

# Cumplimiento de las medidas de restricción del uso residencial de leña en la ciudad de Valdivia

R. MAURICIO BARRÍA<sup>1,2,a</sup>, DANIELA BARRIENTOS A.<sup>3,b</sup>,  
LICETT ITURRIETA M.<sup>3,b</sup>, VANESSA SHAW C.<sup>3,b</sup>, LUIS OJEDA S.<sup>4,c</sup>

## Compliance with the measures of restrict the residential use of firewood in Valdivia, Chile

**Background:** Atmospheric pollution is a problem that causes great concern and health risks for the population and the earth, as it affects developed countries and third world countries. Locally, there are no studies that prove the fulfillment level of the restriction about the usage of residential firewood, considering that since 2014 there is a procedure called “The Environmental Decontamination Plan” in Valdivia (PDAV). **Aim:** To determine the fulfillment level of the restriction about residential firewood and its related factors. **Material and Methods:** The population study were 594 homes that were assigned randomly and proportionally according to 2 territorial areas (A and B) established in the PDAV. The sample’s characteristics were described, comparison techniques were applied by subgroups (sociodemographic, home’s structures and humidity’s perception and percentage of the firewood) to identify factors related mainly with the fulfillment of measurements about firewood usage. **Results:** 52% of households do not comply with the residential firewood use restriction measure, having sociodemographic factors related with this failure, such as schooling, health insurance and home structure. Besides, it is noted that the knowledge level of PDAV is associated with the accomplish level of restriction measures. When people know more about PDAV, there is a higher proportion of accomplishment. **Conclusion:** In more than half of the households, the restriction on the use of woodstove is not complied. The lack of knowledge of the population about the PDAV directly influences its compliance, which requires strategies to promote adherence to this program.

(Rev Med Chile 2022; 150: 672-681)

**Key words:** Air Pollution; Air Quality Control; Heating; Wood; Environment and Public Health; Cross-Sectional Studies.

<sup>1</sup>Instituto de Enfermería, Facultad de Medicina, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

<sup>2</sup>Núcleo de Investigación de Excelencia Centro de Fuego y Resiliencia de Socio-Ecosistemas (FireSES), Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

<sup>3</sup>Escuela de Enfermería, Facultad de Medicina, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

<sup>4</sup>Instituto de Estadística, Facultad de Cs. Económicas y Administrativas, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

<sup>a</sup>Enfermero, Magíster en Epidemiología Clínica y Doctor en Salud Pública.

<sup>b</sup>Licenciada en Enfermería

<sup>c</sup>Estadístico, Licenciado en Estadística, MBA, PhD in Statistics.

Trabajo no recibió apoyo financiero.

Los autores declaran ausencia de conflictos de interés.

Recibido el 28 de febrero de 2022, aceptado el 17 de agosto de 2022.

Correspondencia a:

R. Mauricio Barría P.

Av. Carlos Acharan Arce S/N.

Edificio Ciencias del Cuidado

en Salud Piso 3. Facultad de

Medicina, Universidad Austral de

Chile. Campus Isla Teja, Valdivia.

rbarría@uach.cl

La contaminación atmosférica es un problema para la salud pública y el medio ambiente afectando países desarrollados y en desarrollo. La exposición a contaminación de aire causa millones de muertes y pérdida de años de vida saludable, mientras la carga de morbilidad atribuible a la contaminación del aire es similar a riesgos para la salud mundial, como la dieta poco saludable y el tabaquismo. Así, la contaminación

del aire se reconoce como la mayor amenaza ambiental para la salud humana<sup>1</sup>.

Los contaminantes en la atmósfera incluyen el material particulado (MP), monóxido de carbono, ozono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno<sup>1-3</sup>. El MP representa el principal contaminante utilizado para evaluar el impacto de la contaminación del aire en el ambiente y en la salud, el cual se asocia a eventos de mortalidad y morbilidad en

la población<sup>4-6</sup>. Se clasifica en dos tipos según su diámetro aerodinámico. El MP<sub>10</sub> (fracción gruesa) cuyo diámetro aerodinámico es menor a 10 micrones, varía entre 2,5 y 10 micrones; y el MP<sub>2,5</sub> conocido también como fracción fina con un diámetro menor a 2,5 micrones<sup>7,8</sup>.

En nuestro medio la contaminación atmosférica por MP<sub>2,5</sub> es producida principalmente por el uso residencial de leña, y es la principal fuente de emisión contaminante en la comuna de Valdivia<sup>9</sup>. Esto es crítico, porque muchas estufas de leña operan con tecnología obsoleta, lo que da como resultado una combustión incompleta y mayores emisiones de MP al ambiente interior, así como a la atmósfera<sup>10</sup>. Además, se ha constatado que los niveles domésticos de MP<sub>2,5</sub> en hogares que utilizan leña superan las normas de calidad del aire de Chile y de la OMS<sup>11</sup>.

El Plan de descontaminación atmosférica de Valdivia (PDAV) establecido desde 2014 surge como respuesta a los niveles críticos de contaminación de la ciudad que la sitúan como zona saturada o latente<sup>12</sup>. La calidad del aire de Valdivia es cada vez más deficiente durante otoño e invierno, según lo informa diariamente el sitio web de la calidad del aire, donde se superan con frecuencia los niveles establecidos por la norma<sup>13</sup>.

De esta forma y dado que a nivel local no existen estudios previos, el objetivo de este trabajo fue determinar el cumplimiento de las medidas de restricción del uso residencial de leña en la ciudad de Valdivia y sus factores relacionados.

## Material y Método

### *Diseño de estudio*

Estudio observacional, transversal, analítico.

### *Población objetivo, muestra y técnica de muestreo*

La población objetivo fueron hogares del límite urbano de la ciudad de Valdivia que utilizan artefactos a leña para calefacción o cocción de alimentos. Como se desconocía el número de viviendas que utilizan leña como combustible residencial, se consideró como universo de estudio el número total de viviendas reportados en el último censo de 2017 que correspondió a 61.192; para calcular el tamaño de la muestra se utilizó un nivel de confianza de 95% y una precisión (error de estimación) de 4%. Dada la falta de información

sobre cumplimiento de las medidas de restricción de uso de leña se asumió una proporción esperada de 50% (maximiza el tamaño muestral). No se anticiparon condiciones de exclusión. Bajo estos criterios se consideró un tamaño muestral de 594 hogares asignados aleatoriamente de acuerdo con las dos zonas territoriales establecidas en el PDAV (A y B). Para asegurar la representatividad de la muestra se utilizó un muestreo estratificado con afijación proporcional. A partir de la información de viviendas por cada una de las manzanas que se encuentran sectorizadas (622 en zona A y 887 en zona B), se definió anticipadamente las viviendas de cada manzana a ser seleccionadas. Durante el trabajo de campo efectuado entre julio y septiembre de 2019, una vez ubicada la vivienda elegida, se accedió al domicilio y se presentó el estudio al jefe o jefa de hogar. Constatado el uso de leña, se procedió al proceso de consentimiento informado. De rechazar participar, se prosiguió con la vivienda contigua. El rechazo para participar fue mínimo y no superó 5%.

### *Técnicas de recolección de datos y variables principales*

Se utilizó como método de recolección de datos una encuesta de 31 preguntas abiertas y cerradas. Para su diseño se consideraron ítems de instrumentos empleados en estudios previos en la misma población<sup>11</sup>. Para evaluar su aplicabilidad se realizó una prueba piloto (pretest) en personas de la misma población de referencia. La aplicación del instrumento fue realizada por encuestador(a) previamente capacitado(a). Las variables medidas a través de la encuesta consideraron: antecedentes sociodemográficos, aspectos relacionados con la vivienda, grupo familiar, métodos de calefacción, uso de combustible doméstico, percepción de la humedad de la leña, valoración y cumplimiento de las medidas de restricción de leña durante los periodos de preemergencia y emergencia ambiental. Para determinar objetivamente la humedad de la leña se empleó el xilohigrómetro Amesti<sup>®</sup> y se consideró un contenido máximo de humedad de 25%, como límite para definir leña seca<sup>14</sup>.

### *Análisis*

Se inició con un análisis exploratorio para detectar datos faltantes o inconsistentes. Posteriormente se evaluó el ajuste de las variables cuantitativas a la normalidad por evaluación grá-

fica (histograma) y utilizando la prueba Kolmogorov-Smirnov. El análisis descriptivo usó medidas de tendencia central y dispersión. El uso de medias y su desviación estándar o mediana y percentiles obedeció al comportamiento distribucional de las variables. Las variables nominales y categóricas se describen usando distribución de frecuencias absolutas y relativas. La evaluación de asociación consideró como variable respuesta el grado de cumplimiento de las medidas de restricción de uso de leña (cumple/no cumple). Se evaluó su dependencia con variables sociodemográficas, aspectos de la vivienda, percepción y porcentaje de humedad de leña y nivel de conocimiento del PDAV. Se utilizaron las pruebas Chi Cuadrado, Exacta de Fisher y Mann-Whitney. El nivel de significancia estadística se fijó en 5% ( $p < 0,05$ ). Para el análisis se utilizó el programa Stata 13.0 (StataCorp, College Station, Texas, 2013).

### Implicancias éticas

El estudio adhirió a los principios de la investigación con seres humanos establecidos en el Informe Belmont y Declaración de Helsinki. Además, fue evaluado y aprobado por el Comité Ético Científico del Servicio de Salud Valdivia (Ord. 031, 31 de enero de 2019).

### Resultados

De un total de 594 individuos encuestados, 54,2% eran mujeres. La edad media ( $\pm$  DE) fue 47,1 años ( $\pm$  17,6). El nivel educativo predominante fue enseñanza media con 35,5%. Respecto de la actividad laboral, los trabajadores se distribuyeron similarmente en dependientes (32,8%) e independientes (32,5%). De la distribución según ingreso económico promedio del hogar, destacaron los deciles 2 (\$190.711-\$356.117) y 5 (\$526.752 - \$615.486). La previsión de salud fue mayoritariamente FONASA (76,6%). El grupo familiar tuvo una mediana de 3 personas [RIC = 2-4]. Un 70,4% indicó ser propietario de la vivienda (Tabla 1).

De las características estructurales de la vivienda, se reportó vivienda sólida y en buen estado en 84,5%, con piso de madera (66,3%) y aislación térmica (43,4%). De la misma forma, la mayor cantidad de encuestados informó no estar expuesta a inundación en invierno (96,3%), sin

**Tabla 1. Características sociodemográficas de los participantes (n = 594)**

Variable		
Sexo n, %		
Masculino	272	45,8
Femenino	322	54,2
Edad (años) Media, DE	47,1	17,6
Escolaridad n, %		
Básica	76	12,8
Media	211	35,5
Técnica Superior	113	19,0
Universitaria	194	32,7
Actividad laboral n, %		
Independiente	193	32,5
Dependiente	195	32,8
Estudiante	102	17,2
Jubilado	104	17,5
Ingreso promedio en la vivienda (\$) n, %		
0 - 190.710	67	11,3
190.711 - 356.117	92	15,5
356.118 - 445.912	77	13,0
445.913 - 526.751	74	12,5
526.752 - 615.486	87	14,6
615.487 - 759.652	52	8,8
759.653 - 856.402	47	7,9
856.403 - 1.045.639	39	6,6
1.045.640 - 1.432.941	27	4,5
1.432.942 - 3.230.016	32	5,4
Previsión de Salud n, %		
FONASA	455	76,6
ISAPRE	106	17,8
Ninguna	33	5,6
Tamaño grupo familiar (n)		
Mediana [RIC]	3	[2-4]
Tipo de tenencia de la vivienda n, %		
Propietario	418	70,4
Arrendatario	135	22,7
Allegado	35	5,9
Otro	6	1,0

\*Corresponde al ingreso promedio de personas activas y ocupadas con remuneración, en la vivienda. DE: desviación estándar; RIC: rango intercuartil.

filtración de aire (50%), sin goteras (71,5%) ni moho u hongos en las paredes (58,6%) (Tabla 2).

Al determinar la percepción de humedad de la leña, 76,4% consideró que estaba seca, mientras que 23,6% consideró leña húmeda. Al medir objetivamente el porcentaje de humedad de la leña (n = 557), 70,9% de los encuestados utilizaba leña seca ( $\leq 25\%$  de humedad), mientras 29,1% utilizaba leña húmeda. Destacó que solo 13% (n = 77) compra leña en un comercio establecido, 71,9% a un tercero (por camión de venta o a conocido) y 15,1% de otras formas.

En relación con el nivel de conocimiento del PDAV, 61,1% de los participantes reconoció bajo conocimiento (“casi nada” y “nada”) mientras 28,9% un buen nivel de conocimiento (suficiente o bastante).

El cumplimiento del uso residencial de leña alcanzó 47,8% (n = 284), en tanto 52,2% (n = 310) mencionaron encender artefactos que utilizan leña como combustible durante preemergencia y emergencia ambiental pese a la restricción de su uso.

De los factores sociodemográficos (Tabla 3), se observó diferencias significativas en el cumpli-

**Tabla 2. Características estructurales de la vivienda (n = 594)**

Variable	Frecuencia absoluta (n)	Frecuencia relativa (%)
Estado de estructura de la vivienda		
Sólida en buen estado	502	84,5
Sólida en mal estado	65	10,9
Frágil	27	4,5
Material del piso de la vivienda		
Madera	394	66,3
Alfombra	22	3,7
Fléxit	17	2,9
Cemento	129	21,7
Otro	32	5,4
Aislación térmica		
Sí	258	43,4
No	252	42,4
No sabe	84	14,1
Inundación en época de lluvias		
Nunca	572	96,3
A veces	19	3,2
Frecuentemente	3	0,5
Filtración de aire en algún lugar de la vivienda		
No	297	50,0
Sí, en forma aislada	192	32,3
Sí, en varios lugares	105	17,7
Filtración de agua (gotera) en algún lugar de la vivienda		
No	425	71,5
Sí, en forma aislada	142	23,9
Sí, en varios lugares	27	4,5
Presencia de moho/manchas de humedad en algún lugar de la vivienda		
No	348	58,6
Sí, en forma aislada	200	33,7
Sí, en varios lugares	46	7,7

**Tabla 3. Cumplimiento de restricción del uso residencial de leña en la ciudad de Valdivia según características sociodemográficas**

Variable	Cumple con restricción n = 284		No cumple con restricción n = 310		p
Sexo n, %					
Masculino	163	57,4	159	51,3	0,139*
Femenino	121	42,6	151	48,7	
Edad (años) Media, DE	47	17,2	47,2	18,0	0,884 <sup>†</sup>
Escolaridad n, %					0,004 <sup>‡</sup>
Básica	32	11,3	44	14,2	
Media	88	31,0	123	39,7	
Técnico	70	24,6	43	13,9	
Universitaria	94	33,1	100	32,3	
Ocupación n, %					0,085 <sup>‡</sup>
Independiente	92	32,4	101	32,6	
Dependiente	105	37,0	90	29,0	
Estudiante	47	16,5	55	17,7	
Jubilado	40	14,1	64	20,6	
Ingreso promedio en la vivienda n, %					0,260 <sup>‡</sup>
0-190.710	33	11,6	34	11,0	
190.711-356.117	38	13,4	54	17,4	
356.118-445.912	32	11,3	45	14,5	
445.913-526.751	36	12,7	38	12,3	
526.752-615.486	44	15,5	43	13,9	
615.487-759.652	27	9,5	25	8,1	
759.653-856.402	21	7,4	26	8,4	
856.403-1.045.639	18	6,3	21	6,8	
1.045.640-1.432.941	12	4,2	15	4,8	
1.432.942-3.230.016	23	8,1	9	2,9	
Previsión de Salud n, %					< 0,001 <sup>‡</sup>
Fonasa	197	69,4	258	83,2	
Isapre	72	25,4	34	11,0	
Ninguno	15	5,3	18	5,8	
Tamaño grupo familiar. Mediana [RIC]	3	[2-4]	3	[2-4]	0,814 <sup>†</sup>
Forma en que habita la vivienda n, %					0,128 <sup>‡</sup>
Propietario	201	70,8	217	70,0	
Arrendatario	66	23,2	69	22,3	
Allegado	12	4,2	23	7,4	
Otro	5	1,8	1	0,3	

\*Test de Fisher; <sup>†</sup>Test de Mann-Whitney; <sup>‡</sup>Test de Chi Cuadrado; RIC: Rango intercuartil.

**Tabla 4. Cumplimiento de restricción del uso residencial de leña en la ciudad de Valdivia según características estructurales de las viviendas**

Variable	Cumple con restricción n = 284		No cumple con restricción n = 310		p
	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	
	(n)	(%)	(n)	(%)	
Estado de estructura de la vivienda					
Sólida en buen estado	247	87,0	255	82,3	0,284*
Sólida en mal estado	26	9,2	39	12,6	
Frágil	11	3,9	16	5,2	
Material del piso de la vivienda					
Madera	179	63,0	215	69,4	0,043*
Alfombra	10	3,5	12	3,9	
Fléxit	4	1,4	13	4,2	
Cemento	73	25,7	56	18,1	
Otro	18	6,3	14	4,5	
Aislación térmica					
Sí	139	48,9	119	38,4	0,030*
No	111	39,1	141	45,5	
No sé	34	12,0	50	16,1	
Inundación en época de lluvias					
Nunca	274	96,5	298	96,1	0,880*
A veces	9	3,2	10	3,2	
Frecuentemente	1	0,4	2	0,6	
Filtración de aire en algún lugar de la vivienda					
No	164	57,7	133	42,9	0,001*
Sí, en forma aislada	77	27,1	115	37,1	
Sí, en varios lugares	43	15,1	62	20,0	
Filtración de agua (gotera) en algún lugar de la vivienda					
No	212	74,6	213	68,7	0,094*
Sí, en forma aislada	64	22,5	78	25,2	
Sí, en varios lugares	8	2,8	19	6,1	
Presencia de moho/manchas de humedad en algún lugar de la vivienda					
No	188	66,2	160	51,6	0,001*
Sí, en forma aislada	77	27,1	123	39,7	
Sí, en varios lugares	19	6,7	27	8,7	

\*Test de Chi Cuadrado; RIC: Rango intercuartil.

**Tabla 5. Cumplimiento de la restricción del uso de residencial de leña residencial en la ciudad de Valdivia según características de la leña**

Variable	Cumple con restricción n = 284		No cumple con restricción n = 310		p
	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	
	(n)	(%)	(n)	(%)	
Percepción humedad de leña n, %					
Seca	237	83,5	217	70,0	< 0,001*
Húmeda	46	16,2	84	27,1	
Muy húmeda	1	0,4	9	2,9	
Humedad de la leña† n, %					
Seca	191	74,6	204	67,8	0,077*
Húmeda	65	25,4	97	32,2	
Lugar de obtención de la leña n, %					
Comercio establecido	56	19,7	21	6,8	< 0,001*
A un tercero (camión, conocido, etc.)	194	68,3	233	75,2	
Otro	34	12,0	56	18,1	

\*Test de Chi Cuadrado; †considera 557 observaciones dado que en 37 hogares no se permitió la medición; Otro: cuando obtiene leña de su propiedad fuera de Valdivia.

miento de la restricción de leña según escolaridad ( $p = 0,004$ ) observándose que entre quienes no cumplen hay mayor proporción de escolaridad básica y media respecto de los que cumplen. Similarmente, se observó significativa mayor proporción de afiliados a Fonasa en el grupo que no cumplió con la restricción de leña (83,2% vs 69,4%;  $p < 0,001$ ).

En cuanto a las características estructurales de la vivienda (Tabla 4), destacó que en aquellos hogares en que no se cumplió con las medidas de restricción de leña hubo significativa mayor proporción de piso fléxtil, de filtración de aire y de moho en forma aislada o en varios lugares de la vivienda. Además, hubo significativa menor proporción de aislación térmica.

Al analizar la relación con características de la leña, se determinó que en los domicilios en que no se cumplió con la restricción de leña hubo significativa menor proporción de percepción de uso de leña seca (70,0% vs 83,5%;  $p < 0,001$ ) y de compra de leña en comercio establecido (6,8% vs 19,7%;  $p < 0,001$ ). En tanto, no hubo diferencias

significativas con la medición objetiva de la humedad de la leña (Tabla 5).

Por último, al establecer relación entre el nivel de conocimiento del PDAV y el cumplimiento de la restricción de uso residencial de leña, se observó una asociación estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ), observándose que, a mayor conocimiento, mayor proporción de cumplimiento (Figura 1).

## Discusión

Este estudio muestra el cumplimiento de las medidas de restricción del uso residencial de leña en Valdivia y algunos factores relacionados constatando que más de la mitad de los participantes no cumple con la restricción durante preemergencia y emergencia ambiental. Previamente una encuesta en 390 hogares de Valdivia destacó que la mayor falta en la que incurren sus habitantes es no respetar las medidas y prohibiciones en el consumo de leña durante días de restricción<sup>15</sup>. Esto contrasta

con otros resultados que muestran niveles de incumplimiento bajos<sup>16</sup>. En Chillán y Chillán Viejo, se constató que 3,8% de los casos no cumplió las disposiciones de excepción y durante días de preemergencia 2,4% no cumplió con la norma. En Coyhaique el incumplimiento fue 0,8%, en Linares 14%, Talca 14,3%, Temuco 19% y Los Ángeles 21,5%. Esto se podría explicar por la forma de establecer el cumplimiento en cada ciudad según el plan vigente. Por ejemplo, en Chillán la medida de restricción de episodios críticos fue que no exista humo visible por más de 15 minutos y en Coyhaique que no hubiera dos o más calefactores a leña encendidos simultáneamente.

En relación con factores asociados con el cumplimiento de la restricción de uso residencial de leña, la escolaridad fue un factor encontrado. Si bien esta condición no ha sido previamente estudiada en el fenómeno particular, en otros trabajos sobre uso de artefactos a leña ha sido descrita. En España la educación superior se ha correlacionado con una mayor apreciación de las fuentes de energía renovable, menos contaminante, como la tecnología a pellets<sup>17</sup>. Similarmente, se ha demostrado que el nivel educativo del jefe de hogar es un factor significativo para determinar la adopción de estufas mejoradas<sup>18,19</sup>. La previsión de salud, también asociada al cumplimiento de las medidas de restricción, puede ser considerada como una medida *proxy* (sustituta) del nivel socioeconómico, ya que supone menores ingresos en individuos con previsión Fonasa quienes en este estudio mostraron menor cumplimiento. Se describe que el comportamiento de adopción de artefactos menos contaminantes cambia con un ingreso creciente de los hogares y aumenta la probabilidad de utilizar alternativas energéticas modernas a los combustibles tradicionales<sup>20,21</sup>.

La presencia de filtración de aire y menor aislamiento térmico son también factores asociados a no cumplimiento del PDAV. La baja eficiencia térmica tiene relación directa con el alto consumo de leña para calefaccionar ya que hay mucha pérdida energética por la deficiente aislación térmica de las viviendas<sup>22</sup>. De esta manera las condiciones de temperatura hacen poco viable adoptar la restricción de uso de leña, en especial en época de menor temperatura. Aun así, el alto consumo de energía para calefacción muchas veces no asegura el confort térmico. Es importante considerar que la Ordenanza General de Urbanismo y Cons-

trucciones de los años 2000 y 2007 exige que las viviendas sean construidas con un nivel mínimo de eficiencia térmica, sin embargo, 80% de las casas valdivianas fueron construidas previo a esa ordenanza por lo que, evidentemente no alcanzan el nivel de eficiencia establecido<sup>23</sup>.

En cuanto al nivel de conocimiento del PDAV se observó que más de la mitad de los participantes refieren no tener conocimiento. Si bien, no hay estudios previos respecto a esto, una encuesta realizada a 2025 viviendas de Valdivia consultó sobre el conocimiento del usuario residencial acerca del Programa de leña certificada, donde 54% respondió que lo conoce<sup>24</sup>. De la misma manera, 82% de la población declara tener algún grado de conocimiento respecto de las políticas implementadas respecto del consumo de leña<sup>15</sup>.

En relación con la obtención de la leña, esta puede ser adquirida en mercados certificados como informales. Similar a nuestros hallazgos, se ha reportado que solo 13,4% de los hogares en nuestro medio accede a este tipo de biomasa en el mercado formal<sup>24</sup>. En otro estudio comparativo entre las ciudades de Valdivia y Bariloche se reportó que sólo 2,8% de la población valdiviana utilizaba leña certificada para calefaccionar sus hogares<sup>25</sup>. Esta situación puede ser explicada debido al alto costo del metro cúbico de leña certificada, pudiendo duplicar el precio del producto no certificado, además las personas deben dirigirse al lugar donde se comercializa la leña, lo que dificulta su adquisición. Por el contrario, la leña que se comercializa de manera informal tiene un costo menor y es llevada hasta el domicilio por los mismos vendedores, quienes la promocionan libremente en la vía pública. Si bien el PDA promueve la compra de leña certificada para asegurar que contenga humedad  $\leq 25\%$ , no se contempla en ningún caso la entrega de un subsidio que permita a las familias disminuir los costos asociados a la compra de leña certificada, por lo que se prefiere el comercio informal. En la misma línea, se estima que 70-75% de los hogares obtiene leña con una humedad inferior a 25%<sup>24</sup>, lo que coincide con lo evidenciado en este trabajo, en que dos tercios de los hogares utilizan leña seca.

Algunas limitaciones de este trabajo pueden considerar sesgo de respuesta en la eventualidad de que el jefe de hogar no haya coincidido con la persona que se encarga de decidir el uso de artefactos a leña. Por otro lado, puede existir sesgo de



memoria frente a los eventos de preemergencia y emergencia ocurridos en el último periodo. No obstante lo anterior, esta es la primera aproximación al cumplimiento de un PDA a partir de la información de un número representativo de hogares de una ciudad del sur de Chile.

Como conclusión destacamos que en la mayoría de los hogares de Valdivia se incumple la medida de restricción de uso residencial de leña, lo que se asocia con variables sociodemográficas (escolaridad y previsión de salud) así como con características estructurales de la vivienda como filtraciones de aire y aislación térmica. El conocimiento del PDAV es una condición necesaria para adherir a esta política pública.

**Agradecimientos:** A todas las personas y entidades que participaron entregando información y orientación para este estudio: Patricio Romero (Gobierno Regional de Los Ríos), Claudia Salazar Tapia (Ilustre Municipalidad de Valdivia), René Reyes Gallardo (Instituto Forestal, INFOR, Sede Los Ríos), Jean Paul Pinaud (Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, Región de Los Ríos).

## Referencias

- World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. World Health Organization. 2021. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>. [Consultado el 26 de septiembre de 2021]
- Oyarzún G. Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Rev Chil Enfer Respir*. 2010; 26 (1): 16-25.
- Losacco C, Perillo A. Particulate matter air pollution and respiratory impact on humans and animals. *Environ Sci Pollut Res*. 2018; 25: 33901-10.
- Pope CA 3rd, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc*. 2006; 56(6): 709-42. doi: 10.1080/10473289.2006.10464485.
- Karakatsani A, Analitis A, Perifanou D, Ayres JG, Harrison RM, Kotronarou A et al. Particulate matter air pollution and respiratory symptoms in individuals having either asthma or chronic obstructive pulmonary disease: a European multicenter panel study. *Environ Health* 2012; 11: 75.
- Nemmar A, Holme JA, Rosas I, Schwarze PE, Alfarro-Moreno E. Recent advances in particulate matter and nanoparticle toxicology: a review of the in vivo and in vitro studies. *Biomed Res Int*. 2013; 2013: 279371.
- Ministerio del Medio Ambiente. Informe del estado del medio ambiente, MMA. 2016; Disponible en: <http://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/IEMA2016.pdf> [Consultado el 15 mayo de 2021]
- The American Lung Association. State of the Air. 2016; Chicago. Disponible en: <http://www.lung.org/assets/documents/healthy-air/state-of-the-air/sota-2016-full.pdf> [Consultado el 11 agosto de 2021].
- Reyes R, Schueftan A, Ruiz C. Control de la contaminación atmosférica en un contexto de pobreza de energía en el sur de Chile: Los efectos no deseados de la política de descontaminación. En: *Informes técnicos BES, Bosques - Energía - Sociedad, Año 4. N° 9. marzo 2018. Observatorio de los Combustibles Derivados de la Madera OCDM. Instituto Forestal, Chile. p. 22.*
- Barría RM. Indoor Air Pollution by Particulate Matter from Wood Fuel: An Unresolved Problem. *Environ Pollut Climate Change* 2016; 1: 104. Disponible en: <https://www.omicsonline.org/open-access/indoor-air-pollution-by-particulate-matter-from-wood-fuel-an-unresolved-problem.php?aid=82389#25> [Consultado el 18 de agosto de 2021].
- Barría RM, Calvo M, Pino P. Contaminación intradomiciliaria por material particulado fino (MP2,5) en hogares de recién nacidos. *Rev Chil Pediatr*. 2016; 87: 343-50.
- Ministerio del Medio Ambiente. D.S N° 25/ 2016 de 02 de septiembre, Establece plan de descontaminación atmosférica para la comuna de Valdivia, Art. 13-20. [Internet] 2016; Disponible en: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/publicacion-diario-oficial-DCTO-25-PDA.pdf> [Consultado el 11 agosto de 2021].
- Ministerio del Medio Ambiente. Plan de descontaminación Atmosférica, estrategia 2014-2018. 2014.
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Norma Chilena Oficial N°2907/2005: Norma sobre combustible sólido - leña - requisitos. Resolución Exenta N°S69 (13 de septiembre de 2005).
- Durán S. Contaminación atmosférica y consumo de leña en Valdivia. 2004-2018. 2019. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/169886/Contaminacion-atmosferica-y-consumo-de-leña-en-Valdivia.pdf?sequence=1> [Consultado el 11 agosto de 2021].
- Ministerio del Medio Ambiente. Servicio de verificación y caracterización de los niveles de cumplimiento de las prohibiciones al uso de calefactores a leña en días de gestión de episodios críticos en regiones. 2018.

17. García-Maroto I, García-Maraver A, Muñoz-Leiva F, Zamorano M. Consumer knowledge, information sources used and predisposition towards the adoption of wood pellets in domestic heating systems. *Renew Sust Energ Rev.* 2015; 43:207-15.
18. Lewis JJ, Pattanayak SK. Who adopts improved fuels and Cookstoves? A systematic review. *Environ Health Perspect.* 2012; 120 (5): 637-45.
19. Gebreegziabher Z, Mekonnen A, Kassie M, Köhlin G. Urban energy transition and technology adoption: the case of Tigray, northern Ethiopia. *Energy Econ.* 2012; 34 (2): 410-8.
20. Shen G, Lin W, Chen Y, Yue D, Liu Z, Yang C. Factors influencing the adoption and sustainable use of clean fuels and cookstoves in China -a Chinese literature review. *Renew Sustain Energy Rev.* 2015; 51: 741-50,
21. Soltani M, Rahmani O, Pour AB, Ghaderpour Y, Ngah I, Misnan SH. Determinants of variation in household energy choice and consumption: case from Mahabad City, Iran. *Sustainability* 2019; 11 (17): 4775.
22. Ortega V, Reyes R, Schueftan A, González A, Rojas F. Contaminación atmosférica: Atacando el síntoma, no la enfermedad. Análisis de los sistemas de calefacción residencial y los programas de descontaminación atmosférica en la Región de Los Ríos. *Boletín BES* 2016; 2 (3): 1-24.
23. Ortega V, Schueftan A, González A, Reyes R. Frío, leña y contaminación: Problemas y oportunidades derivados de la mala aislación térmica de las viviendas en la Región de Los Ríos. *Boletín BES* 2015; 1 (2): 1-24.
24. Schueftan A, González A. Calefacción en el sector residencial de Valdivia (Chile), análisis de una encuesta en 2025 hogares. *Av Energ Renov Medio Ambiente* 2014; 18: 701-9.
25. Schueftan A, González A. Comparación de recursos energéticos residenciales en las ciudades de Valdivia (Chile) y Bariloche (Argentina): precios y consumos. *Av Energ Renov Medio Ambiente* 2013; 17: 709-17.