

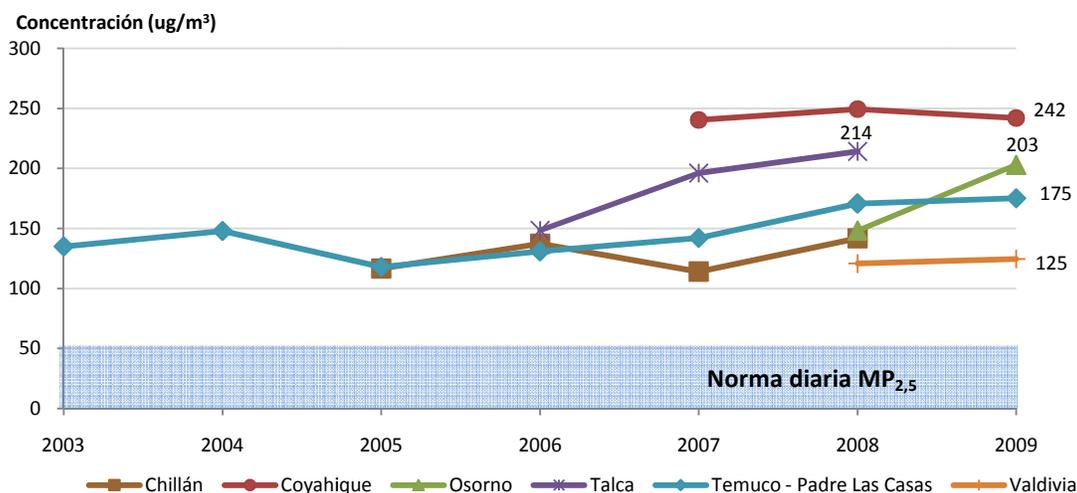
**ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA NORMA DE EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE PARA ARTEFACTOS DE COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA**

*F. Donoso, S. Briceño, J. Gómez, A. Uribe y C. de la Maza\**  
 Mayo 2011

**1. Introducción**

La situación actual de la calidad del aire en ciudades de la zona centro sur de Chile es un problema de ya larga duración, donde la norma de calidad primaria de material particulado (MP) es ampliamente sobrepasada tanto para su promedio diario de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{MP}_{10}$  como para  $\text{MP}_{2,5}$  (ver Figura 1). El caso extremo corresponde a la ciudad de Coyhaique con valores casi 5 veces la norma diaria de material particulado fino de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo la urbe con el mayor riesgo individual del país atribuible a efecto de la contaminación.

Figura 1. Concentración de  $\text{MP}_{2,5}$  para ciudades de la zona centro Sur de Chile ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , p98)<sup>1</sup>



Fuente: Elaboración propia en base a (SIGCA 2010) y (Cifuentes 2010)

El uso de leña a nivel residencial como fuente de energía para calefacción y cocción de alimentos, es el principal contribuyente a la mala calidad del aire por contaminación de MP en mayoría de las ciudades de la zona centro sur de Chile. Las elevadas emisiones residenciales son ocasionadas debido a cuatro factores claramente identificados y que lo transforman en un complejo problema a resolver: tecnología de calefactores deficiente,

\* Profesionales del Departamento de Economía Ambiental (DEA), Ministerio del Medio Ambiente – Chile. Contacto: [fdonosog@mma.gob.cl](mailto:fdonosog@mma.gob.cl); [sbriceno@mma.gob.cl](mailto:sbriceno@mma.gob.cl); [jgomez@mma.gob.cl](mailto:jgomez@mma.gob.cl); [auribe@mma.gob.cl](mailto:auribe@mma.gob.cl); [cde lamaza@mma.gob.cl](mailto:cde lamaza@mma.gob.cl)

<sup>1</sup> Se estimó la concentración  $\text{MP}_{2,5}$  a partir de la información de  $\text{MP}_{10}$  del SIGCA y con razones de MP fino vs grueso de Cifuentes, L. (2010). Relación de la norma de calidad primaria MP 2,5 con la norma de calidad primaria de  $\text{MP}_{10}$ .

mala operación de los equipos por parte de los usuarios, uso de leña con alto contenido de humedad y defectuosa aislación térmica en los hogares.

## 2. Norma de calefactores

El objetivo de la norma es proteger la salud de las personas a través del control de las emisiones de material particulado respirable, producidas por los artefactos de uso residencial que combustionan leña u otros combustibles de biomasa.

Los aspectos de la norma de calefactores que son relevantes en la evaluación de los impactos económicos y sociales son los siguientes: (i) Emisiones hasta 2,5 gr/hr a contar del año 2011 y (ii) Eficiencia térmica de un 70%.

La norma a calefactores apunta principalmente a una mejora tecnológica mediante el ingreso de equipos con factores de emisión menores, aunque también soluciona parte de los problemas ocasionados por la mala operación de los equipos (menos opciones de regular la entrada de aire) y humedad (mayor tiempo de combustión de gases). Sin embargo, para este análisis se considera únicamente la disminución de emisiones atribuibles a la mejora tecnológica, por lo que los resultados son conservadores en la valoración de beneficios de la norma.

## 3. Análisis de beneficios y costos de la norma

Se consideran los beneficios en salud por reducciones de enfermedades ocasionadas por la contaminación del aire, incluyendo los casos de mortalidad, morbilidad, productividad perdida y días de actividad restringida (DICTUC 2011). Adicionalmente, se incluye el ahorro en consumo de leña del hogar debido al uso de un calefactor de mejor eficiencia térmica.

Por su parte, el costo asociado a la normativa se le atribuye al consumidor que adquiere un equipo, quien deberá pagar un monto adicional igual a la diferencia entre el equipo base<sup>2</sup> y el equipo de 2,5 g/h tasado en 500 USD (Ambiente Consultores 2007). Se diferencia el equipo base según estrato socioeconómico a partir del estudio de (Chávez 2010).

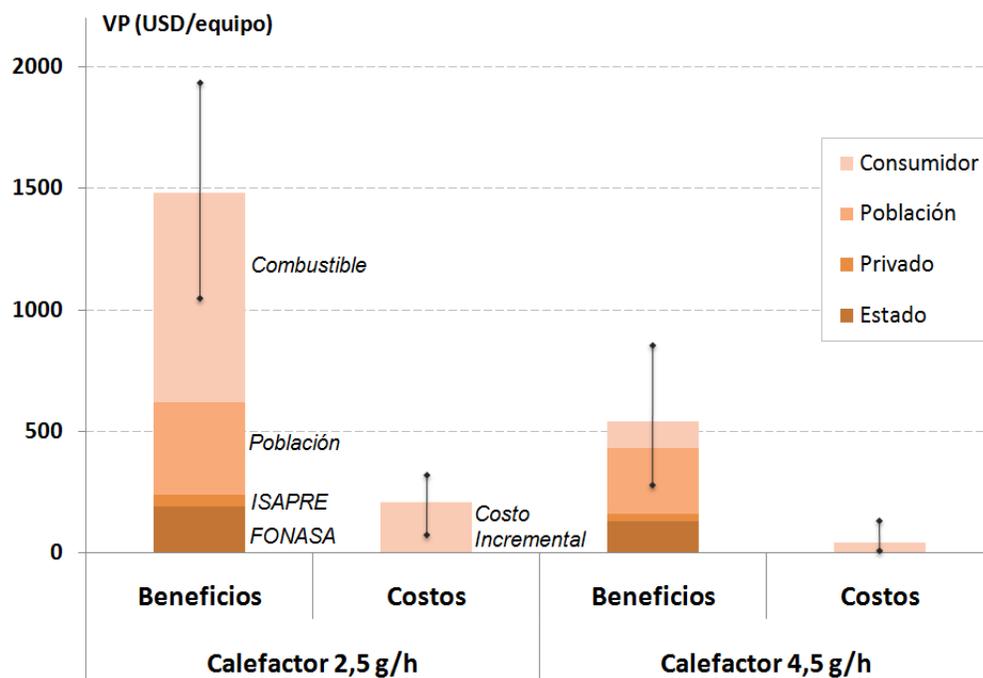
Los resultados fueron desagregados por los diferentes agentes de la sociedad que incurren en los costos y beneficios de la norma: Estado, que disminuye los costos en FONASA (Fondo Nacional de Salud); privados, quienes disminuyen gastos en ISAPRE (Instituciones de Salud Previsional); Población, quienes disminuyen sus gastos médicos; y consumidores, quienes perciben los beneficios de ahorro en leña y el costo incremental del calefactor nuevo. Para el caso de Temuco (Figura 2) destaca que aún sin valorar los casos de mortalidad, el beneficio neto unitario<sup>3</sup> de aplicar la norma es significativamente positivo para todos los estratos socioeconómicos.

---

<sup>2</sup> Equipo promedio que adquiere la familia sin norma de calefactores

<sup>3</sup> Diferencia entre los beneficios y costos de la norma por 1 calefactor recambiado

Figura 2. VP de costos y beneficios unitarios para calefactor 2,5 g/h, nivel socioeconómico medio, Temuco (USD/equipo)\*



\*Grafico sin valoración de mortalidad / Tasa de descuento 6% / Horizonte evaluación 15 años.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. VP de beneficios y costos desagregados por estrato socioeconómico, calefactor 2,5 g/h, Temuco (USD/equipo, percentil 50)

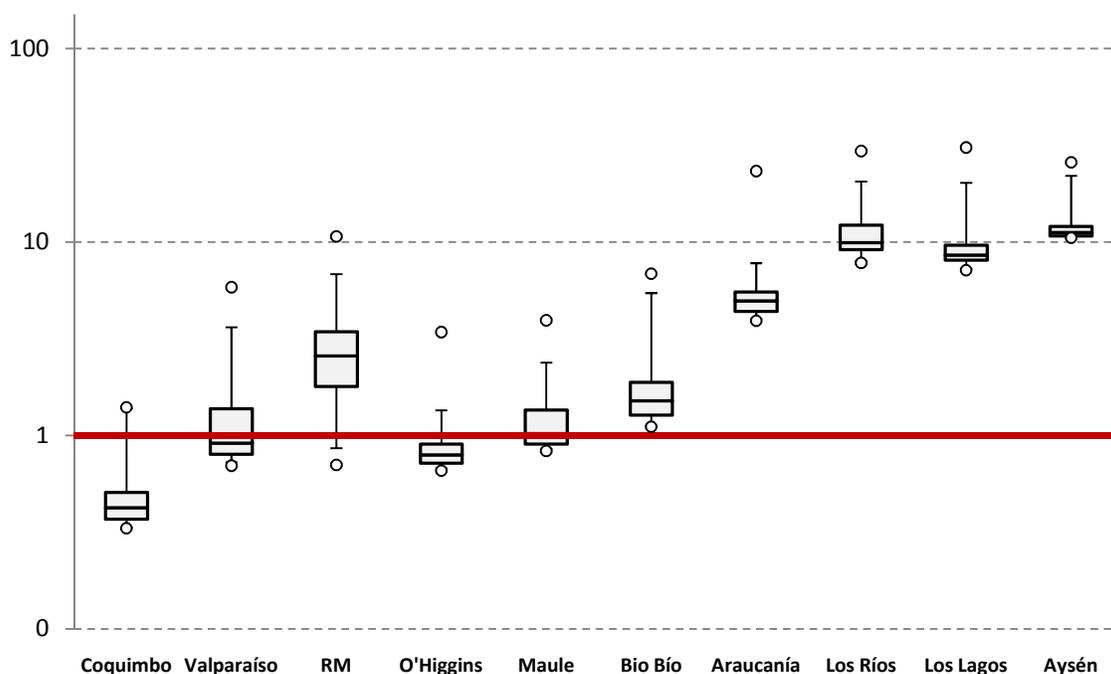
Estrato	Beneficio sin mortalidad	Beneficio con mortalidad	Costo	Razón B/C sin mortalidad	Razón B/C con mortalidad
Bajo	1.080	4.340	220	5x	20x
Medio	1.480	5.610	209	7x	27x
Alto	1.910	7.010	208	9x	34x

Fuente: Elaboración propia

#### 4. Resultados agregados

Los resultados agregados a nivel nacional indican que la norma obtendría 129 MMUSD anuales de beneficio neto. La Figura 3 refleja la razón beneficio-costo para todas las comunas que utilizan leña para calefacción, y donde es posible apreciar que el indicador posee valores mayores a 1 en la mayoría de los casos, teniendo los valores más bajos en la región de Coquimbo.

Figura 3. *Boxplot* razón beneficio-costo para las comunas que utilizan leña, p50 beneficios.\*



\*Gráfico en escala logarítmica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Beneficios y costos nacionales por año, equipo de 2,5 g/h y 70% eficiencia (MMUSD/año)

Ciudad	Beneficios	Costos	Beneficio Neto	IC (95%) BN
Estado	4	0	4	[1 - 7]
Privado	1	0	1	[0 - 2]
Particulares	8	0	8	[2 - 14]
Consumidor	51	-20	30	[17 - 42]
Mortalidad	86	0	86	[22 - 149]
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>-20</b>	<b>129</b>	<b>[40 - 210]</b>

Fuente: Elaboración propia

Análogamente, se realiza el análisis para el caso de una norma de 4,5 g/h y 60% de eficiencia. Los beneficios netos son aproximadamente la mitad de los anteriores debido a una pérdida importante en el ahorro de combustible ante la poca diferencia entre la eficiencia del nuevo calefactor y el calefactor en el caso base considerado.

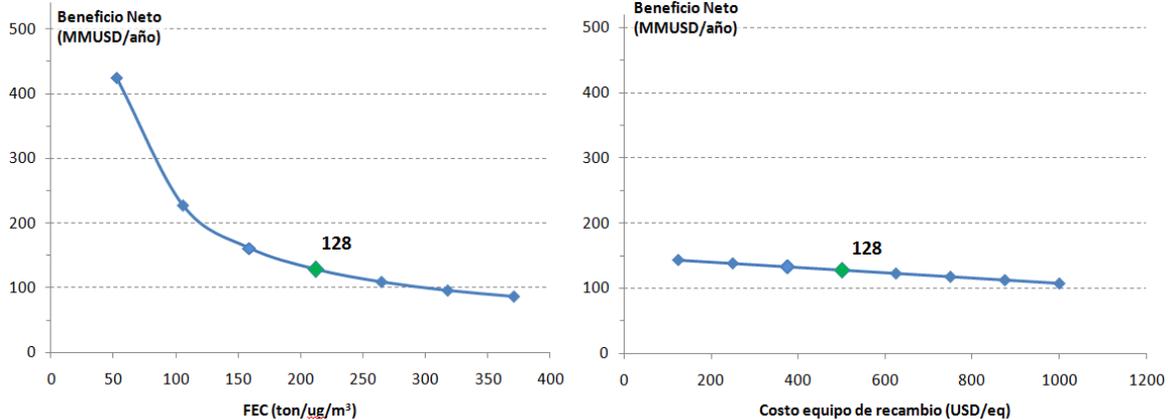
Tabla 3. Beneficios y costos nacionales por año, equipo de 4,5 g/h y 60% eficiencia (MMUSD/año)

Ciudad	Beneficios	Costos	Beneficio Neto	IC (95%) BN
Estado	3	0	3	[1 - 5]
Privado	1	0	1	[0 - 1]
Particulares	6	0	6	[1 - 10]
Consumidor	8	-5	3	[-7 - 11]
Mortalidad	62	0	62	[16 - 108]
<b>Total</b>	<b>79</b>	<b>-5</b>	<b>74</b>	<b>[10 - 140]</b>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se realizó un análisis de sensibilidad del beneficio anual neto para dos variables del modelo: el factor de emisión-concentración o FEC<sup>4</sup> (DICTUC 2008) y costo del equipo de recambio (Ambiente Consultores 2007). Los resultados de la Figura 4 indican que el beneficio neto anual tiene un valor positivo para todos los casos analizados, aun en los casos extremos de poca probabilidad de ocurrencia. Importante mencionar que estudios realizados en Chile indican que por lo general el FEC de las ciudades es menor al utilizado en este estudio lo que implicaría un alza en los beneficios.

Figura 4. Análisis de sensibilidad Beneficio Neto Anual (MMUSD/año): (a) FEC, (b) Costo equipo de recambio\*.



\* Valores destacados en el grafico corresponden a los utilizados en el análisis. FEC: 208 ton/ug/m<sup>3</sup>, Costo incremental: 500 USD.

Fuente: Elaboración propia

<sup>4</sup> FEC: Factor de emisión-concentración. Indica las toneladas necesarias para aumentar en 1 ug/m<sup>3</sup> el promedio anual de MP. Se utiliza como valor base 208 ug/m<sup>3</sup>.

## 5. Conclusiones

- La norma propuesta posee beneficios netos 129 MMUSD/año. La mayoría de las comunas poseen beneficios netos positivos, destacando las que poseen alta población y/o altas reducciones de emisiones.
- El análisis de sensibilidad realizado concluye valores netos positivos para el todo el rango. El resultado es menos sensible ante variaciones del precio del equipo de recambio (2,5 g/h), no así para el FEC utilizado. A partir de antecedentes recopilados, el valor utilizado permite inferir un análisis conservador de los beneficios.
- Los beneficios netos de una norma de estufas de 4,5 g/h y 60% de eficiencia son aproximadamente la mitad del que se obtiene con el calefactor de 2,5 g/h y 70%, debido a una pérdida importante en el ahorro de combustible ante la poca diferencia entre la eficiencia del nuevo calefactor y el calefactor en el caso base considerado.
- La norma presenta efectos en la distribución de la riqueza debido a que el costo incremental es mayor para los niveles de menor ingreso. Esto se debe a que, en promedio, el estrato socioeconómico alto adquiere en el caso base calefactores de mayor calidad y precio.
- El efecto descrito sustenta un programa de subsidio por parte del estado hacia los sectores de menores ingresos, con el fin de equiparar la adquisición de equipos independiente del estrato socioeconómico del hogar (20 USD de diferencia entre el estrato bajo y el alto).

## 6. Referencias

Ambiente Consultores (2007). "Análisis técnico-económico de la aplicación de una norma de emisión para artefactos de uso residencial que combustionan con leña y otros combustibles de biomasa."

Cifuentes, L. (2010). Relación de la norma de calidad primaria MP 2,5 con la norma de calidad primaria de MP10.

Chávez, C., Gómez, W., Salgado, H. and Vásquez, F. (2010). Elasticidad precio-demanda de equipos que combustionan leña en las comunas de temuco y padre las casas. P. A. N.-L. Informe Final.

DICTUC (2008). Análisis de Antecedentes para Evaluación de Escenarios en la Elaboración de la Norma de Calidad Primaria de PM2.5, DICTUC S.A. División de Medio Ambiente, Gestión Ambiental Consultores S.A. .

DICTUC (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago.