

**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**



**“Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile”**

**INFORME FINAL**

(preparado para la Comisión Nacional de Energía)

**Autores:**

**Andrés Gómez-Lobo**  
**José Luis Lima**  
**Constanza Hill**  
**Mario Meneses**

**Departamento de Economía, Universidad de Chile**  
**Departamento de Economía, Universidad de Chile**  
**Departamento de Economía, Universidad de Chile**  
**Universidad Austral de Chile**

## **Resumen Ejecutivo**

El presente estudio tuvo por objetivo recopilar, sistematizar y analizar los trabajos que se han desarrollado sobre el consumo de leña y temas asociados en Chile desde el año 1990 hasta el presente y, a partir de ellos, generar un diagnóstico de la situación actual del mercado de la leña y de sus proyecciones no sólo en materia energética sino también en el ámbito ambiental, forestal y de salud pública. Como parte integral de este trabajo se realizó una nueva estimación nacional del consumo de leña y derivados.

### **El consumo de leña en Chile: un resumen de la información disponible**

Existen varias fuentes de información sobre el consumo de leña en Chile. En primer lugar, hay varios estudios, censos y encuestas oficiales que contienen alguna información sobre la materia, aún cuando su propósito central no haya sido la de estudiar este combustible en particular. Estas fuentes corresponden al Censo de Población y Vivienda del año 1992 y 2002 del Instituto Nacional de Estadísticas, la Encuesta Nacional Industrial Anual del Instituto Nacional de Estadísticas y la Matriz Energética estimada para diversos años por la Comisión Nacional de Energía.

En segundo lugar, hay una lista no despreciable de estudios y artículos que abordan temas relacionados con la leña y que han sido escritos o publicados durante los últimos 15 años. Una recopilación de esta literatura y un resumen de cada referencia se encuentran en el Anexo 1 del presente Informe.

En tercer lugar, existen diversas encuestas específicas que se han realizado entre el año 1990 y el 2005 sobre el consumo de leña en distintas zonas del país. Esta es la principal fuente de información utilizada en este trabajo. Un resumen de los principales resultados de tales encuestas para el sector residencial urbano, los autores, el año en que se tomó la encuesta, el número de encuestas y la zona geográfica cubierta por la encuesta, se presentan en el Cuadro I.1.

**Cuadro I.1: Resumen de estudio de consumo de leña en Chile, sector residencial urbano, incluye consumo de derivados**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ámbito geográfico	Sector	Porcentaje que consume	Consumo Anual				Consumo (m3 sólidos)
								Total	Unidad	cons/viv	Unidad	
V	INFOR-CNE (1994)	6	1992	299	V región	Urbano	24,0%	56.825	ton.	0,8	c ton.	1,0
RM	INTEC-CNE (1992)	3	1990/1991	1520	Gran Santiago	Urbano	19,4%	104.100	ton.	0,8	c ton.	1,0
VI	INFOR-CONAMA (2005b)	53	2004	305	Ciudad de Rancagua	Urbano	24,7%	22.616	m3 sólidos	2,2	c m3 sólidos	2,2
VII	INGENER (1997)	19	1995	170	VII Región	Urbano				0,8	? m3 (?)	
VIII	CENER S.A. (1997)	15	1995	n.d.	VIII Región	Urbano				4,9	? m3 (?)	
VIII	Spil Ltda. (1997)	17	n.d.	400	Comuna de Lota	Urbano	71,5%	5.797.716	astillas	1080	t astillas	3,0
VIII	INFOR-CONAMA (2005a)	52	2004	305	Ciudad de Chillán	Urbano	60,9%	106.604	m3 sólidos	4,7	c m3 sólidos	4,7
VIII	U. de Concepción-CONAMA (2005)	54	2004	2070	Gran Concepción	Urbano	48,3%	935.078	m3 estéreos	4,0	c m3 estéreos	2,5
IX	INFOR-CNE (1994)	6	1992	195	IX Región	Urbano	93,2%	276.558	ton.	4,3	c ton.	5,9
IX	Lobos (2001)	27	2000	70	Ciudad de Temuco	Urbano	87,0%	369.463	m3 estéreos	10,3	c m3 estéreos	6,6
IX	Vitae (2002)	31	2001	604	Ciudad de Temuco/Padres Las casas	Urbano	68,0%	329.439	m3 estéreos	7,7	c m3 estéreos	4,9
IX	U. de Concepción (2002)	32	2002	925	Ciudad de Temuco/Padres Las casas	Urbano	68,9%	566.712	m3 estéreos	9,4	c m3 estéreos	6,0
IX	Jaramillo	57	2004	217	Ciudad de Villarrica	Urbano	97,0%	86.400	m3 estéreos	14,7	c m3 estéreos	9,4

*Notas:* La columna 'cons/viv' se refiere a los consumos por vivienda. Una letra 'c' después de esta variable indica que el consumo se refiere sólo al promedio entre las viviendas que consumen, no entre todas las viviendas. Un signo de interrogación significa que no fue posible determinar si el consumo promedio es entre todas las vivienda o entre las que consumen. Un signo de interrogación en la unidad de medida implica que no se pudo determinar si la medida era m<sup>3</sup> sólido o estéreo. Los datos de consume total de INFOR-CONAMA (2005b) para la ciudad de Rancagua no incluyen el consumo de briquetas. El dato de consumo medio sí lo incluye aunque no hace una diferencia sino en el segundo decimal del consumo medio. Los datos de consumo total y medio del estudio INFOR-CONAMA (2005a) para la ciudad de Chillán no incluyen el consumo de carbón vegetal, pero la tasa de penetración sí incluye a los consumidores de carbón vegetal. Si se eliminan los que consumen exclusivamente este combustible de madera la tasa de penetración disminuye a 54% aproximadamente.

**Cuadro I.1: Resumen de estudio de consumo de leña en Chile, sector residencial urbano, incluye consumo derivados (continuación)**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ámbito geográfico	Sector	Porcentaje que consume	Consumo Anual				Consumo (m3 sólidos)
								Total	Unidad	cons/viv	Unidad	
X	INFOR-CNE (1994)	6	1992	238	X Región	Urbano	99,2%	475.138	ton.	5,66	c ton.	7,6
X	INGENER (1997)	18	1995	121	X Región	Urbano				17,64	? m3 (?)	
X	Murúa, et al. (1993)	4	1991	679	Ciudad de Valdivia	Urbano	76,0%	300.000	m3 estéreos	12,2	c m3 estéreos	7,8
X	Reyes y Frene (2002)	35	2002	600	Ciudad de Valdivia	Urbano	84,0%	330.000	m3 estéreos	13,0	c m3 estéreos	8,3
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	553	Ciudad de Valdivia	Urbano	80,5%	210.238	m3 sólidos	7,9	c m3 sólidos	7,9
X	Saez (1994)	5	1993/94	836	Ciudad de Osorno	Urbano	93,4%			15,1	c m3 estéreos	9,7
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	560	Ciudad de Osorno	Urbano	88,8%	242.916	m3 sólidos	7,8	c m3 sólidos	7,8
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	151	Ciudad de Río Negro	Urbano	98,8%	17.361	m3 sólidos	9,9	c m3 sólidos	9,9
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	145	Ciudad de La Unión	Urbano	95,5%	57.795	m3 sólidos	9,1	c m3 sólidos	9,1
X	Reyes (2000)	23	1997		Ciudad de Puerto Montt	Urbano	84,8%	245.115	m3 sólidos	10,52	c m3 sólidos	10,5
X	Siemund (2004)	49	2003/2004	999	Ancud, Castro, Quellon	Urbano	96,0%	314.739	m3 estéreos	17,9	c m3 estéreos	11,5
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003	380	Ciudad de Coyhaique	Urbano	98,2%	201.232	m3 sólidos	17,3	c m3 sólidos	17,3
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003	180	Ciudad de Puerto Aysen	Urbano	94,4%	92.075	m3 sólidos	22,0	c m3 sólidos	22,0
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003	30	Ciudad de Pto. Chacabuco	Urbano	93,3%	5.354	m3 sólidos	16,4	c m3 sólidos	16,4

*Notas:* La columna 'cons/viv' se refiere a los consumos por vivienda. Una letra 'c' después de esta variable indica que el consumo se refiere sólo al promedio entre las viviendas que consumen, no entre todas las viviendas. Un signo de interrogación significa que no fue posible determinar si el consumo promedio es entre todas las viviendas o entre las que consumen. Un signo de interrogación en la unidad de medida implica que no se pudo determinar si la medida era m<sup>3</sup> sólido o estéreo.

De este resumen se puede observar que existe una tendencia creciente en el consumo promedio por vivienda mientras más al sur se habita, tanto en el porcentaje de hogares que consumen leña, como en el consumo promedio anual de los hogares consumidores. En las regiones V y RM el consumo promedio de un hogar consumidor de leña no supera el  $\text{m}^3$  sólido por año. En la VI Región, el estudio de INFOR-CONAMA (2005b) entrega una estimación de  $2,2 \text{ m}^3$  por año en la ciudad de Rancagua.<sup>1</sup> En la VIII Región, tres estudios estiman un consumo promedio entre  $2,5$  y  $4,7 \text{ m}^3$  sólidos por año entre las viviendas que consumen madera. El menor consumo se da en Concepción y el mayor en Chillán, mientras que Lota tendría un consumo intermedio. Para la IX Región también hay bastante coincidencia entre los consumos estimados por los distintos estudios. Todos estiman un consumo promedio (entre los hogares consumidores) entre  $5,0$  y  $6,6 \text{ m}^3$  sólidos por vivienda para la ciudad de Temuco. El promedio entre estos estudios da  $5,8 \text{ m}^3$  por año. Si se omite el estudio de VITAE (2002), el consumo promedio en Temuco sería de  $6,3 \text{ m}^3$  por año. Para la ciudad de Villarrica el consumo estimado es mayor que en Temuco, de  $9,4 \text{ m}^3$  por vivienda por año.

La X Región es la que concentra la mayor cantidad de encuestas. Se puede observar que los consumos promedio en esa región son más altos que en la IX. Existe bastante coincidencia entre los tres estudios del consumo promedio (por hogar consumidor) para la ciudad de Valdivia, desde  $7,8 \text{ m}^3$  a  $8,3 \text{ m}^3$  por año y con un promedio de  $8,0 \text{ m}^3$ . Los dos estudios para la ciudad de Osorno entregan resultados dispares, pero el más reciente indica un consumo promedio muy similar al de Valdivia. Para las ciudades de La Unión y Río Negro los consumos promedio son superiores, entre  $9,1$  y  $9,9 \text{ m}^3$  por año, respectivamente.

Es interesante notar también que los consumos promedio tienden a aumentar hacia el sur de la región. La estimación para la ciudad de Puerto Montt es de  $10,5 \text{ m}^3$ , mientras que en Chiloé el consumo promedio sería de  $11,5 \text{ m}^3$  por año.

---

<sup>1</sup> El valor de  $0,5 \text{ m}^3$  del estudio de INGENER (1997) para la VII Región no se debe tomar mucho en cuenta ya que no está claro si esta cifra es el promedio entre todos los hogares (viviendas) o entre los que consumen solamente. Si esta cifra fuese el promedio entre todos los hogares, sería consistente con la información de Rancagua ya que la proporción de hogares que consume leña es alrededor de un 25%, al menos en la VI Región.

Para la XI Región, los consumos promedio son más altos, consistentes con la mayor disponibilidad y menores temperaturas de esa región. El consumo promedio en Coyhaique es de 17,3 m<sup>3</sup> por año, mientras que en Aysén es de 22,0 m<sup>3</sup> por año.

En forma similar, pese a la escasez de estudios y encuestas para el sector rural, se analizó la información disponible para este sector. El Cuadro I.2 resume la información disponible. Se encontró que el consumo rural es significativamente mayor al consumo urbano. En las regiones V y VIII, el consumo promedio rural para los que consumen leña o sus derivados es 5 a 6 veces más alto que el consumo urbano. En la VI región el consumo promedio rural es 26 veces superior al urbano. En las regiones IX y X, el consumo promedio rural es 61% y 49% superior al urbano.

Finalmente, también se analizaron las encuestas y estudios disponibles para el sector de grandes consumidores. Sin embargo, debido a la menor rigurosidad observada en la información recopilada por éstos, las estimaciones son menos confiables que las del sector residencial, por lo tanto es más cuestionable la expansión de los consumos para el sector en general. La información disponible para este sector se presenta en el Cuadro I.3.

**Cuadro I.2: Resumen de estudio de consumo de leña en Chile, sector residencial rural, incluye consumo de derivados**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ámbito geográfico	Sector	Porcentaje que consume	Consumo Anual			Consumo (m3 sólidos)	
								Total	Unidad	Por viv		Unidad
V	INFOR-CNE (1994)	6	1992	64	V región	Rural	93,8%	277.400	ton.	4,11	ton.	5,6
VII	INGENER (1997)	19	1995	40	VII Región	Rural				20,9	m3 (?)	
VIII	CENER Consultores S.A. (	15	1995		VIII Región	Rural				25,1	m3 (?)	
IX	INFOR-CNE (1994)	6	1992	216	IX Región	Rural	100,0%	555.600	ton.	6,99	ton.	9,4
X	INFOR-CNE (1994)	6	1992	276	X Región	Rural	100,0%	797.600	ton.	8,42	ton.	11,4

*Notas:* La columna ‘cons/viv’ se refiere a los consumos por vivienda. Una letra ‘c’ después de esta variable indica que el consumo se refiere sólo al promedio entre las viviendas que consumen, no entre todas las viviendas. Un signo de interrogación significa que no fue posible determinar si el consumo promedio es entre todas las vivienda o entre las que consumen. Un signo de interrogación en la unidad de medida implica que no se pudo determinar si la medida era m<sup>3</sup> sólido o estéreo.

**Cuadro I.3: Resumen de estudio de consumo de leña en Chile, sector grandes consumidores, incluye derivados**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ambito geográfico	Sector	Consumo Anual		Consumo (m3 sólidos)
							Total	Unidad	
V	INFOR-CNE (1994)	6	1992	80	V región	Grandes consumidores	167.600	ton.	124.024
RM	INTEC-CNE (1992)	3	1990/1991		Gran Santiago	Grandes consumidores	306.881	ton.	227.092
VI	INFOR-CONAMA (2005b)	53	2004	11	Ciudad de Rancagua	Grandes consumidores	4.502	m3 sólidos	4.502
VII	INGENER (1997)	19	1995		VII Región	Grandes consumidores	311.662	m3 (?)	
VIII	CENER Consultores S.A. (1997)	15	1995		VIII Región	Grandes consumidores	4.484	m3 (?)	
VIII	INFOR-CONAMA (2005a)	52	2004	50	Ciudad de Chillán	Grandes consumidores	28.174	m3 sólidos	28.174
IX	ENERGER (1996)	13	1993 y 1995		IX Región	Grandes consumidores	887.861	m3 (?)	
IX	INFOR-CNE (1994)	6	1992	85	IX Región	Grandes consumidores	283.900	ton.	210.086
X	INFOR-CNE (1994)	6	1992	144	X Región	Grandes consumidores	1.015.600	ton.	751.544
X	INGENER (1997)	18	1995		X Región	Grandes consumidores	133.289	m3 (?)	
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	560	Ciudad de Valdivia, Osorno, Río Negro y La Unión	Grandes consumidores	81.802	m3 sólidos	81.802
X	Reyes (2000)	23	1997		Ciudad de Puerto Montt	Grandes consumidores	8.851	m3 sólidos	8.851
X	Siemund (2004)	49	2003/2004		Ancud, Castro, Quellon	Grandes consumidores	26.146	m3 estéreos	16.733
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003		Ciudad de Coyhaique, Puerto Aysen y Chacabuco	Grandes consumidores	74.933	m3 sólidos	74.933

Sobre la base de los estudios revisados se concluye que existe bastante consistencia entre las estimaciones del consumo residencial urbano. El principal patrón encontrado es que el consumo de leña aumenta mientras más al sur habita un hogar, siendo también superior en las ciudades menores que en las grandes ciudades para una misma latitud. La información sobre el consumo en zonas rurales es bastante más precaria y más adelante se presentan recomendaciones para mejorar la información disponible para este sector. En cuanto al sector de grandes consumidores, existen varios estudios, pero en general no han sido realizados con el mismo rigor técnico que los del sector residencial, especialmente en cuanto al diseño muestral.

### **Una nueva proyección del consumo de leña para Chile**

En este trabajo se realizó una nueva estimación agregada del consumo de leña en Chile. Los cálculos se realizaron diferenciando por región y entre los consumidores residenciales, rurales y los grandes consumidores.

Para estimar y proyectar el consumo de leña residencial a nivel regional se siguió una estrategia que agrupa las regiones según la disponibilidad de información reciente sobre el consumo de leña residencial. En particular, se utilizó la información de las siguientes encuestas:

- Ciudad de Rancagua (INFOR-CONAMA, 2005b),
- Ciudad de Chillán (INFOR-CONAMA, 2005a),
- Gran Concepción (Universidad de Concepción-CONAMA, 2005),
- Ciudad de Temuco y Padre Las Casas (VITAE, 2002),
- Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro en la X Región (DECON-CNE, 2005), y
- Coyhaique, Puerto Aysén y Puerto Chacabuco en la XI Región (INFOR-CONAMA, 2004b)

A grandes rasgos, la metodología para estimar el consumo agregado de leña del sector residencial consistió en utilizar los datos de las encuestas anteriores para estimar una

relación de demanda de leña en metros cúbicos sólidos. Una vez estimados los parámetros de la ecuación de demanda, se proyectaron los niveles de consumo para cada región usando la información socioeconómica de la encuesta CASEN 2003. Para el sector rural, se realizó un ajuste adicional usando el informe de INFOR–CNE (1994) y los Censos de 1992 y 2002. Por falta de información se omitió de esta estimación las regiones I, II y III.

Los resultados de las proyecciones de consumo residencial de leña por región y a nivel nacional para el año 2003 se presentan en el Cuadro I.4.

**Cuadro I.4: Proyección de Consumo de leña residencial para el año 2003 (m<sup>3</sup> sólidos)**

REGION	URBANO	DESV EST	RURAL	DESV EST	TOTAL	DESV EST
<i>I</i>						
<i>II</i>						
<i>III</i>						
<i>IV</i>	24.735	1.344	134.025	3.672	158.760	3.910
<i>V</i>	13.356	444	55.775	2.656	69.131	2.693
<i>VI</i>	100.690	4.254	368.193	10.598	468.883	11.420
<i>VII</i>	433.309	9.509	1.303.929	25.558	1.737.238	27.270
<i>VIII</i>	798.465	23.305	1.542.549	53.312	2.341.014	58.183
<i>IX</i>	461.674	24.956	1.023.390	35.439	1.485.064	43.344
<i>X</i>	1.272.355	23.376	2.030.572	33.250	3.302.928	40.645
<i>XI</i>	356.234	9.689	103.045	2.870	459.280	10.105
<i>XII</i>	257.738	14.204	23.740	1.054	281.477	14.243
<i>RM</i>	82.470	1.650	7.663	384	90.133	1.694
Nacional	3.801.027	46.056	6.592.881	77.455	10.393.908	90.114

Hay que señalar que el consumo de leña proyectado no incluye el consumo de desechos industriales tales como aserrín, tapas, despuntes, etc., ni de derivados como el carbón. Como se puede observar, el consumo residencial de leña se concentra en las Regiones VIII y X, que concentran el 54% del consumo residencial total, seguido de la Región VII, que concentra el 17% del consumo proyectado. A nivel urbano y rural se presenta una concentración similar del consumo de leña en estas regiones. A nivel urbano las tres principales regiones concentran el 66% del consumo proyectado y a nivel rural concentran el 74%.

La estimación y proyección para el sector de grandes consumidores, se realiza por separado en dos grupos, uno correspondiente al sector Comercial e Institucional y el otro al sector Industrial.

Para la proyección del consumo del sector Comercial e Institucional, se utilizan los consumos proyectados para el sector residencial y aplicando, cuando es factible, el ratio de consumo entre sectores observados en INFOR 92 (para las regiones V, VI, VII, VIII, IX y Metropolitana) y el ratio observado en las encuestas actuales (para las regiones X y XI). El Cuadro I.5 resume las proyecciones realizadas.

En cuanto al sector Industrial, para proyectar el consumo agregado de leña para este sector se utilizó la información de la Encuesta Nacional Industrial Anual del Instituto Nacional de Estadísticas (ENIA), además de otra información secundaria. Se debe señalar que la ENIA sólo registra la información de la leña comprada por los distintos establecimientos industriales y no contiene información sobre el autoconsumo de leña o desechos de madera.

**Cuadro I.5: Proyección de Consumo de leña sector Comercial e Institucional (en m<sup>3</sup> sólidos)**

REGION	Proyección Consumo Residencial	Desv. Est. Consumo Residencial	Ratio consumo residencial / com. e inst. INFOR 92	Ratio consumo residencial / com. e inst. ENCUESTAS	Proyección Consumo Comercial e Institucional	Desv. Est. Consumo Comercial e Institucional
I						
II						
III						
IV	400.432	14.447				
V	325.591	9.633	6,4		51.245	1.516
VI	949.319	21.125	279,0		3.403	76
VII	1.895.223	29.873	154,0		12.305	194
VIII	2.546.426	59.304	35,3		72.149	1.680
IX	1.485.064	43.344	22,1		67.276	1.964
X	3.440.708	40.926	7,3	8,8	388.982	4.627
XI	459.280	10.105	22,3	5,5	83.630	1.840
XII	286.774	14.045				
RM	505.958	7.207	7,4		68.510	976
Nacional	12.294.775	95.195	---	---	747.500	12.872



**Cuadro I.6: Proyección de Consumo de leña comprada como combustible para el sector Industrial (en m<sup>3</sup> sólidos)**

REGION	Consumo Industrial estimado 2001 (toneladas)	Ratio Proyección consumo Ind. ENIA 2003 / Consumo Ind. ENIA 2001	Proyección Consumo Industrial 2003 (m3 sólidos)	Desv. Est. Consumo Industrial
1ª Región	40.350	0,50	28.899	9.278
2ª Región	74.414	0,48	50.573	10.507
3ª Región	17.607	2,91	73.268	2.707
4ª Región	322.265	0,59	271.884	2.799
5ª Región	342.223	0,59	289.139	19.410
6ª Región	345.688	0,39	192.838	7.787
7ª Región	1.121.853	0,67	1.078.895	3.509
8ª Región	2.098.163	0,49	1.479.555	9.091
9ª Región	490.089	0,93	654.519	5.024
10ª Región	180.238	0,53	135.528	812
11ª Región	2.312	0,94	3.107	36
12ª Región				
13ª Región	40.738	0,43	25.306	63.724
<b>Nacional</b>	<b>4.943.569</b>		<b>3.858.888</b>	<b>68.021</b>

Al igual que las estimaciones del consumo del sector residencial, las proyecciones anteriores no incluyen los niveles de consumo de desechos industriales. Para los fines del presente estudio se utilizó la estimación del consumo anual de desechos de Walter, Radon, Neugebauer y Berg Gebert (2005) quienes estiman una producción de 10,8 millones de m<sup>3</sup> sólidos de subproductos industriales de la madera. De éstos, un 47% serían utilizados para generar energía, lo que significa un consumo de 5.076 millones de m<sup>3</sup> de desechos industriales, tanto del sector residencial, como comercial, público e industrial.

El consumo de leña total proyectado en este informe para el sector residencial y de grandes consumidores —sin incluir el consumo de desechos— para el año 2003 es de cerca de 15 millones de m<sup>3</sup> sólidos. Si se incluye el consumo de desechos industriales el total aumenta a cerca de 20 millones de m<sup>3</sup> sólidos. Un resumen de los resultados totales se presenta en el Cuadro I.7.

**Cuadro I.7: Proyección del Consumo de Leña y desechos industriales, en m<sup>3</sup> sólidos, por región y sector**

REGION	Proyección Consumo Residencial	Dev. Est. Consumo Residencial	Proyección Consumo Comercial e Institucional	Dev. Est. Consumo Comercial e Institucional	Proyección Consumo Industrial	Dev. Est. Consumo Industrial	Proyección Consumo Total de leña	Dev. Est. Consumo Total	Estimación consumo de desechos industriales	Proyección Consumo Total de combustibles de madera
I										
II										
III										
IV	158.760	3.910			271.884	2.799	430.644	4.809	---	---
V	69.131	2.693	10.881	423,9	289.139	19.410	369.150	19.601	---	---
VI	468.883	11.420	1.680,8	40,9	192.838	7.787	663.402	13.822	---	---
VII	1.737.238	27.270	11.279,5	177,1	1.078.895	3.509	2.827.413	27.495	---	---
VIII	2.341.014	58.183	66.328,7	1.648,5	1.479.555	9.091	3.886.898	58.912	---	---
IX	1.485.064	43.344	67.275,8	1.963,6	654.519	5.024	2.206.859	43.679	---	---
X	3.302.928	40.645	373.405,7	4.595,1	135.528	812	3.811.862	40.912	---	---
XI	459.280	10.105	83.630,1	1.840,0	3.107	36	546.017	10.271	---	---
XII	281.477	14.243					281.477	14.243	---	---
RM	90.133	1.694	12.204,6	229,4	25.306	63.724	127.644	63.747	---	---
Nacional	10.393.908	90.114	626.686	10.918	3.858.888	68.021	14.879.482	113.431	5.076.000	19.955.482

## La importancia de la leña en la matriz energética nacional

Para calcular la participación de la leña en el mercado energético nacional, se comparó el consumo energético de leña con la información del Balance Nacional de Energía 2003. El total del consumo nacional de leña en Teracalorías, incluyendo desechos, es de 48.891, casi un 20% superior a la estimado por la CNE en el Balance de Energía del 2003.

Según la estimación del presente trabajo, la leña y derivados dentro del balance energético tienen una participación del orden del 17,5%, superior al 15% estimado por la CNE para el año 2003. Este último resultado es interesante ya que con una metodología distinta a la utilizada por la CNE para calcular la participación de la leña en la matriz energética se llega a un nivel de participación bastante similar.

### I.8: Comparación de nueva proyección de participación de la leña en el mercado energético nacional con la proyección del Balance Nacional de Energía 2003, en teracalorías

ENERGETICO	Balance Nacional de Energía 2003	Participación	Nueva Proyección 2.003	Participación
Petróleo Crudo	111.873	41,3%	111.873	40,1%
Gas Natural	74.582	27,5%	74.582	26,7%
Carbón	24.291	9,0%	24.291	8,7%
Hidroelectricidad	19.439	7,2%	19.439	7,0%
Leña	40.754	15,0%	48.891	17,5%
Biogas	0	0,0%	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>270.939</b>	<b>100,0%</b>	<b>279.076</b>	<b>100,0%</b>

## **El impacto forestal del consumo de leña**

Con el fin de determinar el impacto que tiene el actual nivel de consumo de leña estimada para el país sobre la sustentabilidad forestal, se realizó un ejercicio exploratorio sobre la oferta potencial sustentable de leña proveniente de plantaciones y bosque nativo. Esta materia se puede aproximar de diversas maneras y utilizando distintas metodologías y supuestos. En este estudio se realizó una aproximación particular sin pretender ser la única estimación factible de realizar ni menos ser una estimación consensuada entre los expertos en la materia.

El ejercicio completo de sustentabilidad del consumo de leña en Chile se presenta en el Anexo 6. Los resultados indican que la disponibilidad anual de leña en forma sustentable —esto es, qué proviene del potencial de crecimiento del bosque nativo en pie actualmente— es del orden de los 14,7 millones de m<sup>3</sup> al año, cifra similar al consumo anual total de leña en el país.<sup>2</sup> Sin embargo, existen regiones donde el consumo es bastante mayor a la disponibilidad sustentable de leña. Esto implica que el consumo actual de leña podría basarse en la explotación sustentable del bosque nativo, siempre y cuando se generen políticas adecuadas que tomen en cuenta las realidades regionales tanto del bosque como del consumo.

## **Características del consumo residencial de leña**

Según las encuestas disponibles, el principal uso de la leña en el sector residencial es la calefacción, con proporciones que varían desde el 99,4% al 51,4% del consumo total de leña por parte de los hogares. El siguiente uso más común de la leña es para cocinar. En cuanto a la distribución del consumo por sector socioeconómico, se encuentra que en Rancagua el consumo de leña se concentra principalmente en el nivel socioeconómico medio (52% del total), en cambio en Chillán, Temuco, Aysén y algunas comunas de la X Región dicho consumo se concentra principalmente en los niveles socioeconómicos bajos (59%, 48%, 73% y 54% del total respectivamente).

---

<sup>2</sup> Estas cifras no consideran la oferta potencial ni el consumo de desechos industriales. Ver Anexo 6.

En cuanto a las especies consumidas se encuentra que en Rancagua se consume principalmente leña de especies frutícolas (52%) y Eucalipto (39%). En Chillán se consume principalmente Hualle (58%) y Aromo (21%). En Temuco se consume principalmente leña tipo Hualle (77%). En las comunas encuestadas de la X Región se consume principalmente Ulmo (40%) y Hualle (38%). En la Región de Aysén se consume principalmente Lengua (71%) y Ñirre (17%) (y Coigue en menor medida, 7%).

Con respecto a los distintos artefactos que utilizan y consumen leña en los hogares (cocina de fierro, salamandra, estufa de cámara lenta simple y doble, chimenea, brasero, estufa, fogón u otro), las distintas encuestas permiten establecer el porcentaje de hogares que poseen uno de estos. En Rancagua la mayoría de los hogares posee una estufa de combustión lenta o una salamandra, con 47% y 16% de los hogares respectivamente. En las comunas encuestadas en Gran Concepción, la mayoría de los hogares posee una cocina de fierro o una estufa de combustión lenta, con 21% y 18% de los hogares respectivamente. En la comuna de Chillán, al igual que en Rancagua, la mayoría de los hogares posee una estufa de combustión lenta o una salamandra, con 35% y 18% de los hogares respectivamente. En Temuco, la mayoría de los hogares posee una cocina de fierro o una estufa de combustión lenta, con 35%, 30% de los hogares respectivamente. En las comunas encuestadas de la X Región, la gran mayoría de los hogares posee una cocina de fierro, con un 57% de los hogares, o una estufa de combustión lenta, con 34% de los hogares. En la comuna de Aysén, el 69% de los hogares tiene una cocina de fierro, el 60% tiene una estufa de combustión lenta.

Para desagregar los consumos de leña residenciales según la estacionalidad se utilizó la información existente en cada encuesta. Se encuentra que en todas las encuestas realizadas el consumo de leña tiende a concentrarse mayormente entre los meses de Mayo a Agosto, los cuales coinciden con los meses de invierno. En Rancagua, el 89% del consumo de leña en los hogares se concentra en estos meses. En Chillán este porcentaje es de 80% y en el Gran Concepción de 72%. En Aysén, el consumo en estos meses representa el 46% del total anual, debido a que el consumo en esta región está distribuido en forma más pareja a lo largo del año en comparación con las otras ciudades. La encuesta de Temuco no presenta

una desagregación del consumo de leña estacional por meses como en las encuestas anteriores, sino que presenta información sobre el porcentaje de leña consumida en cada hogar por estaciones: verano (diciembre a febrero), otoño (marzo a mayo), invierno (junio a agosto) y primavera (septiembre a noviembre). Esta encuesta indica que en Temuco el 75% de la leña es consumida en la estación de invierno, seguida muy de lejos por la de verano con un 18%.

Para analizar la participación que representa el consumo de la leña en el gasto familiar se utilizó la información existente en cada encuesta y la información del ingreso por hogar de las comunas encuestadas obtenida de la encuesta CASEN 2003. El gasto en leña varía, en términos absolutos, entre 46 mil pesos anuales para la Ciudad de Rancagua y 323 mil pesos para la comuna de Puerto Aysén.<sup>3</sup>

### **Características de la oferta de leña**

A partir de las encuestas y estudios disponibles, se analizaron las principales características de la oferta de leña. Los temas examinados corresponden a la cadena de comercialización, el grado de formalidad del mercado, los volúmenes negociados y los márgenes establecidos. También se realiza una estimación de la pérdida tributaria asociada a la evasión del IVA en este mercado y la importancia del mercado de la leña en las economías regionales.

Se analizaron y caracterizaron los tres actores principales de la cadena de comercialización. Estos son: los productores, los intermediarios y la industria de la madera. Se encontró que el tamaño de la cadena está determinado por el tipo de consumidor, observándose que en general cuando el consumidor es residencial, participa un mayor número de comercializadores con respecto a cuando el consumidor pertenece al grupo de los grandes consumidores.

---

<sup>3</sup> Ambos valores expresados en pesos del año 2003.

Al observar los precios y los márgenes asociados a éstos, se tiene una gran dispersión, tanto al interior de una comuna como entre comunas. Con precios de venta que varían desde los \$5.500 hasta los \$22.088 por m<sup>3</sup> sólido, dependiendo de la especie, época del año y el contenido de humedad de la leña. Hecho que también es observado en los márgenes tanto de los productores como de los intermediarios.

Para establecer el grado de formalidad en el mercado de la leña, se evaluaron tres variables: la inscripción de los comercializadores en el registro de patentes de la municipalidad en la cual funciona el negocio, la existencia de un plan de manejo autorizado por la CONAF y la entrega de boleta o factura en las ventas.

Con respecto a las dos primeras variables, pese a que se encontró muy poca información, la existente indica un bajo nivel de formalidad, con bajo número de comercializadores inscritos en el registro de patentes y escasa tramitación del plan de manejo autorizado por la CONAF.

La última variable analizada en la caracterización de la formalidad del mercado de la leña, es la entrega de boleta o factura al consumidor. En varias de las encuestas se preguntó en forma directa al consumidor por este hecho. A partir de lo reportado en tales encuestas se concluye que hay dos principales determinantes de la entrega de boleta o factura. Primero, el tipo de comercializador, encontrándose que los locales establecidos entregan el documento en forma más regular que los comercializadores que se colocan a la orilla del camino o reparten en camión. El otro determinante es el tipo de consumidor, observándose en general que cuando el consumidor pertenece al sector de grandes consumidores, éste tiende a recibir la boleta, lo que ocurre con una mucho menor frecuencia cuando el consumidor es residencial.

A partir de lo encontrado en las diferentes encuestas, y en base a ciertos supuestos, se calcula la pérdida tributaria asociada a la evasión del IVA que ocurre cada vez que se realiza una venta sin la entrega de boleta o factura. Los resultados muestran que las

pérdidas tributarias varían entre \$7.850 y \$8.780 millones (US\$ 14,5 y US\$ 16,3) según el escenario base.

Finalmente, se examinó la importancia del mercado de la leña en las economías regionales, utilizando las cifras del Banco Central para el PIB regional. Con tales supuestos y datos, se estima que a nivel nacional el mercado de la leña representa sólo un 0,3% de la actividad económica global. Sin embargo, en algunas regiones, en particular en la IX y XI, el mercado de la leña es una actividad más importante dentro de las economías locales.

### **Valoración de los efectos de las concentraciones de material particulado**

En el marco del presente proyecto se realizó una actualización del estudio “Análisis de Subsidio al Gas Natural de Red en el Sector Residencial de Ciudades con Problemas Ambientales” elaborado por la Universidad de Chile para CNE (2002), con el fin de cuantificar en unidades monetarias los efectos en la salud de la población frente a las variaciones en la concentración de MP2.5. En el desarrollo de la actualización se mantuvo los supuestos del informe original y sólo se realiza una actualización en base a la disponibilidad de nueva información.

Al igual que en el informe original, la evaluación se realiza considerando dos sectores, uno conformado por Temuco y Padre Las Casas y el otro denominado Sector Sur que incluye las zonas urbanas de las principales comunas de las regiones VIII, IX y X. Se actualizaron los datos de población, algunas tasas bases y las unidades monetarias. Los nuevos datos de población fueron obtenidos del Censo de Población y Vivienda del 2002, actualizándolos para cada región al 2005 según la tasa regional de crecimiento intercensal del INE. En total, se consideró una población total evaluada de 1.956.343 personas

En la determinación de la valorización social del beneficio de reducción de las emisiones, se actualizó el número de ocupados y desocupados usando la tasa de desocupación a nivel nacional por grupos de edad para mayo-junio del 2005 obtenida de la encuesta Nacional de Empleo del INE.

Con respecto a las tasas bases, la única información que fue posible obtener y por lo tanto, actualizar, fue la base de datos de los Egresos Hospitalarios del Ministerio de Salud correspondiente al 2003, con lo cual se obtuvieron nuevas tasas base para las admisiones hospitalarias. Para el resto de las tasas bases se utilizaron los mismos valores que los indicados en el informe original.

Además, se realizó una actualización de los valores monetarios presentados en el informe de la Universidad de Chile. Esta actualización se efectuó en base a la variación los precios entre ambos años utilizando para ello el Índice de Precios al Consumidor.

Para Temuco y Padre Las Casas se obtiene que el daño provocado por un microgramo de concentración de particulado fino varía entre 1.200 y 5.418 millones de pesos, según si se consideran los efectos en mortalidad por la exposición a largo plazo o no. Mientras que para el Sector Sur, la información recopilada indica que el mismo cambio, implica un daño total que varía entre 6.073 y 27.700 millones de pesos, según si se consideran o no los efectos en mortalidad por la exposición a largo plazo.

## **Conclusiones**

En este estudio se ha realizado una exhaustiva revisión de la información disponible sobre el consumo de leña y derivados en Chile. Como parte de este trabajo se presentó una nueva estimación del consumo agregado de leña para el país. Esta estimación arroja un consumo anual para el año 2003 del orden de los 14,9 millones de m<sup>3</sup> sólidos de leña, más un consumo aproximado de 5,1 millones de m<sup>3</sup> sólidos de desechos industriales. Este consumo representó el 17,5% de la matriz energética nacional en el año 2003, por lo que la leña sería el tercer combustible de mayor importancia en el país después del petróleo y el gas natural.

El sector residencial es el de mayor importancia, con un consumo de leña estimado de 10,4 millones del m<sup>3</sup> sólidos al año. El sector industrial es el segundo de mayor importancia con un consumo de leña estimado de 3,9 millones de m<sup>3</sup> sólidos por año, además de una proporción mayoritaria del consumo de desechos industriales. En comparación, el sector

comercial e institucional, con un consumo estimado de 0,6 millones de m<sup>3</sup> sólidos al año, es marginal dentro del consumo agregado.

El consumo de leña en Chile está concentrado en la zona sur del país donde constituye el principal combustible utilizado para calefaccionar viviendas. El porcentaje de hogares que utilizan leña y su consumo promedio aumentan según la latitud del país, siendo más altos mientras más austral resida un hogar. También varían de acuerdo al tamaño de la ciudad o localidad donde vivan. De hecho, el consumo por hogar de leña es mayor en las ciudades menores en comparación con las ciudades principales de cada región. Este patrón de consumo según el tamaño de la ciudad o localidad tiene su expresión máxima en el caso de los hogares rurales, donde se estima que el consumo por hogar es muy superior al consumo promedio urbano. Según las estimaciones presentadas en este estudio, el consumo de leña total del sector rural representa más del 60% del consumo residencial agregado.

A pesar de ser el tercer combustible más importante de la matriz energética nacional, el mercado de la leña se caracteriza por un alto grado de informalidad, particularmente en el segmento residencial. En la mayoría de las regiones del sur donde hay información disponible, se evidencia que más del 90% de los hogares no reciben boleta o factura por su compra de leña. En este estudio se estimó una pérdida de recaudación del IVA entre US\$14 y US\$16 millones al año como consecuencia de esta informalidad.

Por otro lado, el consumo de leña genera importantes externalidades ambientales, especialmente en cuanto a la calidad del aire. El uso de la leña como combustible es considerado como la principal causa de la contaminación atmosférica en la ciudad de Temuco, ciudad recientemente declarada como saturada por concentración de material particulado. Aunque existen menos mediciones de la calidad del aire en otras ciudades, se considera que el problema que afecta a Temuco también estaría afectando a otras ciudades del sur, como Osorno y Los Ángeles.

Hasta la fecha existe poca información disponible sobre el impacto que tendrían distintas políticas específicas sobre los niveles de concentración de material particulado en la

atmósfera. Sin embargo, en este trabajo se ha estimado un beneficio social de reducir en un microgramo las concentraciones de material particulado fino (MP2,5) entre \$4.142 a \$18.703 por persona. Estos parámetros implican que el beneficio de reducir la concentración de MP2,5 en un microgramo en la ciudad de Temuco y Padre Las Casas alcanzaría entre US\$2,2 a US\$10 millones. Si el ejercicio se amplía para toda la población urbana de la zona centro sur del país, los beneficios alcanzan entre US\$11,2 a US\$51,3 millones. Estas cifras y parámetros pueden utilizarse para evaluar los costos y beneficios de distintas políticas destinadas a reducir la contaminación atmosférica en las ciudades del sur del país.

Otra dimensión del consumo de leña en Chile es el posible impacto que genera la demanda por leña sobre el bosque nativo, fuente principal de la leña que se utiliza como combustible en Chile. Aunque la información disponible es escasa y los resultados deben interpretarse con cautela, una primera aproximación al tema realizado en el marco del presente estudio concluyó que la oferta potencial sustentable de leña en Chile es del orden de los 14,7 millones de m<sup>3</sup> al año, cifra similar al consumo anual total de leña.<sup>4</sup> Sin embargo, existen regiones donde el consumo es bastante mayor a la disponibilidad sustentable de leña. Esto implica que el consumo actual de leña podría basarse en la explotación sustentable del bosque nativo, siempre y cuando se generen políticas adecuadas que tomen en cuenta las realidades regionales tanto del bosque como del consumo.

En resumen, la leña es un combustible muy importante en Chile, especialmente para el segmento residencial de la zona sur del país. Esto significa que este sector requiere formar parte de la política energética nacional. El desafío público para este sector consiste en la formulación de políticas que permitan formalizar el mercado de la leña, y el control o mitigación de los posibles impactos ambientales o forestales asociados a su uso como combustible.

---

<sup>4</sup> Estas cifras no consideran la oferta potencial ni el consumo de desechos industriales. Ver Anexo 6.

## **Recomendaciones para mejorar la información disponible sobre el consumo de leña y derivados en Chile**

El análisis del mercado de leña realizado en esta investigación se basó exclusivamente en la información y estudios previos disponibles sobre la materia. Las estimaciones del consumo nacional de leña presentadas en este estudio dependen de varios supuestos y aproximaciones y, en consecuencia, es posible que contengan algunos errores e inexactitudes.

Por ejemplo, más del 60% del consumo del sector residencial es atribuible al consumo de hogares en zonas rurales. Desafortunadamente, la información disponible sobre el consumo de este segmento de la población en Chile es escasa y desactualizada. Considerando lo gravitante que resulta ser el consumo rural dentro del consumo nacional, es prioritario poder contar con estudios actualizados sobre los patrones de consumo de este sector.

Algo similar ocurre con el consumo de desechos industriales. En esta investigación se utilizó una estimación gruesa de la oferta de este combustible a nivel nacional. Debido a su importancia dentro del consumo total, cerca de un 25%, nuevos antecedentes sobre el consumo de desechos podrían alterar significativamente la estimación global del consumo de leña y derivados en el país.

Aparte de estas dos áreas prioritarias para mejorar la información disponible, y por esa vía las estimaciones de consumo global de leña, sería recomendable actualizar periódicamente las estimaciones de consumo de leña siguiendo la metodología presentada en este estudio u otra similar. Además, sería deseable poder proyectar hacia el futuro el consumo agregado de leña utilizando algún modelo estadístico diseñado para este objetivo.

### **(1) Encuesta del consumo de hogares en el sector rural**

Como se acaba de señalar, una de las áreas prioritarias para mejorar las estimaciones del consumo de leña en Chile es contar con información más precisa y actualizada sobre el

consumo del sector rural. La única forma de generar esta información sería mediante la aplicación de una encuesta especial a este segmento de la población. Algunas características que debiera tener dicho estudio son las siguientes:

- **Marco muestral.** Como mínimo, la encuesta debiera ser representativa del sector rural de la IV a la XII región. Sin embargo, sería altamente deseable que, además, fuera estadísticamente representativa para el sector rural regional en aquellas regiones donde (a) el sector rural forma una proporción importante de la población regional, (b) el consumo de leña es alto, y (c) hay encuestas recientes del consumo de leña de los sectores urbanos. Este último requisito tiene por objetivo poder comparar el consumo en áreas rurales y urbanas en una misma región. Las regiones que prioritariamente cumplen estas condiciones son la VIII, IX y X Región.<sup>5</sup>
- **Completar información para las zonas urbanas de algunas regiones.** Aunque existe información sobre el consumo urbano en varias regiones, esta información no está completa para todas las regiones del país. En particular, no hay información directa reciente sobre el consumo de leña urbano (o rural) en la IV, V, VII, XII y RM. Entre éstas, la VII Región es la omisión más preocupante, ya que el consumo residencial estimado para esta región fue considerable dentro del total, con 1,7 millones de m<sup>3</sup> sólidos al año. Por lo tanto, sería altamente recomendable encuestar una o varias zonas urbanas de esta región (y si el presupuesto lo permite, de las otras regiones también). Otra ventaja de encuestar algunas zonas urbanas junto con las zonas rurales es que permite evaluar y cuantificar las diferencias de consumo entre estos dos segmentos de la población utilizando un mismo formulario de encuesta y en un mismo momento del tiempo.
- **Contenidos mínimos.** En cuanto a los contenidos mínimos que debiera contener una nueva encuesta, se sugiere lo siguiente:

---

<sup>5</sup> La XI Región también cumple con estas condiciones pero, debido a su menor tamaño poblacional, se considera menos prioritaria a menos que los recursos presupuestarios permitan diseñar una encuesta representativa para esta región también. En la VII Región el consumo de leña como combustible es menos importante.

- *Módulos de consumo de leña de las encuestas recientes.* Se debería intentar mantener la comparabilidad de la información con las encuestas realizadas durante los últimos 5 años en diversas zonas del país, especialmente en cuanto a la información de consumo de leña. Por lo tanto, se debe intentar utilizar los mismos módulos sobre el consumo de leña que en los formularios de las encuestas aplicadas recientemente en Rancagua (INFOR-CONAMA, 2005b), Chillán (INFOR-CONAMA, 2005a) y la X Región (DECON-CNE, 2005). Naturalmente, hay algunos elementos específicos que son particulares a cada región y que es necesario adaptar en cada caso. Por ejemplo, los tipos de leña (especie de árbol) y las unidades de medición en la comercialización de la leña. Pero en términos generales, la estructura de los módulos de consumo de leña son muy parecidos en estas encuestas recientes y ya a sido validadas por varios estudios.
  
- *Tratamiento de desechos y subproductos.* Sin perjuicio de lo expuesto en el punto anterior, el tratamiento del consumo de desechos y subproductos de la madera aún no está sistematizada en las encuestas realizadas hasta la fecha. Como recomendación general, las nuevas encuestas deberían identificar por separado el consumo de leña propiamente tal del consumo de desechos forestales (remanentes del raleo o tala de un bosque), de los desechos industriales (aserrín, tapas, corteza, etc.) y los subproductos de la madera (carbón, etc.). Lo óptimo es identificar separadamente el consumo de cada uno de estos productos, sus unidades de medida, y su equivalencia a una unidad común (como m<sup>3</sup> sólidos).
  
- *Adoptar las preguntas socioeconómicas de la CASEN.* En lo posible, las nuevas encuestas deberían utilizar las mismas preguntas socioeconómicas que las del formulario de la encuesta CASEN. Esto facilita el uso de la información de esta última encuesta para realizar estimaciones globales del

consumo en cada región, como se propuso en la metodología del presente estudio.

- *Incluir pregunta sobre el ingreso del hogar.* La mayoría de las encuestas realizadas hasta la fecha no contienen información sobre el nivel de ingresos de los hogares. Esta variable es clave para poder analizar los patrones de consumo según nivel socioeconómico, estimar elasticidades ingreso de la demanda por leña y otros usos. Por lo tanto, sería altamente conveniente que futuras encuestas pregunten por esta variable siguiendo el formato de preguntar por tramos de ingreso. como en las encuestas de Temuco (VITAE, 2002) y la X Región (DECON-CNE, 2005).
- **Factores de expansión.** Toda nueva encuesta debería incluir en la base de datos los factores de expansión regional o nacional, de cada observación. Esta información es vital para obtener estimadores insesgados de parámetros poblacionales, especialmente si la encuesta tiene un diseño multietápico o estratificado. Además, es crucial encuestar e incluir en la base de datos la información de hogares no consumidores para poder aplicar una metodología de estimación de consumo como la propuesta en este trabajo.

## (2) Consumo de desechos

Una segunda debilidad de las proyecciones de consumo contenidas en este trabajo es el tratamiento de los desechos industriales (residuos de diferentes industrias que utilizan madera y que pueden ser utilizados como combustibles tales como aserrín, tapas, corteza, despuntes y otros). En este estudio se utilizó una estimación agregada del consumo de estos combustibles calculada por Walberg, Radon, Neugebauer, y Berg Gebert (2005). Este consumo se estimó en cerca de 5 millones de m<sup>3</sup> al año, representando el 25% del consumo agregado de leña y desechos, por lo que cualquier mejoría en la precisión de esta estimación puede ser gravitante para la proyección global del consumo de dendroenergía en el país.

Existen varias opciones para mejorar la información en relación a este tópico. Primero, se puede seguir trabajando por el lado de la oferta de estos productos, tal como lo hacen Walberg, et al. (2005). Este esfuerzo se puede potenciar con las modificaciones a la encuesta a la industria de la madera que regularmente realiza INFOR. Segundo, sería conveniente realizar un censo a ciertas industrias que son particularmente importantes en cuanto al consumo de desechos con fines energéticos y donde el número de actores involucrados son pocos. Este es el caso de la industria de la celulosa.

Finalmente, sería interesante analizar la posibilidad de modificar marginalmente el formulario de la encuesta ENIA que realiza el Instituto Nacional de Estadística con el fin de potenciar el uso de la información allí disponible sobre el consumo de leña. En particular, sería altamente conveniente incluir la categoría de “subproductos o desechos industriales de madera” como otra categoría dentro del listado de combustibles utilizados, con sus respectivas unidades de medida. Adicionalmente, aunque más complejo, sería conveniente que dicha encuesta pregunte por el *consumo* de leña y desechos de madera como combustibles y no sólo la *compra* de estos productos. Esto es importante para consignar el autoconsumo de leña y desechos.

### **(3) Otras recomendaciones para mejorar la información disponible**

Otra recomendación para mejorar la información disponible es la posible modificación de la encuesta CASEN. Si bien esta encuesta no mide el gasto ni el consumo de ningún producto, y en ese sentido no sería razonable incluir preguntas sobre el consumo de leña, sí sería posible modificar el módulo de vivienda de dicha encuesta para incluir una pregunta sobre el uso de leña por parte del hogar (al igual que se pregunta por conexión a la red eléctrica y de agua potable). Naturalmente, esta modificación debe ser consensuada con MIDEPLAN, institución encargada de realizar la encuesta CASEN.

Finalmente, para mejorar las estimaciones del consumo de leña del sector industrial, sería conveniente actualizar la información sobre el número de empresas activas por región.

Siguiendo a Crespi (2003), esta información se podría obtener del Servicio de Impuestos Internos.

#### **(4) Recomendaciones para actualizar periódicamente las estimaciones de consumo de leña**

Para actualizar periódicamente las estimaciones de consumo de leña siguiendo la metodología del presente estudio, se sugiere lo siguiente:

- 1) *Consumo residencial urbano*. Por lo general, en Chile se realiza una encuesta CASEN cada dos años. A medida que nuevas encuestas CASEN estén disponibles, se pueden actualizar las estimaciones del consumo residencial urbano utilizando las relaciones de demanda estimadas en este trabajo y cuyos parámetros se presentan en el Anexo 3 de este estudio. Naturalmente, de haber nuevas encuestas disponibles sobre el consumo de leña, se pueden estimar nuevas relaciones de demanda y utilizar los parámetros de cada modelo juntos con la información de la CASEN hacer nuevas proyecciones de consumo. Detalles de los procedimientos a seguir se encuentran en el Capítulo 3 de este informe.
- 2) *Consumo residencial rural*: como se señaló anteriormente, resulta prioritario contar con nuevas estimaciones del consumo del sector rural. Mientras esta información no esté disponible, la única alternativa es seguir utilizando los parámetros de consumo rural/urbano presentados en el Cuadro 3.8 del presente estudio.
- 3) *Consumo comercial e institucional*: debido a la importancia menor que tiene este segmento dentro del consumo total, y al supuesto razonable de que la cantidad de consumidores comerciales e institucionales será proporcional a la población residencial de las distintas comunas, se propone seguir utilizando la metodología propuesta en este trabajo. Si no hay nuevos antecedentes se pueden seguir utilizando los parámetros de consumo comercial e institucional/consumo residencial que se presentan en el Cuadro 3.15 del presente Informe.

- 4) *Consumo Industrial de leña*: se propone actualizar periódicamente el consumo de este sector mediante el uso de las encuestas más recientes de la ENIA. Sin embargo, como se señala más arriba, es altamente recomendable que la CNE obtenga directamente del SII una estimación actualizada de la cantidad de empresas activas en cada región. Los detalles de los procedimientos a seguir, incluyendo una nueva estimación del modelo de proyección, se encuentran en el Capítulo 3 del presente Informe.
  
- 5) *Consumo de desechos industriales*: para actualizar los consumos de desechos industriales se deben realizar nuevos estudios sobre la oferta y distribución de este combustible en el país. En la medida que existan nuevos antecedentes, se pueden incorporar en las estimaciones. De lo contrario se sugiere seguir utilizando la estimación de 5,0 millones m<sup>3</sup> al año estimados por Walberg, et al. (2005).

#### **(5) Proyección del consumo de leña y derivados hacia el futuro**

Aparte de actualizar periódicamente las estimaciones de acuerdo a lo sugerido más arriba, sería deseable poder proyectar hacia el futuro el consumo agregado de leña y derivados utilizando algún modelo estadístico. Sin embargo, un prerrequisito para poder estimar un modelo estadístico es tener una serie de tiempo de la variable que se quiere proyectar. Desafortunadamente, las estimaciones de consumo residencial, comercial e institucional son válidas para un momento del tiempo y no existe una serie temporal que permita estimar un modelo de proyección. Sólo para el caso de la compra de leña del sector industrial, donde existe una serie de tiempo proveniente de las distintas encuestas ENIA, sería posible estimar un modelo y proyectar el consumo hacia el futuro. Por lo tanto, dadas estas limitaciones, para proyectar el consumo hacia el futuro se propone lo siguiente:

- 1) *Consumo residencial*: utilizar la elasticidad ingreso del consumo de leña estimado en DECON-CNE (2005) —igual a 0,35 en el largo plazo— para proyectar el consumo a futuro utilizando las proyecciones del crecimiento del PIB del Banco Central de Chile y estimaciones de crecimiento de la población del INE.

- 2) *Consumo rural, comercial e industrial*: mantener la misma proporcionalidad entre el consumo urbano y rural que las del período base de la estimación. Lo mismo para el consumo comercial e institucional.
- 3) *Consumo industrial de leña*: utilizar los resultados del modelo estimado en este estudio (ver Cuadro 3.21 del presente Informe) o estimar un nuevo modelo, y luego utilizar estos parámetros para estimar el consumo de este sector hacia el futuro.
- 4) *Consumo de desechos industriales*: debido a la poca información disponible no existe una forma fácil para proyectar este componente del consumo total de leña y derivados. Una sugerencia sería utilizar el crecimiento proyectado de los sectores industriales generadores de desechos y utilizar esta misma tasa para el consumo de desechos forestales.

# Estudio: Diagnóstico del Mercado de la Leña en Chile

## INDICE

1.	Introducción.....	1
1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Objetivos.....	4
2.	El Consumo de Leña en Chile .....	6
2.1.	Antecedentes bibliográficos y otras fuentes de información sobre el consumo de leña en Chile .....	7
2.2.	Encuestas específicas realizadas entre 1990 y 2005.....	24
3.	Estimación y Proyección del Consumo de Leña en Chile.....	37
3.1.	Estimación y Proyección del Consumo de Leña Residencial a nivel comunal y regional.....	37
3.2.	Estimación y Proyección del consumo de leña en el sector de Grandes Consumidores (Industrial, Comercial e Institucional), a nivel regional.....	56
3.3.	Caracterización del nivel de participación del mercado de la leña en el mercado energético nacional.....	70
3.4.	Posibles sesgos en las estimaciones del consumo de leña y derivados y prioridades para mejorar la información disponible a futuro .....	75
3.5.	Análisis de la sustentabilidad forestal con relación al consumo de leña.....	76
4.	Desagregaciones y análisis del consumo de leña en Chile.....	78
4.1.	Desagregación de consumos residenciales según usos y niveles socioeconómicos	78
4.2.	Análisis de características del consumo de leña en cuanto a especies y equipos de combustión .....	85
4.3.	Estimación y Análisis de la estacionalidad del consumo de leña de los sectores económicos.....	92
4.4.	Análisis de participación en el gasto familiar que representa el consumo de leña, por región.....	98
4.5.	Análisis de la disposición a sustituir leña por otros energéticos .....	101
5.	Caracterización de la oferta de leña.....	104
5.1.	Cadena de comercialización .....	104
5.2.	Tipo de actores involucrados.....	105
5.3.	Grado de Formalidad.....	107
5.4.	Volumen del Negocio.....	109
5.5.	Márgenes asociados.....	110
5.6.	Caracterizar el grado de formalidad del mercado de la leña y la tributación asociada a este negocio.....	116
5.7.	Importancia del mercado de leña en las economías regionales .....	122
6.	Estimación de los impactos de salud del consumo de leña .....	124
6.1.	Metodología.....	124
6.2.	Resultados.....	134
6.3.	Conclusiones.....	136

7.	Conclusiones y recomendaciones.....	138
7.1.	La importancia de la leña como combustible en Chile y su relevancia para la política energética y ambiental del país.....	138
7.2.	Recomendaciones para mejorar la información disponible sobre el consumo de leña y derivados en Chile .....	140
7.3.	Recomendaciones para actualizar las estimaciones de consumo de leña.....	145
7.4.	Proyección del consumo de leña y derivados hacia el futuro.....	146
8.	Referencias .....	148

## 1. Introducción

### 1.1. Antecedentes

Cuando nos aproximamos al uso de leña como fuente energética lo primero que salta a la vista son los problemas asociados a su uso y los impactos que ha generado en el medio ambiente nacional. Se ha señalado que este es un combustible sucio y complicado en su manejo, que los artefactos que utilizan este combustible son de baja eficiencia energética, que el mercado de la leña está en el ámbito de la economía informal, que su demanda es responsable de la deforestación y erosión de parte del país —en especial de las especies forestales nativas— y que su uso masivo sería una de las causas principales de los problemas de contaminación atmosférica que padecen algunas ciudades del sur del país. Es más, el uso de leña como combustible muchas veces es contradictorio con la percepción que se tiene de la modernidad. Sin embargo, el uso de la leña tiene varios aspectos positivos, por ejemplo:

- *Importancia en las economías locales:* parece constituir un elemento significativo en las economías regionales de la zona sur.
- *Combustible de producción nacional importante dentro de la matriz energética:* es uno de los tres principales energéticos primarios de producción nacional. Sus principales sustitutos son los hidrocarburos, por lo cual su reemplazo implicaría aumentar la dependencia nacional a energéticos externos.
- *Recurso renovable:* la leña manejada en forma sustentable puede evitar parcial o completamente los impactos sobre el bosque nativo, deforestación y erosión.
- *Impacto positivo en cambio climático:* a su vez si la leña es manejada en forma sustentable, constituye una estrategia de control de gases invernadero.

Además, se debe agregar el desarrollo tecnológico que está experimentando a nivel internacional este combustible que puede abrir nuevas formas de usar la leña a nivel residencial, que es el principal sector consumidor.

Los puntos anteriores se traducen en que exista interés de diversos actores sociales, tanto públicos como privados, para avanzar hacia una política nacional que se haga cargo de las complejidades del mercado de la leña y de sus impactos ambientales. En ese sentido, el desarrollo de una política nacional para este energético compatible con un crecimiento económico sustentable no es un tema reciente.

A la fecha, el debate ha sido promovido por las organizaciones públicas y privadas relacionadas con la conservación del bosque nativo, por centros de estudios forestales y por empresas relacionadas con el aprovechamiento de residuos forestales, entre otros. Por las características de los actores que han estado involucrados, ésta se ha concentrado en la promoción de una política que permita hacer compatible el uso de leña como combustible con el desarrollo forestal y la conservación del bosque nativo, existiendo aún incertidumbres sobre la compatibilidad de esta visión con la oportunidad de responder a otros impactos ambientales asociadas al uso de la leña como combustible, así como al impacto que puede tener sobre el mercado de energéticos sustitutos de la leña.

Recientemente los organismos públicos han incorporado la temática de la leña en el desarrollo de sus actividades sectoriales. Es así como la Corporación Nacional del Medio Ambiente, de aquí en adelante la CONAMA, está desarrollando varias líneas de acción relacionadas con la leña. Ejemplos incluyen el Programa de 'Uso eficiente de la energía de la leña en ciudades con problemas de contaminación' y el desarrollo de una norma INN para los requisitos que debe cumplir la leña con el objeto de lograr un mejoramiento en cuanto a su contenido de humedad.

Por su parte, la Comisión Nacional de Energía, en adelante la CNE, entre las labores que le son propias, se encuentran el diseño y proposición de políticas y regulaciones relacionadas con el sector energía, así como mantener actualizada la información sobre el consumo

presente de los energéticos utilizados en el país y sus proyecciones. Dentro del primer ámbito de tareas, CNE pretende avanzar en el diagnóstico de la situación del mercado de leña con miras a evaluar la conveniencia de implementar una política sectorial sobre dicho mercado, para lo cual es importante conocer como opera y funciona. Es de interés conocer tanto el consumo nacional de leña, como también los consumos a nivel regional, por sectores económicos y las diferencias existentes entre zonas urbanas y rurales.

Al respecto, se estima que la leña tiene una importante participación en la matriz energética chilena (alrededor de un 14% - 15% según el Balance de Energía Primaria 2002). Sin embargo, a nivel nacional existe muy poco conocimiento sistemático del mercado de la leña, de los volúmenes que se consumen y las características de este energético. De hecho los datos del Balance Energético se basan en un estudio desarrollado a comienzos de los años 90 que estimó el consumo de leña y estableció una tasa de crecimiento que se ha estado usando por una década, corregida en los últimos años por apreciaciones sin una validación de respaldo.

Con la finalidad de ir generando antecedentes que permitan mejorar el diagnóstico del mercado de la leña, la CNE desde el año 2001 ya ha desarrollado estudios para conocer su mercado de biomasa (leña y desechos forestales y de madera), y poder cuantificar su consumo y las características de éste. También, en este esfuerzo la CNE ha apoyado a otras instituciones del Estado en trabajos similares. De hecho, en los últimos años se han concretado varios estudios que dicen relación con el mercado de leña en las regiones VI, VIII, IX, X y XI. La intención de este estudio es recopilar, sistematizar y analizar los trabajos que se han desarrollado sobre esta materia en Chile a partir del año 1990 y, a partir de ellos, generar un diagnóstico de la situación actual del mercado de la leña, sus externalidades y sus proyecciones no sólo en materia energética sino también en el ámbito ambiental, forestal y de salud pública. Adicionalmente, determinar las variables antes señaladas permitirá validar o rectificar el modelo de proyección de demanda de leña que actualmente usa la CNE, lo que redundará en una mayor precisión de la determinación de la matriz energética nacional y de su evolución.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Contar con un diagnóstico actualizado del mercado de la leña, de sus externalidades y de sus proyecciones.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

El presente estudio tiene los siguientes objetivos específicos:

- i) Contar con una síntesis de la información disponible en Chile relacionada con el mercado de la leña y sus impactos.
- ii) Contar con una caracterización de la demanda de leña a nivel regional y nacional, de sus patrones de consumo, de su participación en el gasto por sectores económicos (residencial, industrial y otros).
- iii) Contar con una caracterización general de la oferta de la leña y su grado de participación en la economía nacional, de las regiones del país y en el mercado energético.
- iv) Contar con un diagnóstico de los impactos ambientales asociados al consumo de leña.
- v) Contar con una estimación del consumo de leña que permita su incorporación al Balance de Energía Nacional que realiza la CNE.
- vi) Contar con una metodología de proyección y actualización periódica del consumo futuro de leña a nivel nacional.

### **1.3. Definiciones utilizadas en este estudio**

Antes de proseguir es importante presentar las definiciones de algunos conceptos utilizados en el presente estudio.

Por leña se entiende el uso directo de recursos forestales como combustible. A menos que se señale explícitamente lo contrario, en este trabajo se incluye dentro del consumo de leña, el consumo de desechos forestales. Esto es, materia forestal que queda en el bosque luego de las actividades de cosecha o raleo, como ramas y otros desechos.

En este trabajo se ha tratado de separar el consumo de leña y desechos forestales, del consumo de desechos industriales. Estos últimos son los desechos de las industrias que utilizan leña como materia prima e incluyen productos como el licor negro en la industria de la celulosa, y los despuntes, aserrín, corteza, tapas y otros productos de la industria de la madera.

Finalmente, en este trabajo por lo general no se considera el consumo de combustibles derivados de la leña, tales como el carbón.

## 2. El Consumo de Leña en Chile

En este capítulo se presenta un análisis del consumo de leña en Chile en base a los antecedentes disponibles. La primera parte resume los antecedentes públicamente disponibles de distintas encuestas, informes y estudios oficiales. En la segunda parte se resume la información de las distintas encuestas específicas sobre el consumo de leña y derivados que se han realizado desde el año 1990 hasta el año 2005. La mayoría de estas encuestas han sido encargadas por la CNE y la CONAMA. La información más reciente analizada proviene de las siguientes encuestas:

- Encuesta sobre Consumo de leña en las comunas de Temuco y Padre Las Casas de VITAE para la CONAMA, enero de 2002.
- Encuesta sobre consumidores realizada para el estudio “Propuesta de una metodología para el estudio de la demanda de leña en Coyhaique y Puerto Aysén” de INFOR para la CNE, 2004.
- Encuesta a consumidores de leña desarrollada en el estudio “Mercado de la leña en zonas urbanas de la X Región” del Departamento de Economía de la Universidad de Chile para la CNE, 2005.
- Encuesta a consumidores de leña desarrolladas en el estudio “Estudio del mercado de la leña en la ciudad de Chillán” de INFOR para la CONAMA, 2005.
- Encuesta a consumidores de leña desarrolladas en el estudio “Estudio del mercado de la leña en la ciudad de Rancagua” de INFOR para la CONAMA, 2005.
- Encuesta a consumidores de leña desarrolladas en el estudio “Análisis del Mercado de la Leña y Carbón en el Gran Concepción, I etapa”, Unidad de Desarrollo Tecnológico, Universidad de Concepción para la CONAMA Dirección Regional del Bío-Bío.

Por último, en el Anexo 1 se presenta una lista completa de las referencias bibliográficas consultadas para esta investigación y una clasificación y resumen de cada uno de estas referencias.

## **2.1. Antecedentes bibliográficos y otras fuentes de información sobre el consumo de leña en Chile**

En esta sección se presentan los antecedentes disponibles sobre el consumo de leña en Chile de acuerdo a distintas fuentes de información incluyendo el Censo de Población y Vivienda del año 1992 y 2002 del Instituto Nacional de Estadísticas, la Encuesta Nacional Industrial Anual del Instituto Nacional de Estadísticas y la Matriz Energética estimada para diversos años por la Comisión Nacional de Energía.

### **2.1.1. Censo de Población y Vivienda 1992, INE**

El Censo de Población y Vivienda del año 1992 incluyó una pregunta acerca del principal combustible utilizado en el hogar para cocinar, las alternativas fueron las siguientes: gas, parafina, leña o carbón, electricidad, otro y no cocina. Entre las alternativas anteriores el encuestado podía elegir una sola. El Cuadro 2.1 presenta los resultados a nivel nacional y divididos por hogares en el sector urbano y rural:

**Cuadro 2.1: Principal combustible utilizado para cocinar a nivel nacional, Censo 1992 (porcentajes)**

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>NACIONAL</b>	<b>URBANO</b>	<b>RURAL</b>
<i>Gas</i>	78,2%	87,1%	31,0%
<i>Parafina</i>	1,5%	1,7%	0,6%
<i>Leña ó carbón</i>	19,3%	10,2%	67,5%
<i>Electricidad</i>	0,2%	0,3%	0,1%
<i>Otro</i>	0,0%	0,0%	0,1%
<i>No cocina</i>	0,8%	0,8%	0,7%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%
<b>No. de hogares</b>	3.293.779	2.770.559	523.220

*Fuente:* Censo de Población y Vivienda 1992, INE.

Como se puede apreciar, el 19,3% de los hogares chilenos utilizaban leña o carbón como el principal combustible para cocinar en el año 1992, siendo su uso mucho más intensivo en el sector rural, donde el 67,5% de los hogares los utilizaban como principal combustible, en comparación al urbano, donde el 10,2% de los hogares los utilizaban como principal combustible.

En el Cuadro 2.2 presentamos la desagregación de esta pregunta por región y por segmento urbano y rural. Como se puede apreciar, a nivel nacional, son 7 las regiones donde el uso de leña o carbón como principal combustible para cocinar superaba el 10% de los hogares (resaltado en negro): la IV, VI, VII, VIII, IX, X y XI región, con 16%, 23%, 33%, 34%, 68%, 81% y 87% de los hogares de cada región, respectivamente.

A nivel urbano, se observa que 5 de las regiones anteriores superaban el 10% de los hogares que consumen leña o carbón como principal combustible para cocinar (resaltado en negro): la VII, VIII, IX, X y XI región, con 16%, 20%, 51%, 71% y 83% respectivamente. A nivel rural, en cambio, el uso de leña o carbón como principal combustible del hogar superaba el 10% de los hogares en todas las regiones; sin embargo, de la VI a la XII región se concentra el consumo de leña como principal combustible para cocinar superando el 50% de los hogares rurales (resaltado en negro), con 51%, 60%, 82%, 95%, 96%, 98% y 54% respectivamente.

**Cuadro 2.2: Principal combustible utilizado para cocinar a nivel regional, Censo 1992 (porcentajes)**

**NACIONAL**

COMBUSTIBLE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
Gas	90,2%	93,1%	88,6%	80,3%	92,7%	74,7%	65,5%	64,7%	30,9%	18,2%	11,7%	92,9%	95,9%
Parafina	2,5%	2,2%	2,4%	2,1%	1,4%	1,4%	0,5%	0,5%	0,4%	0,4%	0,4%	0,1%	2,1%
Leña ó carbón	4,4%	1,6%	6,5%	16,4%	4,9%	22,8%	33,1%	33,9%	68,0%	80,7%	87,4%	6,6%	1,1%
Electricidad	0,1%	1,0%	0,5%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,3%
Otro	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
No cocina	2,7%	2,1%	1,8%	1,1%	0,8%	0,9%	0,7%	0,6%	0,5%	0,4%	0,5%	0,4%	0,6%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>Hogares</b>	82.865	99.061	56.989	122.210	363.187	169.954	202.603	409.383	186.342	228.128	19.977	38.037	1.315.043

**SECTOR URBANO**

COMBUSTIBLE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
Gas	93,3%	94,0%	92,7%	94,2%	95,4%	89,6%	82,3%	78,3%	47,6%	27,4%	15,9%	97,4%	96,4%
Parafina	2,6%	2,2%	2,5%	2,4%	1,5%	1,7%	0,6%	0,5%	0,4%	0,5%	0,4%	0,0%	2,2%
Leña ó carbón	1,2%	0,8%	2,5%	2,4%	2,1%	7,6%	16,1%	20,2%	51,3%	71,3%	83,2%	2,4%	0,5%
Electricidad	0,1%	1,0%	0,5%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,0%	0,3%
Otro	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
No cocina	2,7%	2,1%	1,8%	0,9%	0,7%	0,9%	0,7%	0,7%	0,5%	0,4%	0,4%	0,2%	0,6%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>Hogares</b>	77.423	96.824	51.664	85.974	328.989	109.936	123.191	319.317	115.338	140.280	14.137	34.908	1.272.578

**SECTOR RURAL**

COMBUSTIBLE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
Gas	45,9%	55,0%	49,6%	47,5%	66,2%	47,5%	39,3%	16,7%	3,8%	3,6%	1,6%	42,7%	80,4%
Parafina	1,9%	2,7%	2,1%	1,5%	0,8%	0,7%	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	1,0%
Leña ó carbón	49,0%	37,8%	45,5%	49,6%	31,8%	50,7%	59,6%	82,4%	95,1%	95,8%	97,7%	53,5%	17,6%
Electricidad	0,1%	0,5%	0,5%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,4%	0,2%
Otro	0,1%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
No cocina	2,9%	3,7%	2,2%	1,4%	1,0%	1,0%	0,7%	0,5%	0,5%	0,3%	0,5%	3,2%	0,7%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>Hogares</b>	5.442	2.237	5.325	36.236	34.198	60.018	79.412	90.066	71.004	87.848	5.840	3.129	42.465

Fuente: Censo de Población y Vivienda 1992, INE.

### 2.1.2. Censo de Población y Vivienda 2002, INE

En el Censo de Población y Vivienda del año 2002 también se preguntó sobre cuál era el principal combustible utilizado en el hogar para cocinar, las alternativas fueron: gas natural, gas licuado, parafina, leña o aserrín, carbón, electricidad, energía solar y no cocina. Entre las alternativas anteriores el encuestado podía elegir una sola. El Cuadro 2.3 presenta los resultados a nivel nacional y divididos por hogares en el sector urbano y rural.

**Cuadro 2.3: Principal combustible utilizado para cocinar a nivel nacional, Censo 2002 (porcentajes)**

COMBUSTIBLE	NACIONAL	URBANO	RURAL
<i>Gas Natural</i>	9.1%	10.2%	1.8%
<i>Gas Licuado</i>	77.5%	82.2%	46.8%
<i>Parafina</i>	0.1%	0.1%	0.1%
<i>Leña ó aserrín</i>	12.3%	6.4%	50.3%
<i>Carbón</i>	0.2%	0.2%	0.4%
<i>Electricidad</i>	0.2%	0.2%	0.1%
<i>Energía Solar</i>	0.0%	0.0%	0.0%
<i>No cocina</i>	0.6%	0.6%	0.6%
<b>Total</b>	100.0%	100.0%	100.0%
<b>No. de hogares</b>	4,141,427	3,587,301	554,126

*Fuente:* Censo de Población y Vivienda 2002, INE.

Como se puede apreciar, el 12,3% de los hogares chilenos utilizaban la leña o aserrín como el principal combustible para cocinar, siendo su uso mucho más intensivo en el sector rural, donde el 50,3% de los hogares los utilizaban como el principal combustible, con respecto al urbano, donde el 6,4% de los hogares los utilizaban como principal combustible.

Las cifras del Cuadro 2.1 y 2.3 muestran que el consumo de leña a nivel residencial ha disminuido considerablemente entre el año 1992 y el 2002. A nivel agregado, el uso de leña o carbón para cocinar disminuyó desde un 19,3% a un 12,54% entre ambas fechas. Considerando que el uso de carbón para cocinar, al menos según la información del Censo 2002, es casi insignificante, y suponiendo que el aserrín es un combustible marginal a nivel residencial, es razonable suponer que la mayor parte de esta disminución sea atribuible a un menor uso de leña.

En el Cuadro 2.4 presentamos la desagregación de esta pregunta por región y por hogar del sector urbano y rural. Como se puede apreciar, a nivel nacional, son 5 las regiones donde el uso de leña o aserrín como principal combustible para cocinar superaba el 10% de los hogares (resaltado en negro): la VII, VIII, IX, X y XI región, con 12%, 18%, 51%, 64% y 72% de los hogares de cada región respectivamente.

A nivel urbano, se observa que sólo 3 de las regiones anteriores superaban el 10% de los hogares que consumen leña o aserrín como principal combustible para cocinar (resaltado en negro): la IX, X y XI región, con 33%, 52% y 66% respectivamente. A nivel rural, en cambio, el uso de leña o aserrín como principal combustible del hogar superaba el 10% de los hogares en todas las regiones (excepto la Región Metropolitana); sin embargo, en la I, VIII, IX, X, XI y XII región se concentra el consumo de leña como principal combustible para cocinar superando el 30% de los hogares rurales (resaltado en negro), con 37%, 62%, 89%, 91%, 92% y 48% respectivamente.

**Cuadro 2.4: Principal combustible utilizado para cocinar a nivel regional, Censo 2002 (porcentajes)**

**NACIONAL**

COMBUSTIBLE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
Gas Natural	2,4%	2,2%	1,7%	1,9%	12,5%	2,2%	2,7%	5,0%	2,6%	2,7%	1,6%	93,4%	13,3%
Gas Licuado	92,1%	94,2%	93,7%	90,9%	85,0%	87,2%	83,6%	75,3%	45,0%	32,3%	26,2%	2,0%	85,2%
Parafina	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%
Leña, aserrín	3,1%	1,2%	3,0%	6,3%	1,7%	9,6%	11,7%	18,0%	51,2%	64,3%	71,9%	4,4%	0,7%
Carbón	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	1,3%	0,9%	0,5%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%
Electricidad	0,1%	0,6%	0,3%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,3%
Energía solar	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
No cocina	2,0%	1,7%	1,2%	0,7%	0,5%	0,7%	0,6%	0,6%	0,5%	0,4%	0,2%	0,2%	0,5%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>Hogares</b>	111.873	124.107	68.684	166.902	440.704	214.249	252.194	503.018	238.315	295.914	25.693	43.216	1.656.558

**SECTOR URBANO**

COMBUSTIBLE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
Gas Natural	2,5%	2,3%	1,8%	1,9%	13,4%	2,3%	2,8%	5,8%	3,4%	3,6%	1,9%	96,8%	13,6%
Gas Licuado	94,1%	94,6%	95,5%	96,2%	84,9%	93,8%	92,3%	84,3%	62,0%	43,7%	31,5%	1,3%	85,0%
Parafina	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,0%	0,1%
Leña, aserrín	1,1%	0,8%	1,2%	1,1%	0,9%	3,1%	2,9%	8,2%	33,2%	51,8%	66,2%	1,7%	0,5%
Carbón	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	1,3%	1,0%	0,6%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%
Electricidad	0,1%	0,6%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,3%
Energía solar	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
No cocina	2,1%	1,7%	1,1%	0,6%	0,5%	0,6%	0,6%	0,6%	0,5%	0,4%	0,2%	0,1%	0,5%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>Hogares</b>	105.643	121.815	62.770	128.612	404.893	152.075	167.995	411.679	161.222	200.705	19.962	40.706	1.609.224

**SECTOR RURAL**

COMBUSTIBLE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
Gas Natural	1,4%	1,6%	1,1%	1,7%	1,9%	2,0%	2,6%	1,6%	0,8%	0,7%	0,3%	37,1%	2,1%
Gas Licuado	59,4%	72,3%	74,5%	73,1%	86,0%	71,3%	66,2%	34,9%	9,5%	8,2%	7,7%	12,8%	90,7%
Parafina	0,3%	0,4%	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%
Leña, aserrín	37,0%	21,3%	22,2%	23,7%	11,2%	25,6%	29,2%	62,3%	88,9%	90,5%	91,6%	48,4%	6,3%
Carbón	0,1%	0,0%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	1,3%	0,5%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
Electricidad	0,1%	0,0%	0,3%	0,1%	0,1%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,5%	0,1%
Energía solar	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
No cocina	1,8%	4,2%	1,5%	1,0%	0,7%	0,9%	0,6%	0,5%	0,3%	0,3%	0,2%	1,1%	0,7%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
<b>Hogares</b>	6.230	2.292	5.914	38.290	35.811	62.174	84.199	91.339	77.093	95.209	5.731	2.510	47.334

*Fuente:* Censo de Población y Vivienda 2002, INE.

### **2.1.3. Encuesta Nacional Industrial Anual, INE**

La Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA) entrevista a establecimientos de la Industria Manufacturera con más de 10 empleados.<sup>6</sup> La ENIA pretende ser un censo para aquellos establecimientos manufactureros con más de 50 empleados y realiza un muestreo aleatorio para los establecimientos con menos de 50 empleados.<sup>7</sup> Cada año la encuesta incluye una pregunta sobre la cantidad, valor e impuestos pagados por combustibles y lubricantes utilizados en el proceso productivo. Específicamente se le pide a cada establecimiento encuestado incluir los combustibles destinados a la producción de fuerza y calor, excluyendo los adquiridos para ser empleados como materia prima.

Entre los combustibles utilizados están: petróleo combustible (miles de litros), diesel (miles de litros), bencina (miles de litros), parafina o kerosene (miles de litros), gas licuado (kilos), gas de cañería (licuado, m<sup>3</sup>), gas natural (m<sup>3</sup>) y leña (toneladas).

Dada la ambigüedad de la pregunta del formulario de la ENIA, donde sólo se señala la palabra ‘leña’, sin incluir derivados como el aserrín y otros desechos industriales, y dudas respecto al autoconsumo de desechos industriales, se hizo una consulta al Instituto Nacional de Estadísticas. Según el INE<sup>8</sup>, la pregunta sólo registra la compra de leña, siendo la compra de desechos industriales contabilizados bajo la categoría ‘otros combustibles’ en el formulario. Por otro lado, las respuestas de la ENIA tampoco incluyen el consumo de productos autoabastecidos. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que la información de la ENIA que se presenta a continuación se refiere sólo al consumo de leña comprada, y no incluye la compra o autoconsumo de desechos industriales.

---

<sup>6</sup> Según las definiciones que utiliza la ENIA, la Industria Manufacturera engloba a todas los establecimientos que trabajan en la transformación mecánica o química de sustancias inorgánicas y orgánicas en productos nuevos, ya sea que el trabajo se efectúe con máquinas o a mano, en fábricas o en el domicilio del empresario, o que los productos se vendan al por mayor o al por menor; incluye también los procesos de montaje de partes que componen los productos manufacturados tanto a mano como a máquina. Incluye las actividades bajo el código CIU 3 (antiguamente) y actualmente entre los códigos CIU 15 a 37.

<sup>7</sup> Un establecimiento no es sinónimo de una empresa. Una empresa puede tener más de un establecimiento.

<sup>8</sup> Comunicación personal con Marta Vera, del INE.

En el Cuadro 2.5 se detalla el consumo de leña comprada declarado desde el año 1992 al 2002, en toneladas y teracalorías,<sup>9</sup> dividido por el tamaño del establecimiento (si tiene más o menos de 50 empleados). Se realiza esta división debido a que la ENIA no construye factores de expansión para la muestra de establecimientos con menos de 50 empleados, por lo que las cifras de este sector corresponden al total declarado por la muestra encuestada. Como se realiza un censo para las empresas con más de 50 empleados estas cifras corresponden al consumo comprado total efectivo de este segmento de establecimientos.

**Cuadro 2.5: Consumo anual de leña comprada en industria manufacturera (por tamaño de empresa)**

Año	Establecimientos con MAS de 50 empleados				Establecimientos con MENOS de 50 empleados			
	No. de establecim.	Toneladas	Teracalorías	Consumo Medio (Ton.)	No. de establecim.	Toneladas	Teracalorías	Consumo Medio (Ton.)
1992	1.770	725.100	2.538	410	3.168	176.415	617	56
1993	1.830	777.920	2.723	425	3.212	163.991	574	51
1994	1.844	571.262	1.999	310	3.238	134.312	470	41
1995	1.879	537.818	1.882	286	3.233	108.302	379	33
1996	1.882	343.963	1.204	183	3.584	81.471	285	23
1997	1.802	266.870	934	148	3.442	58.874	206	17
1998	1.641	221.041	774	135	3.186	44.293	155	14
1999	1.420	95.066	333	67	2.985	40.930	143	14
2000	1.404	192.785	675	137	3.143	75.448	398	24
2001	1.410	161.063	564	114	3.237	55.889	196	17
2002	1.519	182.228	638	120	3.496	46.317	162	13

*Fuente:* ENIA, diversos años, INE. El número de establecimientos y las cifras de consumo para el sector con menos de 50 empleados es sólo la suma de las observaciones de la muestra y no una proyección para este sector en general. Para los establecimientos con más de 50 trabajadores la encuesta es un censo por lo que las cifras son el total para esa población.

Según se puede apreciar en el Cuadro 2.5, el consumo de leña del sector manufacturero ha ido decreciendo a través de los años, al menos el consumo de leña comprada para generación de fuerza y calor (combustión). Claramente se puede apreciar que entre 1992 y 1998 el consumo promedio de leña comprada por establecimiento con más de 50 empleados decreció de 410 a 135 toneladas (y con menos de 50 empleados decreció de 56 a 14 toneladas). En 1999 hubo un brusco decrecimiento del consumo total y medio de leña comprada para combustión debido en parte a la salida del mercado de un gran número de empresas grandes consumidoras de leña. Entre los años 2000 a 2002 el consumo de leña en los establecimientos con más de 50 empleados se recuperó pero por debajo de los niveles del año 1998.

<sup>9</sup> Se utilizó el factor de poder calorífico de la leña de 3.500 Kcal/Kg que es el parámetro que utiliza la CNE en el Balance de Energía para este combustible.

**Cuadro 2.6: Consumo anual de leña comprada en industria manufacturera por Región  
y tamaño de empresa (en Toneladas)**

**ESTABLECIMIENTOS CON MAS DE 50 TRABAJADORES**

Regiones	1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%												
I	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
II	1.373	0%	428	0%	466	0%	646	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	25	0%	22	0%
III	408	0%	1.740	0%	500	0%	664	0%	291	0%	27	0%	197	0%	0	0%	141	0%	0	0%
IV	17.132	2%	28.150	4%	20.512	4%	8.926	2%	8.296	2%	11.981	4%	10.016	5%	4.161	4%	3.763	2%	6.789	4%
V	42.031	6%	17.177	2%	17.007	3%	17.328	3%	10.732	3%	7.136	3%	6.031	3%	6.392	7%	1.459	1%	387	0%
VI *	20.279	3%	4.683	1%	6.428	1%	2.291	0%	4.540	1%	1.346	1%	2.701	1%	305	0%	22.517	12%	601	0%
VII	24.077	3%	34.811	4%	64.411	11%	62.970	12%	61.841	18%	62.533	23%	70.136	32%	4.908	5%	32.297	17%	43.710	27%
VIII	230.348	32%	235.892	30%	121.910	21%	169.679	32%	110.742	32%	80.609	30%	60.841	28%	52.268	55%	51.466	27%	72.671	45%
IX	50.372	7%	54.504	7%	57.050	10%	41.262	8%	35.762	10%	18.656	7%	22.411	10%	8.567	9%	13.899	7%	1.780	1%
X	109.099	15%	200.275	26%	105.594	18%	97.820	18%	42.792	12%	52.273	20%	43.097	19%	16.600	17%	51.462	27%	32.633	20%
XI	1.542	0%	4.383	1%	3.176	1%	2.851	1%	2.268	1%	1.476	1%	792	0%	696	1%	14.776	8%	1.021	1%
XII	0	0%	0	0%	0	0%	755	0%	172	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	610	0%
RM	228.439	32%	195.877	25%	174.208	30%	132.626	25%	66.527	19%	30.833	12%	4.819	2%	1.169	1%	980	1%	839	1%
<b>Total país</b>	<b>725.100</b>	<b>100%</b>	<b>777.920</b>	<b>100%</b>	<b>571.262</b>	<b>100%</b>	<b>537.818</b>	<b>100%</b>	<b>343.963</b>	<b>100%</b>	<b>266.870</b>	<b>100%</b>	<b>221.041</b>	<b>100%</b>	<b>95.066</b>	<b>100%</b>	<b>192.785</b>	<b>100%</b>	<b>161.063</b>	<b>100%</b>

\* En el año 2000 hubo una empresa con más de 200 trabajadores que inició actividades ese año y que declaró un consumo de 22 mil toneladas de leña, aunque no volvió a aparecer en el 2001

**ESTABLECIMIENTOS CON MENOS DE 50 TRABAJADORES**

Regiones	1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%
I	1.918	1%	1.482	1%	1.457	1%	1.972	2%	943	1%	715	1%	597	1%	380	1%	327	0%	411	1%
II	1.437	1%	1.369	1%	1.733	1%	1.334	1%	1.573	2%	1.332	2%	778	2%	659	2%	373	0%	671	1%
III	1.832	1%	1.308	1%	1.417	1%	1.549	1%	978	1%	1.194	2%	450	1%	844	2%	4.237	6%	321	1%
IV	8.885	5%	9.704	6%	10.745	8%	11.892	11%	5.615	7%	5.014	9%	3.597	8%	5.346	13%	2.105	3%	1.589	3%
V	38.241	22%	34.987	21%	36.019	27%	24.752	23%	24.952	31%	15.344	26%	8.999	20%	7.785	19%	3.932	5%	4.936	9%
VI	11.900	7%	5.099	3%	6.945	5%	7.416	7%	3.736	5%	3.870	7%	3.288	7%	2.353	6%	2.012	3%	3.817	7%
VII	6.915	4%	6.639	4%	6.002	4%	5.335	5%	4.531	6%	2.575	4%	2.766	6%	1.401	3%	9.660	13%	9.758	17%
VIII	18.159	10%	21.391	13%	14.061	10%	12.491	12%	13.047	16%	12.734	22%	12.521	28%	14.901	36%	29.273	39%	25.967	46%
IX	6.555	4%	7.522	5%	4.192	3%	3.858	4%	3.986	5%	1.213	2%	3.115	7%	4.714	12%	7.070	9%	5.725	10%
X	12.937	7%	21.116	13%	12.210	9%	12.221	11%	12.789	16%	10.053	17%	6.007	14%	1.310	3%	3.920	5%	2.070	4%
XI	349	0%	704	0%	544	0%	687	1%	265	0%	744	1%	3	0%	0	0%	439	1%	5	0%
XII	0	0%	0	0%	0	0%	178	0%	113	0%	183	0%	211	0%	0	0%	0	0%	0	0%
RM	67.287	38%	52.670	32%	38.987	29%	24.617	23%	8.943	11%	3.903	7%	1.961	4%	1.237	3%	12.100	16%	619	1%
<b>Total país</b>	<b>176.415</b>	<b>100%</b>	<b>163.991</b>	<b>100%</b>	<b>134.312</b>	<b>100%</b>	<b>108.302</b>	<b>100%</b>	<b>81.471</b>	<b>100%</b>	<b>58.874</b>	<b>100%</b>	<b>44.293</b>	<b>100%</b>	<b>40.930</b>	<b>100%</b>	<b>75.448</b>	<b>100%</b>	<b>55.889</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta Nacional Industrial Anual, INE.

**Cuadro 2.7: Consumo de leña comprada en industria manufacturera por Sector Económico y tamaño de empresa (en Toneladas)**

**ESTABLECIMIENTOS CON MAS DE 50 TRABAJADORES**

Sector CIIU	1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%												
31	340,398	47%	358,496	46%	291,612	51%	249,898	46%	148,190	43%	94,360	35%	119,043	54%	38,989	41%	126,891	66%	48,875	30%
32	30,655	4%	9,719	1%	9,217	2%	7,098	1%	5,428	2%	940	0%	2,507	1%	867	1%	1,126	1%	6,671	4%
33	30,261	4%	19,616	3%	16,891	3%	17,182	3%	25,830	8%	17,603	7%	40,905	19%	46,937	49%	15,903	8%	5,798	4%
35	32,421	4%	40,398	5%	17,707	3%	15,761	3%	6,347	2%	68	0%	1,929	1%	1,366	1%	1,305	1%	54	0%
36	37,096	5%	62,254	8%	38,079	7%	39,275	7%	21,260	6%	16,594	6%	4,001	2%	319	0%	137	0%	245	0%
37	2,142	0%	5,171	1%	4,019	1%	1,398	0%	1,300	0%	534	0%	1,228	1%	513	1%	328	0%	332	0%
38	9,368	1%	4,249	1%	4,067	1%	4,116	1%	11,782	3%	920	0%	327	0%	150	0%	3,795	2%	942	1%
39	82	0%	0	0%	0	0%	66	0%	0	0%	0	0%	57	0%	0	0%	0	0%	0	0%
341	241,435	33%	277,794	36%	189,338	33%	202,683	38%	123,496	36%	135,558	51%	50,969	23%	5,872	6%	43,212	22%	98,047	61%
342	1,242	0%	223	0%	332	0%	341	0%	330	0%	293	0%	75	0%	53	0%	88	0%	99	0%
<b>Total país</b>	<b>725,100</b>	<b>100%</b>	<b>777,920</b>	<b>100%</b>	<b>571,262</b>	<b>100%</b>	<b>537,818</b>	<b>100%</b>	<b>343,963</b>	<b>100%</b>	<b>266,870</b>	<b>100%</b>	<b>221,041</b>	<b>100%</b>	<b>95,066</b>	<b>100%</b>	<b>192,785</b>	<b>100%</b>	<b>161,063</b>	<b>100%</b>

Código CIIU 31: Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco. CIIU 32: Textiles, Prendas de Vestir e Industria del cuero. CIIU 33: Industria de la madera y productos de la madera, incluidos muebles

Código CIIU 341: Fabricación de Papel y Productos de papel. CIIU 342: Imprentas, editoriales e industrias conexas. CIIU 35: Fabricación de sustancias químicas y de productos químicos derivados del Petróleo y del Carbón, de caucho y plástico.

140067.1

Código CIIU 36: Fabricación de productos minerales no metálicos, exceptuando los derivados del petróleo y del carbón. CIIU 37: Industrias metálicas básicas. CIIU 38: Fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo. CIIU 39: Otras industrias manu 36: Fabric

**ESTABLECIMIENTOS CON MENOS DE 50 TRABAJADORES**

Sector CIIU	1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%	Tons.	%
31	143,779	82%	137,821	84%	115,401	86%	93,316	86%	72,257	89%	50,105	85%	39,854	90%	34,785	85%	63,977	85%	48,069	86%
32	8,251	5%	3,791	2%	4,240	3%	3,053	3%	2,963	4%	3,348	6%	564	1%	790	2%	901	1%	662	1%
33	901	1%	0	0%	158	0%	123	0%	598	1%	202	0%	204	0%	228	1%	3,547	5%	1,040	2%
35	5,256	3%	5,450	3%	2,408	2%	1,406	1%	861	1%	1,638	3%	1,318	3%	823	2%	1,768	2%	1,651	3%
36	7,908	4%	8,817	5%	2,398	2%	2,944	3%	2,770	3%	2,881	5%	1,929	4%	3,833	9%	3,927	5%	2,926	5%
37	0	0%	0	0%	24	0%	74	0%	0	0%	10	0%	4	0%	26	0%	2	0%	37	0%
38	1,122	1%	870	1%	722	1%	472	0%	427	1%	523	1%	363	1%	421	1%	1,271	2%	1,479	3%
39	354	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
341	8,707	5%	7,072	4%	8,824	7%	6,652	6%	1,450	2%	159	0%	40	0%	0	0%	0	0%	0	0%
342	137	0%	170	0%	137	0%	262	0%	145	0%	8	0%	17	0%	24	0%	55	0%	25	0%
<b>Total país</b>	<b>176,415</b>	<b>100%</b>	<b>163,991</b>	<b>100%</b>	<b>134,312</b>	<b>100%</b>	<b>108,302</b>	<b>100%</b>	<b>81,471</b>	<b>100%</b>	<b>58,874</b>	<b>100%</b>	<b>44,293</b>	<b>100%</b>	<b>40,930</b>	<b>100%</b>	<b>75,448</b>	<b>100%</b>	<b>55,889</b>	<b>100%</b>

Fuente: Encuesta Nacional Industrial Anual, INE.

En el Cuadro 2.6 se presenta el consumo total (en toneladas) de leña comprada para combustión por tamaño de establecimiento y por región desde 1992 a 2001, y el porcentaje que cada región consume con respecto al total nacional. En el Cuadro 2.7 se presenta el consumo total (en toneladas) de leña comprada como combustible por tamaño de establecimiento y sector económico (de acuerdo a clasificación CIIU) desde 1992 a 2001, y el porcentaje que cada sector consume con respecto al total nacional. A continuación se analiza las regiones y los sectores económicos donde el consumo de leña es más importante (resaltados con gris en los respectivos cuadros).

### **2.1.3.1. A nivel de grandes establecimientos**

Como se puede apreciar en el Cuadro 2.6, la VIII Región se presenta como una de las mayores consumidoras de leña comprada para combustión en todos los años, a nivel de establecimientos con más de 50 trabajadores, y su consumo varía entre el 21% y 55% del total consumido a nivel nacional en este tipo de establecimientos. En la VII región, entre 1992 y 1998, se observa un incremento en el nivel del consumo, desde 24 mil toneladas a 70 mil toneladas, y en el porcentaje con respecto al total nacional, desde un 3% a un 32%; en 1999 su nivel e importancia nacional sufre una caída (a menos de 5 mil toneladas y 5% del total nacional) y se recupera lentamente hasta el 2001 terminando con 43 mil toneladas un 27% del total de leña consumida a nivel nacional.

La X región presenta una reducción en el nivel de consumo de leña entre 1992 y 2001, reduciéndose desde 109 mil y 200 mil toneladas en los años 92 y 93 respectivamente, a 51 mil y 32 mil toneladas en los años 2000 y 2001 respectivamente. Su importancia con respecto al total nacional varía de forma irregular entre el 12% y 26% del consumo de leña nacional para combustible en establecimientos grandes.

La RM, en cambio, presenta un claro descenso en su consumo de leña comprada para combustión, disminuyendo drásticamente su consumo desde 228 mil toneladas en 1992 a menos de mil toneladas en el 2001. Su importancia relativa a nivel nacional bajó de un 32% al 1% del consumo total de leña.

Como se puede apreciar en el Cuadro 2.7 el sector de Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco (CIU 31) se presenta como uno de los grandes consumidores de leña en todos los años, y su consumo varía entre el 30% y el 66% del total consumido a nivel nacional. Muy de cerca le sigue el sector de Fabricación de Papel y productos de Papel (CIU 341), que sin embargo presenta una baja considerable en la importancia de su consumo en el año 1999 con respecto al resto de los años. Sin contar este año, la importancia del consumo de este sector varió entre el 22% y 61% del total consumido a nivel nacional. Hay que notar que, como se indicó inicialmente, la leña declarada en este sector fue utilizada para la producción de fuerza y calor y no como materia prima.

### **2.1.3.2. A nivel de pequeños establecimientos**

Como se puede apreciar en el Cuadro 2.6, en la V Región el consumo de leña comprada para combustión en los pequeños establecimientos encuestados se reduce de 38 mil a menos de 5 mil toneladas entre los años 1992 y 2001. La importancia de la V Región con respecto a lo que se consume a nivel nacional según la muestra se reduce del 22% al 9% en el periodo.

En la VIII Región, en cambio, se observa un incremento en los últimos 2 años del consumo de leña a nivel de pequeños establecimientos, ubicándose en 29 mil y 26 mil toneladas en los años 2000 y 2001 respectivamente (19% y 46% del total consumido a nivel nacional en pequeños establecimientos).

En la RM se observa un fuerte descenso en el uso de la leña como combustible en los establecimientos con menos de 50 empleados, pasando de 67 mil toneladas en 1992 a menos de mil toneladas en el año 2001. Su importancia relativa cae también de un 38% del total consumido a nivel nacional al 1% durante el periodo.

Como se puede apreciar en el Cuadro 2.7, el sector de Productos Alimenticios, Bebidas y Tabaco (CIU 31) es el mayor consumidor absoluto de leña como combustible a nivel de

pequeñas empresas. Su importancia con respecto a lo que se consume a nivel nacional varía entre el 82% y el 90%. Cabe notar que el sector de Fabricación de Papel y productos de papel (CIU 341) reduce su consumo de leña como combustible a lo largo del periodo considerado, dejando de consumir leña a partir del año 1999.

#### **2.1.4. Balance Nacional de Energía, CNE**

Cada año la Comisión Nacional de Energía entrega un balance energético a nivel nacional de fuentes de energía primaria y secundaria. Las fuentes de energía primaria corresponden a los recursos naturales disponibles en forma directa o indirecta para su uso energético. Para Chile se consideran seis fuentes de energía primaria: petróleo, gas natural, carbón, energía hidroeléctrica, leña y otros subproductos de la leña, y biogas. Las fuentes de energía secundaria corresponden al conjunto de productos energéticos disponibles en forma apta para su utilización final. Para Chile se consideran 19 productos secundarios: petróleo combustible, petróleo diesel, gasolina 93 S/P, gasolina 93 C/P, kerosene, gas licuado, gasolina de aviación, kerosene de aviación, nafta, gas de refinería, electricidad, carbón, gas, coke y alquitrán, gas corriente, gas de altos hornos, gas natural, metanol, leña y otros subproductos de la leña, y biogas.

Con respecto a la información sobre la leña en el Balance Nacional de Energía se debe tener en cuenta que esta información es secundaria, en el sentido de que no es información recopilada directamente por una encuesta para construir este balance, sino que proviene de otras fuentes primarias. Algunas de estas fuentes primarias son estudios de balance de energía regionales, varios de los cuales están resumidos en el Anexo 1.<sup>10</sup>

La medida común de energía utilizada por la CNE corresponde a Teracalorías ( $10^9$  Kilocalorías). Los factores de conversión utilizados por la CNE para convertir las distintas unidades de los combustibles en Teracalorías se presentan en el Cuadro 2.8.

---

<sup>10</sup> Ver por ejemplo, las referencias N° 13, 15,18 y 19 de la revisión bibliográfica presentada en el Anexo 1. Además, Ábalos (2001), referencia bibliográfica N° 28, presenta una comparación crítica de la información sobre consumo de leña del Balance Nacional de Energía entre 1979 y 1998 y la información de la FAO sobre el consumo de leña en sus estadísticas FAOSATAT.

**Cuadro 2.8: Densidades y Poderes Caloríficos de referencia**

<b>PRODUCTO</b>	<b>DENSIDAD Ton/m3</b>	<b>PODER CALORIF. KCal/Kg</b>
PETR. CRUDO NACIONAL (*)	0.825	10,963
PETR. CRUDO IMPORTADO	0.855	10,860
PETR. COMBUSTIBLE 5	0.927	10,500
PETR. COMBUSTIBLE IFO 180	0.936	10,500
PETR. COMBUSTIBLE 6	0.945	10,500
NAFTA	0.700	11,500
GAS LICUADO	0.550	12,100
GASOLINA AUTOMOVILES	0.730	11,200
GASOLINA AVIACION	0.700	11,400
KEROSENE AVIACION	0.810	11,100
KEROSENE	0.810	11,100
DIESEL	0.840	10,900
GAS NATURAL PROCESADO (**)	-	9,341
LEÑA	-	3,500
CARBON	-	7,000
BIOGAS (**)	-	4,000
GAS DE REFINERIA (***)	-	4,260
ELECTRICIDAD (***) (1)	-	860
(*) Promedio Isla, Continente y Costa Afuera (**) KCal/m3 (***) KCal/m3 (****) KCal/KWh (Equivalente Calórico Teórico Internacional) (1) Equivalente Calórico práctico para Chile de 2.750 KCal/KWh hasta 1997 y a 2.504 KCal/KWh desde 1998 en adelante.		

*Fuente:* Balance Energético 2003, CNE

Como se puede apreciar en el Cuadro 2.8, un Kilo sólido de leña produce alrededor de 3.500 Kcal, en cambio un Kilo de gasolina para automóviles produce 11.200 Kcal.

En el Cuadro 2.9 se presenta el balance de energía primaria para los años 2000 a 2003.<sup>11</sup> Como se puede apreciar en el Cuadro 2.9, en términos energéticos primarios la leña representa en Chile alrededor del 15–17% del total de energía potencialmente disponible entre el 2000 y 2003.

En el Cuadro 2.10 se presenta el balance de energía secundaria para los años 2000 a 2003. Como se puede apreciar de este cuadro, con respecto a los demás productos combustibles

<sup>11</sup> Para permitir su comparación con los otros energéticos, el consumo de leña en estos cuadros están en Tercalorías. Las unidades de conversión son 3.500 Kcal/kg de leña y una densidad de 0,7 toneladas por m<sup>3</sup> sólido de leña.

aptos para uso final, la leña representa en Chile alrededor del 14% de la energía secundaria disponible.

**Cuadro 2.9: Balance Energético Primario para Chile (en Teracalorías).**

ENERGETICO	AÑOS				VARIACION %
	2000	2001	2002	2003	
<b>Petróleo Crudo</b>	105.288	105.573	104.977	111.873	1,5
<b>Gas Natural</b>	60.310	68.359	68.940	74.582	5,5
<b>Carbón</b>	32.127	25.206	25.406	24.291	-6,8
<b>Hidroelectricidad</b>	16.410	18.645	19.941	19.439	4,3
<b>Leña</b>	42.544	42.462	43.137	40.754	-1,1
<b>Biogas</b>	51	27	0	0	
<b>Total</b>	256.730	260.272	262.401	270.939	3,3

ENERGETICO	2000	2001	2002	2003
<b>Petróleo Crudo</b>	41,0%	40,6%	40,0%	41,3%
<b>Gas Natural</b>	23,5%	26,3%	26,3%	27,5%
<b>Carbón</b>	12,5%	9,7%	9,7%	9,0%
<b>Hidroelectricidad</b>	6,4%	7,2%	7,6%	7,2%
<b>Leña</b>	16,6%	16,3%	16,4%	15,0%
<b>Biogas</b>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>TOTAL</b>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

*Fuente:* Balance Nacional de Energía (en base a encuestas CNE a empresas del sector energía e industrias intensivas en consumo energético), años 2001 a 2003, Comisión Nacional de Energía.

**Cuadro 2.10: Balance Energético Secundario para Chile (en Teracalorías).**

ENERGETICO	AÑOS				VARIACION %
	2000	2001	2002	2003	
Total Derivados del Petr. y Gas Natural	112.898	109.010	109.740	109.375	-0,8
Electricidad	32.976	35.077	36.452	39.500	4,6
Carbón	32.127	25.206	25.406	24.291	-6,8
Coke y Alquitrán	5.327	5.232	6.343	8.252	11,6
Gas Corriente	1.493	1.457	1.311	1.418	-1,3
Gas Altos Hornos	1.093	1.113	1.104	1.125	0,7
Gas Natural	59.620	67.663	68.217	73.851	5,5
Metanol	352	303	401	0	
Leña y otros	42.544	42.462	43.137	40.754	-1,1
Biogas	51	27	0	0	
<b>Total</b>	<b>288.481</b>	<b>287.550</b>	<b>292.111</b>	<b>298.566</b>	<b>2,2</b>

ENERGETICO	2000	2001	2002	2003
Total Derivados del Petr. y Gas Natural	39,1%	37,9%	37,6%	36,6%
Electricidad	11,4%	12,2%	12,5%	13,2%
Carbón	11,1%	8,8%	8,7%	8,1%
Coke y Alquitrán	1,8%	1,8%	2,2%	2,8%
Gas Corriente	0,5%	0,5%	0,4%	0,5%
Gas Altos Hornos	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%
Gas Natural	20,7%	23,5%	23,4%	24,7%
Metanol	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
Leña y otros	14,7%	14,8%	14,8%	13,6%
Biogas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

*Fuente:* Balance Nacional de Energía (en base a encuestas CNE a empresas del sector energía e industrias intensivas en consumo energético), años 2001 a 2003, Comisión Nacional de Energía.

**Cuadro 2.11: Balance de Energía para leña por sector**

SECTOR	SUBSECTOR	Leña y otros		
		2001	2002	2003
<b>Transporte</b>	Caminero	-	-	-
	Ferroviario	-	-	-
	Marítimo	-	-	-
	Aéreo	-	-	-
	<b>Total en Transporte</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Industrial y Minero</b>	Cobre	3,5	2,8	2,0
	Salitre	-	-	-
	Hierro	-	-	-
	Papel y Celulosa	5.629,4	6.310,5	3.757,0
	Siderurgia	-	-	-
	Petroquímica	-	-	-
	Cemento	-	-	-
	Azúcar	-	-	-
	Pesca	-	-	-
	Industrias Varias	3.445,4	3.818,5	3.919,0
	Minas Varias	-	-	-
<b>Total Industrial y Minero</b>	<b>9.078</b>	<b>10.132</b>	<b>7.678</b>	
<b>Comercial, Público y Residencial</b>	Zona Carbonífera	-	-	-
	Comercial	-	-	-
	Público	-	-	-
	Residencial	28.486,5	28.630,0	28.773,0
<b>Total Com, Púb, Residencial</b>	<b>28.487</b>	<b>28.630</b>	<b>28.773</b>	
<b>Centros de Transformación</b>	Electricidad: Autoproductores	4.602,5	4.161,5	4.068,0
	:Serv. Público	294,4	213,5	235,0
	Gas, Coke:GasCorriente	-	-	-
	:Siderurgia	-	-	-
	Petróleo, Gas Natural	-	-	-
	Carbón y Leña	-	-	-
	Gas Natural-Metanol	-	-	-
<b>Total Centros de Transf</b>	<b>4.897</b>	<b>4.375</b>	<b>4.303</b>	
<b>Consumo Total</b>	<b>42.462</b>	<b>43.137</b>	<b>40.754</b>	

*Fuente:* Balance Nacional de Energía, años 2001 a 2003, Comisión Nacional de Energía.

El Cuadro 2.11 presenta la información del balance de energía para leña y otros productos pero desagregado por sector. Se puede observar que el sector residencial es el segmento de mayor importancia en el consumo de leña. En cuanto al consumo industrial, los sub-

sectores relevantes en el consumo de leña son el de papel y celulosa e industrias varias que probablemente incluye bebida y alimentos y muebles y productos de madera. La industria del cobre también utiliza leña, pero su nivel es casi insignificante. Por último, se puede observar que existen muchos generadores de electricidad que utilizan madera como energía primaria. Estos centros de transformación incluyen la producción de electricidad por parte de la industria de la celulosa así como otros generadores que utilizan desechos industriales de la madera. Vale anotar que el Balance no incorpora el consumo de leña que se realiza a nivel de empresas comerciales y en el sector público, principalmente para calefacción.

## **2.2. Encuestas específicas realizadas entre 1990 y 2005**

La fuente más completa de información sobre el consumo de leña en Chile proviene de las diversas encuestas específicas sobre este tema que se han realizado entre los años 1990 y 2005. Estas encuestas presentan una gran dispersión en cuanto a la zona geográfica bajo estudio, sector encuestado (residencial, industrial, comercial, público e institucional), segmento de la población que se encuesta (urbano, rural), diseños de los cuestionarios y otros aspectos. En esta sección se presenta un resumen de la información disponible. Mayores antecedentes se presentan en los resúmenes de la bibliografía consultada que se encuentra en el Anexo 1.

### **2.2.1. Consumo residencial urbano**

El Cuadro 2.12 resume los consumos estimados por las diversas encuestas para el sector residencial urbano. En este cuadro los estudios se han ordenado según región y ciudad. En el cuadro se presenta el autor de cada estudio, el número de referencia del resumen de cada estudio que se presentan en el Anexo 1, el año en que se tomó la encuesta, el número de encuestas y la zona geográfica cubierta por la encuesta. Luego se presenta la información sobre el consumo de leña. Primero se presenta el porcentaje de hogares o viviendas que consumen leña o sus subproductos. Posteriormente, se presenta el consumo total estimado para el sector residencial urbano de la zona geográfica en cuestión y el consumo por

vivienda u hogar.<sup>12</sup> Las unidades de medida difieren entre estudios. Para algunos estudios no fue posible determinar si la unidad de medida era el m<sup>3</sup> estéreo o m<sup>3</sup> sólido, por lo que se puso un signo de interrogación junto a la unidad de medida.

Los consumos por hogar o vivienda pueden corresponder al consumo promedio entre aquellos hogares o viviendas que son consumidores, o pueden ser el promedio entre todos los hogares o viviendas de la zona geográfica. La letra 'c' junto a la columna de consumo por vivienda significa que el dato consignado corresponde al consumo promedio entre aquellas viviendas u hogares que son consumidoras. Un signo de interrogación en esta columna significa que en base a los documentos revisados no se pudo determinar si el dato corresponde al consumo promedio entre los consumidores o el promedio entre todos los hogares encuestados.

Cabe notar también que como regla general se incluyó en el consumo de leña el consumo de todos los derivados de ésta, como los desechos industriales, además de los desechos forestales. Sin embargo, en algunos estudios —por ejemplo, VITAE (2002) o Universidad de Concepción–CONAMA (2005)— no se preguntó en la encuesta por el consumo de desechos. En otros estudios no fue posible discernir si se incluye o no. En la encuesta de Chillán INFOR-CONAMA (2005a) se preguntó además por el consumo de carbón vegetal. En este caso, la información que se presenta en el Cuadro 2.2 excluye el consumo de este combustible.

Finalmente, para facilitar la comparación de la información se presenta una columna donde se expresan los consumos promedio en m<sup>3</sup> sólidos. Para hacer la conversión de aquellas cifras expresadas en otras unidades se utilizaron los siguientes supuestos y parámetros:

- Un parámetro de 0,64 m<sup>3</sup> sólidos por m<sup>3</sup> estéreo. Este parámetro es menor al 0,67 estimado por DECON-CNE (2004), pero mayor al 0,60 utilizado en algunos estudios, como VITAE (2001) y Lobos (2001), entre otros.

---

<sup>12</sup> En algunos estudios se reporta el consumo por vivienda y en otros se reporta consumo por hogar. Como en todos los estudios se entiende que una encuesta corresponde a un hogar o a una vivienda, aquí se asume que ambos términos son sinónimos para el cálculo del consumo.

- Un parámetro de 0,7 toneladas por m<sup>3</sup> sólido.
- Para aquellas observaciones donde no se pudo determinar si la medida era m<sup>3</sup> estéreo o sólido, o si el consumo correspondía al promedio por vivienda o el promedio entre las viviendas que consumía, se optó por excluir estos estudios de la última columna del cuadro 2.11.<sup>13</sup>

La Figura 2.1 grafica la última columna del Cuadro 8. Se puede observar que existe una tendencia creciente en el consumo promedio por vivienda mientras más al sur se habita. En las regiones V y RM el consumo no supera el m<sup>3</sup> sólido por año. Para la VI región el estudio de INFOR-CONAMA (2005b) entrega una estimación de 2,2 m<sup>3</sup> por año, para la ciudad de Rancagua.<sup>14</sup>

En la VIII Región, tres estudios estiman un consumo promedio entre 2,5 y 4,7 m<sup>3</sup> sólidos por año entre las viviendas que consumen madera. El menor consumo se da en Concepción y el mayor en Chillán, mientras que Lota tendría un consumo intermedio.

Para la IX Región también hay bastante coincidencia entre los consumos estimados por los distintos estudios. Todos estiman un consumo promedio entre 5 y 6,6 m<sup>3</sup> por vivienda para la ciudad de Temuco. El promedio entre estos estudios da 5,8 m<sup>3</sup> por año. Si se omite el estudio de VITAE (2002), el consumo promedio en Temuco sería de 6,3 m<sup>3</sup> por año. Para la ciudad de Villarrica el consumo estimado es mayor que en Temuco, de 9,4 m<sup>3</sup> por vivienda por año. Este resultado es consistente con el hecho de que, para una misma región, los consumos por vivienda tienden a ser mayores en ciudades menores en comparación con ciudades más grandes.

---

<sup>13</sup> Una revisión de los tres estudios donde no se pudo establecer la unidad de medida mostró, además, que las estimaciones de consumo de leña contenidos en cada documento no eran internamente consistentes.

<sup>14</sup> El valor de 0,5 m<sup>3</sup> del estudio de INGENER (1997) para la VII Región no se debe tomar mucho en cuenta ya que no está claro si esta cifra es el promedio entre todos los hogares (viviendas) o entre los que consumen solamente. Si esta cifra fuese el promedio entre todos los hogares, sería consistente con la información de Rancagua ya que la proporción de hogares que consume leña es alrededor de un 25%, al menos en la VI Región.

**Cuadro 2.12: Resumen de estudio de consumo de leña en Chile, sector residencial urbano, incluye consumo derivados**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ámbito geográfico	Sector	Porcentaje que consume	Consumo Anual				Consumo (m3 sólidos)
								Total	Unidad	cons/viv	Unidad	
V	INFOR-CNE (1994)	6	1992	299	V región	Urbano	24,0%	56.825	ton.	0,8	c ton.	1,0
RM	INTEC-CNE (1992)	3	1990/1991	1520	Gran Santiago	Urbano	19,4%	104.100	ton.	0,8	c ton.	1,0
VI	INFOR-CONAMA (2005b)	53	2004	305	Ciudad de Rancagua	Urbano	24,7%	22.616	m3 sólidos	2,2	c m3 sólidos	2,2
VII	INGENER (1997)	19	1995	170	VII Región	Urbano				0,8	? m3 (?)	
VIII	CENER S.A. (1997)	15	1995	n.d.	VIII Región	Urbano				4,9	? m3 (?)	
VIII	Spil Ltda. (1997)	17	n.d.	400	Comuna de Lota	Urbano	71,5%	5.797.716	astillas	1080	t astillas	3,0
VIII	INFOR-CONAMA (2005a)	52	2004	305	Ciudad de Chillán	Urbano	60,9%	106.604	m3 sólidos	4,7	c m3 sólidos	4,7
VIII	U. de Concepción-CONAMA (2005)	54	2004	2070	Gran Concepción	Urbano	48,3%	935.078	m3 estéreos	4,0	c m3 estéreos	2,5
IX	INFOR-CNE (1994)	6	1992	195	IX Región	Urbano	93,2%	276.558	ton.	4,3	c ton.	5,9
IX	Lobos (2001)	27	2000	70	Ciudad de Temuco	Urbano	87,0%	369.463	m3 estéreos	10,3	c m3 estéreos	6,6
IX	Vitae (2002)	31	2001	604	Ciudad de Temuco/Padres Las casas	Urbano	68,0%	329.439	m3 estéreos	7,7	c m3 estéreos	4,9
IX	U. de Concepción (2002)	32	2002	925	Ciudad de Temuco/Padres Las casas	Urbano	68,9%	566.712	m3 estéreos	9,4	c m3 estéreos	6,0
IX	Jaramillo	57	2004	217	Ciudad de Villarrica	Urbano	97,0%	86.400	m3 estéreos	14,7	c m3 estéreos	9,4

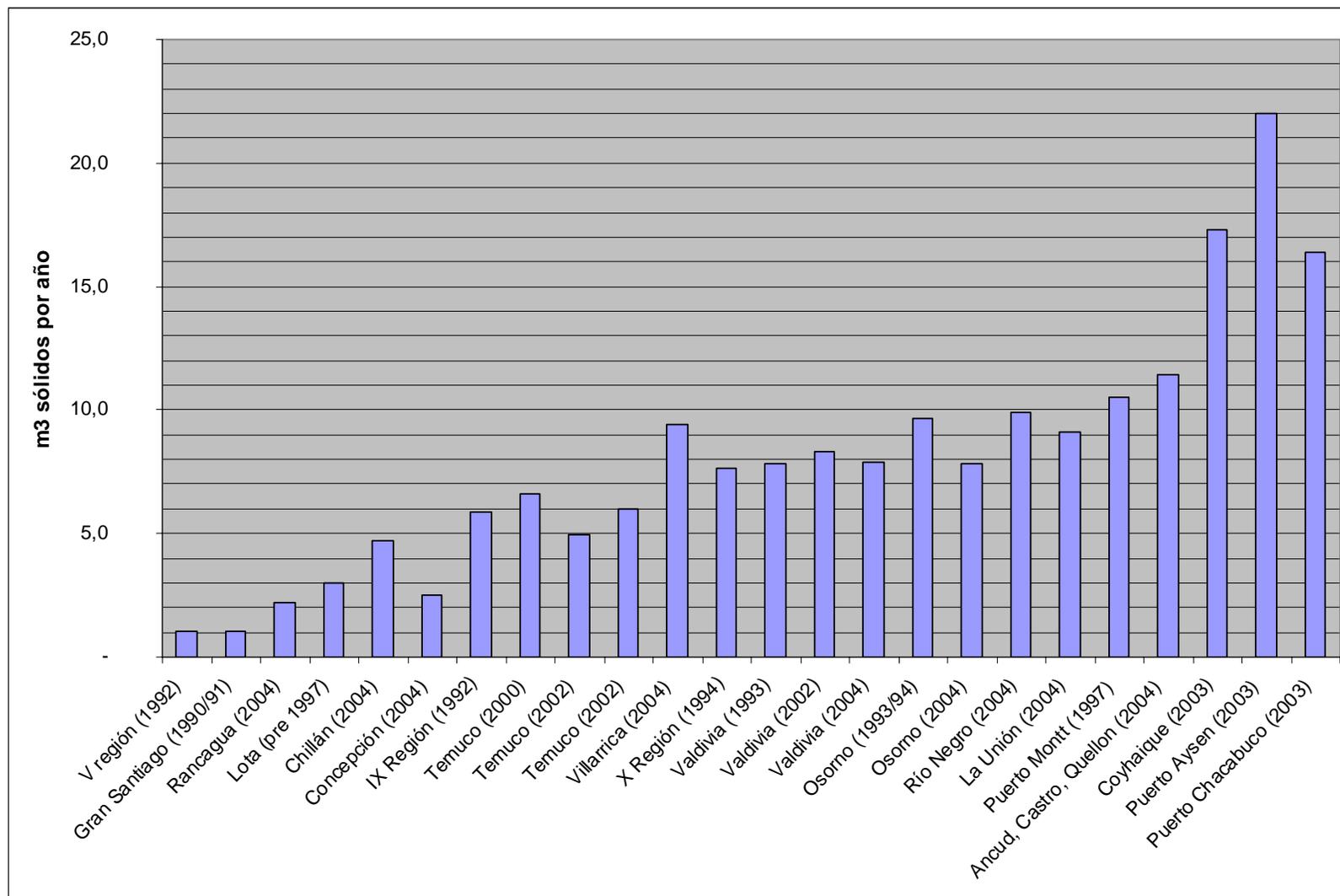
*Notas:* La columna ‘cons/viv’ se refiere a los consumos por vivienda. Una letra ‘c’ después de esta variable indica que el consumo se refiere sólo al promedio entre las viviendas que consumen, no entre todas las viviendas. Un signo de interrogación significa que no fue posible determinar si el consumo promedio es entre todas las vivienda o entre las que consumen. Un signo de interrogación en la unidad de medida implica que no se pudo determinar si la medida era m<sup>3</sup> sólido o estéreo. Los datos de consume total de INFOR-CONAMA (2005b) para la ciudad de Rancagua no incluyen el consumo de briquetas. El dato de consumo medio sí lo incluye aunque no hace una diferencia sino en el segundo decimal del consumo medio. Los datos de consumo total y medio del estudio INFOR-CONAMA (2005a) para la ciudad de Chillán no incluyen el consumo de carbón vegetal, pero la tasa de penetración sí incluye a los consumidores de carbón vegetal. Si se eliminan los que consumen exclusivamente este combustible de madera la tasa de penetración disminuye a 54% aproximadamente.

**Cuadro 2.12: (continuación)**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ámbito geográfico	Sector	Porcentaje que consume	Consumo Anual			Consumo (m <sup>3</sup> sólidos)	
								Total	Unidad	cons/viv		Unidad
X	INFOR-CNE (1994)	6	1992	238	X Región	Urbano	99,2%	475.138	ton.	5,66	c ton.	7,6
X	INGENER (1997)	18	1995	121	X Región	Urbano				17,64	? m3 (?)	
X	Murúa, et al. (1993)	4	1991	679	Ciudad de Valdivia	Urbano	76,0%	300.000	m3 estéreos	12,2	c m3 estéreos	7,8
X	Reyes y Frene (2002)	35	2002	600	Ciudad de Valdivia	Urbano	84,0%	330.000	m3 estéreos	13,0	c m3 estéreos	8,3
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	553	Ciudad de Valdivia	Urbano	80,5%	210.238	m3 sólidos	7,9	c m3 sólidos	7,9
X	Saez (1994)	5	1993/94	836	Ciudad de Osorno	Urbano	93,4%			15,1	c m3 estéreos	9,7
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	560	Ciudad de Osorno	Urbano	88,8%	242.916	m3 sólidos	7,8	c m3 sólidos	7,8
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	151	Ciudad de Río Negro	Urbano	98,8%	17.361	m3 sólidos	9,9	c m3 sólidos	9,9
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	145	Ciudad de La Unión	Urbano	95,5%	57.795	m3 sólidos	9,1	c m3 sólidos	9,1
X	Reyes (2000)	23	1997		Montt	Urbano	84,8%	245.115	m3 sólidos	10,52	c m3 sólidos	10,5
X	Siemund (2004)	49	2003/2004	999	Ancud, Castro, Quellon	Urbano	96,0%	314.739	m3 estéreos	17,9	c m3 estéreos	11,5
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003	380	Ciudad de Coyhaique	Urbano	98,2%	201.232	m3 sólidos	17,3	c m3 sólidos	17,3
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003	180	Ciudad de Puerto Aysen	Urbano	94,4%	92.075	m3 sólidos	22,0	c m3 sólidos	22,0
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003	30	Ciudad de Pto. Chacabuco	Urbano	93,3%	5.354	m3 sólidos	16,4	c m3 sólidos	16,4

*Notas:* La columna 'cons/viv' se refiere a los consumos por vivienda. Una letra 'c' después de esta variable indica que el consumo se refiere sólo al promedio entre las viviendas que consumen, no entre todas las viviendas. Un signo de interrogación significa que no fue posible determinar si el consumo promedio es entre todas las vivienda o entre las que consumen. Un signo de interrogación en la unidad de medida implica que no se pudo determinar si la medida era m<sup>3</sup> sólido o estéreo.

**Figura 2.1: Consumo promedio de leña por vivienda u hogar entre aquellos que consumen leña, m<sup>3</sup> sólidos por año**



La X Región es la que concentra la mayor cantidad de estudios. Se puede observar que los consumos promedio en esa región son más altos que en la IX. Existe bastante coincidencia entre los tres estudios del consumo promedio (de un hogar consumidor) para la ciudad de Valdivia, desde  $7,8 \text{ m}^3$  a  $8,3 \text{ m}^3$  por año y con un promedio de  $8,0 \text{ m}^3$ . Los dos estudios para la ciudad de Osorno entregan resultados dispares, pero el más reciente indica un consumo promedio muy similar al de Valdivia. Para las ciudades de La Unión y Río Negro los consumos promedio son superiores, de  $9,1$  y  $9,9 \text{ m}^3$  por año, respectivamente. Estos resultados muestran que, al igual que el caso de Villarrica, el consumo de leña es mayor en las ciudades más pequeñas dentro de cada región.

Es interesante notar también que los consumos promedio tienden a aumentar hacia el sur de la región. La estimación para la ciudad de Puerto Montt es de  $10,5 \text{ m}^3$ , mientras que en Chiloé el consumo promedio sería de  $11,5 \text{ m}^3$  por año. Estas cifras son consistentes con un gradiente de aumento del consumo hacia las ciudades del sur de la región.

Para la XI Región, los consumos promedio son más altos, consistentes con la mayor disponibilidad y menores temperaturas de esa región. El consumo promedio en Coyhaique es de  $17,3 \text{ m}^3$  por año, mientras que en Aysén es de  $22,0 \text{ m}^3$  por año. El caso de Puerto Chacabuco es algo anómalo, en el sentido de que rompe el patrón de observar consumos más altos en ciudades menores dentro de cada región. Esta diferencia puede deberse a características especiales de Puerto Chacabuco o a un error muestral debido al tamaño de la muestra.

### **2.2.2. Consumo residencial rural**

Existe mucho menos información sobre el consumo en zonas rurales. El Cuadro 2.13 resume los pocos estudios realizados a la fecha. De este cuadro se puede observar que no existe información actualizada sobre el consumo de leña en el sector residencial rural. El último estudio es del año 1995. A pesar de lo anterior, de las cifras se puede observar que el consumo rural es bastante superior al consumo urbano. En las regiones V y VIII, el consumo promedio rural para los que consumen leña o sus derivados es 5 a 6 veces superior

al consumo urbano. En la VI región el consumo promedio rural es 26 veces superior al urbano. En las regiones IX y X, el consumo promedio rural es 61% y 49% superior al urbano.

**Cuadro 2.13: Resumen de estudio de consumo de leña en Chile, sector residencial rural, incluye consumo de derivados**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ámbito geográfico	Sector	Porcentaje que consume	Consumo Anual				Consumo (m <sup>3</sup> sólidos)
								Total	Unidad	Por viv	Unidad	
V	INFOR-CNE (1994)	6	1992	64	V Región	Rural	93,8%	277.400	ton.	4,11	ton.	5,6
VII	INGENER (1997)	19	1995	40	VII Región	Rural				20,9	m <sup>3</sup> (?)	
VIII	CENER Consultores S.A. (1997)	15	1995		VIII Región	Rural				25,1	m <sup>3</sup> (?)	
IX	INFOR-CNE (1994)	6	1992	216	IX Región	Rural	100,0%	555.600	ton.	6,99	ton.	9,4
X	INFOR-CNE (1994)	6	1992	276	X Región	Rural	100,0%	797.600	ton.	8,42	ton.	11,4

*Notas:* La columna 'cons/viv' se refiere a los consumos por vivienda. Una letra 'c' después de esta variable indica que el consumo se refiere sólo al promedio entre las viviendas que consumen, no entre todas las viviendas. Un signo de interrogación significa que no fue posible determinar si el consumo promedio es entre todas las vivienda o entre las que consumen. Un signo de interrogación en la unidad de medida implica que no se pudo determinar si la medida era m<sup>3</sup> sólido o estéreo.

### **2.2.3. Sector grandes consumidores**

El sector de grandes consumidores incluye los sectores comercial, industrial, y público o institucional. Hay diversos estudios que han estimado el consumo de este sector. A diferencia del caso residencial, no tiene sentido presentar una estimación de consumo por establecimiento, ya que éstos difieren mucho entre sub-sectores dentro de la categoría de grandes consumidores. Además, a diferencia de las estimaciones para el sector residencial —donde en cada caso se aplicaron encuestas bien estructuradas— en el caso de grandes consumidores tanto el diseño muestral como las encuestas son menos rigurosas, aplicándose en algunos estudios simplemente entrevistas a algunos establecimientos sin un diseño muestral riguroso. Por lo tanto, las estimaciones para este sector son menos confiables que para el caso residencial ya que no siempre se aplicó una metodología estadística adecuada, lo cual hace cuestionable la expansión de los consumos de estos estudios al sector en general.

El Cuadro 2.14 muestra el resumen de los estudios realizados hasta la fecha. Se adoptaron los mismos criterios que en el caso residencial para transformar los consumos a una unidad común.

**Cuadro 2.14: Resumen de estudio de consumo de leña en Chile, sector grandes consumidores, incluye derivados**

Region	Estudio	Ref.	Año de la muestra	Número de encuestas	Ámbito geográfico	Sector	Consumo Anual		Consumo (m3 sólidos)
							Total	Unidad	
V	INFOR-CNE (1994)	6	1992	80	V región	Grandes consumidores	167.600	ton.	124.024
RM	INTEC-CNE (1992)	3	1990/1991		Gran Santiago	Grandes consumidores	306.881	ton.	227.092
VI	INFOR-CONAMA (2005b)	53	2004	11	Ciudad de Rancagua	Grandes consumidores	4.502	m <sup>3</sup> sólidos	4.502
VII	INGENER (1997)	19	1995		VII Región	Grandes consumidores	311.662	m <sup>3</sup> (?)	
VIII	CENER Consultores S.A. (1997)	15	1995		VIII Región	Grandes consumidores	4.484	m <sup>3</sup> (?)	
VIII	INFOR-CONAMA (2005a)	52	2004	50	Ciudad de Chillán	Grandes consumidores	28.174	m <sup>3</sup> sólidos	28.174
IX	ENERGER (1996)	13	1993 y 1995		IX Región	Grandes consumidores	887.861	m <sup>3</sup> (?)	
IX	INFOR-CNE (1994)	6	1992	85	IX Región	Grandes consumidores	283.900	ton.	210.086
X	INFOR-CNE (1994)	6	1992	144	X Región	Grandes consumidores	1.015.600	ton.	751.544
X	INGENER (1997)	18	1995		X Región	Grandes consumidores	133.289	m <sup>3</sup> (?)	
X	DECON-CNE (2005)	51	2004	560	Ciudad de Valdivia, Osorno, Río Negro y La Unión	Grandes consumidores	81.802	m <sup>3</sup> sólidos	81.802
X	Reyes (2000)	23	1997		Ciudad de Puerto Montt	Grandes consumidores	8.851	m <sup>3</sup> sólidos	8.851
X	Siemund (2004)	49	2003/2004		Ancud, Castro, Quellon	Grandes consumidores	26.146	m <sup>3</sup> estéreos	16.733
XI	INFOR-CNE (2004b)	46	2003		Ciudad de Coyhaique, Puerto Aysen y Chacabuco	Grandes consumidores	74.933	m <sup>3</sup> sólidos	74.933

#### **2.2.4. Resumen crítico de los estudios de consumo**

Sobre la base de los estudios anteriores, se puede concluir que existe bastante consistencia entre los estudios para el caso del consumo residencial urbano. Los principales patrones encontrados son los siguientes:

- La proporción de hogares que consume leña aumenta a medida que pertenecen a zonas más australes. También hay diferencias entre ciudades grandes y pequeñas dentro de una misma región. Por ejemplo, entre Temuco y Villarrica o Valdivia y La Unión. La penetración aumenta en ciudades menores en comparación a las principales ciudades de cada región.
- El consumo promedio entre aquellos hogares que consumen leña aumenta también mientras más al sur habita un hogar, siendo también superior en las ciudades menores que en las grandes ciudades.
- Existe una coincidencia general en cuanto a los consumos promedio entre los diversos estudios para una misma región.

En cuanto a las estimaciones del consumo residencial urbano, es probable que las encuestas realizadas durante la presente década sean más confiables que las anteriores. Esto se debe a que dichas encuestas se beneficiaron de la experiencia acumulada durante los años 90, tanto en el diseño de los cuestionarios como en la aplicación de las encuestas. Además, la información de las encuestas realizadas durante los años 90 puede estar desactualizada, debido a que es razonable esperar que los patrones de consumo de leña hayan cambiado durante los últimos 5 a 10 años. De hecho, la información de los Censos de 1992 y 2002, presentada al comienzo de este capítulo, sugiere una clara disminución en el uso de leña a nivel residencial en el país.

Por lo tanto, las nuevas proyecciones del consumo de leña a nivel regional y nacional que se presentan en el próximo capítulo utilizan la información de las encuestas al sector residencial urbano más recientes.

La información disponible sobre el consumo en zonas rurales es bastante más precaria y sería altamente recomendable generar información actualizada del consumo de este sector. Se debería considerar la realización de una encuesta específica para el sector rural. En las proyecciones del siguiente capítulo se utilizaron ciertos supuestos y la información de las encuestas pasadas. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que las proyecciones para el sector rural que se presentan más adelante son menos confiables que para el sector residencial urbano.

En cuanto al sector de grandes consumidores, la información disponible no es óptima. Existen varios estudios, pero en general no han sido realizados con el mismo rigor técnico que en el caso del sector residencial, especialmente en cuanto al diseño muestral. Por lo mismo, en las proyecciones de consumo para este sector que se realizan en el siguiente capítulo se utiliza información de otras fuentes, al menos para el sector industrial.

### 3. Estimación y Proyección del Consumo de Leña en Chile

#### 3.1. Estimación y Proyección del Consumo de Leña Residencial a nivel comunal y regional

Para estimar y proyectar el consumo de leña residencial a nivel comunal y regional se siguió una estrategia que agrupa regiones según tengan disponibles o no encuestas de consumo de leña residencial realizadas en algunas de sus comunas, como se detalla a continuación. Cabe notar que para proyectar el consumo del sector residencial, se *excluyó el consumo de desechos industriales*, al menos para los datos de aquellas encuestas donde es posible identificar claramente este consumo.<sup>15</sup> Esto debido a que más adelante se agrega una estimación global del consumo de desechos industriales de madera utilizados como energéticos en Chile, tanto para el sector industrial como residencial. De haber incluido los consumos de desechos industriales en la proyección del consumo residencial se estaría incurriendo en una doble contabilidad.<sup>16</sup> Tampoco se incluye el consumo de carbón vegetal ni briquetas.

##### 3.1.1. Regiones con encuestas de consumo residencial: VI, VIII, IX, X, y XI

###### 3.1.1.1. Encuestas disponibles

En aquellas regiones donde están disponibles encuestas sobre el consumo de leña a nivel de hogares en algunas de sus comunas (regiones VI, VIII, IX, X y XI) se estimó una **relación** de demanda del consumo de leña en metros cúbicos sólidos, asociando dicho consumo con algunas variables socioeconómicas de los hogares encuestados, cuya disponibilidad varía de una encuesta a otra debido al distinto formato de éstas. En el Cuadro 3.1 se resume a breves rasgos las encuestas disponibles por Región.

---

<sup>15</sup> Sí se incluyen los desechos forestales cuando la encuesta registra estos valores.

<sup>16</sup> Además, en la base de datos disponible para la XI Región no contiene la información del consumo de desechos en m3.

En el Anexo 2 se detalla las variables socioeconómicas de los hogares utilizadas en la estimación realizada para cada encuesta. No se incluye el nivel de ingreso en cada modelo, salvo para la relación de demanda de la IX y X Región, donde sí se dispone de esta información.<sup>17</sup>

**Cuadro 3.1: Resumen de encuestas disponibles por Región**

Región	Comuna(s) donde se levantó muestra de encuesta (urbanas)	Tamaño de la muestra	¿Contiene la base de datos un factor de expansión comunal?
VI	Rancagua	305	No
VIII <sup>(a)</sup>	1) Chillán	1) 305 (245) <sup>(b)</sup>	1) No
	2) Concepción, Talcahuano, Penco, Tomé, Hualqui, Lota, Coronel, San Pedro y Chiguayante.	2) 2030 (2010) <sup>(c)</sup>	2) No
IX	Temuco	550	Sí
X	Valdivia, Osorno, La Unión, Río Negro	1409	Sí
XI	Coyhaique, Puerto Aysén (Puerto Chacabuco) <sup>(d)</sup>	590	No

Fuente: INFOR-CNE (2004b), INFOR-CONAMA (2005a), INFOR-CONAMA (2005b), DECON-CNE (2005), Universidad de Concepción-CONAMA (2005), VITAE (2002). Notas: <sup>(a)</sup> En la VIII Región se tiene dos encuestas, la primera se utiliza para proyectar el consumo de leña en la provincia de Ñuble y la segunda para el resto de la región. <sup>(b)</sup> Aunque la base originalmente tiene 305 encuestas, solamente son utilizables 245 encuestas de consumidores de leña en la estimación dado que no se dispone de información socioeconómica para los no consumidores de leña. <sup>(c)</sup> Aunque originalmente la base tiene 2030 encuestas, solamente 1954 fueron utilizadas en la estimación debido a que no se dispone del factor de conversión de algunas unidades de consumo de leña (metro de chocos, camión  $\frac{3}{4}$ , camioneta, camioneta corta y kilogramo) a su equivalente en astillas en el informe. <sup>(d)</sup> Aunque en encuestan por separado 30 hogares para Puerto Chacabuco, políticamente pertenecen a la comuna de Puerto Aysén.

Con las encuestas realizadas en Rancagua y Chillán, que no poseen factores de expansión, hay que tener mucho cuidado en su manejo. Esto se debe a la manera en que el muestreo de la encuesta fue realizado en estas comunas. Previamente a la recolección de la encuesta de consumo de leña completa, se realizó en dichas comunas una pre-encuesta a varios hogares en la cual se preguntaba sólo si en éste se consumía o no leña. En Rancagua, el 24,7% de los hogares declararon consumir leña. En Chillán dicha cifra se ubicó en el 60,9%.

<sup>17</sup> Como la encuesta para la X Región fue levantada en el año 2004 y la proyección se realiza con la encuesta CASEN 2003, se ajustó la variable ingreso de la encuesta (los límites de los intervalos de categorías de ingreso) a valores de 2003 mediante el IPC promedio anual publicado por el Banco Central de Chile.

Posteriormente en Rancagua se entrevistó al azar 216 hogares consumidores de leña y 89 hogares no consumidores.<sup>18</sup> En Chillán se entrevistó al azar 205 hogares consumidores y 100 hogares no consumidores.<sup>19</sup> Por lo tanto, la proporción de consumidores y no consumidores en la muestra no es representativa de la proporción real en las comunas, siendo que los consumidores están sobre-representados en ambas encuestas. Debido a lo anterior, utilizar directamente estas encuestas para hacer inferencias sobre el total de la población es incorrecto, ya que los resultados estarán sesgados.

Para la encuesta de Rancagua se puede hacer una corrección a la muestra, generando una variable de expansión de tal manera que cada hogar no consumidor en la encuesta represente a un número mayor de hogares no consumidores en el universo. En particular se puede elaborar una variable de expansión que pondere con un uno a las variables asociadas a los consumidores de leña, y pondere con un 7,4 a las variables asociadas a los no consumidores de leña.<sup>20</sup> Esta variable de expansión puede utilizarse para calcular estadísticos insesgados que representen a la población de Rancagua, y para estimar la relación de demanda.

Para Chillán se puede realizar el mismo ejercicio. El equivalente al caso anterior hubiera sido ponderar con 1,32 las variables asociadas a los hogares encuestados no consumidores de leña.<sup>21</sup> Lamentablemente la variable de expansión no puede utilizarse en la estimación de la relación de demanda para esta encuesta debido a que la base de datos disponible no registra la información socio-económica de los no consumidores.

Como se indicó inicialmente, para estimar la relación de demanda no se incluye dentro de la variable a ser explicada (consumo de leña) el consumo de desechos industriales, al

---

<sup>18</sup> Alguno de los hogares que aquí se clasifican como no consumidores, sí consumen desechos o briquetas.

<sup>19</sup> Alguno de los hogares no consumidores de leña sí consumían desechos industriales o carbón vegetal.

<sup>20</sup> Dicho valor se obtuvo de la siguiente manera. Como la proporción de consumidores de leña en Rancagua, según el respectivo informe, es de 24,7% y la muestra de consumidores tiene 216 individuos, aproximadamente, para obtener dicha proporción se necesitaría haber entrevistado a 875 hogares, de los cuales 659 serían no consumidores. Como en la muestra sólo hay 89 no consumidores, cada uno de ellos debe representar a  $659/89 = 7.4$  hogares.

<sup>21</sup> Como la proporción de consumidores de leña en Chillán, según el respectivo informe, es de 60,9%, se hubiera necesitado entrevistar aproximadamente a 337 hogares en total para respetar la proporción observada de no consumidores.

menos en las encuestas donde este consumo está claramente identificado. En el siguiente cuadro se entrega la información relativa al consumo por hogar de leña y desechos industriales en cada una de las encuestas. También se entrega el porcentaje del consumo de leña que representa el consumo de desechos industriales en cada comuna. Este parámetro sirve como indicador de la posible subestimación del consumo residencial como consecuencia de excluir los desechos industriales.

**Cuadro 3.2: Resumen de consumo agregado de leña y desechos industriales según cada encuesta, por Región y comuna**

Región	Comuna	Consumo de leña (m <sup>3</sup> sólidos)	Consumo de desechos industriales (m <sup>3</sup> sólidos)	Consumo desechos sobre consumo de leña
VI	Rancagua	20.035	2.581	12,9%
VIII	Chillán	96.778	9.826	10,2%
VIII	Concepción	No se preguntó explícitamente por consumo de desechos industriales		
IX	Temuco	No se preguntó explícitamente por consumo de desechos industriales		
X	Valdivia	207.719	2.520	1,2%
	Osorno	241.964	952	0,3%
	La Unión	52.448	5.347	10,2%
	Río Negro	16.269	1.092	6,7%
XI	Coyhaique	191.936	9.296	4,8%
	Puerto Aysén	92.075	0	0%
	Puerto Chacabuco	5.354	0	0%

Fuente: INFOR-CNE (2004b), INFOR-CONAMA (2005a), INFOR-CONAMA (2005b), DECON-CNE (2005), Universidad de Concepción-CONAMA (2005), VITAE (2002). Los datos de Chillán no incluyen consumo de carbón vegetal.

### 3.1.1.2. Método de estimación de la relación de demanda

La relación de demanda a estimar en cada encuesta tiene la siguiente estructura:

$$y_i = x_i' \beta + u_i$$

donde  $y_i$  corresponde al consumo total de leña, en metros cúbicos sólidos anuales, del hogar  $i$ ,  $x_i$  corresponde al vector de variables socioeconómicas del hogar  $i$ ,  $\beta$  corresponde al vector de parámetros de la relación lineal de demanda a estimar, y  $u_i$  corresponde a un error

aleatorio de estimación.

Dado que el consumo de algunos hogares es cero (no consumen leña) el modelo estimado debe tomar en cuenta que la variable dependiente está censurada en cero. Es decir:

$$y_i = x_i' \beta + u_i \quad \text{dado que } y_i \geq 0$$

Pero para un hogar que no consume leña entonces tiene que ser cierto que:

$$0 \geq x_i' \beta + u_i$$

ó

$$u_i \leq -x_i' \beta$$

Esta estructura corresponde a un modelo denominado Tobit, que permite estimar relaciones cuando la variable dependiente continua (consumo de leña) está censurada (en cero) permitiendo utilizar en la estimación de los parámetros tanto la observaciones que tienen consumo positivo como cero de leña.<sup>22</sup> El modelo Tobit asume que cada observación de la encuesta se distribuye de acuerdo a la siguiente función de distribución:

$$(1 - \Phi(x_i' \beta))^{I(y_i=0)} \phi(x_i' \beta)^{I(y_i>0)}$$

donde  $\Phi$  corresponde a la función de probabilidad acumulada de una normal,  $\phi$  corresponde a la función de densidad de una normal, e  $I(.)$  corresponde a una función indicador que toma el valor de uno cuando se cumple la condición que se encuentra entre paréntesis y toma el valor de cero en caso contrario. El modelo Tobit se estima mediante máxima verosimilitud y permite la utilización de factores de expansión en la estimación, los cuales se utilizan en aquellas encuestas que tienen esta variable disponible (IX y X Región) o puede elaborarse (para los no consumidores de leña de la VI Región).

---

<sup>22</sup> Cuando la variable dependiente está censurada en algún valor, la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios produce estimadores sesgados e inconsistentes (Wooldrige, 2003).

**Cuadro 3.3: Resumen de las estimaciones realizadas para relación de demanda, por Región.**

Variables Estimadas	VI Región		VIII Región (Ñuble)		VIII Región (excepto Ñuble)		IX Región		X Región		XI Región	
	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value
No de hogares en vivienda	0,897	0,007	0,924	0,012	1,157	0,000	2,593	0,004	1,635	0,000	0,827	0,000
No de hogares en vivienda <sup>2</sup>	-0,082	0,012	-0,080	0,012	-0,057	0,047	-0,226	0,025	-0,140	0,000		
edad del jefe de hogar			0,175	0,053			0,109	0,000	0,033	0,002	0,151	0,000
edad del jefe de hogar <sup>2</sup>			-0,002	0,057								
si jefe de hogar no tiene educación formal					2,083	0,082						
si jefe de hogar tiene educ. basica inc.	-0,562	0,199	-1,677	0,001					-0,868	0,064		
si jefe de hogar tiene educ. basica comp.									-1,071	0,023		
si jefe de hogar tiene educ. media inc.					-1,581	0,007						
si jefe de hogar tiene educ. media comp.					-1,628	0,001						
si jefe de hogar tiene educ. media técnica inc.									-2,389	0,022		
si jefe de hogar tiene educ. media técnica comp.							1,791	0,106				
si jefe de hogar tiene educ. superior técnica inc.									-3,515	0,031		
si jefe de hogar tiene educ. superior técnica comp.									-0,990	0,145		
si jefe de hogar tiene educ. superior comp.									-1,955	0,000		
si jefe de hogar tiene educ. técnica (media/sup) inc.					-1,013	0,233						
si jefe de hogar tiene educ. media comp. / sup. tec. inc.	1,175	0,001	2,912	0,000								
si jefe de hogar tiene educ. superior inc. / sup. tec. comp.					-0,922	0,147						
si jefe de hogar tiene educ. superior comp. / postgrado					-0,939	0,189						
si jefe de hogar trabaja por cuenta propia											-4,092	0,188
si jefe de hogar trabaja como empleado del sector público									-0,794	0,165	3,375	0,118
Rango de ingreso familiar 2 *							1,484	0,076				
Rango de ingreso familiar 3 *							2,172	0,033	1,373	0,002		
Rango de ingreso familiar 4 *							4,381	0,001				
Rango de ingreso familiar 5 *							2,924	0,156	1,072	0,041		
Rango de ingreso familiar 6 *							2,530	0,220	1,510	0,016		
Rango de ingreso familiar 7 *							-4,524	0,124				
Rango de ingreso familiar 8 *									1,797	0,006		
Rango de ingreso familiar 9 *									1,562	0,022		

\* Rangos de ingresos varían entre encuestas. Ver Anexo 3.

**Cuadro 3.3: Resumen de las estimaciones realizadas para relación de demanda, por Región. (continuación)**

Variables Estimadas	VI Región		VIII Región (Ñuble)		VIII Región (excepto Ñuble)		IX Región		X Región		XI Región	
	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value	coef	p-value
si hogar tiene computador					1,265	0,003						
si hogar tiene tv cable					0,633	0,109						
si hogar tiene acceso a internet							1,319	0,250	-1,003	0,053		
si hogar tiene cámara de video			-4,764	0,115					-1,121	0,056		
si hogar tiene calefont			2,093	0,000	1,049	0,007						
si miembros de hogar tienen teléfono celular prepago							-1,114	0,146				
si miembros de hogar tienen teléfono celular contrato							-1,322	0,210				
si hogar vive en departamento					-14,191	0,000			-4,476	0,000		
si hogar posee sistema de alcantarillado					-1,053	0,265					4,923	0,050
si hogar posee luz eléctrica					-8,817	0,172						
Número de dormitorios exclusivos de la vivienda									0,504	0,002		
Número de comedores exclusivos de la vivienda									0,953	0,017		
Número de cocinas exclusivas de la vivienda									-0,480	0,180		
Número de baños exclusivos de la vivienda									1,291	0,000		
Número de otras habitaciones no habitables de la vivienda									1,082	0,000		
Si vivienda es arrendada					-1,783	0,001					22,008	0,000
Si vivienda es propia	0,449	0,178	1,102	0,084	-1,035	0,244			1,598	0,000	22,712	0,000
Si vivienda es cedida											23,657	0,000
Constante	-2,748	0,001	-4,577	0,074	5,204	0,423	-11,532	0,000	-3,699	0,000	-20,253	0,000
<b>Log - likelihood</b>	-584,29		-546,37		-3566,49		-1280,30		-4177,06		-2051,95	
<b>No de observaciones</b>	305		245		1954		550		1409		590	
<b>Comunas incluidas en las encuestas utilizadas</b>	Rancagua		Chillán		Gran Concepción		Temuco		Valdivia, Osorno Río Negro, La Unión		Aysén	

Con la finalidad de reducir la varianza de predicción, que depende de la varianza de los parámetros estimados, una vez que se estima la relación de demanda con todas las variables socioeconómicas posibles, se realiza un proceso iterativo de eliminación de variables no significativas. Este proceso empieza eliminando aquellas variables menos significativas hasta quedar solamente con aquellas variables significativas hasta en un 20% de significancia (excepto para las regiones VIII y IX, que tienen variables significativas hasta en un 30% de significancia), dadas las pocas observaciones que por lo general tenían las encuestas y para evitar eliminar alguna variable relevante. En el Anexo 3 se entregan los resultados de las estimaciones finales para cada encuesta. En el Cuadro 3.3 se presenta un resumen de estos resultados.

### 3.1.1.3. Método de Proyección del consumo de leña residencial para el año 2003

Una vez estimados los parámetros de la relación de demanda para cada encuesta, se realizaron proyecciones del consumo de leña para todos los hogares de la región (incluyendo las comunas de la encuesta original) utilizando la información socioeconómica de hogares presente en la encuesta CASEN 2003, modificándola para hacerla compatible con el formato de las variables socioeconómicas de la encuestas original. El consumo proyectado de cada hogar tiene una censura en cero, es decir, en caso de proyectarse un consumo negativo automáticamente se lo iguala a cero.

Por lo tanto, el consumo estimado para cada hogar  $i$  encuestado de la CASEN 2003 es:

$$\hat{y}_i = \begin{cases} 0 & \text{si } x_i' \hat{\beta} \leq 0 \\ x_i' \hat{\beta} & \text{si } x_i' \hat{\beta} > 0 \end{cases}$$

donde  $\hat{\beta}$  son los parámetros del modelo Tobit estimado con los datos de la encuesta. Naturalmente, el cada modelo fue estimado con un vector de variables  $x$  que también estuvieran en el cuestionario de la CASEN.

Posteriormente se estimó el consumo comunal a nivel urbano y rural utilizando la clasificación urbano/rural de los hogares y el factor de expansión comunal presente en la encuesta CASEN 2003. Hay que clarificar dos situaciones de interés al momento de obtener el consumo comunal proyectado utilizando la CASEN:

- a) Existen comunas en la CASEN que presentan encuestas sólo para el sector urbano o sólo para el sector rural, debido a que la muestra de hogares de la CASEN se construye en base a la información del Censo más reciente y no incluye el sector urbano o rural de alguna comuna con muy pocos hogares (lo cual refleja que la comuna es mayoritariamente de orden urbano o rural). Para estas comunas se estima que su consumo de leña para el sector donde no presentan encuestas es igual a cero.
  
- b) Existen comunas en algunas regiones de Chile donde la CASEN no es representativa, es decir, donde no se realiza levantamiento de encuesta alguna, tanto a nivel urbano como rural. Para estos casos se siguió una metodología de proyección diferente. En primer lugar, se obtuvo el porcentaje de bosques que tienen las comunas que están en la CASEN y las que no están, en una misma región, según los datos de gestión territorial disponibles en el Sistema Nacional de Indicadores Municipales (SINIM), cuya fuente son la CONAF y el INE. En segundo lugar, se eligieron una o dos comunas que sí estén presentes en CASEN, que no fueran muy pobladas y que tuvieran un porcentaje de bosques similar o no muy lejano al de las comunas que no están en CASEN. Se utilizó el consumo de leña proyectado por hogar de las comunas elegidas para proyectar el consumo de leña en las últimas, tanto a nivel urbano como rural. Se procedió de esta manera para controlar por el grado de disponibilidad de leña para consumo dentro de la comuna, especialmente para las zonas rurales. En el Cuadro 3.4 se presenta un resumen de las comunas de CASEN utilizadas para proyectar y las comunas proyectadas en este caso.

**Cuadro 3.4: Homologación de comunas no representadas con comunas presentes en encuesta CASEN 2003**

Región	Comuna en CASEN base	Comuna fuera de CASEN asociada	% de área con bosques	Hogares sector urbano	Hogares sector rural	
V	Casablanca	Isla de Pascua	37,1%	4.953	2.514	
V			28,7%	1.195	221	
V	El Quisco	Juan Fernandez	53,1%	12.289	361	
V			---	256	1	
VI	Rengo	Quinta de Tilcoco	6,7%	10.722	3.938	
VI			Codegua	6,2%	1.426	1.582
VI			Olivar	0,0%	2.092	1.194
VI			Malloa	5,2%	1.383	2.432
VI			Pichidegua	4,3%	1.534	3.814
VI			Peumo	7,8%	2.219	1.608
VI			Coinco	2,2%	1.147	706
VI			Placilla	7,9%	666	1.786
VI			Lolol	9,3%	709	1.254
VI			Palmilla	0,9%	595	2.334
VI			Peralillo	4,1%	1.881	1.203
VI			La Estrella	2,9%	666	726
VI			Chimbarongo	Paredones	17,9%	4.980
VI	Coltauco	20,8%			2.147	2.778
VI	Doñihue	23,6%			4.445	372
VI	Las Cabras	17,6%			2.360	5.435
VI	Pumanque	16,3%			0	1.107
VI	Navidad	16,9%			1.153	2.527
VI	Litueche	24,7%			825	1.255
VI	Marchigue	25,2%			741	1.528
VI	Paredones	38,7%			921	1.486
X	Hualaihue	Futaleufú	62,8%	646	1.907	
X			Palena	47,8%	487	366
X			55,4%	0	760	
XI	Coihaique	Tortel	38,1%	13.234	2.519	
XI			Chile Chico	19,4%	1.027	808
XI			Río Ibáñez	30,0%	0	1.272
XI			Cochrane	27,5%	787	373
XI			O'Higgins	16,4%	0	249
XI			31,8%	0	186	
XI	Puerto Aysén	Lago Verde	60,4%	5.422	1.104	
XI			Cisnes	56,6%	0	590
XI			74,6%	716	1.263	
XI			Guaitecas	75,7%	408	54
XII	Natales	Torres del Paine	21,7%	5.763	865	
XII			Río Verde	43,7%	0	260
XII			28,9%	0	197	
XII			Timaukel	32,8%	0	172
XII	Porvenir	Laguna Blanca	14,6%	1.377	523	
XII			San Gregorio	2,6%	0	266
XII			0,1%	0	592	
XII			Primavera	0,0%	0	458

Fuente: Sistema Integrado de Indicadores Municipales (SINIM), CONAF, INE.

Para la estimación del consumo rural se hizo un ajuste adicional puesto que las encuestas fueron todas realizadas a nivel urbano, y a nivel rural por lo general existe una mayor facilidad para la obtención de leña para consumo a un precio directo cercano cero (ya que es posible abastecerse por recolección directa, aunque debe existir un costo de oportunidad por recoger leña).

Por esta razón seguimos la siguiente estrategia de ajuste. En primer lugar utilizamos la información que aparece en la Tabla N° 3 del estudio INFOR-CNE (1994), de ahora en adelante INFOR 92, para ajustar las proyecciones de consumo de leña rural de tal manera que refleje el ratio de consumo urbano/rural dentro de una misma región en esta tabla. El siguiente cuadro reproduce esta información:

**Cuadro 3.5: Consumo de Leña y derivados en el sector residencial según Región, INFOR 92 (miles de toneladas)**

SECTOR	REGIONES									
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
URBANO	82,6	56,8	172,8	299,8	334,2	276,6	475,1	110,6	---	152,9
RURAL	207,1	277,4	552,5	608,9	505,8	555,6	797,6	39	13,5	36,9
TOTAL	289,7	334,2	725,3	908,7	840	832,2	1272,7	149,6	13,5	189,8
RATIO RURAL / URBANO	2,51	4,88	3,20	2,03	1,51	2,01	1,68	0,35	---	0,24

Sin embargo, como los ratios urbano/rural para cada Región pudieron haber tenido variaciones desde 1992 se utilizó la información disponible en los Censos de Población y Vivienda realizados en 1992 y 2002 para ajustarlos.

Utilizando la información de los Censos es posible ajustar el ratio de consumo de leña urbano/rural de INFOR 92 aplicándole la variación que ha sufrido el ratio de uso de leña o carbón como combustible para cocinar entre los sectores urbano y rural.<sup>23</sup> En el Cuadro 3.6 se expone el factor de ajuste aplicado al ratio de INFOR 92 y el ratio de consumo urbano/rural utilizado finalmente para proyectar el consumo a nivel rural en las regiones.

<sup>23</sup> La proporción de hogares que consumen carbón para cocinar, en el año 2002, es muy baja al compararla con los hogares que consumen leña (como se señaló en la introducción a nivel nacional de cada 51 hogares que consumen leña, sólo uno consume carbón), por lo que al agrupar estos dos combustibles se espera que la mayor variación entre estos años provenga del consumo de leña.

**Cuadro 3.6: Ratio Urbano/Rural de Consumo de Leña según Región, original de INFOR 92 y ajustado según Censos 1992 – 2002**

SECTOR	REGIONES									
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
RATIO RURAL / URBANO	2,51	4,88	3,20	2,03	1,51	2,01	1,68	0,35	---	0,24
FACTOR AJUSTE CENSO	0,72	0,69	0,92	1,53	1,32	1,10	0,98	0,82	0,88	0,32
RATIO RURAL / URBANO AJUST	1,81	3,38	2,93	3,11	2,00	2,22	1,65	0,29	---	0,08

*Nota:* ver Cuadros 2.2 y 2.4. El factor de ajuste se calculó como la razón rural/urbano de los que cocinan con leña o carbón en el censo de 2002 dividido por la misma razón en el año 1992. Un valor menor que uno indica que el uso relativo de leña entre el sector rural y urbano ha disminuido, mientras que un valor mayor a uno implica que ha aumentado.

Para mayor claridad del ajuste realizado, se presenta el siguiente desarrollo formal. El parámetro de interés final es el consumo rural total sobre el consumo urbano total para el año 2003, que luego se multiplica por el consumo urbano en cada región para obtener una estimación del consumo rural:

$$\frac{C_{03}^{rural}}{C_{03}^{urbano}}$$

Este parámetro se puede desagregar de la siguiente forma:

$$\frac{C_{03}^{rural}}{C_{03}^{urbano}} = \frac{CPC_{03}^{rural}}{CPC_{03}^{urbano}} \cdot \frac{PC_{03}^{rural}}{PC_{03}^{urbana}}$$

donde  $CPC_{03}$  es el consumo per cápita de los consumidores (urbanos o rurales) en el año 2003 y  $PC_{03}$  es la población (número de hogares) consumidora en el año 2003. El primer término del lado derecho de la última ecuación se asume que es igual entre el 2003 y 1992. O sea se asume que los consumos per cápita relativos de los hogares que consumen leña entre el sector urbano y rural no ha variado entre el año 1992 y el 2003:

$$\frac{C_{03}^{rural}}{C_{03}^{urbano}} = \frac{CPC_{92}^{rural}}{CPC_{92}^{urbano}} \cdot \frac{PC_{03}^{rural}}{PC_{03}^{urbana}}$$

Finalmente, es fácil descomponer el primer término nuevamente entre el consumo de leña y el número de hogares consumidores, de tal forma de obtener:

$$\frac{C_{03}^{rural}}{C_{03}^{urbano}} = \frac{C_{92}^{rural} / PC_{92}^{rural}}{C_{92}^{urbano} / PC_{92}^{urbano}} \cdot \frac{PC_{03}^{rural}}{PC_{03}^{urbano}} = \left( \frac{C_{92}^{rural}}{C_{92}^{urbano}} \right) \cdot \left( \frac{PC_{03}^{rural} / PC_{92}^{rural}}{PC_{03}^{urbano} / PC_{92}^{urbano}} \right).$$

Los dos términos después de la última igualdad de la ecuación anterior son los dos factores que se presentan en el Cuadro 3.6. el primero es la razón entre el consumo total urbano y rural según INFOR 92. El segundo término es la razón del cambio de la población consumidora entre el año 1992 y 2003 para el sector urbano y rural. Este último parámetro se aproxima con las diferencias en los hogares consumidores entre los censos de 1992 y 2002 de cada segmento. Vale la pena remarcar que el ajuste realizado controla por los cambios demográficos que se pueden haber producido entre el sector rural y urbano en el período intercensal.

Por último, en la Provincia de Ñuble de la VIII Región, en la cual se utilizó la encuesta disponible para la comuna de Chillán, se realizó un ajuste hacia abajo en el nivel de consumo proyectado. Esto es debido a que para esta encuesta no se dispone, hasta el momento de la elaboración de este informe, de información socioeconómica para los no consumidores de leña, por lo que los parámetros estimados en la relación de demanda, que incluye solamente a los consumidores, debieran estar sesgados a proyectar un mayor consumo de leña que el verdadero. A la proyección de cada comuna en esta provincia se la escaló multiplicándola por 0,609 que corresponde a la proporción de consumidores de leña estimada en la pre-encuesta, para corregirlas por el sesgo de selección.

El consumo regional se estima como la suma de los consumos comunales.

### 3.1.2. Regiones sin encuestas de consumo residencial presentes en INFOR 92: IV, V, VII, XII y Metropolitana

En aquellas regiones donde no hay disponibles encuestas sobre el consumo de leña a nivel de hogares para algunas comunas, pero de las cuales existe alguna información de consumo de leña en INFOR 92 (Regiones IV, V, VII, XII y Metropolitana), se procedió de la siguiente manera.

#### 3.1.2.1. Método de Proyección del consumo de leña residencial para el año 2003

Se utilizó como referencia los parámetros estimados de la relación de demanda para la VI Región (Rancagua) para proyectar el consumo de leña en las Regiones IV, V y Metropolitana. Se utilizó la relación de demanda estimada para la VIII Región, provincia de Ñuble (Chillán), para proyectar el consumo en la VII Región. Para proyectar el consumo en la XII Región se utilizó la relación de demanda estimada para la X Región (Valdivia, Osorno, La Unión, Río Negro). El criterio detrás de estas homologaciones fue la cercanía geográfica, para inferir de la mejor manera el comportamiento del consumo de los hogares en estas Regiones.<sup>24</sup> Con estas relaciones se proyectó el consumo de leña por hogar para dichas regiones en aquellas comunas presentes en CASEN 2003. En otras palabras se realizó la siguiente proyección:

$$\hat{y}_i = \begin{cases} 0 & \text{si } x_i' \hat{\beta} \leq 0 \\ x_i' \hat{\beta} & \text{si } x_i' \hat{\beta} > 0 \end{cases}$$

---

<sup>24</sup> Primeramente se probó con homologar todas estas regiones con la X Región, la cual presenta la mayor cantidad de variables socioeconómicas significativas en la relación de demanda estimada para algunas de sus comunas, además de que la encuesta levantada en esta región tiene un tamaño muestral grande (lo cual permite minimizar el error de predicción). El problema con este proceder es que es poco razonable suponer que un habitante de la X Región se comporte de manera similar a un habitante de la V Región o de la RM, por ejemplo. En principio, un habitante de la X Región, debido a la abundancia de leña en la Región (menor precio), debería consumir más leña que un individuo de las otras regiones pero con las mismas variables socioeconómicas. Debido a esto se optó por el criterio de cercanía geográfica. Al comparar las proyecciones que se obtenían de las dos metodologías, efectivamente la proyección de consumo que se obtenía utilizando solamente la X Región era mayor a la que se obtenía con el criterio de cercanía.

La única diferencia del caso anterior es que el vector  $\beta$  utilizado proviene de la relación de demanda estimada para la región de referencia donde sí había una encuesta disponible.

Luego se estimó el consumo comunal utilizando el factor de expansión comunal de la CASEN 2003. Para las comunas no presentes en CASEN se siguió el mismo procedimiento que en el caso de las regiones donde habían encuestas disponibles. En el sector rural también se reescaló la proyección aplicando el mismo procedimiento descrito en la sección anterior.

Adicionalmente, se realizó un nuevo ajuste al reescalar las proyecciones de consumo de leña para las regiones IV, V y Metropolitana, tanto a nivel urbano como rural, de tal manera que refleje el ratio de consumo urbano y rural entre éstas regiones y la VI región presente en la Tabla N° 3 de INFOR 92. Se hizo un ejercicio similar para la VII Región utilizando la VIII Región, y para la XII Región utilizando la X Región. Los factores utilizados para el sector urbano y rural de cada región se presentan a continuación en el Cuadro 3.7.

**Cuadro 3.7: Ratio de consumo Urbano y Rural para la proyección del consumo de leña en las Regiones IV, V, VII, XII y Metropolitana**

REGION	ratio urbano con VI Región	ratio rural con VI Región	ratio urbano con VIII Región	ratio rural con VIII Región	ratio urbano con X region	ratio rural con X region
IV	0,478	0,375	---	---	---	---
V	0,329	0,502	---	---	---	---
VII	---	---	0,897	1,204	---	---
XII	---	---	---	---	---	0,017
RM	0,885	0,067	---	---	---	---

Estos ratios indican, por ejemplo, que por cada 100 hogares que consumen leña en la VI Región a nivel urbano existían 48 de hogares a nivel urbano que consumen leña en la IV Región, en el año 1992. Como en el caso anterior, utilizamos la información sobre uso de leña como combustible para cocinar de los Censos de 1992 y 2002, para actualizar estos ratios, los cuales se presentan a continuación.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Otra alternativa metodológica podría haber sido utilizar directamente la información del CENSO 2002 para proyectar los consumos residenciales en estas regiones. Sin embargo, la metodología que finalmente se utilizó mantiene la consistencia con la forma como se proyectó el consumo de las zonas rurales.

**Cuadro 3.8: Ratio *ajustado* de consumo Urbano y Rural para la proyección de consumo de leña en las Regiones IV, V, VII, XII y Metropolitana**

REGION	ratio urbano con VI Región	ratio rural con VI Región	ratio urbano con VIII Región	ratio rural con VIII Región	ratio urbano con X region	ratio rural con X region
IV	0,591	0,364	---	---	---	---
V	0,308	0,355	---	---	---	---
VII	---	---	0,543	0,845	---	---
XII	---	---	---	---	---	0,012
RM	1,948	0,051	---	---	---	---

Una vez realizados los ajustes indicados, el consumo regional se proyecta como la suma de los consumos comunales.

Aunque bajo, es probable que el consumo estimado para la RM esté sesgado hacia arriba considerando que las restricciones ambientales aplicadas durante la última década han reducido el uso de leña de los hogares a nivel urbano. Sin embargo, no existen mayores antecedentes como para hacer un ajuste adicional al consumo estimado para esta región.

### **3.1.3. Regiones sin encuestas de consumo residencial y que no están presentes en INFOR 92: I, II y III**

No se realizaron estimaciones puntuales de consumo residencial para las regiones I, II y III debido a que no se tiene información alguna para realizar un ajuste como el anterior. Sin embargo, se puede tener una idea del máximo de consumo de leña en estas regiones. Como se puede observar en el Cuadro 3.9 de los resultados del Censo 2002, proporcionalmente son pocos los hogares que utilizan leña como combustible para cocinar en las Regiones I, II y III con respecto al resto de los sectores, tanto a nivel urbano como rural (sus proporciones son comparables con las Regiones IV y V).

**Cuadro 3.9: Porcentaje de Hogares en cada región que declaran utilizar leña como principal combustible para cocinar, Censo 2002.**

Región	No. de hogares	% hogares urbanos que consumen leña	% hogares rurales que consumen leña
I	111.873	1,14%	37,00%
II	124.107	0,77%	21,34%
III	68.684	1,17%	22,18%
IV	166.902	1,08%	23,73%
V	440.704	0,91%	11,18%
VI	214.249	3,07%	25,59%
VII	252.194	2,88%	29,23%
VIII	503.018	8,20%	62,31%
IX	238.315	33,23%	88,88%
X	295.914	51,84%	90,51%
XI	25.693	66,18%	91,64%
XII	43.216	1,68%	48,41%
RM	1.656.558	0,49%	6,29%

En el Cuadro 2.4 de la sección anterior se puede observar que el combustible más utilizado para cocinar es el gas (natural o licuado) con más del 95% de los hogares en estas regiones (la utilización del gas para cocinar en la IV Región bordea el 93% de los hogares). Esto se debe, en parte, a la dificultad de conseguir leña en estas regiones por la ausencia de grandes masas forestales.

Para el consumo promedio de las regiones I, II y III, se puede considerar como una cota máxima el consumo promedio estimado para la IV Región. El consumo promedio de la IV región se calculó como el consumo total proyectado para la región dividido por el número de hogares de la Región que aparece en el Censo 2002. Luego utilizando el número de hogares en la I, II y III Región según el Censo del 2002, se obtiene un límite máximo al consumo esperado de leña en estas regiones, como se presenta en el Cuadro 3.10.

**Cuadro 3.10: Límite superior para el consumo total de leña en hogares para las Regiones I, II y III (en m<sup>3</sup> sólidos por año)**

Región	No. de hogares	Consumo por hogar estimado	Límite superior
I	111.873	---	106.415
II	124.107	---	118.053
III	68.684	---	65.333
IV	166.902	0,95	---

Estos consumos proyectados, al ser cotas máximas no se incorporan en el cálculo del consumo total de leña para hogares a nivel nacional.

#### **3.1.4. Otro método de estimación analizado: temperatura promedio**

Se intentó estimar una ecuación para el consumo total de leña a nivel regional utilizando la información de INFOR 92 y la temperatura mínima o media por región en el año 93 (disponible en el INE por estación de monitoreo), con el fin de poder ajustar con mayor precisión las estimaciones regionales en función de las diferencias en temperatura. Sin embargo, dado el poco número de datos utilizables (9), el bajo ajuste del modelo y el hecho de que la variable de temperatura no fuera estadísticamente significativa, se prefirió descartar esta estrategia.

Otra alternativa que intentamos fue agregar todas las encuestas regionales en una encuesta única y estimar un solo modelo de consumo, incluyendo la temperatura promedio en invierno en cada comuna como variable explicativa. El problema con esta alternativa es que el modelo de consumo hubiera tenido que definirse en función de las variables comunes para todas las encuestas, lo cual es un conjunto mucho menor de variables que las utilizadas en cada uno de los modelos para las regiones VI, VIII, IX, X y XI. Por otro lado existe un conjunto finito de estaciones de monitoreo de temperatura (sólo 20 estaciones), por lo que en el mejor de los casos se hubiera podido obtener una sola observación por región. Además, utilizar un modelo agregado, si bien podría haber generado algo de información sobre cómo varía el consumo de leña con la temperatura promedio, tiene el inconveniente que asume que los parámetros relacionados con las otras variables explicativas son iguales para todas las regiones. Estimar un modelo por región es más flexible y permite que la relación entre el consumo de leña y las variables explicativas pueda ser distinta entre regiones.

### **3.1.5. Resultados de las proyecciones de consumo de leña a nivel residencial para el año 2003, por región y sector (urbano y rural)**

En el Cuadro 3.11 se reproduce el resultado de las proyecciones de leña por región y a nivel nacional, para el año 2003. Como se señaló al inicio de esta sección, el consumo de leña proyectado no incluye el consumo de desechos industriales. Como se puede observar, el mayor consumo de leña total proyectado para el 2003 se concentra en las Regiones VIII y X, que concentran el 54% del consumo proyectado, seguido de la Región VII, que concentra el 17% del consumo proyectado. A nivel urbano y rural se presenta una concentración similar del consumo de leña en estas regiones. A nivel urbano las 3 regiones concentran el 66% del consumo proyectado y a nivel rural concentran el 74%.

**Cuadro 3.11: Proyección de Consumo de leña residencial para el año 2003**  
(m<sup>3</sup> cúbicos sólidos)

REGION	URBANO	DESV EST	RURAL	DESV EST	TOTAL	DESV EST
I						
II						
III						
IV	24.735	1.344	134.025	3.672	158.760	3.910
V	13.356	444	55.775	2.656	69.131	2.693
VI	100.690	4.254	368.193	10.598	468.883	11.420
VII	433.309	9.509	1.303.929	25.558	1.737.238	27.270
VIII	798.465	23.305	1.542.549	53.312	2.341.014	58.183
IX	461.674	24.956	1.023.390	35.439	1.485.064	43.344
X	1.272.355	23.376	2.030.572	33.250	3.302.928	40.645
XI	356.234	9.689	103.045	2.870	459.280	10.105
XII	257.738	14.204	23.740	1.054	281.477	14.243
RM	82.470	1.650	7.663	384	90.133	1.694
Nacional	3.801.027	46.056	6.592.881	77.455	10.393.908	90.114

La metodología utilizada para calcular las desviaciones estándar del consumo residencial se discuten en el Anexo 4.

### **3.2. Estimación y Proyección del consumo de leña en el sector de Grandes Consumidores (Industrial, Comercial e Institucional), a nivel regional.**

Para efecto de este estudio se estima y proyecta por separado el consumo de leña del sector Industrial y de los sectores Comercial e Institucional.

El sector Industrial considera a aquellas industrias con una alta probabilidad de ser consumidoras y cuyo consumo individual de leña se puede categorizar como alto. También incluye aquellas empresas que dentro de su proceso productivo generan desechos de madera y, por tanto, potencialmente pueden utilizarlos como energía (INFOR 92). Generalmente a este grupo pertenecen aquellas empresas clasificadas dentro del código 3 (Industrias Manufactureras) de la clasificación CIIU, aunque también puede incluir otras actividades con alguna probabilidad de ser consumidoras de leña, como se indica en INFOR 92 (en este informe, por ejemplo, se consideraba a la producción agropecuaria, CIIU 11, electricidad, gas y vapor, CIIU 41, y explotación de minas y carbón, CIIU 20).

El sector Comercial e Institucional corresponde a aquellos establecimientos que por su naturaleza utilizan leña y/o derivados para calefacción, calentamiento de agua o producción de vapor y cuyos consumos pueden ser significativos (INFOR 92). Dentro de este grupo se incluye a las empresas clasificadas dentro del código 6 (Comercio al por mayor y al por menor de restaurantes y hoteles), código 7 (Transporte, almacenamiento y comunicaciones), código 8 (establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas) y código 9 (Servicios comunales, sociales y personales) de la clasificación CIIU.

A continuación se presenta la información del consumo de leña Residencial (urbano más rural) y de Grandes Consumidores (sector industrial y sectores comercial e institucional), que se presenta en el estudio del mercado de la leña realizado por INFOR 92.

**Cuadro 3.12: Consumo de leña y derivados a nivel Residencial y de Grandes Consumidores, según Región, INFOR 92 (miles de toneladas)**

Sector	REGIONES									
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	RM
<b>Residencial</b>	289,7	334,2	725,3	908,7	840,0	832,2	1.272,7	149,6	13,5	189,8
<b>Industrial</b>	11,2	115,0	78,2	53,0	1.837,0	246,2	841,2	45,9	1,9	281,2
<b>Comercial e Institucional</b>	---	52,6	2,6	5,9	23,8	37,7	174,4	6,7	---	25,7

Fuente: INFOR-CNE (1994).

Como se puede apreciar en este cuadro, el consumo de leña en el sector industrial en todas las regiones es superior al consumo de leña en los sectores comercial e institucional (no así con el sector residencial). El ratio consumo de leña industrial / consumo de leña comercial e institucional varía entre 2 (V Región) y 77 (VIII Región) entre regiones. Asimismo, en el sector residencial se consume más leña que en el sector comercial e institucional en todas las regiones (lo cual no es cierto entre el sector residencial e industrial). El ratio de consumo de leña residencial / consumo de leña comercial e institucional varía entre 6 (V Región) y 279 (VI Región) entre regiones.

Para obtener una idea de la situación actual de estos sectores, a continuación se resume la información disponible para este estudio en aquellas comunas en las cuales se realizaron encuestas tanto al sector Residencial como de Grandes Consumidores.

**Cuadro 3.13: Consumo de leña y derivados en el sector de Grandes Consumidores, encuestas disponibles**

<b>Comunas encuestadas</b>	Coyhaique, Puerto Aysén	Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro
<b>Región</b>	XI	X
<b>Año de realización encuesta</b>	2003	2004
<b>Consumo Industrial Total</b>	15.205 m <sup>3</sup> sólidos 10.526 Toneladas	22.075 m <sup>3</sup> sólidos
<b>Consumo Comercial e Institucional Total</b>	59.727 m <sup>3</sup> sólidos <sup>(1)</sup> 41.080 Toneladas	59.727 m <sup>3</sup> sólidos <sup>(1)</sup>
<b>Consumo Total Sector no residencial</b>	74.932 m <sup>3</sup> sólidos 51.616 Toneladas	81.802 m <sup>3</sup> sólidos
<b>Consumo Total Residencial</b>	298.661 m <sup>3</sup> sólidos 225.603 Toneladas	528.310 m <sup>3</sup> sólidos

*Nota:* <sup>(1)</sup> Se verificó que efectivamente, y por casualidad, el consumo comercial e industrial de ambas encuestas son iguales para esta categoría.

Como se puede apreciar en este cuadro, para las comunas encuestadas en las Regiones X y XI, el consumo del sector Industrial total es ahora menor al consumo de los sectores Comercial e Institucional.<sup>26</sup>

El cambio en el patrón de consumo entre los sectores de Grandes Consumidores observado entre 1992 y las encuestas más actuales puede deberse a un aumento en el consumo de leña en los sectores comercial e institucional, a una reducción en el consumo de leña en el sector industrial, o a ambos.

<sup>26</sup> El ratio de consumo de leña industrial sobre el consumo de leña comercial e institucional (en toneladas) para las comunas encuestadas en la XI Región es de 0.26, lo cual contrasta con el ratio de 7 observado en el estudio de INFOR 92.

En primer lugar cabe anotar, dada la similitud en los usos que se le da a la leña tanto en el sector residencial como en los sectores comerciales e institucionales (calefacción y calentamiento del agua), es plausible suponer que existan aspectos comunes que determinen la demanda en estos sectores. De la tabla de INFOR 92 se puede observar que en 1992 la X Región presentaba un ratio de consumo entre estos dos sectores de 7,3 (en toneladas), y en el año 2004 para algunas de sus comunas más representativas dicho ratio se ubica en 8,8 (en m<sup>3</sup>). Para la XI Región estas cifras se ubican en 22,3 (en toneladas) para el año 1992 y 5,5 (en toneladas) para algunas de sus comunas en el año 2003 respectivamente. Sin mayor información al respecto, no es posible determinar el comportamiento de los sectores comercial e institucional en las demás regiones a lo largo del tiempo.

Para formarnos una idea con respecto a parte del comportamiento del consumo de leña en el sector industrial a lo largo del tiempo, en el siguiente cuadro se reproduce el comportamiento del consumo de leña comprada y utilizada como combustible (no como materia prima), en el sector industrial manufacturero (CIU 3) entre los años 1992 y 2002, que se obtiene de la Encuesta Nacional de la Industria Manufacturera (ENIA).<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> La ENIA realiza un censo de aquellas empresas manufactureras con más de 50 trabajadores y un muestreo aleatorio de aquellas empresas con menos de 50 trabajadores (la ENIA no presenta factores de expansión para este grupo). Se encuentran disponibles las bases de la ENIA entre los años 1992 y 2001, la información del año 2002 fue obtenida del informe del INE para ese año.

**Cuadro 3.14: Consumo total y promedio de leña en el sector industrial Manufacturero (CIU 3), según el tamaño del establecimiento (en toneladas)**

Año	Establecimientos con MAS de 50 empleados		Establecimientos con MENOS de 50 empleados	
	Toneladas	Consumo Medio (Ton.)	Toneladas	Consumo Medio (Ton.)
1992	725.100	410	176.415	56
1993	777.920	425	163.991	51
1994	571.262	310	134.312	41
1995	537.818	286	108.302	33
1996	343.963	183	81.471	23
1997	266.870	148	58.874	17
1998	221.041	135	44.293	14
1999	95.066	67	40.930	14
2000	192.785	137	75.448	24
2001	161.063	114	55.889	17
2002	182.228	120	46.317	13

Fuente: INE, Encuesta Nacional Industrial, ENIA, varios años.

En este cuadro se puede apreciar que tanto el consumo total como el consumo promedio a nivel nacional y para ambos tamaños de establecimientos, se reduce drásticamente. Sin embargo, como se discutió en el Capítulo 2, lo más probable es que estas cifras representen solamente la leña comprada por los establecimientos y utilizada como combustibles, y no incluya el autoconsumo de desechos industriales.

El consumo total de los establecimientos con más de 50 trabajadores se reduce entre 1992 y 2002 en un 75% y el de los establecimientos con menos de 50 trabajadores se reduce en un 74%. Asimismo, el consumo medio para los mismos grupos de establecimientos se reduce en un 71% y un 76% respectivamente.

Por tanto, se puede concluir que uno de los factores que influye en el cambio de patrón observado anteriormente en el ratio de consumo entre el sector industrial y los sectores comercial e institucional, responde a una drástica reducción en el consumo de leña como combustible para el sector industrial, con la salvedad de que esta afirmación excluye la evolución del autoconsumo.

Con estos antecedentes a continuación se presenta la manera en que fueron proyectados los consumos actuales (al año 2003) para el sector de Grandes Consumidores.

### 3.2.1. Proyección del consumo de leña del Sector Comercial e Institucional para el año 2003

En ausencia de una mejor información al respecto se proyecta el consumo de los sectores comercial e institucional utilizando los consumos proyectados para el sector residencial y aplicando, cuando es factible, el ratio de consumo entre sectores observados en INFOR 92 (para las regiones V, VI, VII, VIII, IX y Metropolitana) y el ratio observado en las encuestas actuales (para las regiones X y XI). En la siguiente tabla se resume las proyecciones realizadas.

La forma cómo se calcularon las desviaciones estándar se discute en el Anexo 4.

**Cuadro 3.15: Proyección de Consumo de leña sector Comercial e Institucional (m<sup>3</sup> sólidos)**

REGION	Proyección Consumo Residencial	Desv. Est. Consumo Residencial	Ratio consumo residencial / com. e inst. INFOR 92	Ratio consumo residencial / com. e inst. ENCUESTAS	Proyección Consumo Comercial e Institucional	Desv. Est. Consumo Comercial e Institucional
I						
II						
III						
IV	400.432	14.447				
V	325.591	9.633	6,4		51.245	1.516
VI	949.319	21.125	279,0		3.403	76
VII	1.895.223	29.873	154,0		12.305	194
VIII	2.546.426	59.304	35,3		72.149	1.680
IX	1.485.064	43.344	22,1		67.276	1.964
X	3.440.708	40.926	7,3	8,8	388.982	4.627
XI	459.280	10.105	22,3	5,5	83.630	1.840
XII	286.774	14.045				
RM	505.958	7.207	7,4		68.510	976
Nacional	12.294.775	95.195	---	---	747.500	12.872

### 3.2.2. Proyección del consumo de leña comprada para combustible en el Sector Industrial para el año 2003

#### Expansión de consumo para establecimientos con menos de 50 trabajadores

Como la ENIA no tiene factores de expansión para la muestra de establecimientos con menos de 50 trabajadores, el nivel de esta proyección no puede ser utilizada de manera directa como estimación del total consumido regionalmente en el sector industrial.

Sin embargo, utilizando la fuente de información auxiliar que nos brinda Crespi (2003), podemos reconstruir de manera aproximada el número de empresas totales y activas (con ventas mayores a cero) del sector manufacturero por región, para poder expandir el consumo de leña comprada para los establecimientos con menos de 50 trabajadores.<sup>28</sup> En el Cuadro 3.16 se presenta la distribución de las empresas activas por región, entre 1995 y 2001.

**Cuadro 3.16: Número de empresas o RUT activos por región**

Región	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
I	11.433	12.203	12.597	11.954	12.648	13.476	14.009
II	11.260	12.021	12.216	11.157	12.444	13.687	14.421
III	7.738	8.135	8.653	7.305	7.616	8.002	4.120
IV	10.914	11.475	12.025	13.548	14.960	12.002	12.567
V	36.841	38.734	39.892	40.178	43.383	46.325	49.102
VI	17.323	18.214	19.405	13.614	14.960	15.793	18.198
VII	18.709	20.399	21.377	16.735	17.544	18.530	20.602
VIII	40.016	42.073	40.083	35.862	38.759	40.710	46.835
IX	18.478	19.124	20.360	17.599	19.040	20.004	20.945
X	25.869	27.624	28.949	23.708	25.703	27.023	28.843
XI	3.003	3.157	3.372	2.524	2.720	3.018	3.365
XII	3.349	3.461	3.627	3.520	3.740	3.790	4.052
RM	137.372	144.434	154.987	160.049	174.551	188.811	200.046
<b>Total</b>	<b>342.305</b>	<b>361.054</b>	<b>377.542</b>	<b>357.752</b>	<b>388.066</b>	<b>411.172</b>	<b>437.107</b>

*Fuente:* Cálculo propio en base a información del SII presentada en Crespi (2003).

La base de datos utilizada por Crespi (2003) proviene del Servicio de Impuestos Internos (SII), por lo que el número de ‘empresas’ corresponde al número de Registros Únicos Tributarios (RUT) distintos, para el sector manufacturero, registrados en cada región. Una

<sup>28</sup> Se requiere generar el número de empresas activas porque en la ENIA prácticamente todos los establecimientos encuestados declaran un nivel de ventas positivo.

empresa o RUT puede tener más de 1 establecimiento, pero dicho patrón es esperable que ocurra a nivel de los grandes establecimientos, en cambio se puede esperar que los establecimientos con menos de 50 trabajadores correspondan en su gran mayoría a una sola empresa o RUT.<sup>29</sup>

Si del Cuadro 3.17 se resta el número de establecimientos con más de 50 trabajadores presentes en la ENIA, obtenemos el número **total** aproximado de establecimientos (empresas) con menos de 50 de trabajadores. Esto asume, debido a falta de información sobre el número de establecimientos por empresa para este tipo de establecimientos, que cada establecimiento con más de 50 trabajadores corresponde a un RUT o empresa. Sin embargo, debido a que el número de estos establecimientos es muy reducido con respecto al total presente en el Cuadro 3.16, tanto a nivel nacional como en regiones, estaríamos incurriendo en un sesgo o subestimación insignificante.

De la base de la ENIA se puede calcular el porcentaje de establecimientos activos con menos de 50 trabajadores que consumen leña en cada región, y una medida de su consumo por establecimiento, como se presentan en los siguientes cuadros. Se optó por utilizar la mediana en lugar del promedio de consumo de leña por establecimiento, como se puede apreciar en el Cuadro 3.18, debido a que se tienen pocos datos por región (menos de 100 en algunos casos) y en estos casos la mediana es una mejor medida de tendencia central al ser inmune a la presencia de valores extremos (que son muy comunes en este tipo de encuestas).

---

<sup>29</sup> Extraoficialmente se conoce que alrededor del 95% de la muestra del INE corresponde a empresas con un solo RUT y establecimiento, correspondiendo casi todas al sector de establecimientos con menos de 50 trabajadores.

**Cuadro 3.17: Porcentaje de establecimientos con menos de 50 trabajadores que compran y consumen leña como combustible, por región**

Región	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
I	17,1%	12,9%	8,3%	7,8%	6,0%	5,7%	5,2%
II	7,7%	9,2%	10,4%	9,9%	6,9%	5,4%	5,7%
III	16,7%	15,9%	15,0%	5,4%	7,7%	4,2%	7,3%
IV	38,5%	35,6%	26,3%	29,6%	22,4%	25,4%	27,9%
V	31,7%	29,5%	28,1%	27,1%	23,4%	21,4%	19,4%
VI	38,6%	26,1%	23,5%	23,1%	23,8%	23,3%	23,8%
VII	28,4%	26,2%	20,6%	23,5%	21,6%	20,8%	21,7%
VIII	19,1%	19,9%	17,3%	17,9%	17,7%	15,8%	12,3%
IX	31,7%	20,6%	11,8%	13,8%	14,3%	12,9%	10,4%
X	27,4%	25,9%	23,7%	23,9%	16,5%	29,0%	20,5%
XI	30,0%	33,3%	22,2%	14,3%	0,0%	42,9%	7,7%
XII	3,3%	3,8%	7,1%	3,8%	0,0%	0,0%	0,0%
RM	5,1%	2,4%	1,7%	1,0%	1,0%	0,6%	0,6%

Fuente: ENIA 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001.

**Cuadro 3.18: Mediana de la compra y consumo de leña como combustible por establecimiento con menos de 50 trabajadores que compran leña, por región**

Región	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
I	74	59	53	60	62	39	56
II	98	89	53	56	90	95	90
III	252	134	153	225	422	4237	59
IV	150	111	117	100	110	108	90
V	120	120	114	62	55	34	36
VI	190	89	105	96	64	36	80
VII	103	87	92	74	35	178	242
VIII	210	149	164	120	156	225	352
IX	142	155	81	170	175	180	225
X	142	150	161	60	44	50	25
XI	66	45	372	3		88	5
XII	178	113	92	211			
RM	124	96	31	45	41	18	33

Fuente: ENIA 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001.

Lo único notable en estos dos cuadros es el comportamiento del consumo de leña medio en la III Región para el año 2000 en el Cuadro 3.18, que es casi 10 veces más grande que el del año anterior. En el Cuadro 3.17 se observa que la proporción de empresas para esta región y año se reduce con respecto al año anterior. Como utilizamos una medida de tendencia central inmune a valores extremos, esto parecería indicar que los únicos que dejaron de consumir leña con respecto al año anterior fueron los pequeños consumidores (y posiblemente hubo un aumento en el consumo de los mayores consumidores).

Con toda esta información se puede calcular el consumo total (en toneladas) de leña a nivel de pequeños establecimientos de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$C_t^{<50} = \bar{C}_t^{<50} \cdot \theta_t^C \cdot (N_t^T - N_t^{>50})$$

donde  $C_t^{<50}$  es el consumo total del sector de establecimientos con menos de 50 trabajadores,  $\bar{C}_t^{<50}$  es la mediana del consumo de leña de los pequeños establecimiento,  $\theta_t^C$  es la proporción de establecimientos que compran leña,  $N_t^T$  es el número total de establecimientos activos y  $N_t^{>50}$  es el número de establecimientos con más de 50 trabajadores. El subíndice  $t$  denota el parámetro medido en el año  $t$ . El primer parámetro de la fórmula anterior proviene del Cuadro 3.18, el segundo del Cuadro 3.17 y el último del Cuadro 3.16 menos las cifras de la segunda columna del Cuadro 2.5 desagregadas por región..

Los resultados se presentan en el Cuadro 3.19. El consumo total de leña a nivel de grandes establecimientos es el mismo al presentado en el Cuadro 2.6.

**Cuadro 3.19: Consumo total de leña comprada como combustible, proyectado para establecimientos con menos de 50 trabajadores, por región (toneladas)**

Región	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
I	143.868	92.823	55.413	55.556	47.108	29.798	40.350
II	84.143	97.427	66.553	61.554	77.579	69.716	74.392
III	324.436	173.112	198.283	88.652	247.026	1.410.682	17.607
IV	628.014	452.610	367.798	399.878	367.916	328.245	315.476
V	1.397.399	1.367.690	1.275.860	673.599	553.223	336.522	341.836
VI	1.265.529	421.642	475.663	299.042	227.407	132.055	345.087
VII	542.044	462.659	404.048	289.682	131.918	683.047	1.078.143
VIII	1.596.162	1.243.405	1.127.042	765.326	1.065.976	1.437.990	2.025.493
IX	828.916	608.822	194.926	410.505	473.780	465.163	488.309
X	997.172	1.063.446	1.101.926	338.907	184.000	390.544	147.605
XI	59.255	47.190	277.929	1.077	-	113.488	1.291
XII	19.717	14.927	23.532	28.377	-	-	-
RM	862.885	329.834	77.799	73.150	69.395	20.068	39.899
<b>Total</b>	<b>8.749.540</b>	<b>6.375.588</b>	<b>5.646.772</b>	<b>3.485.304</b>	<b>3.445.328</b>	<b>5.417.319</b>	<b>4.915.488</b>

Si sumamos el consumo generado por los grandes establecimientos, llegamos al resultado presentado en el siguiente cuadro.

**Cuadro 3.20: Consumo total de leña comprada como combustible, por región  
(toneladas y m<sup>3</sup> sólidos).**

Región	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
I	143.868	92.823	55.413	55.556	47.108	29.798	40.350
II	84.789	97.427	66.553	61.554	77.579	69.741	74.414
III	325.100	173.403	198.310	88.849	247.026	1.410.823	17.607
IV	636.940	460.906	379.779	409.894	372.077	332.008	322.265
V	1.414.727	1.378.422	1.282.996	679.630	559.615	337.981	342.223
VI	1.267.820	426.182	477.009	301.743	227.712	154.572	345.688
VII	605.014	524.500	466.581	359.818	136.826	715.344	1.121.853
VIII	1.765.841	1.354.147	1.207.651	826.167	1.118.244	1.489.456	2.098.163
IX	870.178	644.584	213.582	432.916	482.347	479.062	490.089
X	1.094.992	1.106.238	1.154.199	382.004	200.600	442.006	180.238
XI	62.106	49.458	279.405	1.869	696	128.264	2.312
XII	20.472	15.099	23.532	28.377	-	-	610
RM	995.511	396.361	108.632	77.969	70.564	21.048	40.738
<b>Total</b>	<b>9.287.358</b>	<b>6.719.551</b>	<b>5.913.642</b>	<b>3.706.345</b>	<b>3.540.394</b>	<b>5.610.104</b>	<b>5.076.551</b>
<b>Total m<sup>3</sup> sol</b>	<b>13.267.654</b>	<b>9.599.359</b>	<b>8.448.060</b>	<b>5.294.779</b>	<b>5.057.706</b>	<b>8.014.435</b>	<b>7.252.215</b>

Nota: Se asume un factor de conversión de 0.7 Ton / m<sup>3</sup> sólido de leña.

### Proyección del consumo para el año 2003

Dado que tanto el consumo a nivel de pequeñas y grandes empresas tienen un comportamiento similar según los datos de la ENIA (ver Cuadro 3.14), y ambas terminan decreciendo entre 1992 y 2002 en casi la misma tasa, se estimó un modelo de datos de panel para modelar la trayectoria de la compra de leña observada en las regiones de Chile entre los años 1992 y 2001 (para los cuales se cuenta con información de la ENIA).

El modelo originalmente estimado fue el siguiente:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \gamma x_{it} + \phi_1 I_{1999} + \phi_2 I_{2000} + \varepsilon_{it}$$

donde  $i$  = regiones I a XI y Metropolitana,  $t$  = 1992 a 2001,  $y_{it}$  corresponde al logaritmo del consumo medio de leña comprada por empresa para la región  $i$  en el año  $t$ ,  $\alpha_i$  corresponde a un factor fijo para la región  $i$  que recoge las diferencias en el consumo de leña debido a características propias de la región que no varían en el periodo considerado,  $\delta_i$  recoge la tasa de crecimiento anual del consumo de leña por empresa en la región  $i$  durante el periodo

considerado,  $x_{it}$  corresponde a un vector de variables para la región  $i$  en el periodo  $t$  que incluyen el logaritmo del PIB regional per cápita, el logaritmo de la tasa de desocupación regional y el logaritmo de la inversión extranjera por habitante en la región;<sup>30</sup>  $I_{1999}$  e  $I_{2000}$  corresponden a variables que toman el valor de 1 para todas las regiones en caso de que  $t = 1999$  y  $2000$  respectivamente con las que se pretende controlar el efecto de la crisis asiática sobre el consumo de leña en el sector industrial nacional,  $\varepsilon_{it}$  corresponde a un shock aleatorio.<sup>31</sup>

No se incluye a la región XII en las estimaciones debido a que presenta consumos medios de leña erráticos e iguales a cero para algunos años. Hay que anotar que  $y_{it}$  incluye tanto el consumo de leña de empresas con más y menos de 50 trabajadores.<sup>32</sup>

Al realizar las estimaciones se observó que ninguna de las variables dentro del vector  $x_{it}$  fueron estadísticamente significativas, por lo que fueron eliminadas. Los resultados de la estimación se presentan en Cuadro 3.21 (no se muestran las estimaciones para  $\alpha_i$ ).

Una vez estimada esta especificación se proyectó el consumo de leña total para cada región para el año 2003 utilizando la siguiente fórmula:

$$C_{i2003}^{ind} = \hat{y}_{i2003} \cdot N_{i2001}$$

---

<sup>30</sup> Estas variables pueden obtenerse directamente en el portal del INE [www.ine.cl](http://www.ine.cl) en la sección de variables Regionales. La información sobre el PIB regional se encuentra disponible desde el año 1996 hasta el año 2003. En el archivo “proyección consumo de leña.xls” se entregan los datos utilizados en la estimación.

<sup>31</sup> Se estimó también mediante GMM un modelo de panel dinámico que incorporaba, además de todas las variables descritas como predeterminadas, un rezago de la variable dependiente, la cual no resultó ser estadísticamente significativa por lo que se terminó estimando el modelo sin ésta variable y utilizando OLS (y también GMM, encontrándose estimaciones similares).

<sup>32</sup> No se modeló por separado pequeñas y grandes empresas industriales debido a que para algunas regiones y en algunos años el consumo regional de las mismas es de cero, por lo que la serie completa de la región no puede ser incorporada en las regresiones. Si bien, debido a lo anterior, puede haber sesgos en las estimaciones estos no deben ser muy graves porque tanto el consumo de pequeñas y grandes empresas sigue una tendencia decreciente en el tiempo y se terminan reduciendo en casi la misma proporción como se puede ver en el Cuadro 3.14. En el INFOR 92, que va a ser clave al momento de proyectar el consumo industrial para el año 2003, además, no se desagrega el sector industrial por número de trabajadores y no se tiene ninguna fuente de información adicional para dimensionar por separado el sector industrial por número de trabajadores.

donde  $\hat{y}_{i2003}$  es la proyección del consumo medio por empresa de la región  $i$  para el año 2003 de acuerdo al modelo estimado y  $N_{i2001}$  es el número de establecimientos totales en la región  $i$  en el año 2001. Por falta de mayores antecedentes se supuso que el número de establecimientos activos en el 2003 era igual al número del año 2001. Como la información de consumo de leña aparece expresado en la ENIA en toneladas se asume, a falta de mayor información, que 1 metro cúbico sólido representa 0.7 Toneladas. Los resultados de la proyección para el año 2003 se presentan en el Cuadro 3.22. La forma cómo se calcularon las desviaciones estándar se discute en el Anexo 4.

**Cuadro 3.21: Resultados estimaciones Panel Consumo de Leña Industrial, por región (variable dependiente: logaritmo del consumo de leña por empresa)**

Coefficiente estimado	Valor del coeficiente Estimado	P – value*
$\delta_1$	-0,216	0,00
$\delta_2$	-0,210	0,00
$\delta_3$	-0,118	0,31
$\delta_4$	-0,166	0,00
$\delta_5$	-0,286	0,00
$\delta_6$	-0,204	0,00
$\delta_7$	-0,043	0,50
$\delta_8$	-0,156	0,00
$\delta_9$	-0,249	0,00
$\delta_{10}$	-0,198	0,00
$\delta_{11}$	-0,133	0,03
$\delta_{RM}$	-0,595	0,00
$I_{1999}$	-0,363	0,07
$I_{2000}$	0,332	0,17
Número de Observaciones		120
R <sup>2</sup>		0,99

\* Utilizando errores estándar robustos.

Se debe tener mucho cuidado al interpretar las estimaciones del consumo industrial del Cuadro 3.22 debido a lo señalado en el capítulo anterior en relación a que no incluye ni la compra ni el autoconsumo de desechos industriales. Para algunas industrias este consumo es muy importante. En la siguiente sección se presenta el tratamiento del consumo de desechos industriales.

**Cuadro 3.22: Proyección de Consumo de leña comprada como combustible para el sector Industrial (en m<sup>3</sup> sólidos)**

REGION	Consumo Industrial estimado 2001 (toneladas)	Ratio Proyección consumo Ind. ENIA 2003 / Consumo Ind. ENIA 2001	Proyección Consumo Industrial 2003 (m3 sólidos)	Desv. Est. Consumo Industrial
1ª Región	40.350	0,50	28.899	9.278
2ª Región	74.414	0,48	50.573	10.507
3ª Región	17.607	2,91	73.268	2.707
4ª Región	322.265	0,59	271.884	2.799
5ª Región	342.223	0,59	289.139	19.410
6ª Región	345.688	0,39	192.838	7.787
7ª Región	1.121.853	0,67	1.078.895	3.509
8ª Región	2.098.163	0,49	1.479.555	9.091
9ª Región	490.089	0,93	654.519	5.024
10ª Región	180.238	0,53	135.528	812
11ª Región	2.312	0,94	3.107	36
12ª Región				
13ª Región	40.738	0,43	25.306	63.724
<b>Nacional</b>	<b>4.943.569</b>		<b>3.858.888</b>	<b>68.021</b>

### 3.2.3. Consumo de desechos industriales

Las estimaciones del consumo residencial e industrial presentadas más arriba no consideran la compra y consumo de desechos industriales, como aserrín, virutilla, astillas, tapas, lampazos, etc., ni tampoco el autoconsumo de estos productos por parte de las industrias que procesan madera. Por lo tanto, para tener una estimación del consumo global de madera y derivados para poder comparar con las estimaciones del Balance de Energía de la Comisión Nacional de Energía, se debe agregar el consumo de estos productos.

Walter, Radon, Neugebauer y Berg Gebert (2005) estiman una producción de 10,8 millones de m<sup>3</sup> sólidos de subproductos industriales de la madera.<sup>33</sup> De éstos, un 47% serían

<sup>33</sup> Esta cifra es algo superior a los 7.496.367 m<sup>3</sup> estimados en el capítulo 6 de este informe para la producción anual de desechos forestales. A diferencia de ese capítulo donde se analiza la sustentabilidad del consumo de leña, sin considerar el consumo de desechos industriales, Walter, et al (2005) consideran más sub-productos, incluyendo combustibles líquidos derivados de los procesos de producción de celulosa.

utilizados para generar energía, lo que significa un consumo de 5,076 millones de m<sup>3</sup> de desechos industriales, tanto del sector residencial, como comercial, público e industrial. Desafortunadamente, la información de Walter, et al. (2005) no permite desagregar esta cifra por región.

### **3.3. Caracterización del nivel de participación del mercado de la leña en el mercado energético nacional**

Para calcular la participación de la leña en el mercado energético, se realizó la transformación del consumo de leña estimado en metros cúbicos sólidos a teracalorías, asumiendo que 1 m<sup>3</sup> sólido = 0,7 toneladas de leña, 1 Kg. de leña = 3.500 Kilocalorías, y 1 Teracaloría = 10<sup>9</sup> Kilocalorías.

Con esta información se proyectó el consumo energético de leña a nivel regional y nacional, y se lo comparó con las proyecciones de la CNE en su Balance Nacional de Energía 2003. Asimismo se rehizo el cuadro de participación energética de todos los combustibles consumidos en Chile, presente en el mismo Balance, con las nuevas proyecciones y comparándolas con las antiguas.

En los siguientes cuadros se presentan: a) la proyección del consumo regional de leña y el de desechos industriales por sector para el año 2003, en metros cúbicos sólidos y en teracalorías; b) el consumo nacional de leña, en teracalorías, por sector, más el consumo de desechos industriales, comparándola con la proyección del Balance Nacional de Energía 2003; y, c) el nuevo cuadro de participación de los distintos combustibles consumidos en Chile, en teracalorías, comparándolo con la proyección inicial del Balance Nacional de Energía 2003.

Como se puede apreciar en estos cuadros, el consumo de leña total proyectado en este informe para el sector residencial y de grandes consumidores —sin incluir el consumo de desechos— para el año 2003 es de cerca de 15 millones de m<sup>3</sup>. Si se incluye el consumo de desechos industriales el total aumenta a cerca de 20 millones de m<sup>3</sup>. En Teracalorías el total

del consumo nacional, incluyendo desechos, es de 48.891, casi un 20% superior a la estimada por la CNE en el Balance de Energía del 2003.

De los cuadros también es posible analizar la composición del consumo entre sectores. Sin embargo, al hacer dicha comparación se debe tener cuidado de considerar que la proyección que se realiza en este trabajo para los diferentes sectores no incluye el consumo de residuos industriales. Si en el Balance de Energía se incluyen estos consumos, la comparación no sería consistente.

El Cuadro 3.26 muestra que según la estimación del presente trabajo, la leña y derivados dentro del balance energético tienen una participación del orden del 17,5%, superior al 15% estimado por la CNE. Este último resultado es interesante ya que con una metodología distinta a la utilizada por la CNE para calcular las participaciones de los distintos combustibles se llega a un nivel de participación bastante similar.

**Cuadro 3.23: Proyección del Consumo de Leña y desechos industriales, en m<sup>3</sup> sólidos, por región y sector**

REGION	Proyección Consumo Residencial	Desv. Est. Consumo Residencial	Proyección Consumo Comercial e Institucional	Desv. Est. Consumo Comercial e Institucional	Proyección Consumo Industrial	Desv. Est. Consumo Industrial	Proyección Consumo Total de leña	Desv. Est. Consumo Total	Estimación consumo de desechos industriales	Proyección Consumo Total de combustibles de madera
I										
II										
III										
IV	158.760	3.910			271.884	2.799	430.644	4.809	---	---
V	69.131	2.693	10.881	423,9	289.139	19.410	369.150	19.601	---	---
VI	468.883	11.420	1.680,8	40,9	192.838	7.787	663.402	13.822	---	---
VII	1.737.238	27.270	11.279,5	177,1	1.078.895	3.509	2.827.413	27.495	---	---
VIII	2.341.014	58.183	66.328,7	1.648,5	1.479.555	9.091	3.886.898	58.912	---	---
IX	1.485.064	43.344	67.275,8	1.963,6	654.519	5.024	2.206.859	43.679	---	---
X	3.302.928	40.645	373.405,7	4.595,1	135.528	812	3.811.862	40.912	---	---
XI	459.280	10.105	83.630,1	1.840,0	3.107	36	546.017	10.271	---	---
XII	281.477	14.243					281.477	14.243	---	---
RM	90.133	1.694	12.204,6	229,4	25.306	63.724	127.644	63.747	---	---
Nacional	10.393.908	90.114	626.686	10.918	3.858.888	68.021	14.879.482	113.431	5.076.000	19.955.482

**Cuadro 3.24: Proyección del Consumo de Leña sin incluir desechos industriales, en teracalorías, por región y sector**

REGION	Proyección Consumo Residencial	Dev. Est. Consumo Residencial	Proyección Consumo Comercial e Institucional	Dev. Est. Consumo Comercial e Institucional	Proyección Consumo Industrial	Dev. Est. Consumo Industrial	Proyección Consumo Total de leña	Dev. Est. Consumo Total	Estimación consumo de desechos industriales	Proyección Consumo Total de combustibles de madera
I										
II										
III										
IV	389	10			666	6,9	1.055	12	---	---
V	169	7	27	1,0	708	47,6	904	48	---	---
VI	1.149	28	4,1	0,1	472	19,1	1.625	34	---	---
VII	4.256	67	27,6	0,4	2.643	8,6	6.927	67	---	---
VIII	5.735	143	162,5	4,0	3.625	22,3	9.523	144	---	---
IX	3.638	106	164,8	4,8	1.604	12,3	5.407	107	---	---
X	8.092	100	914,8	11,3	332	2,0	9.339	100	---	---
XI	1.125	25	204,9	4,5	8	0,1	1.338	25	---	---
XII	690	35					690	35	---	---
RM	221	4	29,9	0,6	62	156,1	313	156	---	---
Nacional	25.465	221	1.535	27	9.454	166,7	36.455	278	12.436	48.891

**Cuadro 3.25: Comparación de nueva proyección de consumo de leña con proyección del Balance Nacional de Energía 2003, en teracalorías.**

SECTOR	Balance Nacional de Energía 2003	Nueva Proyección 2003 *
Transporte	0	0
Industrial y Minero	7.678	9.454
Comercial, Público	0	1.535
Residencial	28.773	25.465
Centros de Transformación	4.303	
Consumo desechos industriales		12.436
<b>Consumo Total</b>	<b>40.754</b>	<b>48.891</b>

*Nota:* La nueva proyección sectorial excluye el consumo de residuos industriales.

**Cuadro 3.26: Comparación de nueva proyección de participación de la leña en el mercado energético nacional con la proyección del Balance Nacional de Energía 2003, en teracalorías**

ENERGETICO	Balance Nacional de Energía 2003	Participación	Nueva Proyección 2.003	Participación
Petróleo Crudo	111.873	41,3%	111.873	40,1%
Gas Natural	74.582	27,5%	74.582	26,7%
Carbón	24.291	9,0%	24.291	8,7%
Hidroelectricidad	19.439	7,2%	19.439	7,0%
Leña	40.754	15,0%	48.891	17,5%
Biogas	0	0,0%	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>270.939</b>	<b>100,0%</b>	<b>279.076</b>	<b>100,0%</b>

### **3.4. Posibles sesgos en las estimaciones del consumo de leña y derivados y prioridades para mejorar la información disponible a futuro**

Las estimaciones del consumo de leña aquí presentadas dependen de varios supuestos y aproximaciones y, en consecuencia, son sólo una aproximación, en base a la información disponible a la fecha, al verdadero consumo nacional. Existen varios factores que sesgan nuestros resultados. Por ejemplo, la exclusión del consumo de carbón vegetal, y del consumo de las tres primeras regiones, hace que el consumo estimado en este trabajo subestime el verdadero consumo de leña y derivados con fines energéticos en el país.

Por otro lado, hay otros factores que probablemente inciden en que el consumo estimado en este trabajo sea mayor al efectivo. Por ejemplo, el uso de la encuesta de Chillán para proyectar el consumo en la VII Región probablemente exagera el consumo en esta última región. De hecho el consumo residencial estimado para esa región en este trabajo —de 1,7 millones de m<sup>3</sup> sólidos— es relativamente alto.

Tampoco se han hecho ajustes en la estimación del consumo de la Región Metropolitana, a pesar de que las restricciones ambientales impuestas durante los últimos 10 años en esta región probablemente redujeron el consumo relativo de leña en la capital en relación a otras regiones.

Como se puede observar del Cuadro 3.11, más del 60% del consumo del sector residencial es atribuible al consumo de hogares en zonas rurales. Desafortunadamente, la información disponible sobre el consumo de este segmento de hogares en Chile es escasa y desactualizada. Considerando lo gravitante que resulta ser el consumo rural dentro del consumo nacional, es prioritario poder contar con estudios sobre los patrones de consumo de este sector para actualizar las estimaciones de consumo a nivel nacional.

Algo similar ocurre con el consumo de desechos industriales. En esta investigación se utilizó una estimación gruesa de la oferta de este combustible a nivel nacional. Debido a su importancia dentro del consumo total, cerca de un 25%, nuevos antecedentes sobre el

consumo de desechos puede alterar significativamente la estimación global del consumo de leña y derivados en el país.

Aparte de estas dos prioridades para mejorar la información disponible y por esa vía las estimaciones de consumo global de leña y derivados, sería recomendable actualizar periódicamente las estimaciones de consumo de leña. Además, sería deseable poder proyectar hacia el futuro el consumo agregado de leña y derivados utilizando algún modelo estadístico diseñado para este objetivo.

En las conclusiones de este informe se presentan recomendaciones más específicas sobre cada una de estas áreas prioritarias para mejorar el conocimiento existente sobre el consumo de leña y derivados en Chile.

### **3.5. Análisis de la sustentabilidad forestal con relación al consumo de leña**

Con el fin de determinar el impacto que tiene el actual nivel de consumo de leña estimada para el país sobre la sustentabilidad forestal, se realizó un ejercicio exploratorio sobre la oferta potencial sustentable de leña proveniente de plantaciones y bosque nativo. Esta materia se puede aproximar de diversas maneras y utilizando distintas metodologías y supuestos. En este estudio se realizó una aproximación particular al tema sin pretender ser la única estimación factible de realizar ni menos ser una estimación consensuada entre los expertos en la materia.

El ejercicio completo de sustentabilidad del consumo de leña en Chile se presenta en el Anexo 6. Los resultados indican que la disponibilidad anual de leña en forma sustentable —esto es, qué proviene del potencial de crecimiento del bosque nativo en pie actualmente— es del orden de los 14,7 millones de m<sup>3</sup> al año, cifra similar al consumo anual total de leña en el país.<sup>34</sup> Sin embargo, existen regiones donde el consumo es bastante mayor a la disponibilidad sustentable de leña. Esto implica que el consumo actual de leña

---

<sup>34</sup> Estas cifras no consideran la oferta potencial ni el consumo de desechos industriales. Ver Anexo 6.

podría sustentarse en el bosque nativo, siempre y cuando se generen políticas adecuadas que tomen en cuenta las realidades regionales tanto del bosque como del consumo.

#### **4. Desagregaciones y análisis del consumo de leña en Chile**

En este capítulo se presentan distintos patrones del comportamiento del consumo de leña en Chile. La mayor parte del análisis de este capítulo fue realizada utilizando la base de datos agregadas de las encuestas de Rancagua (INFOR-CONAMA, 2005b), Chillán (INFOR-CONAMA, 2005a), Concepción (Universidad de Concepción-CONAMA, 2005), Temuco (VITAE, 2002), X Región (DECON-CNE, 2005) y XI Región (INFOR-CONAMA, 2004b).

##### **4.1. Desagregación de consumos residenciales según usos y niveles socioeconómicos**

Para desagregar los consumos de leña residenciales según su uso (cocinar, calentar agua, calefaccionar) utilizamos la información relativa al uso de leña dentro del hogar existente en cada encuesta. Tanto la forma como el formato de respuesta de las preguntas sobre el uso de leña pueden diferir entre encuestas, por lo que en este ejercicio se han agrupado aquellas que presentan una desagregación similar.

En el Cuadro 4.1 se presenta la desagregación del uso de leña para las encuestas residenciales realizadas en Gran Concepción y Temuco. En estas encuestas se puede sumar el número de hogares que consumen leña de acuerdo a alguno de los usos y calcular la proporción o importancia de cada uso al interior de cada encuesta. En la encuesta de Temuco se utilizaron factores de expansión.

Como se puede apreciar en el cuadro, en ambas encuestas los hogares utilizan la leña preferentemente para calefaccionar su hogar. En las comunas encuestadas en el Gran Concepción el 82% de los hogares utilizan la leña solamente para calefaccionar, y en Temuco el 63% de los hogares la utilizan en la misma tarea.

**Cuadro 4.1: Distribución del uso de leña en el hogar para Gran Concepción y Temuco**

Utiliza leña para	Gran Concepción		Temuco	
	No de Hogares	Proporción	No de Hogares	Proporción
<i>Cocinar</i>	6	0,6%	1.187	2,9%
<i>Calentar agua</i>	0	0,0%	102	0,2%
<i>Calefacción</i>	780	81,8%	25.812	62,7%
<i>Cocinar y Calentar</i>	0	0,0%	161	0,4%
<i>Cocinar y Calefacción</i>	138	14,5%	6.579	16,0%
<i>Calentar y Calefacción</i>	7	0,7%	1.979	4,8%
<i>Todo</i>	22	2,3%	5.342	13,0%
Total	953	100,0%	41.162	100,0%

El segundo mayor uso en ambas encuestas también coincide. El 15% de los hogares del Gran Concepción utilizan la leña para cocinar y calefaccionar, y el 16% de los hogares de Temuco utilizan la leña también en ambas tareas.

En base a esta información se realizaron proyecciones sólo para las regiones a las cuales corresponden las encuestas utilizadas. En el siguiente cuadro se realiza la desagregación dentro de la VIII y IX región del consumo residencial de leña.

**Cuadro 4.2: Distribución del consumo de leña residencial según uso para las Regiones VIII y IX**

Distribución de consumo leña para	VIII Región (1)	IX Región
<i>Cocinar</i>	14.739	42.825
<i>Calentar agua</i>	-	3.677
<i>Calefacción</i>	1.916.045	931.256
<i>Cocinar y Calentar</i>	-	5.819
<i>Cocinar y Calefacción</i>	338.993	237.365
<i>Calentar y Calefacción</i>	17.195	71.397
<i>Todo</i>	54.042	192.725
Total	2.341.014	1.485.064

(1) Proyección para la VIII Región en base a encuesta de Gran Concepción.

En los Cuadros 4.3 y 4.4 se presentan la desagregación del uso de leña para las encuestas residenciales realizadas en Rancagua, Chillán, X Región (Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro) y Aysén, y la desagregación dentro de la VI, VIII, X y XI Región del consumo residencial de leña de acuerdo a la información de las encuestas, respectivamente.

En estas encuestas, a diferencia de las dos anteriores, existe información disponible sobre el **porcentaje de leña utilizado en cada uso** (cocinar, calefaccionar y calentar agua), por lo que para cada hogar encuestado es posible estimar el consumo de leña en metros cúbicos sólidos destinado a cada uso alternativo. Posteriormente se puede agregar el consumo de leña destinado a cada uso por todos los hogares y se puede utilizar su proporción sobre el total para proyectar la división del consumo a nivel regional de acuerdo al uso.

Como se puede apreciar en el Cuadro 4.3, los hogares en cada una de las encuestas disponibles utilizan la leña de manera principal para calefaccionar el hogar. En Rancagua el 99% de la leña consumida en los hogares encuestados fue utilizada para calefaccionar, en Chillán la proporción es de 90%, en las comunas encuestadas de la X Región la proporción baja a un 51% y en Aysén la proporción es de 64%.

Para estimar los consumos de leña residenciales según el nivel socioeconómico de los hogares utilizamos la información existente en cada encuesta. En las encuestas de Rancagua, Chillán y Aysén la clasificación de los hogares por nivel socioeconómico se encontraba disponible en la base de datos de cada uno, la cual se utilizó en esta sección.

En la encuesta de Temuco y la realizada en la X Región, la clasificación de los hogares por nivel socioeconómico tuvo que construirse en base a la información disponible en cada encuesta. Para realizar dicha clasificación se utilizó el método Asomar, el cual utiliza dos variables para clasificar el hogar con un nivel socioeconómico: el nivel de educación alcanzado por el principal sostenedor del hogar y la categoría ocupacional del principal sostenedor del hogar.<sup>35</sup> Dicha clasificación ubica a los hogares en los estratos AB (nivel

---

<sup>35</sup> En los casos en que no se tiene información de alguna de estas dos variables de clasificación, se puede utilizar una clasificación en base al número de activos que posea el hogar, entre estos:

muy alto), CA (C alto), CB (C Bajo), D (nivel bajo) y E (nivel muy bajo). Para hacerla comparable con la clasificación presente en las encuestas de Chillán, Rancagua y Aysén, se consideró solo tres estratos: alto (AB), medio (CA, CB) y bajo (D y E).

**Cuadro 4.3: Distribución del uso de leña en el hogar para Rancagua, Chillán, algunas comunas de la X Región y Aysén**

Utiliza leña para	Rancagua		Chillán		Valdivia, Osorno, etc.		Aysén	
	m3 sol consumidos	Proporción	m3 sol consumidos	Proporción	m3 sol consumidos	Proporción	m3 sol consumidos	Proporción
<i>Cocinar</i>	3	0,6%	56	6,1%	245.249	25,9%	2.420	23,4%
<i>Calentar agua</i>	0	0,0%	39	4,3%	217.587	23,0%	1.265	12,2%
<i>Calefacción</i>	473	99,4%	827	89,7%	484.276	51,1%	6.655	64,4%
Total	476	100,0%	922	100,0%	947.111	100,0%	10.341	100,0%

**Cuadro 4.4: Distribución del consumo de leña residencial según uso para las Regiones VI, VIII, X y XI**

Distribución de consumo leña	VI Región	VIII Región (2)	X Región	XI Región
<i>Cocinar</i>	2.870	141.724	855.274	107.494
<i>Calentar agua</i>	59	99.695	758.806	56.205
<i>Calefacción</i>	465.954	2.099.595	1.688.848	295.580
Total	468.883	2.341.014	3.302.928	459.280

(2) Proyección para la VIII Región basada en encuesta de Chillán.

En todos los casos se sumó el consumo total de leña (en m<sup>3</sup> sólidos) dentro de cada nivel socioeconómico y se calculó la proporción del consumo total de leña correspondiente a cada nivel socioeconómico al interior de cada encuesta. Cuando la encuesta tenía factores de expansión estos fueron utilizados.

En el cuadro 4.5 se presenta la desagregación por nivel socioeconómico del consumo de leña para las encuestas residenciales realizadas en Rancagua, Chillán, Aysén, Temuco y algunas comunas de la X Región.

Como se puede apreciar en Rancagua el consumo de leña se concentra principalmente en el nivel socioeconómico medio (52% del total), en cambio en Chillán, Temuco, Aysén y algunas comunas de la X Región dicho consumo se concentra principalmente en los niveles socioeconómicos bajos (59%, 48%, 73% y 54% del total respectivamente).

De acuerdo a la información anterior se realiza la desagregación dentro de la VI, VIII, IX, X y XI región del consumo residencial de leña por nivel socioeconómico en el Cuadro 4.6.

**Cuadro 4.5: Distribución del consumo de leña en hogares por nivel socioeconómico para Rancagua, Chillán y Aysén**

Nivel socioeconómico	Rancagua		Chillán		Temuco		Valdivia, Osorno, etc.		Aysén	
	m3 sol consumidos	Proporción	m3 sol consumidos	Proporción	m3 sol consumidos	Proporción	m3 sol consumidos	Proporción	m3 sol consumidos	Proporción
<i>Alto</i>	128	26,8%	46	5,0%	18.276	9,6%	38.883	7,4%	196	1,9%
<i>Medio</i>	245	51,4%	336	36,5%	80.492	42,1%	206.350	39,0%	2.638	25,5%
<i>Bajo</i>	104	21,8%	540	58,5%	92.304	48,3%	283.219	53,6%	7.523	72,6%
Total	477	100,0%	922	100,0%	191.072	100,0%	528.452	100,0%	10.357	100,0%

**Cuadro 4.6: Distribución del consumo de leña en hogares por nivel socioeconómico para las Regiones VI, VIII y XI**

Nivel socioeconómico	VI Región	VIII Región	IX Región	X Región	XI Región
<i>Alto</i>	125.867	117.962	142.049	243.029	8.681
<i>Medio</i>	241.013	853.435	625.607	1.289.726	117.003
<i>Bajo</i>	102.003	1.369.618	717.408	1.770.173	333.596
Total	468.883	2.341.014	1.485.064	3.302.928	459.280

#### 4.2. Análisis de características del consumo de leña en cuanto a especies y equipos de combustión

Para desagregar los consumos de leña residenciales según la especie consumida se utilizó la información existente en cada encuesta. En todos los casos (excepto Temuco) se calculó el consumo total de leña (en m<sup>3</sup> sólidos) de cada hogar correspondiente a cada especie arbórea, luego se agregó este consumo de acuerdo a cada especie y se calcularon las proporciones de consumo total correspondientes a cada especie dentro de cada encuesta. Cuando la encuesta tenía factores de expansión estos fueron utilizados.<sup>36</sup>

A continuación se presenta la desagregación por especie arbórea del consumo de leña para las encuestas residenciales realizadas en Rancagua, Chillán, X Región (comunas de Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro) y Aysén.<sup>37</sup> Sólo se realizaron proyecciones para las regiones a las cuales corresponden las encuestas utilizadas, por lo que se presenta la desagregación dentro de la VI, VIII, X y XI Región del consumo residencial de leña de acuerdo a la información anterior.

Como se puede apreciar, en Rancagua se consume principalmente leña de especies frutícolas (52%) y Eucalipto (39%). En Chillán se consume principalmente Hualle (58%) y Aromo (21%). En Temuco se consume principalmente leña tipo Hualle (77%). En las comunas encuestadas de la X Región se consume principalmente Ulmo (40%) y Hualle (38%). En la Región de Aysén se consume principalmente Lengua (71%) y Ñirre (17%) (y Coigue en menor medida, 7%).

---

<sup>36</sup> Para el caso de Temuco, no se tiene información sobre el número de m<sup>3</sup> sólidos de cada especie consumidos en los hogares. Sin embargo, se tiene información de las especies consumidas por cada hogar, por lo que se asumió que en aquellos hogares que consumían más de una especie, el consumo se distribuía de manera uniforme entre éstas.

<sup>37</sup> La base de datos disponible para la encuesta de Temuco no permite dividir el consumo de leña de acuerdo a especies.

**Cuadro 4.7: Distribución del consumo de leña en el hogar según especie para Rancagua, Chillán, Temuco, algunas comunas de la X Región y Aysén**

Especies de árboles	Rancagua		Chillán		Temuco		Valdivia, Osorno		Aysén	
	m3 sol consumidos	Proporcion								
<i>Ulmo</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	201.776	38,2%	0	0,0%
<i>Hualle</i>	0	0,0%	536	58,1%	146.994	76,9%	213.486	40,4%	0	0,0%
<i>Eucalipto</i>	186	38,9%	43	4,7%	14.224	7,4%	12.298	2,3%	0	0,0%
<i>Broza</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	813	0,2%	0	0,0%
<i>Tepú</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	476	0,1%	0	0,0%
<i>Aromo</i>	0	0,0%	191	20,7%	9.188	4,8%	3.806	0,7%	0	0,0%
<i>Pino</i>	6	1,2%	5	0,5%	6.050	3,2%	23.534	4,5%	0	0,0%
<i>Espino</i>	22	4,5%	35	3,8%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Frutícola</i>	249	52,1%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Ñirre</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1.746	16,9%
<i>Lenga</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	7.343	70,9%
<i>Coigue</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	687	6,6%
<i>Mezclas</i>	1	0,2%	80	8,7%	0	0,0%	41.244	7,8%	0	0,0%
<i>Especies exóticas</i>	3	0,6%	18	2,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Otras nativas</i>	5	1,0%	13	1,4%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
<i>Otro tipo</i>	6	1,4%	0	0,0%	14.601	7,6%	12.579	2,4%	581	5,6%
<i>Desechos Industriales</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	8.531	1,6%	0	0,0%
<i>Desechos Forestales</i>	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	9.910	1,9%	0	0,0%
<b>Total</b>	<b>477</b>	<b>100,0%</b>	<b>922</b>	<b>100,0%</b>	<b>191.056</b>	<b>100,0%</b>	<b>528.452</b>	<b>100,0%</b>	<b>10.357</b>	<b>100,0%</b>

**Cuadro 4.8: Distribución del consumo de leña residencial según especie arbórea para las Regiones VI, VIII, IX, X y XI**

Distribución de consumo leña según especies	VI Región	VIII Región	IX Región	X Región	XI Región
<i>Ulmo</i>	-	-	-	1.261.137	-
<i>Hualle</i>	-	1.361.129	1.142.573	1.334.327	-
<i>Eucalipto</i>	182.588	109.631	110.558	76.866	-
<i>Broza</i>	-	-	-	5.084	-
<i>Tepú</i>	-	-	-	2.977	-
<i>Aromo</i>	-	485.742	71.415	23.786	-
<i>Pino</i>	5.747	12.791	47.024	147.091	-
<i>Espino</i>	21.240	89.537	-	-	-
<i>Frutícola</i>	244.086	-	-	-	-
<i>Ñirre</i>	-	-	-	-	77.416
<i>Lenga</i>	-	-	-	-	325.622
<i>Coigue</i>	-	-	-	-	30.473
<i>Mezclas</i>	1.078	202.596	-	257.780	-
<i>Especies exóticas</i>	3.037	46.900	-	-	-
<i>Otras nativas</i>	4.726	32.688	-	-	-
<i>Otro tipo</i>	6.381	-	113.493	78.620	25.768
<i>Desechos Industriales</i>	-	-	-	53.319	-
<i>Desechos Forestales</i>	-	-	-	61.941	-
<b>Total</b>	<b>468.883</b>	<b>2.341.014</b>	<b>1.485.064</b>	<b>3.302.928</b>	<b>459.280</b>

Con respecto a los distintos artefactos que utilizan y consumen leña en los hogares (cocina de fierro, salamandra, estufa simple o de doble entrada de aire, chimenea, brasero, estufa, fogón u otro), las distintas encuestas permiten establecer el % de hogares que poseen uno de estos, como se presenta en el Cuadro 4.9.<sup>38</sup> Hay que señalar que un mismo hogar puede tener más de un artefacto, por lo que la suma de los porcentajes de hogares que poseen los distintos artefactos no necesariamente es 100%.

Como se puede observar en este cuadro, en Rancagua la mayoría de los hogares posee una estufa de combustión, sea simple o doble entrada de aire, o una salamandra, con 18%, 29% y 16% de los hogares respectivamente. En las comunas encuestadas en Gran Concepción, la mayoría de los hogares posee una cocina de fierro o una estufa de combustión simple, con 21% y 18% de los hogares respectivamente. En la comuna de Chillán, al igual que en Rancagua, la mayoría de los hogares posee una estufa de combustión, sea simple o de doble entrada de aire, o una salamandra, con 20%, 15% y 18% de los hogares respectivamente. En Temuco, la mayoría de los hogares posee una cocina de fierro o una estufa de combustión, sea simple o de doble entrada de aire, con 35%, 13% y 17% de los hogares respectivamente. En las comunas encuestadas de la X Región, la gran mayoría de los hogares posee una cocina de fierro, con un 57% de los hogares, o una estufa de combustión, sea simple o de doble entrada de aire, con 16% y 18% de los hogares respectivamente. En la comuna de Aysén, el 69% de los hogares tienen una cocina de fierro, el 32% tiene una estufa de combustión simple y el 28% tiene una estufa de combustión de doble entrada de aire.

Sólo las comunas encuestadas de la X Región presentan información directa sobre el porcentaje de leña que cada hogar consume en los distintos aparatos, con lo cual se puede calcular el consumo de leña total realizado en cada aparato (en m<sup>3</sup> sólidos) y realizar una primera proyección para el consumo de leña entre los distintos aparatos para la X Región, como se puede observar en el Cuadro 4.10.

---

<sup>38</sup> Se utilizaron factores de expansión en las encuestas que las tenían.

Para tener una aproximación razonable acerca de la distribución del consumo de leña entre los distintos aparatos para el resto de las encuestas, se distribuyó de manera uniforme el consumo de leña de cada hogar entre los distintos aparatos que declaraban poseer. Los resultados de este ejercicio se encuentran en el Cuadro 4.11. Como era de esperarse, la distribución del consumo de leña entre los distintos artefactos sigue un patrón similar al encontrado en el Cuadro 4.9.

Las proyecciones que se obtienen de acuerdo a esta distribución de la leña entre los distintos artefactos para las regiones correspondientes se presentan en el Cuadro 4.12.<sup>39</sup> Si se compara la distribución resultante del consumo de leña entre los artefactos en la X Región del Cuadro 4.12 con aquella obtenida en el Cuadro 4.10, se puede observar que son muy similares, lo cual nos permite tener mayor confianza en la forma de distribución para el resto de las regiones.

---

<sup>39</sup> Como se tienen dos encuestas para la VIII Región, con distribuciones de consumo de leña entre los aparatos un poco distinta, se tomó el promedio simple de las distribuciones para proyectar la distribución del consumo total en los hogares de la región.

**Cuadro 4.9: Porcentaje de hogares que poseen artefactos que funcionan y consumen leña en las distintas encuestas disponibles**

Artefacto que utiliza leña	Rancagua	Gran Concepción	Chillán	Temuco	Valdivia, Osorno, etc.	Aysén
<i>Cocina de fierro</i>	3.3%	21.2%	10.8%	35.3%	57.1%	69.0%
<i>Salamandra</i>	16.4%	10.9%	17.7%	8.5%	9.5%	6.7%
<i>Estufa Combustión simple</i>	18.4%	18.0%	19.7%	12.9%	15.5%	32.4%
<i>Estufa Combustión doble entrada de aire</i>	29.2%	10.0%	15.1%	17.0%	17.9%	28.1%
<i>Chimenea</i>	7.5%	4.4%	2.3%	0.0%	2.8%	1.9%
<i>Brasero</i>	2.0%	0.5%	1.0%	0.0%	0.8%	0.5%
<i>Estufa</i>	2.0%	0.5%	3.6%	0.0%	0.0%	0.5%
<i>Fogón</i>	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Otro</i>	2.6%	0.0%	1.0%	0.0%	1.0%	0.0%

**Cuadro 4.10 (a y b): Distribución del consumo de leña entre los distintos artefactos para algunas comunas de la X Región y distribución proyectada para la X Región (en m<sup>3</sup> sólidos)**

Artefacto que utiliza leña	Valdivia, Osorno, etc.		Distribución de consumo leña en	X Región
	m3 sólidos consumidos	Proporción		
<i>Cocina de fierro</i>	314,342	59.5%	<i>Cocina de fierro</i>	1,964,697
<i>Salamandra</i>	28,544	5.4%	<i>Salamandra</i>	178,403
<i>Estufa Combustión simple</i>	71,355	13.5%	<i>Estufa Combustión simple</i>	445,980
<i>Estufa Combustión doble entrada de aire</i>	94,801	17.9%	<i>Estufa Combustión doble entrada de aire</i>	592,527
<i>Chimenea</i>	9,738	1.8%	<i>Chimenea</i>	60,863
<i>Brasero</i>	536	0.1%	<i>Brasero</i>	3,353
<i>Otro</i>	9,136	1.7%	<i>Otro</i>	57,104
Total	528,452	100.0%	Total	3,302,928

**Cuadro 4.11: Distribución del consumo de leña entre los distintos artefactos para las distintas encuestas disponibles**

Artefacto que utiliza leña	Rancagua		Gran Concepción		Chillán		Temuco		Valdivia, Osorno, etc.		Aysén	
	m3 sólidos consumidos	Proporción	m3 sólidos consumidos	Proporción	m3 sólidos consumidos	Proporción						
Cocina de fierro	4	0.8%	4,133	41.3%	142	15.4%	83,249	44.0%	298,242	56.4%	2,171	51.7%
Salamandra	68	14.4%	922	9.2%	192	20.9%	19,196	10.1%	36,460	6.9%	147	3.5%
Estufa Combustión simple	140	29.6%	2,204	22.0%	284	30.8%	31,507	16.6%	72,227	13.7%	982	23.4%
Estufa Combustión doble entrada de aire	189	39.8%	2,211	22.1%	236	25.6%	55,323	29.2%	96,496	18.3%	806	19.2%
Chimenea	59	12.4%	510	5.1%	21	2.3%	0	0.0%	13,787	2.6%	59	1.4%
Brasero	5	1.0%	18	0.2%	4	0.5%	0	0.0%	2,014	0.4%	12	0.3%
Estufa	3	0.7%	13	0.1%	33	3.5%	0	0.0%	0	0.0%	20	0.5%
Fogón	0	0.0%	8	0.1%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Otro	5	1.1%	0	0.0%	10	1.0%	0	0.0%	9,226	1.7%	0	0.0%
Total	474	100.0%	10,019	100.0%	922	100.0%	189,275	100.0%	528,452	100.0%	4,198	100.0%

**Cuadro 4.12: Distribución del consumo proyectado de leña entre los distintos artefactos para las regiones VI, VIII, IX, X y XI (en m<sup>3</sup> sólidos)**

Distribución de consumo leña en	VI Región	VIII Región *	IX Región	X Región	XI Región
Cocina de fierro	3,816	662,615	653,176	1,864,074	237,526
Salamandra	67,686	351,840	150,612	227,880	16,072
Estufa Combustión simple	138,868	618,357	247,208	451,434	107,470
Estufa Combustión doble entrada de aire	186,847	557,934	434,068	603,117	88,208
Chimenea	58,345	86,647	0	86,169	6,434
Brasero	4,906	7,745	0	12,588	1,339
Estufa	3,450	42,825	0	0	2,232
Fogón	0	971	0	0	0
Otro	4,966	12,080	0	57,667	0
Total	468,883	2,341,014	1,485,064	3,302,928	459,280

\* Ponderando por igual encuestas para Chillán y Gran Concepción

### **4.3. Estimación y Análisis de la estacionalidad del consumo de leña de los sectores económicos.**

Para desagregar los consumos de leña residenciales según la estacionalidad se utilizó la información existente en cada encuesta. En primer lugar se relacionaron las preguntas de intensidad del consumo de leña (alto, medio, bajo, nulo) para cada mes del año con las preguntas sobre el porcentaje de consumo de leña en los meses de consumo alto, medio o bajo. Se asumió que el porcentaje de consumo para los meses de consumo alto (por separado) se distribuía de manera uniforme entre los meses de consumo alto para cada hogar, y de igual manera para los meses de consumo medio y bajo.

Con esta información se calculó el porcentaje promedio de consumo de leña entre hogares para cada mes, dentro de cada encuesta. Cuando la encuesta tenía factores de expansión estos fueron utilizados.

A continuación se presenta el porcentaje de consumo promedio en cada mes para las encuestas residenciales realizadas en Rancagua, Chillán, Gran Concepción y Aysén. Sólo se realizaron proyecciones para las regiones a las cuales corresponden las encuestas utilizadas, por lo que se presenta la desagregación dentro de la VI, VIII (2 proyecciones, una por cada encuesta dentro de la región) y XI Región del consumo residencial de leña de acuerdo a la información anterior.

Como se puede apreciar, en todas las encuestas realizadas el consumo de leña tiende a concentrarse mayormente entre los meses de Mayo a Agosto, los cuales coinciden con los meses de invierno. En Rancagua, el 89% del consumo de leña en los hogares se concentra en estos meses. En Chillán la figura es del 80% y en el Gran Concepción de 72%. En Aysén, el consumo en estos meses representa el 46% del total anual, debido a que el consumo está mucho más distribuido a lo largo del año con respecto a las encuestas anteriores.

**Cuadro 4.13: Porcentaje Promedio de consumo de leña en el hogar, por mes, para las encuestas de Rancagua, Chillán, Gran Concepción y Aysén**

<b>Meses del año</b>	<b>Rancagua</b>	<b>Chillán</b>	<b>Gran Concepción</b>	<b>Aysén</b>
<i>Enero</i>	0,2%	0,5%	0,5%	5,0%
<i>Febrero</i>	0,2%	0,5%	0,6%	5,3%
<i>Marzo</i>	0,4%	1,7%	2,3%	6,6%
<i>Abril</i>	1,3%	6,3%	6,6%	9,2%
<i>Mayo</i>	11,5%	13,9%	13,3%	11,0%
<i>Junio</i>	25,7%	24,6%	19,3%	11,6%
<i>Julio</i>	29,6%	25,1%	20,5%	11,6%
<i>Agosto</i>	22,5%	16,0%	18,3%	11,4%
<i>Septiembre</i>	7,4%	7,2%	10,7%	9,6%
<i>Octubre</i>	0,8%	2,7%	5,5%	7,3%
<i>Noviembre</i>	0,1%	0,9%	1,8%	6,1%
<i>Diciembre</i>	0,2%	0,6%	0,6%	5,4%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Cuadro 4.14: Estacionalidad del consumo de leña proyectado para las Regiones VI, VIII y XI (en m<sup>3</sup> sólidos)**

Distribución de consumo leña según el mes	VI Región	VIII Región (1)	VIII Región (2)	XI Región
<i>Enero</i>	2.163	10.798	11.546	23.165
<i>Febrero</i>	2.392	11.944	13.052	24.157
<i>Marzo</i>	8.003	39.955	53.104	30.495
<i>Abril</i>	29.633	147.950	154.138	42.091
<i>Mayo</i>	65.093	324.992	312.045	50.335
<i>Junio</i>	115.331	575.817	451.895	53.086
<i>Julio</i>	117.580	587.045	479.447	53.107
<i>Agosto</i>	75.027	374.591	429.321	52.266
<i>Septiembre</i>	33.723	168.373	251.039	44.237
<i>Octubre</i>	12.487	62.345	129.040	33.533
<i>Noviembre</i>	4.423	22.083	42.332	28.167
<i>Diciembre</i>	3.029	15.123	14.055	24.641
<b>Total</b>	<b>468.883</b>	<b>2.341.014</b>	<b>2.341.014</b>	<b>459.280</b>

(1) Proyección para la VIII Región basada en encuesta de Chillán.

(2) Proyección para la VIII Región basada en encuesta de Gran Concepción.

Por otro lado, la encuesta de Temuco no presenta una desagregación del consumo de leña estacional por meses como en las encuestas anteriores, sino que presenta información sobre el % de leña consumida en cada hogar por estaciones: verano (diciembre a febrero), otoño (marzo a mayo), invierno (junio a agosto) y primavera (septiembre a noviembre). En el siguiente cuadro se presenta el resultado de esta desagregación.

**Cuadro 4.15: Distribución del consumo de leña por estaciones en la encuesta de Temuco**

Estaciones en que utiliza leña	Temuco	
	m3 sólidos consumidos	Proporción
<i>Verano (diciembre a febrero)</i>	1.777	0,9%
<i>Otoño (marzo a mayo)</i>	33.565	17,6%
<i>Invierno (junio a agosto)</i>	142.745	74,7%
<i>Primavera (septiembre a noviembre)</i>	12.985	6,8%
Total	191.072	100,0%

Como se puede apreciar, el 75% de la leña es consumida por los hogares de Temuco en la estación de invierno, seguida muy de lejos por la de verano con un 18%. Con esta información se puede proyectar el consumo de leña en IX Región, como se presenta en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.16: Estacionalidad del consumo proyectado de leña para la IX Región (en m<sup>3</sup> sólidos)**

Distribución de consumo leña en	IX Región
<i>Verano (diciembre a febrero)</i>	13.812
<i>Otoño (marzo a mayo)</i>	260.876
<i>Invierno (junio a agosto)</i>	1.109.452
<i>Primavera (septiembre a noviembre)</i>	100.924
Total	1.485.064

Por último, en la encuesta realizada en algunas de las comunas de la X Región tampoco presenta una desagregación del consumo de leña estacional por meses o por estaciones como en las encuestas anteriores. Para esta encuesta se tiene información sobre el % de leña consumida en cada hogar en los meses de calor, de temperatura intermedia y de frío. El problema está es que cada hogar encuestado define qué meses considera como de calor, de temperatura intermedia y de frío. En el siguiente cuadro se presenta la distribución del año en meses de calor, intermedios y de frío de acuerdo a la frecuencia de respuesta dada por los hogares.

**Cuadro 4.17: Distribución de respuesta de hogares clasificando el año en meses de calor, intermedios y de frío para la encuesta de la X Región**

Meses	Meses de calor		Meses de Temp Inter		Meses de Frío	
	No de Hogares	Proporcion	No de Hogares	Proporcion	No de Hogares	Proporcion
Enero	266.118	31,6%	20.170	1,6%	99	0,0%
Febrero	251.683	29,8%	34.141	2,7%	563	0,0%
Marzo	44.409	5,3%	206.083	16,5%	35.895	2,7%
Abril	7.155	0,8%	181.789	14,6%	97.443	7,2%
Mayo	1.491	0,2%	94.689	7,6%	190.207	14,1%
Junio	144	0,0%	12.955	1,0%	273.288	20,3%
Julio	144	0,0%	4.501	0,4%	281.742	20,9%
Agosto	1.366	0,2%	35.992	2,9%	249.029	18,5%
Septiembre	6.533	0,8%	125.657	10,1%	154.197	11,5%
Octubre	22.309	2,6%	216.715	17,4%	47.363	3,5%
Noviembre	55.155	6,5%	219.117	17,6%	12.115	0,9%
Diciembre	186.927	22,2%	96.528	7,7%	2.932	0,2%
Total	843.434	100,0%	1.248.337	100,0%	1.344.873	100,0%

Como se puede apreciar, en general los meses de diciembre, enero y febrero son considerados por la mayoría de los hogares como meses de calor. Los meses de marzo, abril, septiembre (posiblemente 2da. mitad), octubre y noviembre son considerados por la mayoría de los hogares como meses de temperatura intermedia. Los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre (posiblemente 1ra. mitad) son considerados por la mayoría de los hogares como meses de frío.

Dada esta aclaración, procedemos a calcular la distribución del consumo de la leña de los hogares entre los meses de calor, intermedios y fríos, la cual se presenta en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.18: Distribución del consumo de leña entre los meses de calor, intermedios y de frío para la encuesta de la X Región**

Meses en que utiliza leña	Valdivia, Osorno, etc.	
	m3 sólidos consumidos	Proporción
<i>Meses de Calor</i>	42.125	8,0%
<i>Meses de temp. Intermedia</i>	160.447	30,4%
<i>Meses de Frío</i>	325.880	61,7%
Total	528.452	100,0%

Como se puede apreciar, la mayor parte de la leña (62%) se consume en los meses de frío, seguido de los meses de temperatura intermedia (30%), como era esperable. Con esta información procedemos a distribuir el consumo de leña a nivel de hogares dentro de la X Región, la cual se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.19: Estacionalidad del consumo de leña proyectado para la X Región (en m<sup>3</sup> sólidos)**

Distribución de consumo leña en	X Región
<i>Meses de Calor</i>	263.287
<i>Meses de temp. Intermedia</i>	1.002.828
<i>Meses de Frío</i>	2.036.812
Total	3.302.928

#### **4.4. Análisis de participación en el gasto familiar que representa el consumo de leña, por región.**

Para analizar la participación que representa el consumo de la leña en el gasto familiar se utilizó la información existente en cada encuesta y la información del ingreso por hogar de las comunas encuestadas obtenida de la encuesta CASEN 2003.<sup>40</sup> En el Cuadro 4.20 se presenta la información obtenida sobre gasto medio en leña, en limpieza y deshollinado, y en mantenimiento de los artefactos que consumen leña, expresados en pesos del 2003 y **considerando sólo a los consumidores de leña**, para cada una de las comunas encuestadas de consumo de leña. Además, de estas encuestas también se presenta el porcentaje de los hogares que al ser preguntados por su nivel de consumo de leña declaran tener uno mayor a cero, y el consumo de leña medio anual por hogar expresado en m<sup>3</sup> sólidos. A esta información se adiciona el ingreso medio mensual por hogar de la comuna, obtenido de la CASEN 2003.

Como se puede apreciar, el principal rubro de gasto es el gasto de consumo de leña. El gasto en limpieza, deshollinado y en mantenimiento de equipos es bajo en comparación con éste. El gasto en leña varía, en términos absolutos, entre 46 mil pesos anuales para la comuna de Rancagua y 323 mil pesos para la comuna de Puerto Aysén. Se observa que, obviamente, existe una relación positiva entre el consumo promedio de leña de cada comuna con el gasto que se realiza en leña (el coeficiente de correlación es de 0,93), es decir a mayor consumo de leña mayor es el gasto realizado.

Para calcular el peso sobre el ingreso familiar que tiene el gasto de leña realizado en cada comuna, utilizamos el gasto medio anual esperado en leña en la comuna y el ingreso medio familiar anual.<sup>41</sup> En el Cuadro 4.21 se presenta el porcentaje sobre el ingreso familiar anual que representa cada uno de los rubros de gasto relacionados a la leña.

---

<sup>40</sup> No se incluye un análisis por sector socioeconómico porque la CASEN 2003 no desagrega la ocupación del principal sostenedor del hogar tal que permita la clasificación de cada hogar en algún estrato socioeconómico. Por otro lado, aunque la CASEN es representativa a nivel de las comunas estudiadas, no es representativa a nivel de los estratos socioeconómicos dentro de cada comuna.

<sup>41</sup> Debido a que hay hogares que no consumen, por tanto que tiene gasto igual a cero, el gasto medio esperado en leña es simplemente el gasto medio en leña para los consumidores multiplicado por el porcentaje de consumidores de leña de la comuna.

**Cuadro 4.20: Gasto medio en leña y en actividades relacionadas con su consumo de las distintas encuestas disponibles  
(en pesos de 2003)**

Región	comuna	Ingreso medio mensual por hogar (CASEN 2003)	% hogares que consumen cantidad positiva de leña	Consumo medio anual por hogar (m3 solidos)	Gasto medio anual en leña (consumidores)	Gasto medio anual en limp y deshollinado (consumidores)	Gasto medio anual en mant equipos leña (consumidores)
VI	Rancagua	552.542	25%	2,2	46.476	2.158	2.021
VIII	Chiguayante	638.187	56%	5,0	119.552		
	Concepción	654.644	40%	4,3	106.713		
	Coronel	336.764	46%	4,4	120.796		
	Hualqui	291.504	65%	6,0	121.713		
	Lota	304.576	46%	4,0	80.068		
	Penco	383.906	46%	3,0	64.581		
	San Pedro	857.362	46%	3,6	93.186		
	Talcahuano	506.428	47%	4,0	93.732		
	Tome	309.051	38%	3,5	82.459		
Chillan	422.889	61%	4,5	51.712	1.559	736	
IX	Temuco	602.298	61%	5,3	94.623		
X	Valdivia	644.440	80%	7,7	109.084	12.322	1.148
	Osorno	508.236	89%	7,6	114.034	2.849	830
	La Union	355.173	95%	9,1	105.660	3.972	960
	Rio Negro	268.601	98%	9,6	103.036	1.845	71
XI	Coyhaique	792.589	97%	16,7	230.598	4.125	565
	Puerto Aysen	443.570	94%	21,2	323.578	5.346	1.528

*Notas:* La ciudad de Puerto Chacabuco se incluye dentro de la comuna de Puerto Aysén. Las encuestas de Rancagua, Chillán, algunas comunas de la X Región y en Gran Concepción fueron levantadas en el año 2004, la encuesta de Temuco fue levantada en el año 2001, la encuesta de Coyhaique y Puerto Aysén fueron levantadas en el 2003. Los valores del gasto fueron llevados a pesos del año 2003 utilizando el Índice de Precios al Consumidor promedio de cada año, publicado por el Banco Central de Chile. El consumo de leña no incluye los desechos industriales en todas las comunas ni tampoco carbón vegetal.

**Cuadro 4.21: Porcentaje sobre el Ingreso familiar del Gasto en leña y actividades relacionadas con su consumo en cada comuna**

Región	comuna	% Gasto medio anual en leña	% Gasto medio anual en limp y deshollinado	% Gasto medio anual en mant equipos leña
VI	Rancagua	0,17%	0,01%	0,01%
VIII	Chiguayante	0,87%		
	Concepción	0,54%		
	Coronel	1,38%		
	Hualqui	2,27%		
	Lota	1,02%		
	Penco	0,64%		
	San Pedro	0,41%		
	Talcahuano	0,72%		
	Tome	0,83%		
Chillan	0,62%	0,02%	0,01%	
IX	Temuco	0,80%	0,00%	0,00%
X	Valdivia	1,13%	0,13%	0,01%
	Osorno	1,66%	0,04%	0,01%
	La Union	2,37%	0,09%	0,02%
	Rio Negro	3,13%	0,06%	0,00%
XI	Coyhaique	2,35%	0,04%	0,01%
	Puerto Aysen	5,73%	0,09%	0,03%

Notas: La ciudad de Puerto Chacabuco se incluye dentro de la comuna de Puerto Aysén. Las encuestas de Rancagua, Chillán, algunas comunas de la X Región y en Gran Concepción fueron levantadas en el año 2004, la encuesta de Temuco fue levantada en el año 2001, la encuesta de Coyhaique y Puerto Aysén fueron levantadas en el 2003. Los valores del gasto fueron llevados a pesos del año 2003 utilizando el Índice de Precios al Consumidor promedio de cada año, publicado por el Banco Central de Chile.

#### 4.5. Análisis de la disposición a sustituir leña por otros energéticos

Para analizar la disposición a sustituir leña por otros energéticos se utilizó la información existente en cada encuesta. En las encuestas correspondientes a las comunas de Rancagua, Gran Concepción, Chillán y Aysén se preguntó a los hogares consumidores de leña si estarían dispuestos a sustituir leña por otros energéticos de manera parcial o total. Los resultados de estas respuestas se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4.22: Disposición a cambiar leña por otros energéticos en las distintas encuestas disponibles**

<b>Cambiaría leña de manera</b>	<b>Rancagua</b>	<b>Gran Concepción</b>	<b>Chillán</b>	<b>Aysén</b>
<i>Parcial</i>	2.3%	4.4%	4.4%	15.5%
<i>Total</i>	6.5%	4.9%	2.0%	23.1%
<i>No la cambiaría</i>	91.2%	90.7%	93.6%	61.3%
<i>Total</i>	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Como se puede observar, la mayor parte de los hogares en Rancagua, Gran Concepción y Chillán no cambiarían el consumo de leña por otro energético, con un 91%, 91% y 94% de los hogares respectivamente, no siendo así para Aysén en el que una proporción importante de hogares estaría dispuesta a sustituir su consumo de leña por otros energéticos, aunque todavía el 61% de los hogares no lo cambiaría.

En estas mismas encuestas (excepto en Gran Concepción) se preguntó acerca de qué combustibles utilizaría en lugar de la leña para calefaccionar, cocinar ó calentar agua. En el siguiente cuadro se expone la proporción de hogares que prefieren determinado energético, ya sea para cocinar, calefaccionar o calentar agua, entre aquellos que declararon su intención de sustituir el consumo de leña de manera parcial o total. Debido a que cada hogar pudo elegir más de un combustible preferido para sustituirlo por leña, las proporciones en este caso no suman 100% dentro de cada encuesta.

**Cuadro 4.23: Combustibles sustitutos de la leña en las distintas encuestas disponibles**

<b>Combustible por el cual cambiaría leña</b>	<b>Rancagua</b>	<b>Gran Concepción</b>	<b>Chillán</b>	<b>Aysén</b>
<i>Electricidad</i>	42.3%	---	16.7%	18.0%
<i>Gas Licuado</i>	57.7%	---	62.5%	77.9%
<i>Parafina</i>	11.5%	---	16.7%	0.0%
<i>Petróleo o Diesel</i>	---	---	---	1.8%
<i>Otro combustible</i>	0.0%	---	8.3%	7.2%

Como se puede apreciar en el cuadro, el combustible preferido para sustituir el consumo de leña, ya sea para cocinar, calefaccionar o calentar agua, en las comunas de Rancagua, Chillán y Aysén es el gas licuado, seguido más de lejos por la electricidad.

En la encuesta de Temuco se preguntó a los hogares consumidores de leña si, desde el momento de la encuesta a cinco años más, estarían dispuestos a dejar de utilizar leña. En este caso, entre los hogares que declararon un consumo positivo de leña, el 43,47% de los mismos dejaría de consumirla. Para esta encuesta no se tiene información sobre los combustibles que se utilizarían en lugar de la leña.

En la encuesta realizada a algunas comunas de la X Región se realizó una valoración contingente para medir las elasticidades precio e ingreso de la demanda de leña, para esto a los hogares consumidores de leña se les planteó algunos escenarios específicos de sustitución ante aumentos en el precio de la leña, cuyos resultados más importantes se resumen a continuación.

Por ejemplo, de los 38.476 hogares que utilizan leña para cocinar aproximadamente un 90% de ellos posee cocina a gas licuado. A estos se les preguntó que harían con respecto a la sustitución entre leña y gas licuado si es que el precio de la leña subiera. Para los hogares a los cuales se les consultó por un aumento del 50% en el precio de la leña, aproximadamente un 45% seguiría cocinando de la misma manera, alrededor de un 40% cocinaría más con gas licuado, y un 15% optaría por cocinar exclusivamente con gas licuado. Para los hogares a los que se les pregunta por el cambio en el consumo de leña ante un aumento del 100% en su precio, aproximadamente un 36% de ellos seguiría igual, un

50% cocinaría menos con leña, y un 14% cocinaría exclusivamente con gas licuado. Por último, a los hogares que se les consulta por esta sustitución frente a un aumento de un 200% en el precio de la leña, en promedio un 23% de los hogares seguiría cocinando de la misma manera, un 42% cocinaría más con gas licuado y un 34% cocinaría solamente con gas licuado. Todo lo anterior es consistente con que mientras mayor es el aumento en el precio de la leña, mayor es la sustitución por gas licuado.

En otra pregunta se consulta a los hogares por una disminución en la utilización de leña para calefaccionar frente a un aumento en su precio. Para aquellos que se aplica un 50% de aumento en el precio de la leña, un 53% utilizaría menos leña. Cuando el aumento en el precio es de un 100%, un 60% calefaccionaría menos con leña, aún cuando el aumento en precio es de un 200% un 71% utilizaría menos leña para calefaccionar.

En otra pregunta se consulta por la disposición a instalar un sistema de gas licuado por redes, cuando el precio de la leña se incrementa. Cuando el precio de la leña aumenta en un 50%, un 19% de los hogares instalaría este sistema, cuando aumenta en un 100% en promedio un 24% de los hogares haría la inversión, y si el precio de la leña se triplica un 25% de los hogares lo haría.

## **5. Caracterización de la oferta de leña**

En este capítulo, a partir de las encuestas y estudios disponibles, se analizan las principales características de la oferta de leña. Debido a que la información contenida en cada informe varía en forma importante, este capítulo corresponde a una descripción de lo planteado por diferentes autores para las comunas que se estudian en tales informes.

### **5.1. Cadena de comercialización**

La cadena de comercialización difiere dependiendo del tipo de consumidor final. Cuando el consumidor es residencial, la venta de leña generalmente involucra a tres actores: los productores, los intermediarios y la industria de la madera. Los productores, suelen ser propietarios de predios que tienen como actividad primaria o secundaria, la obtención de leña de sus propiedades. A su vez, dentro de los intermediarios hay tres tipos, las leñerías que son locales instalados y especializados donde se comercializa leña durante todo el año, éstos compran la leña a los productores y la venden directamente a los consumidores, los transportistas mayoristas que también compran a los productores pero se la venden a otro intermediario, el transportista minorista, el cual se coloca en las orillas de los caminos durante los periodos de mayor demanda, lo reparte luego de ser contactado por un comprador por vía telefónica o simplemente recorre los barrios de la ciudades buscando clientes. El tercer actor del mercado es la industria de la madera, la cual como resultado de su proceso productivo tiene desechos industriales, estos desechos muchas veces son vendidos o regalados a los consumidores.<sup>42</sup>

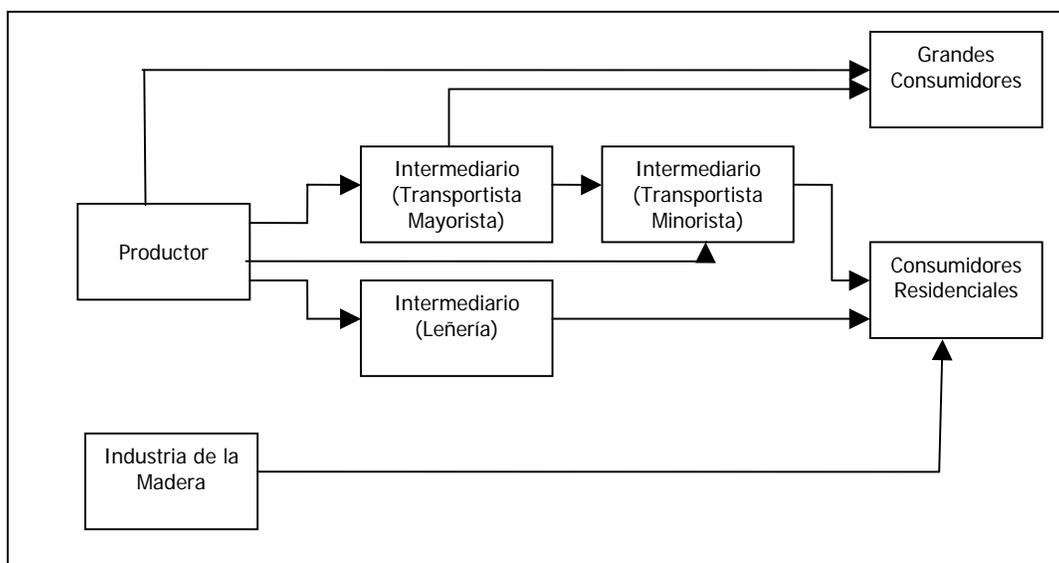
En cambio, cuando el consumidor pertenece al sector de grandes consumidores, es decir, a establecimientos industriales, comerciales e institucionales, la cadena de comercialización sólo incluye al productor, o en algunos casos intermediarios mayoristas, lo cual es explicado por los grandes volúmenes de leña que este grupo requiere.

---

<sup>42</sup> Con la escasez de biomasa para la generación de energía a nivel industrial en estos momentos las empresas ya no suelen regalar estos residuos sino que típicamente los comercializan.

La cadena de comercialización de ambos casos pueden ser observados en la Figura 5.1.

**Figura 5.1: Cadena de Comercialización de la Leña**



Como se observa en la figura anterior, la comercialización de leña puede tener varios niveles cuando los consumidores son residenciales, mientras que cuando son grandes consumidores, la cadena es bastante más corta debido a la compra directa de este grupo a los productores y en algunos casos a intermediarios mayoristas. Como es de esperar, mientras más sean los actores de la cadena de comercialización, mayor será el precio que pagará el consumidor por la leña.

## 5.2. Tipo de actores involucrados

Como se comentó anteriormente son tres tipos de actores los que participan en la cadena de comercialización de la leña, sus características son las siguientes:

- a) **Productores:** Este grupo está formado mayoritariamente por propietarios de predios y son los que inician la cadena de comercialización. Hay dos formas que son las más comunes mediante las cuales se realiza esta parte del proceso, en una es el mismo propietario el que se encarga de la extracción de la leña de su terreno o contrata a personal para que realice esta actividad; la otra forma es mediante la mediería, en la

cual un tercero extrae y realiza todo el proceso para posteriormente dividir con el propietario la producción en alguna proporción previamente determinada. Los principales sistemas de intervención son las cortas selectivas y raleos, sin embargo, es bastante común la “limpia” de terrenos, ésta es realizada en predios que son utilizados para otras actividades especialmente ganaderas y agrícolas, de la cual la leña resulta como residuos del proceso productivo. Esto implica que muchas veces los propietarios de bosques no se dedican a la venta de leña como su actividad principal, si no que ésta es una actividad secundaria que aporta ingresos adicionales a la actividad principal. En cuanto a las especies extraídas, éstas cambian dependiendo de la región y la ciudad, sin embargo, dentro de las más comunes se encuentra el Hualle o Roble, Coihue, Ulmo, Luma y Aromo. El tiempo de acopio, también varía bastante según la zona geográfica y las características propias del productor, encontrándose que hay productores que no la almacenan y otros que lo hacen por periodos que van desde 3 hasta 6 meses. Rara vez se observa un almacenamiento por un periodo superior a un año, lo anterior tiende a depender de si el productor cuenta con algún lugar donde almacenar la leña y del tipo de leña que éste produce.

- b) Intermediarios:** En general, dentro de los intermediarios se observan dos grupos, los transportistas minoristas y las leñerías, sin embargo, hay veces que también participan transportistas mayoristas que actúan como intermediarios entre el productor y el transportista minorista. Los transportistas minoristas en general, son un número bastante grande, tienden a colocarse a la orilla de los caminos, entregan leña a pedido por teléfono o recorren los barrios de la ciudad para vender leña durante las estaciones mayor demanda de leña, es decir, en otoño e invierno. Estos intermediarios funcionan en forma bastante informal, mientras que las leñerías son locales instalados y especializados en la venta de leña durante todo el año y muestran un nivel mayor de formalidad. El grupo de los transportistas se abastece de leña a través de la compra directa a los productores o la compra a otro transportista que actúa también como mayorista, las leñerías lo hacen mediante la compra al productor.

- c) **Industria de la madera:** La leña asociada a este comercializador corresponde a los desechos industriales resultantes del proceso productivo, éstos suelen ser lampazos, aserrín, viruta y despuntes. Según lo que se plantea en el estudio de Chillán de INFORCONAMA (2005a), tales desechos son demandados por los estratos bajos de la población para usarlos en estufas, siendo el principal desecho utilizado el aserrín.

### 5.3. Grado de Formalidad

Este tema es bastante complicado de evaluar debido a la dificultad de identificar a algunos de los actores de la cadena de comercialización que son justamente los que tienden a ser menos formales. Debido a esto, para analizar la formalidad de la oferta de leña se utilizarán dos variables que son comúnmente mencionadas en los estudios. Estas variables son: la inscripción por parte de los comercializadores de leña en el registro de patentes de las municipalidades en las cuales éstos funcionan y la existencia de un plan de manejo autorizado por la CONAF. Existe una tercera variable que actúa como un indicador de la formalidad del sector de leña, ésta es la entrega de boleta o factura al momento de la compra de la leña, sin embargo, este punto será analizado posteriormente en una sección aparte.

A partir de los informes se puede determinar que la formalidad de la oferta de leña en términos de la inscripción en el registro de patentes depende de cuales sean los actores involucrados, en general se observa que los intermediarios transportistas, funcionan en forma informal, es decir, sin inscripción en el registro debido a que comúnmente funcionan sin un lugar establecido y sus ventas son estacionales. En cambio, las leñerías, al ser locales que se encuentran establecidos, funcionan en términos más formales, encontrándose que parte importante de estos intermediarios sí funcionan con una patente municipal.

Pese a lo anterior, igual se observa que varias leñerías no cumplen con la inscripción en el registro, de hecho Reyes (2000a) plantea en su estudio de la ciudad de Puerto Montt que pese a que según los registros de la Ilustre Municipalidad de Puerto Montt, en el año 1998 existían 55 patentes registradas en el rubro “venta de leña”, se reconocieron en terreno 96 leñerías, lo cual implica que 41 leñerías estaban funcionando en forma informal. Si lo

anterior se cumple para el resto del país, se tendría un mercado absolutamente informal, ya que como se dijo anteriormente, las leñerías son las que actúan con un grado de formalidad más alto que el observado en los transportistas por lo que si, en la práctica parte importante de las leñerías están funcionando en forma informal, al sumarle la actuación de los transportistas, se tiene que la oferta de leña, exhibe un escaso nivel de formalidad.

Sin embargo, aunque no se cumpla lo observado en Puerto Montt para el resto de las ciudades de Chile, es decir, la mayoría de las leñerías sí funcionen en términos formales y presenten la inscripción del registro de patentes de la municipalidad correspondiente, igualmente un segmento importante del mercado operaría con bajo grado de formalidad, esto debido a que parte importante de los volúmenes de leña vendidos al sector residencial son comercializados a través de los transportistas que, según se comentó anteriormente, operan en términos informales. Por ejemplo, el estudio de la Universidad de Concepción (2005) muestra que un 77,3% de los consumidores del Gran Concepción compra la leña a vendedores ambulantes o se la llevan a sus hogares. Para Chiloé, Siemund (2004) encuentra que en las tres ciudades analizadas, Castro, Quellón y Ancud las compras en su mayoría son realizadas a camiones, variando entre las tres ciudades en rangos entre un 58 y un 80% del total de las compras realizadas a tal comercializador. Reyes y Frêne (2002) encuentran para Valdivia que en todos los estratos sociales la principal forma de abastecimiento de leña es a través de un camión distribuidor. Y Reyes (2000a) estima que el principal tipo de abastecimiento usado en la ciudad de Puerto Montt es el llamado proveedor fijo, el cual funciona como un productor del campo y abastece a los hogares en forma permanente de leña. Por lo tanto, aún cuando se diera que todas las leñerías, o una fracción importante de ellas, operasen con altos niveles de formalidad, al considerar que la mayor parte de los volúmenes de leña consumidos por el sector residencial se comercializan a través del sector de los transportistas u otro medio de abastecimiento diferente a las leñerías, se tiene que en general la leña comercializada en el país se hace con escasos niveles de formalidad.

Para la otra variable que indica el nivel de formalidad, es decir, la presencia o ausencia de un plan de manejo autorizado por la CONAF, se encuentra que en diversos estudios queda establecido que muchas veces los sistemas de intervención de los predios no están

autorizados por la CONAF. En particular, en el estudio de la Universidad de Concepción sobre la ciudad de Temuco (2002), se indica que sólo el 50% de los productores entrevistados había tramitado algún tipo de autorización de corta ante CONAF. En otros estudios como INFOR (2005a y 2005b) se plantea la informalidad de los productores en este sentido, sin embargo no se presentan valores sobre el porcentaje de productores funcionan con sistemas de intervención autorizados.

#### **5.4. Volumen del Negocio**

Entre los diferentes actores se encuentra una gran dispersión en los volúmenes de leña comercializados, tanto al interior de una ciudad como entre ciudades.

Es posible encontrar dentro de los dos principales grupos de comercializadores, productores e intermediarios, tanto grandes, como medianos y pequeños comercializadores, al mismo tiempo que se observa una gran diferencia en los volúmenes de leña al interior de estos grupos, por ejemplo en el caso de Chillán en el estudio de INFOR (2005a), se plantea que aquellos productores de grandes volúmenes producen alrededor de 1.000 metros estéreos anuales promedio,<sup>43</sup> mientras que los pequeños productores sólo 100 metros estéreos en promedio anuales. Mientras que en Temuco, según el estudio de Lobos (2001) los volúmenes elaborados por los productores van desde 10 hasta 7.700 m<sup>3</sup> estéreos. Por último para el caso de Puerto Montt en el estudio de Reyes (2000a), se encuentra una dispersión entre los niveles producidos que varía desde las 3 varas al día hasta las 150 varas al día.

En el caso de los intermediarios existe menor información con respecto a los niveles comercializados por este grupo y su variación al interior de éstos, sin embargo, se encuentra que por ejemplo, para Temuco, al igual que en el caso de los productores también hay una gran diferencia en los volúmenes comercializados, el estudio citado en el párrafo anterior, plantea que este grupo concentra sus ventas por temporada entre los 501 y los 1.000 m<sup>3</sup> estéreos por temporada. Mientras que para Puerto Montt, el estudio de Reyes encuentra que

---

<sup>43</sup> En este estudio se usa una tasa de equivalencia de 1 metro estéreo correspondiente a 0,56 m<sup>3</sup> sólidos cuando la leña es comercializada en astillas y a 0,68 m<sup>3</sup> sólidos cuando es comercializada en trozos de 1 metro de longitud, datos obtenidos de INFOR para CNE (2004a).

las leñerías venden entre 360 y 23.520 varas anuales.<sup>44</sup> Para la X Región la Universidad de Chile (2005), establece que los comercializadores venden al año como mínimo 10 m<sup>3</sup> estéreos y como máximo 15.000 m<sup>3</sup> estéreos, con un promedio de 731 m<sup>3</sup> estéreos anuales y una mediana de 200 m<sup>3</sup> estéreos anuales por oferente, sin embargo se observan variaciones importantes en las cuatro comunas que se estudian (Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro)

### **5.5. Márgenes asociados**

Los márgenes asociados al negocio dependen de los costos que tengan que desembolsar los comercializadores para obtener la leña y de los ingresos que obtengan por la venta de ésta. Los costos, tienden a ser estables, sin embargo los precios se ven afectados por el número de actores que se presenten en la cadena de comercialización y por las variaciones estacionales de los precios.<sup>45</sup> Por lo tanto, para determinar los márgenes de ganancia es necesario conocer con claridad los costos e ingresos de los diferentes actores de la cadena de comercialización, sin embargo, muchas veces esto resulta bastante difícil debido que pese a que los precios de venta y compra de la leña se pueden conocer con cierta facilidad mediante encuestas y entrevistas, no ocurre lo mismo con los costos. Parte importante de las labores de producción y comercialización son realizadas por los mismos productores y vendedores, con ayuda de sus familiares, o simplemente no son contabilizados en forma correcta por el productor o intermediario, lo cual dificulta la valorización.

A continuación se realiza una descripción de los costos y precios en algunas comunas del país, para las cuales se tiene información. Cada una es función de la información entregada en los estudios disponibles. Antes, sin embargo, es necesario resaltar que la información monetaria que se presenta a continuación está en valores nominales. Por lo tanto, los valores provenientes de encuestas en distintos años no son directamente comparables.

---

<sup>44</sup> En el estudio se indica que el volumen de una vara equivale a 0,220448 metros<sup>3</sup> cúbicos estéreos y un m<sup>3</sup> estéreo equivale a 0,5463 m<sup>3</sup> sólidos.

<sup>45</sup> Estas variaciones son explicadas por los cambios en la demanda.

**Chillán:** Según el informe de INFOR (2005a), cuando grandes o medianos productores contratan personal para realizar las faenas de extracción, el precio por metro estéreo<sup>46</sup> de leña producido es \$2.000 y se vende a transportistas minoristas a valores que varían entre \$5.000 y \$7.000 el metro estéreo en verano y entre \$8.000 y \$10.000 en invierno, dependiendo en ambos casos de la especie. Estos valores generarían un margen para los productores entre los \$3.000 y \$5.000 por metro estéreo en verano y entre \$6.000 y \$8.000 por metro estéreo para el invierno. Sin embargo, hay que notar que para determinar en forma correcta el margen real de ganancia que percibe el productor, hay que considerar otros costos que no están incluyéndose en este cálculo, como los costos de mantención de los predios.

También se plantea, que los intermediarios venden el metro estéreo entre \$6.000 y \$8.000 en verano y entre \$8.000 y \$11.000 en invierno, dependiendo en ambos casos de la especie que se venda. Dados los precios que este grupo paga a los productores, se tiene que el margen del intermediario sería de \$1.000 por metro estéreo vendido en verano e invierno. Un punto que se señala en esta parte, es que muchas veces existe una diferencia importante entre lo que declaran transportar los intermediarios minoristas y lo que realmente transportan, con lo cual los márgenes reales cambiarían en función del tamaño de la diferencia. También hay que agregar, en forma similar que para el sector productor, hay labores que tienen un costo asociado y que no están siendo valorados debido a que son realizadas por los mismos transportistas como el gasto en flete, por ejemplo.

**Rancagua:** Para esta ciudad el estudio de INFOR (2005b) determina que la producción de leña en esta ciudad se valoriza por carga en el caso del Eucalipto. Una carga corresponde a 64 astillas de entre 1,1 y 1,2 metros de longitud con diámetro variable y su valor es de \$2.500 lo que incluye los costos de volteo, desrame, trozado y arrumado. El valor del transporte por cada carga varía entre \$1.500 y \$2.000, asumiendo un flete de 50 kilómetros al lugar de almacenamiento o leñería. Finalmente, el picado de la leña implica un costo

---

<sup>46</sup> En el estudio se establece que a partir de INFOR (2004a) que 1 metro estéreo equivale a 0,56 m<sup>3</sup> sólidos de leña cuando es comercializada en astillas y a 0,68 m<sup>3</sup> sólidos cuando la leña es vendida en trozos de 1 metro de longitud.

aproximado de \$500 por carga.<sup>47</sup> Con tales costos, se tiene que cada carga tiene un costo total para el productor de entre \$4.500 y \$5.000. Posteriormente el productor vende cada carga a los transportistas minoristas a precios que varían entre \$12.000 y \$18.000 dependiendo de la humedad de la leña. A partir de tales valores, los productores estarían recibiendo un margen de ganancia que fluctúa entre los \$7.500 y los \$7.000 por carga cuando tiene altos contenidos de humedad y entre los \$13.500 y los \$13.000 por carga cuando está seca.

El precio pagado por los consumidores a los intermediarios en la temporada del 2004, fue de \$50 por kilo de leña de Eucalipto, el cual llevado a valor por carga corresponden a valores que variarían entre \$25.000 y \$40.000 por carga dependiendo del contenido de humedad. Con esto, el intermediario obtendría un margen de \$17.500 y \$18.000 por carga para leña con altos contenidos de humedad y entre \$26.500 y \$27.000 por carga para leña seca o con bajos niveles de humedad.

**Temuco:** La Universidad de Concepción (2002) encuentra que para Temuco y Padre Las Casas una diferencia bastante grande en el precio del metro cúbico estéreo de leña según la unidad de venta (metro estéreo, canasto, carretilla o triciclo) las cuales varían en el caso de Temuco entre \$7.962 y \$16.700 por m<sup>3</sup> estéreo, siendo la unidad de menor precio justamente el metro estéreo, mientras que la de Padre Las Casas el precio para el m<sup>3</sup> estéreo varía entre \$5.500 y \$15.700, siendo el más bajo el vendido en triciclo. En otro estudio realizado en Temuco, Lobos (2001), se plantean promedios de precios que varían entre \$6.900 y \$8.769 por m<sup>3</sup> estéreo, según el tipo de leña (picada, metro trozado y metro sin trozar). Sin embargo, en ninguno de los estudios se identifican los costos por lo que no es posible analizar los márgenes de venta.

**X Región:** En las ciudades de Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro, según la Universidad de Chile (2005), el precio promedio que pagan los consumidores de la leña en tales comunas es de \$11.080 por m<sup>3</sup> estéreo, variando muy poco a través de las estaciones

---

<sup>47</sup> En este estudio los costos de picado y transporte están clasificados dentro de los gastos que realiza el productor, pese a que en la práctica pueda ser el intermediario el que efectivamente los realiza.

del año, siendo el precio por m<sup>3</sup> estéreo: \$10.961 para verano, \$11.029 para otoño, \$11.148 para invierno y \$11.122 para primavera. Mientras que para las mismas estaciones, los valores de compra para los oferentes de leña por m<sup>3</sup> estéreo son: \$6.431, \$6.509, \$6.564 y \$6.564, respectivamente. Con lo cual se tienen márgenes de ganancia para los oferentes que varían entre \$4.520 y \$4.558 por m<sup>3</sup> estéreo en las cuatro estaciones del año.

**Puerto Montt:** Para esta ciudad Reyes (2000a), determina el valor otorgado a la leña por parte de los productores, el cual considera los ingresos y los costos de la producción de madera pero además incluye el costo de oportunidad del tiempo y los recursos. Al calcular tal valor, encuentra que éste cambia en forma importante cuando se trata de pequeños, medianos o grandes productores, encontrándose incluso, que varios pequeños productores le atribuyen un valor negativo a la leña. Los valores para los tres grupos señalados anteriormente son en promedio \$2.196,3, \$6.252,5 y \$8.561 por m<sup>3</sup> estéreo, respectivamente. Además, estima que los márgenes de ganancia para los intermediarios varían entre \$3.293 y \$5.557 por m<sup>3</sup> estéreo,<sup>48</sup> según la especie de la leña que se comercializa.

**Coyhaique y Puerto Aysén:** En el estudio de INFOR para CNE (2004a) se analizan detalladamente los costos asociados a la comercialización de leña en las ciudades de Coyhaique y Puerto Aysén, diferenciando por tipo de comercializador e identificando tres grupos, el primero formado por aquellos que arriendan el bosque cuyo costo promedio por m<sup>3</sup> sólido extraído es estimado en \$5.625, valor que incluye los costos de extracción, corta y trozado, además del costo que éstos pagan por “arrendar el bosque”. El segundo grupo corresponde a quienes compran a los productores y pagan valores promedios por m<sup>3</sup> sólido de \$6.282 si la compra se realiza en el bosque y \$7.202 si es realizada en la orilla del camino. Y el tercer grupo, formado por aquellos que compran la leña a otro transportista, en este caso, el costo promedio por m<sup>3</sup> sólido es de \$11.643. Además, se indica el valor pagado por los desechos industriales cuya compra se realiza en forma directa a los productores pagando un precio de \$6.919 por m<sup>3</sup> sólido.

---

<sup>48</sup> Valor calculado bajo el índice de conversión utilizado en el informe que indica que el volumen de una vara equivale a 0,220448 metros cúbicos estéreo.

También se establece el costo atribuible para toda la actividad de comercialización realizada por los transportistas, cuyo costo promedio por m<sup>3</sup> sólido es de \$5.588 para los camioneros y \$6.183 para los camioneros. En cuanto a los depósitos, se plantea que éstos tienen costos de adquisición y transporte similares a los de los transportistas.

Los precios de venta al consumidor difieren principalmente según el abastecedor y la época del año, los precios de venta de los camioneros son \$13.450 y \$15.739 por m<sup>3</sup> sólido para verano e invierno respectivamente, mientras que los precios promedios de los camioneros son \$14.696 y \$16.674 por m<sup>3</sup> sólido para las mismas estaciones. Los depósitos son los que presentan los precios más altos con valores promedio por m<sup>3</sup> sólido para verano e invierno de \$17.262 y \$17.875 respectivamente. Con los valores encontrados, se estima que los márgenes de venta al consumidor representan entre un 4% y un 9% de utilidad por metro estéreo de leña o desechos forestales comercializados, obteniendo los mayores márgenes los camioneros y los depósitos.

A continuación se presenta un cuadro representativo de la información anterior, en la medida en que fue posible se estandarizaron las unidades a metros cúbicos estéreos, esto fue posible para casi todos los informes mostrados en el cuadro, la conversión se hizo a partir de los datos determinados en cada uno de los estudios y la equivalencia indicada en este informe de 1 m<sup>3</sup> estéreo correspondiente a 0,64 m<sup>3</sup> sólidos. La excepción fue el caso de Rancagua, los valores para esa ciudad están en unidades de “carga” debido a que en el estudio de INFOR (2005b) no se especifica la equivalencia de esa unidad con otras unidades más estándares.

Las unidades de conversión obtenidas de cada estudio son las siguientes:

- INFOR (2005a): 1 metro estéreo correspondo a 0.56 m<sup>3</sup> sólidos.
- Universidad de Concepción (2005): 1 m<sup>3</sup> estéreo es igual a 320 astillas.
- Reyes (2000a): 1 vara equivale a 0,220448 m<sup>3</sup> estéreos.

**Cuadro 5.1: Resumen de precios, costos y márgenes según fuente<sup>49</sup>**

Ciudad	Región	Precio Venta (\$/m <sup>3</sup> estéreo)		Costo Transporte (\$/m <sup>3</sup> estéreo)		Margen Productor (\$/m <sup>3</sup> estéreo)		Margen Intermediario (\$/m <sup>3</sup> estéreo)		Fuente
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Rancagua	VI	13.215 <sup>(1)</sup>	22.088 <sup>(2)</sup>	1.500 <sup>(3)</sup>	2.000 <sup>(3)</sup>	7.000 <sup>(4)</sup>	13.500 <sup>(5)</sup>	17.500 <sup>(6)</sup>	27000 <sup>(7)</sup>	INFOR (2005b)
Chillán	VIII	6.857 <sup>(8)</sup>	12.571 <sup>(9)</sup>	-	-	3.429 <sup>(10)</sup>	9.143 <sup>(11)</sup>	1.143	1.143	INFOR (2005a)
Concepción	VIII	14.720	14.720	-	-	-	-	-	-	U. Concepción (2005)
Temuco	IX	6.900	8.769	-	-	-	-	-	-	Lobos (2001)
Temuco	IX	7.962	16.700	-	-	-	-	-	-	U. Concepción (2002)
Padre Las Casas	IX	5.500	15.700	-	-	-	-	-	-	U. Concepción (2002)
Valdivia, Osorno, La Unión y Río Negro	X	10.961 <sup>(12)</sup>	11.148 <sup>(13)</sup>	-	-	-	-	-	-	U. Chile (2005)
Puerto Montt	X	7.771 <sup>(14)</sup>	11.114 <sup>(15)</sup>	630 <sup>(16)</sup>	630 <sup>(16)</sup>	-	-	3.293 <sup>(17)</sup>	5.557 <sup>(18)</sup>	Reyes (2000a)
Coyhaique y Puerto Aysén	XI	8.608 <sup>(19)</sup>	10.671 <sup>(20)</sup>	220 <sup>(21)</sup>	751 <sup>(22)</sup>	1.009 <sup>(23)</sup>	2.891 <sup>(24)</sup>	4.651 <sup>(25)</sup>	7.095 <sup>(26)</sup>	INFOR (2004a)

Notas: <sup>(1)</sup> Precio por m<sup>3</sup> estéreo en el mes de febrero, <sup>(2)</sup> Precio por m<sup>3</sup> estéreo en el mes mayo, <sup>(3)</sup> Valores por carga suponiendo un flete de 50 kilómetros, <sup>(4)</sup> Margen por carga de leña con altos contenidos de humedad, <sup>(5)</sup> Margen por carga de leña con bajos contenidos de humedad, <sup>(6)</sup> Margen por carga de leña con altos contenidos de humedad, <sup>(7)</sup> Margen por carga de leña con bajos contenidos de humedad, <sup>(8)</sup> Precio en verano, <sup>(9)</sup> Precio en invierno, <sup>(10)</sup> Margen por m<sup>3</sup> estéreo en verano, <sup>(11)</sup> Margen por m<sup>3</sup> estéreo en invierno, <sup>(12)</sup> Precio en verano, <sup>(13)</sup> Precio en invierno, <sup>(14)</sup> Precio por m<sup>3</sup> estéreo de Broza, <sup>(15)</sup> Precio por m<sup>3</sup> estéreo de Tepú, <sup>(16)</sup> Costo por kilómetro recorrido de flete, <sup>(17)</sup> Margen por m<sup>3</sup> estéreo de Broza, <sup>(18)</sup> Margen por m<sup>3</sup> estéreo de Tepú, <sup>(19)</sup> Precio de venta de los camioneros en verano, <sup>(20)</sup> Precio de venta de los camioneros en invierno, <sup>(21)</sup> Costo de transporte de los camioneros por m<sup>3</sup> estéreo, <sup>(22)</sup> Costo de transporte de los camioneros por m<sup>3</sup> estéreo, <sup>(23)</sup> Margen cuando la leña es vendida en la orilla del camino, <sup>(24)</sup> Margen cuando la leña es vendida en el bosque, <sup>(25)</sup> Margen de los camioneros en base al precio de venta de verano, <sup>(26)</sup> Margen de los camioneros en base al precio de venta de invierno. Hay que señalar que las cifras monetarias están en valores nominales por lo que no son directamente comparables los valores de encuestas tomadas en distintos años.

<sup>49</sup> Este cuadro fue elaborado en función de la información disponible en las diferentes encuestas, por lo tanto, los valores no son comparables entre sí ya que corresponden a diferentes años, especies y contenido de humedad.

## **5.6. Caracterizar el grado de formalidad del mercado de la leña y la tributación asociada a este negocio**

Como se señaló anteriormente, son tres las principales variables que indican la formalidad con la cual funciona el mercado de la leña, dos ya fueron comentadas por lo que ahora corresponde analizar la entrega de boleta o factura en la venta de leña.

En algunas de las encuestas y estudios que se han realizado se pregunta en forma directa al consumidor si recibe una boleta o factura cuando realiza la compra de leña, a partir de tales estudios se puede concluir que la formalidad en términos de la entrega de boleta o factura, está determinada fundamentalmente por dos aspectos: el tipo de actor que vende la leña y el tipo de consumidor que la compra.

Con respecto al tipo de actor que comercializa la leña, se puede decir que en general, se observa que el mercado funciona con cierta formalidad cuando la leña es comprada en locales establecidos, dada la regularidad con la que se entrega la boleta o factura, mientras que cuando se hace mediante transportistas que se colocan en los caminos no ocurre así ya que este grupo rara vez entrega tales documentos.

Por otra parte, según el tipo de consumidor la formalidad también se ve afectada, es así como mientras para los consumidores residenciales la entrega de boletas o facturas se realiza pocas veces, en el sector grandes consumidores en general se observa que las ventas son realizadas con la entrega de boleta o factura. Lo anterior, es explicado debido a que el sector de grandes consumidores debe declarar sus costos, hecho que no ocurre para el sector residencial.

En los estudios que se aborda el tema se encuentra lo siguiente: según la encuesta realizada a las ciudades urbanas de la X Región por la Universidad de Chile (2005) se encuentra que 94% de las personas a las cuales se les preguntó si recibían boleta contestó que nunca lo hacían, frente a la misma pregunta en INFOR (2005a) encuentran que en Chillán el mismo porcentaje, es decir, el 94% declara no recibir la boleta, sin embargo en Rancagua en el estudio realizado también por INFOR (2005b) el porcentaje cae a un 52%. Por último en la

Universidad de Concepción (2005) encuentran que un 90% de los consumidores de esa ciudad declaran nunca haber recibido una boleta al momento de comprar leña. Es decir, en la mayoría de las ciudades se observa la inexistencia de la entrega de boleta o factura.

Es claro, que cada vez que no se entrega boleta o factura, el Estado está perdiendo ingresos en forma de tributación, debido al IVA no recaudado. En cuanto este hecho, la Universidad de Concepción (2005) estima que en el Gran Concepción, dado el volumen de consumo de 935.078 m<sup>3</sup> estéreos, se transan 24,3 millones de dólares al año en el mercado y considerando que un 90,6% de los consumidores no recibe boleta o factura, se tiene que se transan 22 millones de dólares sin pagar IVA frente a lo cual, se están perdiendo 4,2 millones de dólares de recaudación.<sup>50</sup>

Otro estudio que estima el nivel de IVA no recaudado a partir del porcentaje de consumidores que reciben boleta o factura es también elaborado por la Universidad de Concepción (2002) y analiza la situación existente en Temuco y Padre Las Casas, a partir de los niveles de consumo observados para tales ciudades, se calcula que el monto transado en forma anual en el sector corresponde a MM\$ 4.540, a partir de lo cual se estima un monto de IVA no recaudado de MM \$689,7 al año para ambas comunas.

### **Estimación de la pérdida tributaria**

A partir de las encuestas existentes y en base a algunos supuestos es posible estimar la pérdida tributaria del Estado asociada a la evasión del IVA, este valor está determinado por los volúmenes transados de leña y sus derivados, el precio pagado por éstos y la variación esperada en la demanda si el pago del IVA tiene efectos en los precios.

Es importante observar, que se calculará la pérdida tributaria sólo en términos de las compras a nivel residencial urbano, ya que las compras de grandes consumidores en su mayoría tienen asociada la entrega de boleta ya que estas organizaciones requieren

---

<sup>50</sup> El cálculo se hace en base al precio del dólar el 22 de diciembre del año 2004, el cual es 566 pesos.

mantener un registro de sus gastos el cual debe estar avalado por este tipo de documento y el sector rural tiene un mayor acceso a leña a precio cero debido a la autorrecolección.

A nivel regional para el sector urbano, los volúmenes proyectados transados, los precios pagados y el porcentaje de hogares compradores que no reciben boleta o factura son los siguientes:

**Cuadro 5.2: Volúmenes de leña y sus derivados y el precio pagado por región, sector residencial urbano**

Región	Cantidad de leña comprada proyectada (m <sup>3</sup> sólidos)	Precio Pagado (pesos del 2003 por m <sup>3</sup> sólido)	Porcentaje de hogares que no reciben documento legal (compradores)
IV	20.399	25.834	51,71
V	11.015	25.834	51,71
VI	83.039	25.834	51,71
VII	369.136	25.834	51,71
VIII	704.566	18.910	94,24
IX	401.056	14.253	83,00
X	989.638	14.652	95,48
XI	355.593	14.706	90,93
XII	200.468	14.706	90,93
RM	68.013	25.834	51,71

*Fuente:* Elaboración propia en base a las encuestas de la bibliografía.

*Notas:* Para el caso de la IX Región, el porcentaje corresponde al *volumen* de leña que es transado sin la entrega de boleta o factura y no al porcentaje de *hogares* compradores que no reciben tales documentos.

Los supuestos y cálculos necesarios para obtener los valores del cuadro 5.2 pueden ser consultados en el anexo 5.

Por otra parte, como el IVA es el impuesto al valor agregado, es necesario determinar que porcentaje del precio total corresponde al valor que efectivamente se le está agregando al producto final. Esto por cuanto la compra de productos intermedios utilizados en la actividad de producción y distribución de la leña, dan origen un crédito fiscal por pago del IVA en la compra de estos insumos. Por lo tanto, si los productores vendieran todo sus productos con IVA, la recaudación neta sería el IVA de la venta final menos el crédito por la compra de insumos. En otras palabras, el IVA que actualmente no está recibiendo el Estado es el 19% del valor agregado de la leña que se vende sin boleta, no del precio total de estas ventas.

Para determinar el valor agregado, sólo se consideró el gasto en combustible ya que éste es el principal insumo que se utiliza en la cadena productiva de la leña y sus derivados. Como en la literatura y encuestas disponibles existe poca información al respecto, se utilizaron los valores reportados para Rancagua según INFOR (2005b) y para Coyhaique y Puerto Aysén según INFOR (2004a), de los cuales se concluye que el gasto en combustible con respecto del precio de venta al consumidor representa entre un 9 y un 11% para Rancagua y entre un 4 y un 10% para Coyhaique y Puerto Aysén. A partir de tales valores y para incluir algún otro insumo que podría tener una importancia significativa en la determinación del valor agregado, se consideró el 10% como un buen indicador de los gastos que incluye la cadena productiva de la leña y sus derivados. A partir de esto, se aplicó un 90% del precio de venta como el valor agregado de este mercado.

A partir del cuadro 5.2 y del supuesto de un 90% de valor agregado, se puede calcular la pérdida tributaria del Estado. Sin embargo es necesario analizar dos escenarios: el primero que es el más simple implica que el cobro del IVA no se traduce en un aumento del precio para los consumidores, ya que el precio que actualmente están cobrando los comercializadores ya incluye el IVA y en estos momentos son ellos los que se están apropiando de los fondos del Estado. Por lo tanto, las ventas totales no cambian en este escenario.<sup>51</sup> En el otro caso se asume que el precio actual no incorpora el IVA, por lo que el precio pagado por los consumidores aumentaría si se aplica el IVA a todas las ventas.

**Escenario 1:** El precio no aumenta, esto implica que las cantidades compradas de leña y sus derivados no cambian, por lo tanto, el monto que recibiría el Estado si se entregara boleta o factura en todas las ventas, corresponde al 19% del total de las ventas. Sin embargo, como un porcentaje de las ventas actuales se realizan con boleta, la pérdida tributaria actual corresponde al porcentaje de las ventas que no está recibiendo boleta. En el Cuadro 5.3 se observa para cada región el nivel de la pérdida tributaria:

---

<sup>51</sup> En este escenario la incidencia del IVA afecta solamente a los productores.

**Cuadro 5.3: Pérdida Tributaria por región para el sector residencial urbano en el escenario 1**

Región	Cantidad de leña comprada (m <sup>3</sup> sólidos)	Precio Pagado (pesos del 2003 por m <sup>3</sup> sólido)	Nivel de Ventas (pesos 2003)	Porcentaje de hogares que no reciben documento legal (compradores)	Pérdida Tributaria (Valor Agregado 90%)
IV	20.399	25.834	526.987.766	51,71	46.598.419
V	11.015	25.834	284.561.510	51,71	25.162.095
VI	83.039	25.834	2.145.229.526	51,71	189.689.990
VII	369.136	25.834	9.536.259.424	51,71	843.235.157
VIII	704.566	18.910	13.323.343.060	94,24	2.147.062.063
IX	401.056	14.253	5.716.251.168	83,00	811.307.528
X	989.638	14.652	14.500.175.976	95,48	2.367.455.332
XI	355.593	14.706	5.229.350.658	90,93	813.113.303
XII	200.468	14.706	2.948.082.408	90,93	458.398.218
RM	68.013	25.834	1.757.047.842	51,71	155.365.374
<b>Total</b>	<b>3.202.923</b>		<b>55.967.289.338</b>		<b>7.857.387.480</b>

*Notas:* Para el caso de la IX Región, el porcentaje corresponde al *volumen* de leña que es transado sin la entrega de boleta o factura y no al porcentaje de *hogares* compradores que no reciben tales documentos.

A partir de los resultados mostrados en el cuadro anterior se puede concluir que la pérdida total del Estado en el escenario 1, es decir, en el caso de que el cobro total del IVA no afecta los niveles de consumo, dado que no cambia el precio, es de aproximadamente de \$7.850 millones de pesos, lo cual representa una pérdida bastante importante. Asumiendo un tipo de cambio de \$540 por US\$, esta cifra representa una pérdida tributaria de cerca de US\$ 14,5 millones al año.

**Escenario 2:** Si al cobrarse el IVA, el precio de la leña y sus derivados aumenta, se tendrá una caída en las cantidades demandadas. Para determinar la disminución de los volúmenes transados en este caso, se supuso una elasticidad de demanda igual a 0,4, este valor es determinado por DECON-CNE (2005). Además, si la oferta de leña es infinitamente elástica al precio actual, entonces este precio tiene que aumentar en un 23,5% para que el precio neto del IVA que recibe el productor sea igual al precio sin IVA que está recibiendo ahora. Este escenario corresponde a un caso límite donde todo el impuesto es traspasado a los consumidores en la forma de precios mayores.<sup>52</sup>

<sup>52</sup> En este caso, el valor agregado como porcentaje del precio final aumentaría, sin embargo se mantiene el supuesto de 90% del precio final como una aproximación.

Dados los supuestos anteriores, al aumentar los precios en un 23,5%, la demanda de leña y sus derivados caerá en un 9,4% en cada una de las regiones analizadas, con esto la pérdida tributaria del Estado en cada región es:

**Cuadro 5.4: Pérdida Tributaria por región para el sector residencial urbano en el escenario 2**

Región	Cantidad de leña comprada (m <sup>3</sup> sólidos)	Precio Pagado (pesos del 2003 por m <sup>3</sup> sólido)	Nivel de Ventas (pesos del 2003)	Porcentaje de hogares que no reciben documento legal (compradores)	Pérdida Tributaria (Valor Agregado 90%)
<b>IV</b>	18.481	31.894	589.445.575	51,71	52.121.194
<b>V</b>	9.980	31.894	318.287.319	51,71	28.144.270
<b>VI</b>	75.233	31.894	2.399.478.951	51,71	212.171.767
<b>VII</b>	334.437	31.894	10.666.482.763	51,71	943.174.138
<b>VIII</b>	638.337	23.346	14.902.405.941	94,24	2.401.528.678
<b>IX</b>	363.357	17.596	6.393.732.788	83,00	907.462.495
<b>X</b>	896.612	18.089	16.218.715.351	95,48	2.648.042.630
<b>XI</b>	322.167	18.156	5.849.125.551	90,93	909.482.287
<b>XII</b>	181.624	18.156	3.297.484.767	90,93	512.726.896
<b>RM</b>	61.620	31.894	1.965.290.549	51,71	173.779.048
<b>Total</b>	<b>2.901.848</b>		<b>62.600.449.556</b>		<b>8.788.633.403</b>

*Notas:* Para el caso de la IX Región, el porcentaje corresponde al *volumen* de leña que es transado sin la entrega de boleta o factura y no al porcentaje de *hogares* compradores que no reciben tales documentos.

En este caso, se tiene que la pérdida tributaria aumenta tomando un valor cercano a los \$8.780 millones de pesos, o cerca de US\$ 16,3 millones por año. Este aumento es explicado porque pese a que el aumento de los precios genera una caída en la demanda, esta caída es más que compensada por el aumento en la posible recaudación tributaria debido al aumento de los precios.<sup>53</sup>

Luego, a partir de ambos escenarios se puede concluir que la pérdida tributaria por evasión del IVA en el mercado de la leña es bastante alta, ya que el Estado podría contar con cerca de \$8.000 millones de pesos anuales (US\$ 14,8 millones) si el IVA fuera pagado por todos los consumidores.

<sup>53</sup> En términos más técnicos, el gasto en leña aumenta al aumentar su precio ya que el valor absoluto de la elasticidad de demanda es menor a uno.

## **5.7. Importancia del mercado de leña en las economías regionales**

A partir de la información de este capítulo, también es posible estimar la importancia del mercado de la leña en las economías regionales. La actividad económica regional agregada se puede medir por el Producto Interno Bruto que se genera en cada región, y que indica la contribución de la región al valor agregado nacional. Las estadísticas del PIB regionalizado pueden obtenerse del Banco Central. El valor agregado total que genera el mercado de leña se estimó como un 90% del precio registrado en el Cuadro 5.3 pero multiplicado por el consumo residencial, comercial e industrial de leña. Se considera como valor agregado sólo el consumo comprado (Cuadro 5.3) ya que las actividades auto-producción no se registran en el cálculo del PIB. Por lo tanto, sólo el consumo residencial que es comprado se utiliza para calcular el valor agregado de la leña. Se asume que todo el consumo comercial, institucional e industrial es comprado.

Para calcular la importancia del mercado de leña, previamente se deben ajustar los PIB regionales por aquella parte del mercado de leña que es informal. Para hacer este ajuste se supone que todas las ventas de leña que se venden con boleta o factura es una actividad económica formal que ya estaría registrado en el PIB regional. Aquella parte del valor agregado del mercado de leña que se transa en forma informal se debe sumar al PIB regional antes de calcular la razón entre el valor agregado del mercado de leña y el PIB regional. Este ajuste se hizo en base a los datos del Cuadro 5.3, deflactando las cifras monetarias para ponerlas en precios de 1996.

Otro asunto que se debe esclarecer es el tratamiento del consumo de desechos industriales. Las cifras de consumo de leña por región estimadas en el capítulo 3 no incluyen el consumo de estos residuos. Sin embargo, se debe notar que el valor agregado de estos residuos que representan autoconsumo en los procesos productivos estará contabilizado como parte del valor agregado del producto final correspondiente de cada industria. Por lo tanto, sólo aquellos residuos industriales que se transan por un precio en el mercado, y no constituyen autoconsumo, deberían contabilizarse como valor agregado de la leña y derivados. En lo que sigue se asume que la mayor parte del consumo de residuos con fines energéticos es

autoconsumo, por lo que el error que se comete en la estimación del valor agregado que se presenta a continuación es menor. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.5.

**Cuadro 5.5: Importancia del mercado de la leña en las economías regionales**

Región	PIB regionalizado (millones de pesos de 1996) <sup>(1)</sup>	Valor agregado por venta de leña (millones de pesos del 2003)	Valor agregado por venta de leña (millones de pesos de 1996)	Valor Agregado leña como porcentaje del PIB regional <sup>(2)</sup>
<b>IV</b>	830.686	9.058	6.933	0,8%
<b>V</b>	3.124.794	8.400	6.430	0,2%
<b>VI</b>	1.537.979	9.150	7.004	0,5%
<b>VII</b>	1.334.711	34.486	26.397	2,0%
<b>VIII</b>	3.421.245	39.077	29.911	0,9%
<b>IX<sup>(1)</sup></b>	930.130	14.404	11.025	1,2%
<b>X</b>	1.736.068	20.020	15.324	0,9%
<b>XI</b>	211.939	5.854	4.481	2,1%
<b>XII</b>	493.345	2.688	2.057	0,4%
<b>RM</b>	16.780.850	9.887	7.568	0,0%
<b>Total</b>	<b>35.133.035</b>	<b>153.023</b>	<b>117.129</b>	<b>0,3%</b>

*Fuente:* Banco Central de Chile y cálculos propios.

*Notas:* <sup>(1)</sup> PIB regional y nacional no incluye recaudación del IVA ni derechos de importación. Estas cifras no han sido ajustadas por el valor agregado de las ventas informales de leña. Esto se realiza antes del cálculo de la columna 4. <sup>(2)</sup> PIB regional ha sido ajustado por el valor agregado de las ventas residenciales de leña que no han sido formalmente registradas con boletas o facturas.

Los resultados se presentan en el Cuadro 5.5. Como se puede observar a nivel nacional el mercado de la leña representa sólo un 0,3% de la actividad económica global. Sin embargo, en algunas regiones, en particular en la IX y XI, el mercado de la leña es una actividad más importante dentro de las economías locales.

## 6. Estimación de los impactos de salud del consumo de leña

La estimación de este capítulo se realizó a partir del estudio “Análisis de Subsidio al Gas Natural de Red en el Sector Residencial de Ciudades con Problemas Ambientales” de la Universidad de Chile para CNE (2002), en base a los supuestos usados para tal informe y actualizando las variables en función de la existencia y disponibilidad de acceso a ellas.

### 6.1. Metodología

La metodología usada en el estudio de la Universidad de Chile plantea la posibilidad de valorizar en unidades monetarias los cambios en la salud de la población frente a las variaciones de los contaminantes presentes en el aire. Para lograr lo anterior supone que el cambio en la concentración de un contaminante genera cambios en la salud de la población afectada y que tales cambios en salud pueden ser cuantificados y valorizados.

Luego, el cambio es medido según el método de la función de daño considerando sólo los efectos asociados al material particulado fino, MP2.5. En el desarrollo de esta actualización se mantienen los supuestos del informe original de la Universidad de Chile, sólo se realiza una actualización de los datos de población, algunas tasas bases y las unidades monetarias. Esto debido a que no fue posible acceder a nuevos datos de medición de contaminantes, tasas de mortalidad y otra información relevante.

Como se plantea en el informe de la Universidad de Chile, los efectos en exceso asociados a un cambio en las concentraciones ambientales de un contaminante están dados por:

$$\Delta E_k(\Delta C) = \sum_{j=1}^{365} [\exp[\beta_k \cdot \Delta C_j] \cdot E_{k0}] = \sum_{j=1}^{365} [\exp[\beta_k \cdot \Delta C_j] \cdot R_{k0} \cdot Pob]$$

donde:

$\Delta E_k(\Delta C)$ : muestra el total de efectos en exceso de tipo  $k$  asociados al cambio de concentraciones ambientales  $\Delta C$  que afecta a la población  $Pob$ ,

$\beta_k$ : es el coeficiente de la relación concentración-respuesta, obtenido de estudios epidemiológicos, para el efecto  $k$ ,

$E_{ko}$ : son los efectos base de tipo  $k$  que ocurren independientemente del cambio en concentraciones, y que se calculan a partir de  $R_{ko}$  y de  $Pob$ ,

$R_{ko}$ : es la tasa base del efecto  $k$  en la población expuesta,

$Pob$ : es la población expuesta al cambio de concentración  $\Delta C$ .

Para efectos de este análisis se consideró el cambio en la concentración de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de material particulado fino (MP2.5).

Con la ecuación anterior se determinan los cambios en los efectos de salud y a partir de éstos se calcula el cambio en el beneficio total social, el cual está determinado por la siguiente expresión:

$$BS(\Delta C) = \sum_{\text{Efectos } k} VS_k \cdot \Delta E_k(\Delta C)$$

donde  $S_k$  es la valoración social unitaria de cada efecto en exceso.

La valorización de los efectos en la población está basada en el concepto de la disposición a pagar del consumidor, la que muestra para este caso, cuanto es la cantidad de dinero que el individuo estaría dispuesto a pagar por percibir la mejora en salud, es decir, el monto de dinero frente al cual está indiferente entre poseer el dinero o experimentar la mejora.

Esta disposición a pagar, en el estudio original de la Universidad de Chile es separada en tres componentes:

- El costo del tratamiento del efecto adverso (que corresponde a los gastos médicos).
- La productividad perdida debido a la ocurrencia del efecto (representan las pérdidas de ingresos de las personas afectadas)

- La disutilidad que experimenta la persona debido a la ocurrencia del efecto (muestra la disminución en el bienestar de la persona).

Para realizar los cálculos, como se dijo anteriormente se utilizaron los mismos supuestos y datos del estudio original actualizando sólo las variables de población, algunas tasas base y las variables monetarias asociadas a la valorización de los efectos. Esto implica que se mantuvieron los coeficientes de la relación concentración-respuesta y algunas de las tasas base de los efectos. Las variables actualizadas son las siguientes:

**Población evaluada:** Corresponde a los residentes de las zonas urbanas de las principales comunas de las regiones VIII, IX y X, éstas son las mismas ciudades consideradas en el estudio original. Para el análisis se diferenció, de igual manera que en tal estudio, en dos sectores, uno formado por Temuco y Padre Las Casas y el otro denominado Sector Sur. La información de la población de estas comunas se obtuvo del CENSO 2002, actualizándola al 2005 según la tasa de crecimiento intercensal calculada por el INE. A continuación se presentan los niveles de población considerados para cada región.

Para la VIII Región se consideraron 31 comunas pertenecientes a tres provincias, incluyendo un total de 628.425 personas:

En la IX Región, se incluyeron 27 comunas correspondientes a dos provincias de la región, incluyendo una población total de 744.735 personas.

Finalmente, de la X Región se consideraron 18 comunas pertenecientes a tres provincias de la región, correspondiendo a un total de 583.183 personas.

**Cuadro 6.1: Población evaluada VIII Región**

<b>Región</b>	<b>Comuna</b>	<b>Población Urbana Censo 2002</b>	<b>Población Urbana Estimada 2005</b>
<b>VIII</b>	<b>Provincia Ñuble</b>		
	Chillán	148.015	179.542
	San Carlos	31.018	37.625
	Ñiquén	1.143	1.386
	San Fabián	1.452	1.761
	Coihueco	7.230	8.770
	Pinto	4.278	5.189
	San Ignacio	4.873	5.911
	El Carmen	4.426	5.369
	Yungay	11.469	13.912
	Pemuco	3.844	4.663
	Bulnes	12.514	15.179
	Quillón	7.536	9.141
	Ránquil	1.337	1.622
	Portezuelo	1.750	2.123
	Ninhue	1.433	1.738
	San Nicolás	3.428	4.158
	Chillan Viejo	18.827	22.837
	<b>Provincia Bio- Bío</b>		
	Los Ángeles	123.445	149.739
	Cabrero	18.037	21.879
	Tucapel	8.827	10.707
	Antuco	1.978	2.399
	Quilleco	5.486	6.655
	Santa Bárbara	7.932	9.622
	Quilaco	1.612	1.955
	Mulchén	21.819	26.466
	Negrete	5.283	6.408
	Nacimiento	20.884	25.332
	Laja	16.288	19.757
	San Rosendo	3.249	3.941
	Yumbel	10.935	13.264
	<b>Provincia Concepción</b>		
Santa Juana	7.095	9.372	
<b>Población Total VIII Región</b>		<b>517.443</b>	<b>628.425</b>

Fuente: INE

**Cuadro 6.2: Población evaluada IX Región**

<b>Región</b>	<b>Comuna</b>	<b>Población Urbana Censo 2002</b>	<b>Población Urbana Estimada 2005</b>
<b>IX</b>	<b>Provincia Malleco</b>		
	Algol	43.801	57.861
	Renaico	6.878	9.086
	Collipulli	16.006	21.144
	Lonquimay	3.435	4.538
	Curacautín	12.412	16.396
	Ercilla	3.238	4.277
	Victoria	23.977	31.674
	Traiguén	14.140	18.679
	Lumaco	4.132	5.458
	Purén	7.604	10.045
	Los Sauces	3.638	4.806
	<b>Provincia Cautín</b>		
	Temuco	232.528	307.169
	Lautaro	21.071	27.835
	Perquenco	2.929	3.869
	Vilcún	9.024	11.921
	Cunco	8.806	11.633
	Melipeuco	2.333	3.082
	Curarrehue	1.862	2.460
	Pucón	13.837	18.279
	Villarrica	30.859	40.765
	Freire	7.629	10.078
	Pitrufquén	13.420	17.728
	Gorbea	9.413	12.435
	Loncoche	15.223	20.110
	Nueva Imperial	18.335	24.221
	Galvarino	3.539	4.675
	Padre Las Casas	33.697	44.514
<b>Población Total IX Región</b>		<b>563.766</b>	<b>744.735</b>

Fuente: INE

**Cuadro 6.3: Población Evaluada X Región**

<b>Región</b>	<b>Comuna</b>	<b>Población Urbana Censo 2002</b>	<b>Población Urbana Estimada 2005</b>
<b>X</b>	<b>Provincia Valdivia</b>		
	Lanco	10.383	14.214
	Los Lagos	9.479	12.977
	Futrono	8.399	11.498
	Máfil	3.796	5.197
	Panguipulli	15.888	21.751
	Paillaco	9.973	13.653
	Río Bueno	15.054	20.609
	Lago Ranco	2.205	3.019
	<b>Provincia Osorno</b>		
	Osorno	132.245	181.043
	San Pablo	3.478	4.761
	Puyehue	3.932	5.383
	Puerto Octal	3.403	4.659
	<b>Provincia Llanquihue</b>		
	Pto. Montt	155.895	213.420
	Pto. Varas	24.309	33.279
	Cochamó	0	0
	Los Muermos	5.707	7.813
	Llanquihue	12.728	17.425
Frutillar	9.118	12.483	
<b>Población Total X Región</b>	<b>425.992</b>	<b>583.183</b>	

Fuente: INE

En total, es decir, considerando las tres regiones incluidas en el análisis, se tiene una población total evaluada de 1.956.343 personas. Sin embargo, como se comentó anteriormente para el análisis se dividió en dos grupos la población total: el Sector Temuco y Padre Las Casas, cuya población evaluada corresponde a 351.683 personas y el Sector Sur que comprende el resto de las ciudades, con una población total evaluada de 1.604.660 personas.

La población urbana para cada ciudad se obtuvo directamente de los valores reportados por el INE según el Censo del año 2002. La población estimada al 2005 fue calculada a partir de la tasa media de crecimiento intercensal anual de la población entre los años 1992 y 2002, calculada por el INE para cada región, los valores utilizados para cada región son los siguientes:

**Cuadro 6.4: Tasa medias de crecimiento intercensal anual de la población entre los años 1992 y 2002 por región**

Región	Tasa Media de Crecimiento Intercensal Anual por región
VIII	0,71
IX	1,07
X	1,23

*Fuente: INE*

Luego para calcular el crecimiento que experimentó la población entre el año 2002 y el 2005, se multiplicó la población al año 2002, por tres décimos de la tasa de crecimiento intercensal, ya que la tasa incluye el crecimiento para diez años, y en este caso son sólo tres años los que hay que considerar<sup>54</sup>, a la cifra anterior se le sumó la población calculada en el año 2002.

Debido a que el análisis requiere diferenciar por intervalos de edad de la población afectada, se consultaron los valores entregados por el INE para el CENSO 2002 por intervalos de edad y de igual forma que a la población total, se les aplicaron la tasa de crecimiento intercensal para estimar la composición etarea de la población en el 2005.

En la determinación de la valorización social del beneficio de reducción de las emisiones, se actualizó el número de ocupados y desocupados usando la tasa de desocupación a nivel nacional por grupos de edad para mayo- junio del 2005 obtenida de la encuesta Nacional de Empleo del INE. Como no fue posible obtener el número de ocupados y desocupados por ciudad o región, se utilizaron la tasas nacionales por grupo de edad suponiendo que el desempleo se comporta de manera similar en las distintas comunas del país. Las tasas de desocupación utilizadas fueron las siguientes:

---

<sup>54</sup> Del 2002 al 2005.

**Cuadro 6.5: Tasas de desocupación nacional por grupos de edad, mayo- junio del 2005**

Grupo Edad	Tasa de Desocupación
15 y +	8,6
15 – 24	21,5
15 – 19	28,9
20 – 24	19,7
25 – 34	10,0
35 – 44	6,1
45 – 54	5,4
55 – 64	4,8
65 y +	2,0

*Fuente:* Encuesta Nacional de Empleo, INE.

**Tasas bases:** Con respecto a las tasas bases, la única información que fue posible obtener y por lo tanto, actualizar, fue la base de datos de los Egresos Hospitalarios del Ministerio de Salud correspondiente al 2003, con lo cual se obtuvieron nuevas tasas base para las admisiones hospitalarias, para el resto de las tasas bases se utilizaron los mismos valores que los indicados en el informe original. A continuación se presentan las tasas bases aplicadas y su fuente:

Las tasas bases de mortalidad corresponden a las calculadas en el estudio de la Universidad de Chile en base a los Egresos Hospitalarios del Ministerio de Salud de 1996, en el siguiente cuadro se muestran los valores para el Sector Temuco y Padres Las Casas y el Sector Sur :

**Cuadro 6.6: Tasas Base de Mortalidad**

Efecto	Grupo de edad	Temuco y Padre Las Casas	Sector Sur
Mortalidad	> 30	1.064	1.159
Mortalidad	Total	545	616
Mortalidad	< 1	941	1.384

*Fuente:* U.Chile para CNE (2002)

Las tasas bases de las admisiones hospitalarias fueron actualizadas en base a la información de los Egresos Hospitalarios del Ministerio de Salud del 2003. Los valores encontrados fueron los siguientes:

**Cuadro 6.7: Tasas Base de Admisiones Hospitalarias**

Efecto	Grupo de Edad	Temuco y Padre Las Casas	Sector Sur
Adm. Hosp.. RSP	Total	982	1.793
Adm. Hosp.. RSP	> 65	2.517	6.650
Adm. Hosp. COPD	> 65	860	1.945
Adm. Hosp. Por Neumonía	> 65	1.159	3.707
Adm. Hosp. Asma	< 65	29	36
Adm. Hosp. Cardiovascular	Total	560	933
Adm. Hosp. Cardiovascular	> 64	3.947	6.320
Adm. Hosp. Cardio Congestiva	> 64	420	1.196
Adm. Hosp. Cardio Isquémica	> 64	965	1.051

*Fuente:* Elaboración propia en base a Egresos Hospitalarios del Ministerio de Salud del 2003 y U.Chile para CNE (2002).

Las tasas base de los otros efectos considerados en la evaluación también fueron obtenidos del informe original, para estos efectos, no se obtuvo la información necesaria para diferenciar por sector por lo que las tasas aplicadas son las mismas para ambos sectores, los valores son los siguientes:

**Cuadro 6.8: Tasas Base de Otros Efectos**

Efecto	Grupo de edad	Temuco y Padre Las Casas y Sector Sur
Consultas Infantiles IRA baja(1)	3 - 15	41.756
Visita Sala de emerg. RSP(2)	< 15	41.610
Visita Sala de emerg. IRA alta(3)	< 15	24.820
Bronquitis crónica	> 30	378
Ataques de Asma	Asmáticos	989.880
Bronquitis aguda	8 - 12	4.400
Días Pérdida de Trabajo	18 - 65	400.906
Días de actividad restringida	18 - 65	646.000
Días de actividad restringida menor	18 - 65	780.000

*Fuente:* U.Chile para CNE (2002)

**Valoración de los efectos:** Se realizó una actualización de los valores monetarios presentados en el informe de la Universidad de Chile. La actualización se efectuó en base a la variación los precios entre ambos años, para esto se utilizó el Índice de Precios al Consumidor de ambos años, cuyos valores son 107,3 y 119,69 para enero del 2001 y julio del 2005 respectivamente.

Los valores encontrados en base a la actualización para los diferentes tipos de efectos se muestran en los cuadros a continuación:

**Cuadro 6.9: Valoración de efectos de mortalidad y admisiones hospitalarias (pesos de enero de 2005 por cada efecto evitado)**

Efecto	Grupo de Edad	Situación Ocupacional	Tipo de Valor			
			COI <sup>(1)</sup>	PP <sup>(2)</sup>	Disutilidad <sup>(3)</sup>	Total
<b>Mortalidad y Efectos Crónicos</b>						
Mortalidad	Total	Ocupado	-	45.975.990	328.822.146	374.798.136
		No Ocupado	-	-	374.798.136	374.798.136
<b>Admisiones Hospitalarias</b>						
Adm. Hosp. RSP	Total	Ocupado	719.949	76.086	-	796.036
		No Ocupados	719.949	28.181	-	748.129
Adm. Hosp. RSP	> 64	Ocupado	1.093.276	119.582	-	1.212.858
		No Ocupados	1.093.276	-	-	1.093.276
Adm. Hosp. COPD	> 64	Ocupado	820.826	119.365	-	940.191
		No Ocupado	820.826	-	-	820.826
Adm. Hosp Neumonía	> 64	Ocupado	790.115	127.606	-	917.721
		No Ocupado	790.115	-	-	790.115
Adm. Hosp. Asma	< 65	Ocupado	364.512	56.331	-	420.844
		No Ocupado	364.512	17.978	-	382.490
Adm. Hosp. Cardio Vascular	Total	Ocupado	1.660.925	100.198	-	1.761.123
		No Ocupado	1.660.925	38.807	-	1.699.733
Adm. Hosp. Cardio Vascular	> 64	Ocupado	1.710.294	104.295	-	1.814.590
		No Ocupado	1.710.294	-	-	1.710.294
Adm. Hosp. Cardio Congestiva	> 64	Ocupado	834.868	128.981	-	963.849
		No Ocupado	834.868	-	-	834.868
Adm. Hosp. Cardio Isquémica	> 64	Ocupado	1.090.624	101.585	-	1.192.208
		No Ocupado	1.090.624	-	-	1.090.624

Notas: (1) COI: costo del tratamiento adverso

(2) PP: Productividad perdida debido a la ocurrencia del efecto

(3) Disutilidad: Pérdida de utilidad que experimenta la persona debido a la ocurrencia del efecto.

Fuente: Actualización de U. Chile para CNE (2002) en base al IPC reportado por el INE.

**Cuadro 6.9 Valoración de efectos de mortalidad y admisiones hospitalarias (pesos de enero de 2005 por cada efecto evitado) (Continuación)**

Efecto	Grupo de Edad	Situación Ocupacional	Tipo de Valor			
			COI <sup>(1)</sup>	PP <sup>(2)</sup>	Disutilidad <sup>(3)</sup>	Total
<b>Otros Efectos</b>						
Consultas Infantiles IRA baja	3 - 15	Ocupado	24.608	58.481	-	83.089
		No Ocupado	24.608	27.291	-	51.900
Visitas Sala Emergencia RSP	< 15	Ocupado	7.238	21.930	-	29.168
		No Ocupado	7.238	10.234	-	17.473
Visitas Sala Emergencia IRA Alta	< 15	Ocupado	95.134	7.310	-	102.445
		No Ocupado	95.134	3.411	-	98.546
Bronquitis Crónica	> 30	Ocupado	1.361.241	16.908.503	-	18.269.744
		No Ocupado	1.361.241	-	-	1.361.241
Ataque de Asma	Asmáticos	-	-	3.798	3.798	
Bronquitis Aguda	8 - 12	-	-	5.179	5.179	
Días Pérdida Trabajo	18 - 64	Ocupado	-	10.234	-	10.234
Días Activ. Restringida	18 - 64	Ocupado	-	-	4.775	4.775
Días Activ. Restringida Menor	18 - 64	Ocupado	-	-	2.472	2.472

*Notas:* (1) COI: costo del tratamiento adverso

(2) PP: Productividad perdida debido a la ocurrencia del efecto

(3) Disutilidad: Pérdida de utilidad que experimenta la persona debido a la ocurrencia del efecto.

*Fuente:* Actualización de U. Chile para CNE (2002) en base al IPC reportado por el INE.

Para analizar los efectos en el daño social del cambio en la concentración de material particulado fino, se supuso una variación de las concentraciones de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 6.2. Resultados

A partir de los supuestos y los datos obtenidos, se calculó para ambos sectores, Sector Temuco y Padre Las Casas y Sector Sur el daño social, los resultados encontrados son los siguientes:

### 6.2.1. Sector Temuco y Padre Las Casas

Con la información recopilada se obtiene que el cambio en una reducción de una unidad de material particulado fino, implica un daño total que varía entre 1.200 y 5.418 millones de pesos, según si se consideran los efectos en mortalidad por la exposición a largo plazo o no. Los valores asignados a cada uno de los efectos se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 6.10: Daño social anual relacionado con impactos en la salud de un aumento de un  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración promedio anual de material particulado, Temuco y Padre Las Casas (miles de pesos del 2005)**

Impactos	Efectos en Exceso (Efectos por Año)	Daño Social (miles de pesos anuales)			
		Costo del Tratamiento	Productividad Perdida	Disutilidad	Total
Mortalidad exposición Corto Plazo	3	0	96.709	765.847	862.556
Mortalidad exposición Largo Plazo	11	0	487.094	3.730.573	4.217.668
Bronquitis Crónica	13	18.093	211.587	0	229.680
Días de Trabajo Perdida	5.138	0	46.295	0	46.295
Días de Actividad Restringida	16.347	0	0	42.731	42.731
Admisiones Hospitalarias	13	11.777	1.101	0	12.878
Consultas y Visitas Sala Urgencia	94	3.500	2.765	0	6.265
Otros Efectos y Síntomas Menores	95	0	0	202	202
<b>Total Cota Mínima<sup>(1)</sup></b>					<b>1.200.608</b>
<b>Total Cota Máxima<sup>(2)</sup></b>					<b>5.418.276</b>

*Notas:* (1) La cota mínima sólo incluye la mortalidad por exposición de corto plazo. (2) La cota máxima incluye efectos adicionales de mortalidad asociados a la exposición de largo plazo.

En el cuadro se observa que en términos de efectos anuales, el mayor impacto se da en los días de trabajo perdidos y los días de actividad restringida, pese a que la valorización de estos efectos es baja. Los efectos que muestran un mayor costo social, son los asociados a la mortalidad, en particular la asociada a la exposición de largo plazo lo cual se refleja en la gran diferencia entre la cota mínima y la cota máxima.

### 6.2.2. Sector Sur

Mientras que para el sector sur la información recopilada indica que el cambio en una reducción de una unidad de material particulado fino (MP2.5), implica un daño total que varía entre 6.073 y 27.700 millones de pesos, según si se consideran o no los efectos en mortalidad por la exposición a largo plazo. Los valores asignados a cada uno de los efectos se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 6.11: Daño social anual relacionado con impactos en la salud de un aumento de un  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración promedio anual de material particulado fino, Sector Sur (miles de pesos del 2005)**

Impactos	Efectos en Exceso (Efectos por Año)	Daño Social (miles de pesos anuales)			
		Costo del Tratamiento	Productividad Perdida	Disutilidad	Total
Mortalidad exposición Corto Plazo	14	0	498.750	3.949.640	4.448.390
Mortalidad exposición Largo Plazo	58	0	2.497.720	19.129.616	21.627.336
Bronquitis Crónica	63	85.173	996.044	0	1.081.217
Días de Trabajo Perdida	22.755	0	205.027	0	205.027
Días de Actividad Restringida	73.212	0	0	191.893	191.893
Admisiones Hospitalarias	116	102.468	10.111	0	112.579
Consultas y Visitas Sala Urgencia	463	17.187	13.584	0	30.771
Otros Efectos y Síntomas Menores	1.228	0	0	3.629	3.629
<b>Total Cota Mínima<sup>(1)</sup></b>					<b>6.073.506</b>
<b>Total Cota Máxima<sup>(2)</sup></b>					<b>27.700.842</b>

*Notas:* (1) La cota mínima sólo incluye la mortalidad por exposición de corto plazo. (2) La cota máxima incluye efectos adicionales de mortalidad asociados a la exposición de largo plazo.

En forma similar a lo encontrado para el sector de Temuco y Padre Las Casas, se observa que el impacto mayor en los efectos en exceso, también se da en los días de trabajo perdidos y en los días de actividad restringida, y que los costos sociales más altos también para este caso están asociados a la mortalidad.

### 6.3. Conclusiones

Es claro el alto daño social que genera el cambio de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de material particulado fino para la población evaluada. Los valores calculados fluctúan entre 1.200 y 5.418 millones de pesos (US\$ 2,2 y 10 millones) para el Sector de Temuco y Padre Las Casas y entre 6.073 y 27.700 millones de pesos (US\$ 11,2 y 51,3 millones) para el Sector Sur.<sup>55</sup>

Sin embargo, los valores encontrados en esta actualización son más altos para ambos sectores a los calculados en el informe de la Universidad de Chile, que muestran intervalos de daño social para Temuco y Padre Las Casas que varían entre los 820 y los 2.845

<sup>55</sup> Ambos cálculos basados en un tipo de cambio de \$540 por 1US\$.

millones de pesos y para el Sector Sur entre 4.600 y 16.500 millones de pesos. Las razones que explican las diferencias son principalmente dos, la primera que es de esperarse, es el crecimiento experimentado por la población entre la fecha de ambos estudios y la segunda, está asociada a las tasas de ocupación de la población supuestas para cada estudio.

La población identificada en el estudio de la Universidad de Chile como afectada es de 289.673 personas para Temuco y Padre Las Casas y 1.291.722 personas para el Sector Sur, mientras que en este análisis se usaron valores de población de 351.683 para Temuco y Padre Las Casas y 1.604.659 para el Sector Sur, las cuales son mayores en al menos un 20% con respecto a las primeras.

A su vez, las tasas de ocupación por intervalos de edad utilizadas para evaluar la valorización de los efectos en este informe, son en forma importante mayores a las de informe original, por lo cual la valorización de los efectos tiende a ser mayor.

En cuanto a las tasas base de admisiones hospitalarias calculadas en este informe, también se observa un crecimiento importante con respecto a las encontradas en el informe original, sin embargo, tal hecho no es extraño, ya que para el cálculo de tales bases se usan los Egresos Hospitalarios del Ministerio de Salud y existe una diferencia de nueve años entre las bases de datos utilizadas para cada informe. Para el informe original se utilizó la información correspondiente al año 1996, mientras que para el presente informe se consideró la del año 2003, y es de esperar que en tal lapso de tiempo haya mejorado el acceso hospitalario de la población y que por lo tanto, se produzcan más consultas y visitas a los recintos hospitalarios.

## **7. Conclusiones y recomendaciones**

### **7.1. La importancia de la leña como combustible en Chile y su relevancia para la política energética y ambiental del país**

En este estudio se ha realizado una exhaustiva revisión de la información disponible sobre el consumo de leña y derivados en Chile. Como parte de este trabajo se presentó una nueva estimación del consumo agregado de leña para el país. Esta estimación arroja un consumo anual para el año 2003 del orden de los 14,9 millones de m<sup>3</sup> de leña, más un consumo aproximado de 5,1 millones de m<sup>3</sup> de desechos industriales. Este consumo representó el 17,5% de la matriz energética nacional en el año 2003, por lo que la leña sería el tercer combustible de mayor importancia en el país después del petróleo y el gas natural.

El sector residencial es el de mayor importancia, con un consumo de leña estimado de 10,4 millones del m<sup>3</sup> al año. El sector industrial es el segundo de mayor importancia con un consumo de leña estimado de 3,9 millones de m<sup>3</sup> por año, además de una proporción mayoritaria del consumo de desechos industriales. En comparación, el sector comercial e institucional, con un consumo estimado de 0,6 millones de m<sup>3</sup> al año, es marginal dentro del consumo agregado.

El consumo de leña en Chile está concentrado en la zona sur del país donde constituye el principal combustible utilizado para calefaccionar viviendas. El porcentaje de hogares que utilizan leña y su consumo promedio aumentan según la latitud del país, siendo más altos mientras más austral resida un hogar. También varían de acuerdo al tamaño de la ciudad o localidad donde vivan. De hecho, el consumo por hogar de leña es mayor en las ciudades menores en comparación con las ciudades principales de cada región. Este patrón de consumo según el tamaño de la ciudad o localidad tiene su expresión máxima en el caso de los hogares rurales, donde se estima que el consumo por hogar es muy superior al consumo promedio urbano. Según las estimaciones presentadas en este estudio, el consumo de leña total del sector rural representa más del 60% del consumo residencial agregado.

A pesar de ser el tercer combustible más importante de la matriz energética nacional, el mercado de la leña se caracteriza por un alto grado de informalidad, particularmente en el

segmento residencial. En la mayoría de las regiones del sur donde hay información disponible, se evidencia que más del 90% de los hogares no reciben boletas por su compra de leña. En este estudio se estimó una pérdida de recaudación del IVA entre US\$14 y US\$16 millones al año como consecuencia de esta informalidad.

Por otro lado, el consumo de leña genera importantes externalidades ambientales, especialmente en cuanto a la calidad del aire. El uso de la leña como combustible es considerado como la principal causa de la contaminación atmosférica en la ciudad de Temuco, ciudad recientemente declarada como saturada por concentración de material particulado. Aunque existen menos mediciones de la calidad del aire en otras ciudades, se considera que el problema que afecta a Temuco también estaría afectando a otras ciudades del sur, como Osorno y Los Ángeles.

Hasta la fecha existe poca información disponible sobre el impacto que tendrían distintas políticas específicas sobre los niveles de concentración de material particulado en la atmósfera. Sin embargo, en este trabajo se ha estimado un beneficio social de reducir en un microgramo las concentraciones de material particulado fino (MP2,5) entre \$4.142 a \$18.703 por persona. Estos parámetros implican que el beneficio de reducir la concentración de MP2,5 en un microgramo en la ciudad de Temuco y Padre Las Casas alcanzaría entre US\$2,2 a US\$10 millones. Si el ejercicio se amplía para toda la población urbana de la zona centro sur del país, los beneficios alcanzan entre US\$11,2 a US\$51,3 millones. Estas cifras y parámetros pueden utilizarse para evaluar los costos y beneficios de distintas políticas destinadas a reducir la contaminación atmosférica en las ciudades del sur del país.

Otra dimensión del consumo de leña en Chile es el posible impacto que genera la demanda por leña sobre el bosque nativo, fuente principal de la leña que se utiliza como combustible en Chile. Aunque la información disponible es escasa y los resultados deben interpretarse con cautela, una primera aproximación al tema realizado en el marco del presente estudio concluyó que la oferta potencial sustentable de leña en Chile es del orden de los 14,7

millones de m<sup>3</sup> al año, cifra similar al consumo anual total de leña.<sup>56</sup> Sin embargo, existen regiones donde el consumo es bastante mayor a la disponibilidad sustentable de leña. Esto implica que el consumo actual de leña podría sustentarse en el bosque nativo, siempre y cuando se generen políticas adecuadas que tomen en cuenta las realidades regionales tanto del bosque como del consumo.

En resumen, la leña es un combustible muy importante en Chile, especialmente para el segmento residencial de la zona sur del país. Esto significa que este sector requiere formar parte de la política energética nacional. El desafío público para este sector consiste en la formulación de políticas que permitan formalizar el mercado de la leña, y el control o mitigación de los posibles impactos ambientales o forestales asociados al uso de la leña.

## **7.2. Recomendaciones para mejorar la información disponible sobre el consumo de leña y derivados en Chile**

El análisis del mercado de leña realizado en esta investigación se basó exclusivamente en la información y estudios previos disponibles sobre la materia. Las estimaciones del consumo de leña presentadas en este estudio dependen de varios supuestos y aproximaciones y, en consecuencia, es posible que contengan algunos errores e inexactitudes.

Por ejemplo, más del 60% del consumo del sector residencial es atribuible al consumo de hogares en zonas rurales. Desafortunadamente, la información disponible sobre el consumo de este segmento de la población en Chile es escasa y desactualizada. Considerando lo gravitante que resulta ser el consumo rural dentro del consumo nacional, es prioritario poder contar con estudios actualizados sobre los patrones de consumo de este sector.

Algo similar ocurre con el consumo de desechos industriales. En esta investigación se utilizó una estimación gruesa de la oferta de este combustible a nivel nacional. Debido a su importancia dentro del consumo total, cerca de un 25%, nuevos antecedentes sobre el consumo de desechos puede alterar significativamente la estimación global del consumo de leña y derivados en el país.

---

<sup>56</sup> Estas cifras no consideran la oferta potencial ni el consumo de desechos industriales. Ver Anexo 6.

Aparte de estas dos áreas prioritarias para mejorar la información disponible, y por esa vía las estimaciones de consumo global de leña, sería recomendable actualizar periódicamente las estimaciones de consumo de leña siguiendo la metodología presentada en este estudio u otra similar. Además, sería deseable poder proyectar hacia el futuro el consumo agregado de leña utilizando algún modelo estadístico diseñado para este objetivo.

### **7.2.1. Encuesta del consumo de hogares en el sector rural**

Como se acaba de señalar, una de las áreas prioritarias para mejorar las estimaciones del consumo de leña en Chile es contar con información más precisa y actualizada sobre el consumo del sector rural. La única forma de generar esta información sería mediante la aplicación de una encuesta especial a este segmento de la población. Algunas características que debiera tener dicho estudio son las siguientes:

- **Marco muestral.** Como mínimo, la encuesta debiera ser representativa del sector rural de la IV a la XII región. Sin embargo, sería altamente deseable que, además, fuera estadísticamente representativa para el sector rural regional en aquellas regiones donde (a) el sector rural forma una proporción importante de la población total, (b) el consumo de leña es alto, y (c) hay encuestas recientes del consumo de leña de los sectores urbanos. Este último requisito tiene por objetivo poder comparar el consumo en áreas rurales y urbanas en una misma región. Las regiones que prioritariamente cumplen estas condiciones son la VIII, IX y X Región.<sup>57</sup>
- **Completar información para las zonas urbanas de algunas regiones.** Aunque existe información sobre el consumo urbano en varias regiones, esta información no está completa para todas las regiones del país. En particular, no hay información directa reciente sobre el consumo de leña urbano (o rural) en la IV, V, VII, XII y RM. Entre éstas, la VII Región es la omisión más preocupante, ya que el consumo

---

<sup>57</sup> La XI Región también cumple con estas condiciones pero, debido a su menor tamaño poblacional, se considera menos prioritaria a menos que los recursos presupuestarios permitan diseñar una encuesta representativa para esta región también. En la VII Región el consumo de leña como combustible es menos importante.

residencial estimado para esta región fue considerable dentro del total, con 1,7 millones de m<sup>3</sup> al año. Por lo tanto, sería altamente recomendable encuestar una o varias zonas urbanas de esta región (y si el presupuesto lo permite, de las otras regiones también). Otra ventaja de encuestar algunas zonas urbanas junto con las zonas rurales es que permite evaluar y cuantificar las diferencias de consumo entre estos dos segmentos de la población utilizando un mismo formulario de encuesta y en un mismo momento del tiempo.

- **Contenidos mínimos.** En cuanto a los contenidos mínimos de preguntas que debiera contener una nueva encuesta se sugiere lo siguiente:
  - *Módulos de consumo de leña de las encuestas recientes.* Se debería intentar mantener la comparabilidad de la información con las encuestas realizadas durante los últimos 5 años en diversas zonas del país, especialmente en cuanto a la información de consumo de leña. Por lo tanto, se debe intentar utilizar los mismos módulos sobre el consumo de leña que en los formularios de las encuestas aplicadas recientemente en Rancagua (INFOR-CONAMA, 2005b), Chillán (INFOR-CONAMA, 2005a) y la X Región (DECON-CNE, 2005). Naturalmente, hay algunos elementos específicos que son particulares a cada región y que es necesario adaptar en cada caso. Por ejemplo, los tipos de leña (especie de árbol) y las unidades de medición en la comercialización de la leña. Pero en términos generales, la estructura de los módulos de consumo de leña son muy parecidos en estas encuestas recientes y ya a sido validada en varias encuestas.
  - *Tratamiento de desechos y subproductos.* Sin perjuicio de lo expuesto en el punto anterior, el tratamiento del consumo de desechos y subproductos de la madera aún no está sistematizada en las encuestas realizadas hasta la fecha. Como recomendación general, las nuevas encuestas deberían identificar por separado el consumo de leña propiamente tal del consumo de desechos forestales (remanentes del raleo o tala de un bosque), de los desechos

industriales (aserrín, tapas, corteza, etc.) y los subproductos de la madera (carbón, etc.). Lo óptimo es identificar separadamente el consumo de cada uno de estos productos, sus unidades de medida, y su equivalencia a una unidad común (como m<sup>3</sup> sólidos).

- *Adoptar las preguntas socioeconómicas de la CASEN.* En lo posible, las nuevas encuestas deberían utilizar las mismas preguntas socioeconómicas que las del formulario de la encuesta CASEN. Esto facilita el uso de la información de esta última encuesta para realizar estimaciones globales del consumo en cada región, como se propuso en la metodología del presente estudio.
- *Incluir pregunta sobre el ingreso del hogar.* La mayoría de las encuestas realizadas hasta la fecha no contienen información sobre el nivel de ingresos de los hogares. Esta variable es clave para poder analizar los patrones de consumo según nivel socioeconómico, estimar elasticidades ingreso de la demanda por leña y otros usos. Por lo tanto, sería altamente conveniente que futuras encuestas pregunten por esta variable siguiendo el formato de preguntar por tramos de ingreso. como en las encuestas de Temuco (VITAE, 2002) y la X Región (DECON-CNE, 2005).
- **Factores de expansión.** Toda nueva encuesta debería incluir en la base de datos los factores de expansión regional o nacional, de cada observación. Esta información es vital para obtener estimadores insesgados de parámetros poblacionales, especialmente si la encuesta tiene un diseño multietápico o estratificado. Además, es crucial encuestar e incluir en la base de datos la información de hogares no consumidores para poder aplicar una metodología de estimación de consumo como la propuesta en este trabajo.

### 7.2.2. Consumo de desechos

Una segunda debilidad de las proyecciones de consumo contenidas en este trabajo es el tratamiento de los desechos industriales (residuos de diferentes industrias que utilizan madera y que pueden ser utilizados como combustibles tales como aserrín, tapas, corteza, despuntes y otros). En este estudio se utilizó una estimación agregada del consumo de estos combustibles calculada por Walberg, Radon, Neugebauer, y Berg Gebert (2005). Este consumo se estimó en cerca de 5 millones de m<sup>3</sup> al año, representando el 25% del consumo agregado de leña y desechos, por lo que cualquier mejoría en la precisión de esta estimación puede ser gravitante para la proyección global del consumo de dendroenergía en el país.

Existen varias opciones para mejorar la información en relación a este tópico. Primero, se puede seguir trabajando por el lado de la oferta de estos productos, tal como lo hacen Walberg, et al. (2005). Este esfuerzo se puede potenciar con las modificaciones a la encuesta a la industria de la madera que regularmente realiza INFOR. Segundo, sería conveniente realizar un censo a ciertas industrias que son particularmente importantes en cuanto al consumo de desechos con fines energéticos y donde el número de actores involucrados son pocos. Este es el caso de la industria de la celulosa.

Finalmente, sería interesante analizar la posibilidad de modificar marginalmente el formulario de la encuesta ENIA que realiza el Instituto Nacional de Estadística con el fin de potenciar el uso de la información allí disponible sobre el consumo de leña. En particular, sería altamente conveniente incluir la categoría de “subproductos o desechos industriales de madera” como otra categoría dentro del listado de combustibles utilizados, con sus respectivas unidades de medida. Adicionalmente, aunque más complejo, sería conveniente que dicha encuesta pregunte por el *consumo* de leña y desechos de madera como combustibles y no sólo la *compra* de estos productos. Esto es importante para consignar el autoconsumo de leña y desechos.

### **7.2.3. Otras recomendaciones para mejorar la información disponible**

Otra recomendación para mejorar la información disponible incluye la posible modificación de la encuesta CASEN. Si bien esta encuesta no mide el gasto ni el consumo de ningún producto, y en ese sentido no sería razonable incluir preguntas sobre el consumo de leña, sí sería posible modificar el módulo de vivienda de dicha encuesta para incluir una pregunta sobre el uso de leña por parte del hogar (al igual que se pregunta por conexión a la red eléctrica y de agua potable). Naturalmente, esta modificación debe ser consensuada con MIDEPLAN, institución encargada de realizar la encuesta CASEN.

Finalmente, para mejorar las estimaciones del consumo de leña del sector industrial, sería conveniente actualizar la información sobre el número de empresas activas por región. Siguiendo a Crespi (2003), esta información se podría obtener del Servicio de Impuestos Internos.

### **7.3. Recomendaciones para actualizar las estimaciones de consumo de leña**

Para actualizar periódicamente las estimaciones de consumo de leña siguiendo la metodología del presente estudio, se sugiere lo siguiente:

- 6) *Consumo residencial urbano.* Por lo general, en Chile se realiza una encuesta CASEN cada dos años. A medida que nuevas encuestas CASEN estén disponibles, se pueden actualizar las estimaciones del consumo residencial urbano utilizando las relaciones de demanda estimadas en este trabajo y cuyos parámetros se presentan en el Anexo 3 de este estudio. Naturalmente, de haber nuevas encuestas disponibles sobre el consumo de leña, se pueden estimar nuevas relaciones de demanda y utilizar los parámetros de cada modelo juntos con la información de la CASEN hacer nuevas proyecciones de consumo. Detalles de los procedimientos a seguir se encuentran en el Capítulo 3 de este informe.
- 7) *Consumo residencial rural:* como se señaló anteriormente, resulta prioritario contar con nuevas estimaciones del consumo del sector rural. Mientras esta información no

esté disponible, la única alternativa es seguir utilizando los parámetros de consumo rural/urbano presentados en el Cuadro 3.8 del presente estudio.

- 8) *Consumo comercial e institucional*: debido a la importancia menor que tiene este segmento dentro del consumo total, y al supuesto razonable de que la cantidad de consumidores comerciales e institucionales será proporcional a la población residencial de las distintas comunas, se propone seguir utilizando la metodología propuesta en este trabajo. Si no hay nuevos antecedentes se pueden seguir utilizando los parámetros de consumo comercial e institucional/consumo residencial que se presentan en el Cuadro 3.15 del presente Informe.
- 9) *Consumo Industrial de leña*: se propone actualizar periódicamente el consumo de este sector mediante el uso de las encuestas más recientes de la ENIA. Sin embargo, como se señala más arriba, es altamente recomendable que la CNE obtenga directamente del SII una estimación actualizada de la cantidad de empresas activas en cada región. Los detalles de los procedimientos a seguir, incluyendo una nueva estimación del modelo de proyección, se encuentran en el Capítulo 3 del presente Informe.
- 10) *Consumo de desechos industriales*: para actualizar los consumos de desechos industriales se deben realizar nuevos estudios sobre la oferta y distribución de este combustible en el país. En la medida que existan nuevos antecedentes, se pueden incorporar en las estimaciones. De lo contrario se sugiere seguir utilizando la estimación de 5,0 millones m<sup>3</sup> al año estimados por Walberg, et al. (2005).

#### **7.4. Proyección del consumo de leña y derivados hacia el futuro**

Aparte de actualizar periódicamente las estimaciones de acuerdo a lo sugerido más arriba, sería deseable poder proyectar hacia el futuro el consumo agregado de leña y derivados utilizando algún modelo estadístico. Sin embargo, un prerequisite para poder estimar un modelo estadístico es tener una serie de tiempo de la variable que se quiere proyectar. Desafortunadamente, las estimaciones de consumo residencial, comercial e institucional

son válidas para un momento del tiempo y no existe una serie temporal que permita estimar un modelo de proyección. Sólo para el caso de la compra de leña del sector industrial, donde existe una serie de tiempo proveniente de las distintas encuestas ENIA, sería posible estimar un modelo y proyectar el consumo hacia el futuro. Por lo tanto, dadas estas limitaciones, para proyectar el consumo hacia el futuro se propone lo siguiente:

- 5) *Consumo residencial*: utilizar la elasticidad ingreso del consumo de leña estimado en DECON-CNE (2005) —igual a 0,35 en el largo plazo— para proyectar el consumo a futuro utilizando las proyecciones del crecimiento del PIB del Banco Central de Chile y estimaciones de crecimiento de la población del INE.
- 6) *Consumo rural, comercial e industrial*: mantener la misma proporcionalidad entre el consumo urbano y rural que las del período base de la estimación. Lo mismo para el consumo comercial e institucional.
- 7) *Consumo industrial de leña*: utilizar los resultados del modelo estimado en este estudio (ver Cuadro 3.21 del presente Informe) o estimar un nuevo modelo, y luego utilizar estos parámetros para estimar el consumo de este sector hacia el futuro.
- 8) *Consumo de desechos industriales*: debido a la poca información disponible no existe una forma fácil para proyectar este componente del consumo total de leña y derivados. Una sugerencia sería utilizar el crecimiento proyectado de los sectores industriales generadores de desechos y utilizar esta misma tasa para el consumo de desechos forestales.

## 8. Referencias

Ábalos, M. (1997), “Estimación del Consumo de Leña en la Regiones V, IX y X”, Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile, 1997.

Ábalos, M. (2001), “Estudio de Casos sobre Combustibles Forestales”, Proyecto Información y Análisis para el Manejo Forestal Sustentable: Integrando Esfuerzos Nacionales e Internacionales en 13 Países Tropicales en América Latina, FAO.

AIFBN (2005), “Secado de Leña en la Provincia de Valdivia”, Informe Final, Proyecto "Sistema de Certificación para el Uso Sustentable de la Leña en Valdivia".

Banco Central de Chile-CONAF (2001), Cuentas Ambientales: Metodología de medición de Recursos Forestales en Unidades Físicas 1985-1996.

Bello, A. (2003), “Aspectos Sociales y Culturales involucrados en la Producción, Consumo y Uso de la Leña”, en Burschel, Hernández y Lobos (eds.), *Leña: Una fuente energética renovable para Chile*, Editorial Universitaria.

Betancourt, R. (1995), “Demandas Energéticas IX Región. Sector Industrial, Residencial y Comercial”.

Betancourt, R. (2003), “Eficiencia del Proceso de Combustión de Leña: Segunda Parte”, en Burschel, Hernández y Lobos (eds.), *Leña: Una fuente energética renovable para Chile*, Editorial Universitaria.

Callieri, C., (1996), “Degradación y Deforestación del Bosque Nativo por Extracción de Leña”, *Revista Ambiente y Desarrollo*, Vol XII, N°1.

CENER S.A. (1997), “Desarrollo Balance Energético en la VIII Región”, Informe Final.

CENMA (2000), “Mediciones Meteorológicas y de Calidad de Aire en Temuco y Rancagua para la Obtención de Antecedentes Técnico-Científicos para la Generación de la Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Fino MP2.5”.

CENMA (2001), “Caracterización de la Contaminación Atmosférica por Material Particulado en Ciudades del Sur de Chile: Antecedentes para la generación de la Norma de Calidad Primaria de Material Particulado MP2.5”.

CNE, Área de Hidrocarburos, (2002), “Estimación preliminar de impactos en Salud Pública asociados a eventuales problemas de contaminación atmosférica en ciudades del sur del país”.

CNE, (2004), “Balance Nacional de Energía preliminar 2003”.

CONAMA, CONAF, SERNAC e Ilustre Municipalidad de Temuco (no registra año), “Programa de mejoramiento de la calidad de la leña en Temuco y Padre Las Casas, Bases para el periodo 2004-2005”.

Crespi, G. (2003), *PyME en Chile: Nace, Crece y Muere: Análisis de su Desarrollo en los últimos siete años*, Fundes Internacional

DECON-CNE (2002), “Análisis de Subsidio al Gas Natural de Red en el Sector Residencial de Ciudades con problemas ambientales”, Departamento de Economía, Universidad de Chile, Informe Final.

DECON-CNE (2004), “Mercado de la leña en zonas urbanas de la X Región”, Departamento de Economía, Universidad de Chile, Informe Final.

ENERGER (1996), “Balance y Perspectivas del Sector Energético en la IX Región: Alternativas de Abastecimiento. Primera Parte”, Informe Final.

Farías, O. (2003), “Eficiencia del Proceso de Combustión de Leña: Primera Parte” en Burschel, Hernández y Lobos (eds.), *Leña: Una fuente energética renovable para Chile*, Editorial Universitaria.

Faúndez, P., (2001) “Análisis del Desarrollo de la Dendroenergía en Chile”, Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad de Chile.

Figuroa, R. y J. Valdés (1992), “Bases para un Monitoreo de la Calidad del Aire en la Ciudad de Temuco”, Cuarto Encuentro Científico del Medio Ambiente, Volumen II, pag 441.

Gil, L., D. Cáceres, L. Quiñones y M. Adonis (1997), “Contaminación del Aire en Espacios Exteriores e Interiores en la Ciudad de Temuco”, Informe Resumido, *Ambiente y Desarrollo*, VOL XIII – N° 1, 70-78.

Greene, W. (2002), *Econometric Analysis*, Prentice Hall. 5th edition.

INFOR (1985), Compendio de tablas auxiliares para el manejo de plantaciones de pino insigne, Manual No 14.

INFOR (1994), “Evaluación del consumo de leña en Chile”, Informe Final.

INFOR (2004a), “Propuesta de una metodología para el estudio de la oferta de leña en Coyhaique y Puerto Aysén”, Informe Final.

INFOR, (2004b), “Propuesta de una metodología para el estudio de la demanda de leña en Coyhaique y Puerto Aysén”, Informe Final.

INFOR (2004c), Estadísticas forestales 2003, Boletín Estadístico 95.

INFOR-CONAMA, (2005a), “Estudio del mercado de la leña en la ciudad de Chillán”, Informe Final.

INFOR-CONAMA, (2005b), “Estudio del mercado de la leña en la ciudad de Rancagua”, Informe Final.

INGENER, (1997), “Desarrollo del Balance Energético de la X Región”, Informe Final.

INGENER, (1997), “Balance Energético de la VII Región del Maule”, Informe Final.

INTEC (1992), “Determinación de Emisión de Contaminantes por Uso de Leña en Santiago”, Informe Final.

Jaramillo, W., [no registra año], “Estimación de Consumo de Combustibles de Madera en el Sector Residencial de la Ciudad de Villarrica”, Proyecto Leña, Ilustre Municipalidad de Villarrica.

Kausel, T. y C. Vergara (2003), “El Uso de la Leña como Combustible en la IX Región: Aspectos Económicos” en Burschel, Hernández y Lobos (eds.), *Leña: Una fuente energética renovable para Chile*, Editorial Universitaria.

Kavouras, I. y P. Koutrakis (1999), “Distribución de Fuentes de MP10 y MP2.5 en Cinco Ciudades Chilenas Usando Análisis de Factores (Iquique, Rancagua, Temuco, Valparaíso y Viña del Mar)”, Universidad de Harvard.

Kavouras, I., E. Stephanou, y D. Von Baer (1999.), “Fuentes, Niveles de Concentración y Composición de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAPs) y Alifáticos en Santiago de Chile y Temuco”.

Lara, A. (1996), “Una Propuesta General de Silvicultura para Chile”, Revista *Ambiente y Desarrollo*, Vol XII- N°1 pp 31- 40.

Lara, A., C. Echeverría y R. Reyes (2003), “Capítulo 3, Bosque Nativo” del Informe País sobre el Estado del Medio Ambiente en Chile 2002.

Lara, A. (2004), “Conservación de los Ecosistemas Boscosos: Algunas Lecciones de los últimos 20 Años”, Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile. Núcleo Científico Milenio FORECOS (ICM, Mideplan).

Lobos, M. (2001), “Estudio Preliminar sobre Producción, comercialización y consumo de la Leña en la ciudad de Temuco”. Documento N° 3, Serie de Publicaciones, WWF Chile, Programa Ecoregión Valdiviana.

Lobos, M., A. Hernández, y H. Burschel (2003), *Leña. Una fuente energética para Chile*, Editorial Universitaria, 1° Edición.

Medel, I. AIFBN, (2005), “Costos de Producción y Comercialización de Leña en la Provincia de Valdivia”, Proyecto "Sistema de Certificación para el Uso Sustentable de la Leña en Valdivia".

Muñoz, A., CEA, (1994), “La Leña, el Bosque Nativo y la Necesidad de una Política Energética en Chile”, Documento técnico 94-17, Valdivia. 41 p.

Muñoz, A., y J. Yáñez (2003), “Aspectos Ambientales de la Leña” en Burschel, Hernández y Lobos (eds.), *Leña: Una fuente energética renovable para Chile*, Editorial Universitaria.

Murúa, R., J. Miranda, y C. Ramírez (1993), “Necesidad de una Política de Bosques para Leña”, *Ambiente y Desarrollo*, Vol. 9, N°9, pp. 75-80.

Otero, L. (1998), “Propuesta para Desarrollar una Oferta de Leña Certificada en Valdivia” UACH-WWF, Informe técnico N° 6.

Otero, L. (2003), “Bosques, Manejo Sustentable y Leña” en Burschel, Hernández y Lobos (eds.), *Leña: Una fuente energética renovable para Chile*, Editorial Universitaria.

Ramírez, C., R. McDonald, y C. San Martín (1996), “Riesgos Ambientales de la Transformación de los Suelos en la Región de Los Lagos”, *Revista Ciencia y Ambiente*, Vol XII – N° 1, pp. 82-88.

Reyes, R. (2000a), “Caracterización de los sistemas de producción y comercialización de leña para la ciudad de Puerto Montt, X Región”, Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal.

Reyes, R. (2000b), “Consumo, Producción y Comercialización de Leña en la Ecoregión Valdiviana (IX y X Regiones)”, Informe Interno WWF-CODEFF.

Reyes, R. y C. Frêne (2002), “Utilización de leña como combustible en la ciudad de Valdivia”, Proyecto Sistema de certificación para el uso sustentable de la leña en Valdivia.

Reyes, R. (no registra año), “Leña: Una oportunidad para la conservación de los Bosques Templados del Sur de Chile”.

Reyes, R. y C. Frêne (no registra año), “Primer Estudio Exploratorio sobre Pérdida de Contenido de Humedad de la Leña”, Proyecto Sistema de certificación para el uso sustentable de la leña en Valdivia.

Sáez, N. (1994), “Madera del Bosque Templado Utilizado como Dendroenergía en Hogares de la Ciudad de Osorno”, en Actas III Congreso Internacional de ciencias de la tierra, IGM.

Santana, C. (2002), “Estimación Preliminar de Impactos en Salud Pública Asociados a Eventuales Problemas de Contaminación Atmosférica en Coyhaique”, Área de Hidrocarburos, CNE.

Seminario Universidad de Chile (1991), “La Problemática de la Dendroenergía en el Desarrollo Rural”, (recopilación de artículos de diversos autores).

Siemund, K. (2004), “El Consumo, las Costumbres y el Abastecimiento de Leña en Hogares y Consumidores Grandes en la Isla Grande de Chiloé”, Encuesta Leña Chiloé 2003/2004, Proyecto de la Conservación y del Manejo Sustentable del Bosque Nativo, CONAF - KFW - GTZ – DED.

SPIIL LTDA. (1997), “Consumos Energéticos Domiciliarios en la Zona del Carbón”.

TESAM S.A. (1996), “Diagnóstico y Aplicación de Metodologías para Determinar Emisiones Gaseosas Industriales y Calidad del Aire en la Región de La Araucanía”.

Toro R. (2003), “Estudios de la Calidad del Aire en Regiones urbano industriales de Chile: Temuco-Padre Las Casas” en Burschel, Hernández y Lobos (eds.), *Leña: Una fuente energética renovable para Chile*, Editorial Universitaria.

Universidad de Concepción (2002), “Priorización de medidas de reducción de emisiones por uso residencial de leña para la gestión de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas”.

Universidad de Concepción-CONAMA (2005), “Análisis del Mercado de la Leña y Carbón en El Gran Concepción”, I Etapa. Informe Final.

Urrejola, C. (2004), “Análisis Técnico, Económico y Ambiental de la Sustitución de Leña por Gas Natural en Coyhaique”, Tesis para optar al título profesional Ingeniero Civil Mecánico, Universidad de Chile.

VITAE (2002), “Encuesta sobre consumo de leña en las comunas de Temuco y Padre Las Casas”, Informe Final.

Walberg, F., F. Radon, J. Neugebauer, y A. Berg Gebert (2005), ‘Disponibilidad de madera residual en Chile’, Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDT), Universidad de Concepción, Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) y Comisión Nacional de Energía.

Wooldrige, J. (2003), *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT Press, 1st edition.