentes. De la encuesta Consumo de Combustible para Calefacción y Cocción del año 2015 se obtuvieron los precios que pagaban los hogares por la leña en zonas urbanas, por región. De la Comisión Nacional de Energía (CNE) se extrajo el precio de bienes relacionados, kerosene, gas y electricidad. Estas variables se calcularon como el precio promedio por comuna en el año 2013; para el caso kerosene, es el precio medio por litro; en el gas, el precio medio del galón de 15 kg; y en la energía eléctrica, la tarifa residencial para un consumo promedio de 150 [kWh], todos calculados por la CNE. Sin embargo, en las estimaciones, las variables precio del gas y de la energía eléctrica, resultaron ser colineales, por lo que se decidió utilizar solo el precio del gas debido a que para el consumidor en ese período su costo era más cercano al de la leña.

La información de las condiciones climáticas provino de las precipitaciones anuales por región en el año 2013 (mm/año), obtenidas de las estaciones meteorológicas. Finalmente, de estimaciones del Instituto Nacional de Estadística (INE), se obtuvo la variable cantidad de población por comuna en la zona urbana (número de habitantes/zona).

Mediante modelos de regresión con variable dependiente cualitativa (*logit* binario; ecuación 1) se midió el impacto del ingreso de los hogares y los precios en las decisiones de consumo de leña a través la probabilidad de que un hogar usara leña en el año 2013

$$P\{\text{consume_leña} = 1|x\} = \frac{1}{1+e^{-z}} = \Lambda(z) \quad (1)$$

Siendo *consume_leña* una variable binaria que denota valor 1 si el hogar ha consumido leña en el año y 0 en caso contrario.

Se realizaron dos estimaciones *logit*. La primera utilizando la ecuación 2:

$$z = \beta_0 + \beta\gamma + \alpha x \quad (2)$$

donde γ es el ingreso monetario percibido mensualmente por el hogar, que se esperaba tuviera un efecto negativo en la probabilidad de consumir leña, y x las variables precio medio de leña pagado por región, precio medio al consumidor del kerosene y gas por comuna, estas últimas, consideradas como bienes relacionados. La segunda estimación se realizó con la ecuación 3:

$$z = \beta_0 + \beta\gamma + \alpha x + \theta t \quad (3)$$

donde las variables t representan las precipitaciones totales anuales por región y la población urbana de cada comuna, de esta forma se controla, además por características territoriales. Se debe tener presente que las variables precio de la leña y precipitaciones anuales, corresponden datos regionales, por lo que no se pueden incluir ambas en la misma ecuación, pues se tendría un problema de colinealidad.

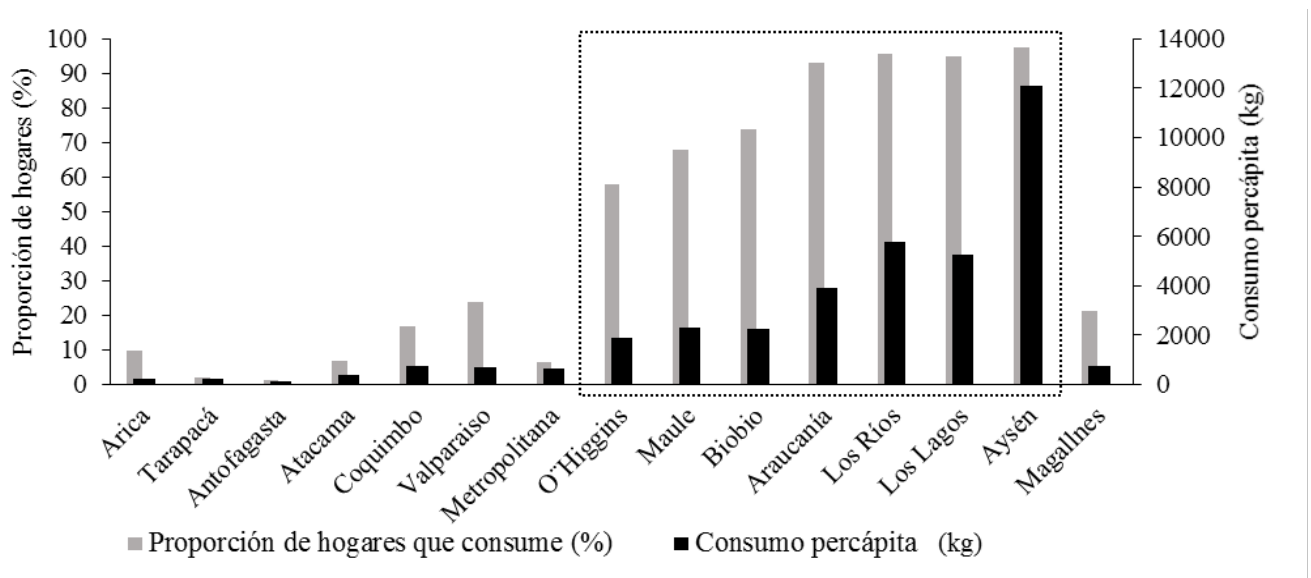


FIGURA 1. Porcentaje de hogares que consumen leña y consumo de leña por hogar (en kilogramos/año) en Chile por región, año 2013.

Fuente: Elaboración propia con base a la Encuesta Casen, 2013



TABLA 1. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes y explicativas continuas.

<i>Variables continuas</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Media^(*)</i>	<i>D. estándar^(*)</i>
Cantidad de consumo de leña [kg/año]	consleña	13 373	2978,9	3035,7
Precio medio de la leña en la región [\$/m ³]	p_leña	7	22 162,2	2686,8
Precio medio del kerosene en comuna [\$/litro]	p_ker	131	630,0	23,8
Precio electricidad medio comunal [\$/kWh]	p_elec	131	18 454,7	2706,1
Precio medio del gas en la comuna [\$/galón 15 kg]	p_gas	131	17 213,5	904,89
Ingreso monetario del hogar [\$ del año 2013/mes]	ingreso	19 220	607 978	657,95
Población urbana [número de personas/comuna]	poblacion	131	116 610	86 128
Precipitaciones promedio anual [mm/año] por región	precipita	7	681,9	366,9
Edad jefe de hogar [años]	Edad	19 220	52,5	15,8
Personas en el hogar [número personas/hogar]	Numper	19 220	32,4	15,6

Fuente: Elaboración propia

(*) Media y desviación estándar de la variable en la base de datos total utilizada.

TABLA 2. Estadísticos descriptivos de las variables dependientes y explicativas *dummy*. Observaciones 19220.

<i>Variables dummy</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>Proporción</i>	<i>D. estándar</i>
Consume leña [usó leña =1]	consume_leña	0,6718	0,4695
Hogar en condición de pobreza [pobre = 1]	Pobreza	0,1504	0,3575
Índice calidad global de la vivienda [aceptable=1]	Calgobviv	0,8994	0,3006
Si hay allegamiento	l_allegam	0,8421	0,3645
Hogar habita en casa u otra infraestructura [casa=1]	Casa	0,9404	0,2366
Superficie de la vivienda en 5 categorías	Metros*	3,1640	1,015

*Categorías: (1) < 30 m², (2) 30 a 40 m², (3) 41 a 60 m², (4) 61 - 100 m², (5) > 100 m².

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, se modeló la cantidad de consumo de leña con ecuaciones *Tobit* (Tobin, 1958). Este método permitió incorporar a los hogares que no consumieron leña, es decir, valores 0 de la variable dependiente que estaban censurados. Luego, se supuso la existencia de una variable latente subyacente, y^* , que se calcula con la ecuación 4.

$$y^* = \beta_0 + \beta\gamma + \alpha x + \theta t + u \quad (4)$$

$$consleña_i = \begin{cases} y^*, & \text{si } y^* > 0 \\ 0, & \text{si } y^* \leq 0 \end{cases} \quad (5)$$

Como se indica en la ecuación 5, la variable observada, consumo de leña, se ha expuesto como una variable latente y^* que satisface los supuestos de un modelo de regresión clásicos con distribución normal, homocedasticidad y media condicional lineal.

En la ecuación 4, se utilizó como variable dependiente, *lncons_leña*; esto es, el logaritmo natural de la cantidad de leña, en kilogramos, consumida en el año 2013 por el hogar *i*. Como ya se indicó, la estimación 4 se desarrolla de dos formas, primero regresando con el ingreso monetario del hogar (γ), el precio de la leña y de los bienes relacionados, gas y Kerosene (x); y luego, agregando la variable precipitaciones y población urbana en la comuna (t).

Finalmente, y en relación con el tercer objetivo, se evaluó tanto el efecto del ingreso de las regiones como el de las características sociodemográficas del hogar y de la vivienda, sobre el consumo de leña con dos ecuaciones *Tobit*:

$$y^* = \beta_0 + \beta\gamma + \alpha x + \partial\gamma r + u \quad (6)$$

$$y^* = \beta_0 + \beta\gamma + \alpha x + \pi g + \delta v + \partial\gamma r + u \quad (7)$$

En la ecuación 6, γr representa variables ficticias para regiones, las que interactuaban con el logaritmo natural de ingresos del hogar que fueron etiquetadas como: LIM_Maule, LIM_Biobio, LIM_Araucania, LIM_Los_Rios, LIM_Los_Lagos y LIM_Aysén; así, el coeficiente asociado a cada una de ellas indica el efecto medio del ingreso en esa región con respecto a la región de O'Higgins, que se planteó como referencia. En la ecuación 7, se agregaron variables que denotaban las características sociodemográficas del hogar (g) y de la vivienda (v).

A partir de la literatura mencionada en el apartado anterior, se esperaba que las variables sociodemográficas edad del jefe de hogar y el número de personas que lo componían, se relacionaran positivamente en el consumo de leña, mientras que la condición de pobreza del hogar se esperaba que afectara negativamente, dando cuenta de una posible situación de pobreza energética. Respecto a las características de la vivienda (v) como el índice de allegamiento interno y de calidad de vida (antecedentes disponibles en la base de datos de la encuesta Casen 2013), si el hogar pertenecía a una casa u otro tipo de vivienda y la superficie construida de la residencia, se presume un efecto positivo pues un mayor número de personas en la vivienda

y/o mayor superficie requieren más energía, aunque también depende de la calidad de la vivienda.

La modelización *Tobit* permitió contar con un total de 19 220 hogares, incluidos 5847 que se encontraban censurados porque no consumían leña, aunque sí tenían información en todas las variables explicativas utilizadas. De esta forma, se evitó calcular estimadores inconsistentes por un sesgo de selección. El método *Tobit* corrige este problema mediante la variación ponderada por la probabilidad de encontrarse en la sección de la distribución continua, calculando un *sigma*, que es la estimación del error estándar de la regresión.

RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados, siguiendo el orden de los objetivos específicos.

Decisiones de consumir o no consumir leña en el hogar

Se generaron dos estimaciones (Tabla 3 A y B), en la primera se incorporó el precio de la leña como regresor, este tuvo un efecto negativo sobre la probabilidad de consumir leña. Con respecto al ingreso, se demostró, en ambas estimaciones, que un mayor ingreso de los hogares incrementa probabilidad de consumir leña. Aun cuando el impacto fue bajo, es coherente con los últimos hallazgos para Chile (Bustos y Ferrada, 2017), pero no con la hipótesis de la escalera energética (Akther et al., 2010; Sgarbi et al., 2013), pues a partir de ella se debería esperar que los hogares con más ingresos buscaran sustituir leña por otros combustibles y, en consecuencia, disminuyera la probabilidad de utilizar leña.

Respecto a los bienes relacionados, se demostró que el gas se comporta como sustituto de la leña, así ante una disminución del precio del gas los hogares prefieren consumirlo por lo que la probabilidad de consumir leña disminuye, resultado que fue consistente en ambas estimaciones. Para el caso del kerosene no hay evidencia concluyente, pues se observó diferencia en los resultados de las dos estimaciones.



TABLA 3. Probabilidades de consumo de leña, variable dependiente “consume_leña” (19 220 observaciones).

	A			B		
	<i>Coeficiente</i>	<i>E. estándar</i>	<i>dy/dx</i>	<i>Coeficiente</i>	<i>E. estándar</i>	<i>dy/dx</i>
Constante	-75,2290	5,2714	***	-31,0128	5,1855	***
Lningreso	0,2082	0,0369	***	0,2727	0,035	***
Lnp_leña	-1,9508	0,2553	***	-0,411		
Lnp_ker	6,6834	0,7373	***	-0,4871	0,8093	ns
Lnp_gas	5,0743	0,2277	***	2,1483	0,2509	***
Lpoblacion				-0,4412	0,0255	***
Lnprecipita				1,4265	0,0628	***
Observaciones	19 220			19 220		
Wald $\chi^2(k)$	674,17			1 373,6		
Prob > χ^2	0,0000			0,0000		
Pseudo R ²	0,0972			0,1582		
Log pseudolikelihood	-695 976,8			-645 545,54		

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns = no significativo. Fuente: Elaboración propia.

Con relación al efecto de las variables territoriales, se calcula que aumentos de precipitaciones incrementan la probabilidad del consumo de leña (Tabla 3 B), por otro lado, en comunas con mayor cantidad de habitantes la probabilidad de consumo fue menor, lo que posiblemente se explica porque en ellas existe también mayor disponibilidad de bienes relacionados.

Finalmente, considerando los valores medios de las variables explicativas, se calcula que la probabilidad de consumir leña en un hogar fue de 69,71% y 71,92 % con las estimaciones A y B de la tabla 3, respectivamente.

Determinantes de la cantidad de consumo de leña en el hogar

En este análisis la variable dependiente fue el consumo de leña (kg/año), siendo todas las variables continuas y expresadas en logaritmo natural, luego fueron interpretadas como elasticidad. Los resultados demuestran que existe una elasticidad positiva del consumo de leña frente a variaciones en el ingreso (Tabla 4, A y B) y una elasticidad negativa frente un cambio del precio de la leña. Considerando estos resultados, se concluyó que el ingreso y el precio de la leña,

tienen efecto en el mismo sentido sobre la probabilidad de consumir leña y en la cantidad de leña usada y, contrario a lo que señala la evidencia internacional (Garbacz, 1985), el efecto ingreso fue positivo. A su vez, se confirma que el impacto del precio de la leña sobre el consumo es mayor que el del ingreso, en términos absolutos. Por otro lado, el efecto de ambas variables fue más alto en el consumo que en la probabilidad de consumir leña.

Con relación a la sensibilidad de la demanda de leña frente a una variación del precio del gas, esta fue positiva, confirmándola como producto sustituto. Sin embargo, las estimaciones para precio del kerosene en el consumo de leña no fueron consistentes entre los modelos, situación que también se observa en el apartado precedente y que contradice la evidencia encontrada para Chile (Bustos y Ferrada, 2017).

Al agregar variables del entorno territorial, el tamaño de la población y la cantidad de precipitaciones, los resultados fueron coherentes con el modelo *logit*; corroborando que un aumento del tamaño de la población incide en un menor consumo de leña y que mayores precipitaciones han incidido en una mayor utilización del producto.

TABLA 4. Consumo de leña (variable dependiente $\ln_conleña$; 19 220 observaciones).

	A			B		
	Coefficiente	E. estándar	$P>t$	Coefficiente	E. estándar	$P>t$
Constante	-190,4092	9,5496	***	-71,0723	8,1695	***
Lningreso	0,5669	0,0777	***	0,6466	0,0760	***
Lnp_leña	-3,2268	0,5659	***			
Lnp_ker	14,9035	1,2903	***	0,2883	1,2272	ns
Lnp_gas	12,5697	0,4441	***	5,3817	0,4763	***
Lpoblacion				-0,8180	0,0475	***
Lnprecipita				3,3321	0,1283	***
/sigma	4,7314	0,05671	***	4,4382	0,0509	***
F(k , $n-k$)		325,56			451,02	
Prob > F		0,0000			0,0000	
Pseudo R2		0,0328			0,0553	
Log pseudolikelihood		-2 797 488,7			-2 732 455,3	
Observaciones censuradas = 5847; observaciones no censuradas = 13 373						

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns = no significativo. Fuente: Elaboración propia.

Impactos del ingreso en el consumo a escala regional

Se observó consistencia en el signo de los coeficientes de la tabla 5 A y B (con excepción del precio del kerosene). Así, las variaciones del ingreso, el precio del gas, la población y las precipitaciones afectan el consumo de leña de acuerdo con lo estimado en el punto anterior.

Los coeficientes que capturan el efecto del ingreso de las regiones presentaron signos negativos, es decir, el impacto de la variación del ingreso en el consumo de leña en las regiones de Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén es menor al de O'Higgins, como región de referencia (Tabla 5, A y B), y menor en las regiones que se ubican más al sur (Los Ríos, Los Lagos y Aysén).

Respecto del efecto de factores asociados a las características sociodemográficas del hogar (Tabla 5 B), se constató que el consumo de leña aumenta en la medida que el número de personas en el hogar y la edad del jefe de hogar es mayor. A su vez, que la condición de pobreza de

un hogar reduce el consumo de leña, evidenciando posiblemente una situación de pobreza energética, lo que es coherente con que hogares de mayor ingreso aumentan el consumo (Tabla 5 A y B), pues disponen mayores recursos para energía.

En cuanto al efecto de factores indicativos de las características de la vivienda (Tabla 5 B), aquellos hogares en inmuebles con mejor calidad (calgoviv) arrojaron mayor consumo de leña, lo que presumiblemente se asocia a un mayor ingreso y tamaño de la vivienda, puesto que también se verificó un incremento en el consumo cuando el hogar se encontraba en una casa (en lugar de departamentos de edificios) y en la medida que la vivienda tuviera una mayor extensión superficial. Por otro lado, en hogares con allegamiento (familias comparten la vivienda con otro hogar), el consumo de leña fue mayor, este resultado es consistente con lo señalado en el párrafo anterior, en relación con el número de personas en el hogar.

TABLA 5. Consumo de leña (variable dependiente $\ln_conleña$; 19 220 observaciones).

	Modelo A			Modelo B		
	Coefficiente	E. estándar	$P>t$	Coefficiente	E. estándar	$P>t$
Constante	-111,4911	14,0232	***	-109,2176	13,3500	***
$\ln_{ingreso}$	1,4260	0,1508	***	0,6958	0,1610	***
\ln_{p_ker}	-2,8395	1,2275	*	-1,7042	1,1636	ns
\ln_{p_gas}	3,9902	0,5322	***	3,9259	0,4900	***
$\ln_{poblacion}$	-0,8578	0,0450	***	-0,6946	0,0422	***
$\ln_{precipita}$	14,9709	1,5946	***	12,8140	1,5296	***
LIM_Maule	-0,2552	0,0435	***	-0,2305	0,0397	***
LIM_Bio_bio	-0,8578	0,1154	***	-0,7318	0,1089	**
LIM_Araucania	-0,9282	0,1396	***	-0,7735	0,1323	***
LIM_Los_Rios	-1,5781	0,2198	***	-1,3260	0,2091	***
LIM_Los_Lagos	-1,4159	0,2027	***	-1,1787	0,1928	***
LIM_Aysen	-1,4804	0,2036	***	-1,2344	0,1937	***
Edad				0,0257	0,0036	***
Numper				0,5471	0,0459	***
Pobreza				-0,5953	0,1684	***
Calgobviv				0,3500	0,1492	*
$I_{allegamiento}$				0,6555	0,1465	***
Casa				6,5774	0,2702	***
metros2				0,6429	0,2049	**
metros3				0,5052	0,2052	*
metros4				1,2371	0,2071	***
metros5				1,4847	0,2484	***
$1/\sigma^2$	4,3924	0,0488	***	4,1258	0,0486	***
$F(k, n-k)$		320,42			229,84	
Prob > F		0,0000			0,0000	
Pseudo R^2		0,0588			0,0848	
Log pseudolikelihood		-2 722 392			-2 664 721	
Observaciones censuradas 5 847				No censuradas 13 373		

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$; ns = no significativo. E. estándar = error estándar. Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las preferencias por energías limpias dependen, en muchos países en desarrollo, del ingreso familiar (Sgarbi et al., 2013; Akther et al., 2010), a su vez la evidencia también señala (Garbacz, 1985) que el consumo de leña es más impactado por el precio del bien que por el ingreso de los hogares. Para el caso chileno, se tiene evidencia de la relación entre consumo y nivel socioeconómico, con resultados diversos entre territorios (Gómez-Lobos et al., 2006; Díaz et al., 2013). Los resultados del presente trabajo confirman esta diversidad; el impacto del precio es mayor que el del ingreso, teniendo este último un impacto positivo a escala global. Pero el efecto del ingreso en el consumo de leña en todas las regiones estudiadas es menor que el de la región de O'Higgins (región de referencia), siendo más bajo en aquellas que se ubican en la zona sur. De acuerdo con lo anterior, la magnitud difiere dependiendo de la localización de la región, lo que posiblemente está vinculado a las grandes diferencias de consumo de leña entre regiones (Fig. 1).

Estas diferencias también están asociadas a las características de oferta de la energía. Jaime et al. (2020) resaltaban este punto, indicando diferencias en el acceso a combustibles entre territorios, así como de disponibilidad de leña y condiciones ambientales, lo que puede modificar sus resultados. En concordancia con lo anterior, se ha obtenido que el tamaño poblacional de las comunas tiene un efecto negativo en el consumo y la probabilidad de consumir leña, lo que posiblemente se explica porque en ciudades con mayor población existe mayor oferta energética. A su vez, los factores climáticos como precipitaciones impactan positivamente en el consumo, lo que está relacionado con un aumento latitudinal de las precipitaciones. Ello plantea la necesidad de abordar el tema de manera distinta entre territorios.

Por otro lado, hogares más numerosos tienden a consumir mayor cantidad de leña; en el mismo sentido, la edad de los jefes de hogar impacta positivamente. Ambas variables pueden estar asociadas a mejores ingresos del hogar, en el primer caso porque pueden compartir un

presupuesto mayor y, en el segundo, porque personas con mayor edad acumulan capital humano, lo que posiblemente se traduce en salarios promedio mayores; a su vez, hogares en condición de pobreza disminuyen su consumo de leña.

Estos argumentos sugieren que la temática debiese ser abordada de manera multidisciplinaria, fortaleciendo la tesis de Delzendeh et al. (2017); de acuerdo con los resultados aquí presentados el enfoque debiera incluir dimensiones económicas, de mercado y socioeconómicas, así como aspectos infraestructura de la vivienda. Como lo indica la literatura, el consumo de leña está determinado de manera importante por las características de la vivienda (Garbacz, 1985); en este estudio se demuestra que impacta el tamaño, la calidad y el tipo de vivienda, lo que corrobora la importancia de generar políticas públicas articuladas sectorialmente.

CONCLUSIONES

Para el conjunto de las regiones estudiadas, se observó que la demanda de leña frente a incrementos en los ingresos de los hogares es elástica de forma positiva, aun cuando existe una baja sensibilidad con la probabilidad de consumir leña. En consecuencia, las variaciones del ingreso impactan más en la cantidad de leña a consumir que en las decisiones de consumir o no consumir. Además, se verifica que el consumo de leña de hogares localizados en zonas urbanas del centro y sur de Chile depende de las características sociodemográficas de los mismos. En general, hogares en viviendas con más metros cuadrados, o de mejor calidad global, tienen un mayor consumo; y en las regiones analizadas también es mayor el consumo si los hogares están en casas, en lugar de departamentos. De esta forma, se plantea la necesidad de profundizar en políticas en cuanto a diseño de las viviendas. Una alternativa evidente que podría generar efectos positivos es la implementación de viviendas sociales en departamentos y viviendas de dos pisos.

Los resultados también indican que tanto el precio de la leña como el del gas tienen el impacto esperado en el consumo de leña y en la probabilidad de consumir, siendo



el gas un bien sustituto de la leña. Este resultado es relevante para formular políticas públicas, pues ampliar la disponibilidad de bienes relacionados puede tener efectos positivos.

Los hallazgos del estudio, además, permiten enfatizar que un diseño adecuado de política pública debe considerar las diferentes condiciones territoriales. Las diferencias regionales en cuanto al consumo de leña y las diversas características territoriales indican que es posible esperar impactos muy distintos en el consumo de leña entre regiones. Este punto constituye un desafío de cara a otras investigaciones, pues plantea además la necesidad de contar con antecedentes que permitan evaluar los posibles efectos en cada territorio, para lo cual es imperativo disponer de antecedentes como series de precios más extensas y actualizadas.

Los incentivos gubernamentales se han dirigido principalmente a mejorar la tecnología de los equipos de combustión que usan los hogares, sin embargo y aunque no es el propósito de este estudio formular políticas públicas, a la luz de los resultados es interesante precisar que la intervención pública en esta materia no puede ser aislada sectorialmente, pues requiere combinar espacialmente y en el momento al menos tres elementos, calidad térmica de la vivienda, la eficiencia del combustible y por supuesto equipos que cumplan con estándares adecuados. No obstante, el impacto en el comportamiento de uso de leña de los hogares es dinámico, luego la efectividad depende también de un esquema de incentivos que deben evaluarse oportunamente.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo de Innovación para la Competitividad de la Región de Los Lagos de Chile, por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

Akther, S., Miah, D., & Kolke, M. (2010). Driving forces for fuelwood choice of households in developing countries: environmental implications for Bangladesh. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 6(1-2), 37-41. <https://doi.org/10.1080/21513732.2010.505011>

Arabatzi, G., Petridis, K., Galatsidas, S., & Ioannou, K. (2013). A demand scenario based fuelwood supply chain: A conceptual model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 687-697. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.030>

Bustos, Y., & Ferrada, L. M. (2017). Consumo residencial de leña, análisis para la ciudad de Osorno en Chile. *Idesia (Arica)*, 35(2), 95-105. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292017005000024>

Burschel, H., Hernández, A., & Lobos, M. (2003). *Leña Una fuente energética renovable para Chile*. Editorial Universitaria.

Cerda, A., García, L., Bahamondez, A., & Poblete, V. (2010). Disposición a pagar para mejorar la calidad del aire en Talca, Chile: comparación entre usuarios y no usuarios de chimeneas a leña. *Lecturas de Economía*, 72(72), 195-212. <https://doi.org/10.17533/udea.le.n72a6521>

Corporación de Desarrollo Tecnológico [CDT] & Ministerio de Energía (2015). *Medición del consumo nacional de leña y otros combustibles sólidos derivados de la madera*. Santiago, Chile. Corporación de Desarrollo Tecnológico y Ministerio de Energía.

Cortés, A., & Ridley, J. (2013). Efectos de la combustión a leña en la calidad del aire intradomiciliario. La ciudad de Temuco como caso de estudio. *Revista INVI*, 28(78), 257-271. <https://doi.org/10.4067/S0718-83582013000200008>

Delzendeh, E., Wu, S., Lee, A., & Zhou, Y. (2017). The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1061-1007. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.264>

Díaz, L., Carimás, E., & Mondaca, J. (2013). *Estudio de consumo y caracterización del uso de la leña en la ciudad de Osorno*. Informe Final. Temuco, Chile. Universidad Católica de Temuco.

Food and Agriculture Organization [FAO] (2014). *State of the World's Forests Enhancing the socioeconomic benefits from forests*. <https://www.fao.org/3/i3710e/i3710e.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO] (2018). *The State of the World's Forests Forest pathways to sustainable development*. <https://www.fao.org/3/i9535es/i9535es.pdf>

Garbacz, C. (1985). Residential demand for fuelwood. *Energy Economics*, 7(3), 191-193. [https://doi.org/10.1016/0140-9883\(85\)90008-8](https://doi.org/10.1016/0140-9883(85)90008-8)

Gómez, W., Yep, S., & Chávez, C. (2013). Subsidios a hogares para inducir adopción de tecnologías de combustión de leña más eficiente y menos contaminantes: Simulación para el caso de Temuco y Padre Las Casas. *Estudios de Economía*, 40(1), 21-52. <https://doi.org/10.4067/S0718-52862013000100002>

Gómez, W., Salgado, H., Vásquez, F., & Chávez, C. (2014). Using stated preference methods to design cost-effective subsidy programs to

- induce technology adoption: An application to a stove program in southern Chile. *Journal of Environmental Management*, 132, 346-357. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.020>
- Gómez-Lobos, A., Lima J., Hill, C., & Meneses, M. (2006). *Diagnóstico del mercado de la leña en Chile*. Informe Final. Centro de Microdatos Universidad de Chile. <https://docplayer.es/13284315-Diagnostico-del-mercado-de-la-leña-en-chile.html>
- Jaime, M., Chávez, C., & Gómez, W. (2020). Fuel choices and fuelwood use for residential heating and cooking in urban areas of central-southern Chile: the role of prices, income, and the availability of energy sources and technology. *Resource and Energy Economics*, 26, 72-80. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2019.101125>
- Ministerio de Energía (2021). *Balance nacional de energía año 2021*. <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia>
- Ministerio de Desarrollo Social (2015). *Libro de códigos base de datos principal encuesta de caracterización socioeconómica nacional 2013*. Serie Documentos Metodológicos N° 31. http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/documentos/Libro_de_Codigos_Casen_2013_Base_Principal_Metodologia_Nueva.pdf
- Özcan, K. M., Gülay, E., & Üçdoğruk, S. (2013). Economic and demographic determinants of household energy use in Turkey. *Energy Policy*, 60, 550-557. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.046>
- Paudel, U., Khatri, U., & Pant, K. P. (2018). Understanding the determinants of household cooking fuel choice in Afghanistan: A Multinomial logit estimation. *Energy*, 156, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.085>
- Reyes, R., Nelson, H., Navarro, F., & Retes, C. (2015). The firewood dilemma: Human health in a broader context of well-being in Chile. *Energy for Sustainable Development*, 28, 75-87. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2015.07.005>
- Rodriguez-Villamizar, L., Castro-Ortiz, H., & Rey-Serrano, J. (2012). The effects of air pollution on respiratory health in susceptible populations: a multilevel study in Bucaramanga, Colombia. *Cadernos de Saúde Pública*, 28(4), 749-757. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2012000400014>
- Sgarbi, F., Simoes, A., dos Santos, E., & Salinas, D. (2013). Fuelwood as an energy source for the commercial cooking sector -An overview analysis focused in the city of São Paulo, Brazil. *Biomass and Energy*, 58, 312-321. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.09.007>
- Tobin, J. (1958). Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica*, 26(1), 24-36. <https://doi.org/10.2307/1907382>
- Manuscrito recibido el 05 de agosto de 2020
Aceptado el 20 de julio de 2022
Publicado el 30 de noviembre de 2022
- Este documento se debe citar como:
- Ferrada, L. M., Torres, G., Montaña, V., & Sáez, N. (2022). Consumo de leña en el centro y sur de Chile: determinantes y diferencias regionales. *Madera y Bosques*, 28(2), e2822238. <https://doi.org/10.21829/myb.2022.2822238>



Madera y Bosques por Instituto de Ecología, A.C. se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercialCompartirIgual 4.0 Internacional.