



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**DOCTORADO EN ECONOMÍA
ESPECIALIDAD EN RECURSOS NATURALES
Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD DEL AIRE EN
TEMUCO Y PADRE LAS CASAS:
EL CASO DE LA CONTAMINACIÓN A LEÑA POR LOS HOGARES**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE:
DOCTOR EN ECONOMÍA**

**PRESENTA:
YENNIEL MENDOZA CARBONELL**

**TUTOR PRINCIPAL:
DR. ROGER LOGOLA GONZÁLEZ
Facultad de Economía y Planificación,
Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Perú**

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
DR. ALONSO AGUILAR IBARRA, Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM
DR. JORGE ALARCÓN NOVOA, Facultad de Economía y Planificación, UNALM
DR. ROBERTO ESCALANTE SEMERENA, Facultad de Economía, UNAM
DR. JORGE GONZÁLEZ CASTILLO, Rector de la Universidad Nacional de la
Frontera (UNF), Sullana, Perú**

LIMA, ABRIL DE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Por supuesto tengo que comenzar agradeciendo a toda mi familia, que me ha apoyado mucho en este largo esfuerzo.

Debo agradecer de manera especial a los tres tutores que me han acompañado desde 2011: Roger Loyola, Roberto Escalante y Alonso Aguilar. Sin su apoyo y presión la calidad del trabajo hubiera sido menor.

Y tengo que agradecer a todo el personal administrativo, tanto de Perú como de México, que ha sido fundamental para que pudiera avanzar con éxito en este programa.

INDICE

RESUMEN	1
PARTE I: ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS DEL PROBLEMA	2
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	3
1.1 Introducción al Problema	3
1.2 Objetivos de la Investigación	6
1.3 Preguntas de Investigación.....	8
1.4 Justificación de la Investigación.....	9
1.5 Hipótesis.....	11
1.6 Aspectos Metodológicos Generales.....	11
1.7 Descripción de Capítulos	12
CAPÍTULO 2: ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA	15
2.1 Ubicación Geográfica	15
2.2 Condiciones Meteorológicas	18
2.3 Características Topográficas	22
2.4 El Cambio Demográfico	22
2.5 Características Socioeconómicas de la Población	27
2.6 El Costo Relativo de la Leña.....	33
2.7 Mercado de Leña y Externalidades.....	35
2.8 Consumo de Leña en Temuco y Padre Las Casas	37
2.9 Cantidad y Estructura de Equipos.....	39
2.10 Elasticidades de Demanda respecto al uso de Leña y Equipos a Leña en los Hogares.....	41
CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR LEÑA Y ANÁLISIS DE LOS DAÑOS A LA SALUD.....	43
3.1 Caracterización de la Contaminación en Temuco y Padre Las Casas.....	43
3.2 Daños en la Salud debido a la Contaminación por Leña.....	66
CAPÍTULO 4: LAS FALLAS EN EL FUNCIONAMIENTO SOCIAL	75

4.1 Los Derechos de Propiedad.....	76
4.2 El Problema de los Comunes.....	79
4.3 Los Bienes Públicos.....	80
4.4 Los Mercados Incompletos	82
4.5 Las Externalidades.....	82
4.6 La Información Imperfecta.....	85
4.7 Los Bienes Preferentes.....	86
4.8 Las Fallas de Comportamiento de las Personas.....	87
4.9 Fallas en el Comportamiento a Favor del Medio Ambiente.....	91
4.10 Los Problemas de Equidad	94
CAPÍTULO 5: LA RELACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN Y LA SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS HOGARES.....	96
5.1 Tendencias Internacionales	96
5.2 El Impacto del Crecimiento Económico	99
5.3 El Papel de la Pobreza en los Problemas Ambientales	101
5.4 El Impacto de los Problemas Ambientales en la Pobreza	103
5.5 Los Grupos de Menores Ingresos y la Contaminación en Temuco y Padre Las Casas	107
CAPÍTULO 6: LAS POLÍTICAS PARA DESCONTAMINAR.....	117
6.1 El Marco Legal Chileno	118
6.2 El Marco Institucional Chileno.....	121
6.3 Las Normas Primarias sobre Calidad del Aire y las Normas de Emisión de los Equipos que usan Leña	122
6.4 Las Medidas en Temuco y Padre Las Casas	125
6.5 Las Medidas que NO se han considerado y las Acciones Voluntarias	137
CAPÍTULO 7: OTROS CASOS DE CONTAMINACIÓN POR LEÑA EN EL MUNDO.....	144
7.1 Estados Unidos	144
7.2 Canadá.....	150
7.3 Australia.....	156

7.4 Nueva Zelanda.....	160
7.5 Países Nórdicos	163
7.6 Resumen de los Casos Presentados	166
PARTE II: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	169
CAPÍTULO 8: EL ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO Y LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS POR DESCONTAMINAR.....	170
8.1 La Lógica del Análisis Costo – Beneficio y los Problemas Ambientales	170
8.2 Críticas Generales al Análisis Costo – Beneficio para Problemas Ambientales	173
8.3 Los Métodos de Valoración del Medio Ambiente.....	178
8.4 Consideraciones respecto a esta Investigación.....	181
CAPÍTULO 9: LOS BENEFICIOS EN MORTALIDAD Y MORBILIDAD EVITADAS POR DESCONTAMINAR A PARTIR DEL MÉTODO DE FUNCIÓN DE DAÑO	183
9.1 Características Generales	183
9.2 Marco Metodológico.....	185
9.3 Funciones Dosis – Respuesta	189
9.4 Valoración de la Mortalidad Evitada	213
9.5 Valoración de la Morbilidad Evitada.....	220
9.6 Algunos Resultados Agregados (Mortalidad + Morbilidad).....	227
9.7 Conclusiones del Capítulo.....	231
CAPÍTULO 10: LOS BENEFICIOS DE DESCONTAMINAR A PARTIR DEL MÉTODO DE PERCEPCIÓN DE SATISFACCIÓN CON LA VIDA	233
10.1 Características, Ventajas y Desventajas	234
10.2 Marco Metodológico.....	237
10.3 Los Determinantes de la Felicidad o Satisfacción con la Vida.....	246
10.4 Resultados Econométricos	255
10.5 Valoración de la Calidad del Aire.....	263
10.6 Conclusiones del Capítulo.....	276
CAPÍTULO 11: DISCUSIÓN GENERAL.....	278

11.1	Discusión sobre los Métodos de Valoración	278
11.2	Beneficios por Descontaminar: Resumen en base a los Dos Métodos.....	280
11.3	Comparación de Beneficios y Costos	288
11.4	Beneficios Estimados como Proporción de los Ingresos de las Comunas	292
11.5	Recomendaciones de Políticas.....	294
11.6	Aportes de esta Investigación.....	302
11.7	Implicaciones para Futuras Investigaciones.....	304
CAPÍTULO 12: CONCLUSIONES.....		307
BIBLIOGRAFÍA.....		313
ANEXOS		336
ANEXO A.1.....		336
ANEXO A.2.....		340
ANEXO A.3.....		343
ANEXO A.4.....		353
ANEXO A.5.....		368
ANEXO A.6.....		380
ANEXO A.7.....		392

RESUMEN

Chile es el país de la OCDE con peor calidad del aire en las zonas urbanas. Temuco y Padre Las Casas es una conurbación del sur de Chile que ha mostrado indicadores de calidad del aire entre los peores del país, específicamente en el contaminante conocido como material particulado, tanto MP_{10} como $MP_{2,5}$, que tiene efectos dañinos sobre la salud de las personas.

Esta elevada contaminación se da en un contexto de una zona urbana relativamente pequeña, en torno a los 300.000 habitantes, de ingresos medios, pero con elevada desigualdad. Sin presencia de grandes industrias contaminantes, este fenómeno, común a varias ciudades del sur de Chile, se debe al uso masivo de leña como combustible en los hogares, tanto para calefacción como para cocción de alimentos. Este proceso genera una situación de contaminación desproporcionada que ha sido motivo de preocupación de las autoridades regionales y nacionales desde hace varios años. Además, se trata de un caso de contaminación donde los agentes contaminadores son los mismos agentes contaminados.

El Estado ha impulsado medidas para reducir la contaminación, como es el cambio de equipos, el control de la leña húmeda, el aislamiento térmico de las viviendas y la educación ambiental, así como la prohibición de uso de leña en períodos críticos. Esas medidas implican costos, tanto del Estado como de los hogares.

Para evaluar si esas medidas son socialmente rentables en este trabajo se han aplicado dos métodos de valoración de la calidad del aire, de forma tal que se puedan comparar los beneficios estimados por esos métodos con los costos de las medidas de descontaminación. En primer lugar, se ha considerado un método tradicional, pero que es esencial en estos casos de daños a la salud, como es el método de función de daño. En segundo lugar, se aplicó un método novedoso, que es el método de valoración basado en la percepción de satisfacción con la vida de las personas. Hasta el momento no se ha aplicado este método a escala micro en países de América Latina. Ambos métodos se pueden clasificar dentro del grupo de preferencias reveladas, y se consideraron apropiados para casos como el de Temuco y Padre Las Casas, donde las diferentes fallas de mercado y de comportamiento de las personas pueden generar problemas con las respuestas de las personas en el caso de métodos de preferencias declaradas.

Los resultados de beneficios estimados reflejan valores elevados asociados a la reducción de la contaminación en un período de 10 años. Con el método de percepción de satisfacción con la vida se obtuvieron valores de beneficios más elevados que con el método de función de daño. Además, la reducción de los niveles de $MP_{2,5}$ genera más beneficios que la reducción de MP_{10} , lo que se asocia al mayor daño que genera el contaminante más fino. También se hizo un ejercicio de valoración considerando la variante de la percepción de salud de las personas, pero los beneficios estimados resultaron demasiado elevados, lo que debería incentivar mayor investigación.

Las estimaciones de beneficios por los dos métodos señalados resultaron más elevadas que los costos, lo que implica que las políticas para descontaminar a Temuco y Padre Las Casas son socialmente rentables. De esta forma se pueden apoyar medidas más profundas y amplias, que conllevan mayores costos, y que permitan bajar la contaminación hasta niveles cercanos a los propuestos por la Organización Mundial de la Salud.

PARTE I: ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS DEL PROBLEMA

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción al Problema

En el año 2010 Chile ingresó a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, donde se encuentran principalmente los países desarrollados), lo que fue el reflejo de su buen desempeño general entre los países emergentes en las últimas décadas. De esa forma, Chile pasó a ser el segundo país latinoamericano en este grupo, pues México había ingresado en 1994.

A mediados de 2014, la OCDE dio a conocer su última versión del Índice de una Vida Mejor (*Better Life Index*)¹, con 11 dimensiones relacionadas con el bienestar de las personas², en la que Chile aparece en el lugar 31 de 36 países considerados (34 de la OCDE más Rusia y Brasil, considerados socios claves) cuando se asignan iguales ponderaciones a todas las dimensiones. Los países líderes fueron Australia, Noruega, Suecia, Dinamarca y Canadá.

Chile no aparece bien en ninguna de las dimensiones consideradas cuando se compara con la mayoría de los países desarrollados, como es obvio, dadas sus condiciones estructurales de país subdesarrollado latinoamericano. Pero en la dimensión que Chile ocupa el peor lugar (35, o sea, el penúltimo) es en la calidad del medio ambiente, que considera a la calidad del aire y del agua. La razón fundamental de ese mal resultado se relacionó con el indicador específico de calidad del aire en las ciudades (Material Particulado menor a 10 micrones: MP₁₀), donde Chile ocupó el último lugar de este grupo de países. Además, el nivel de contaminación del aire en Chile es en torno a 4 veces mayor a lo que sucede en los países de la OCDE con mejor calidad del aire. Esto refleja el serio problema de calidad del aire en los principales centros urbanos del país desde una perspectiva internacional.

Ello se refuerza con el hecho de que en el grupo de países latinoamericanos, Chile también sobresale entre los de peor calidad del aire en las zonas urbanas³, medido fundamentalmente por los contaminantes MP₁₀ y MP_{2,5}⁴.

Esta elevada contaminación del aire genera un serio problema de salud, fundamentalmente en las zonas urbanas del país, donde se ha estimado que anualmente la cantidad de muertes por problemas cardiopulmonares representa más del doble de las muertes ocurridas en accidentes de tránsito (MMA, 2012).

Por otro lado, Chile está entre los países latinoamericanos (junto con Argentina, Panamá, Uruguay y México) con mayor ingreso per cápita en la actualidad, y ha estado entre los 20

¹ Ver en www.oecd.org o en www.oecdbetterlifeindex.org. El índice es flexible y cada persona puede dar diferentes ponderaciones a los distintos ámbitos considerados.

² Las dimensiones son: vivienda, ingreso, empleo, vínculos sociales, educación, medio ambiente, participación ciudadana, salud, satisfacción con la vida, seguridad y balance entre vida y trabajo.

³ Según Banco Mundial (www.worldbank.org) y Organización Mundial de la Salud (www.who.org).

⁴ Material particulado (suspendido en el aire), que puede medirse como aquel menor a 10 micrones y a 2,5 micrones respectivamente, medidas de la contaminación que son las fundamentales en esta investigación.

países del mundo con mayor incremento en el ingreso per cápita desde 1980⁵. Entonces, el buen desempeño económico no ha estado reflejándose en el mayor bienestar que deben disfrutar las personas de un aire más limpio en las ciudades. Es importante destacar que el incremento en el bienestar de la población, medido habitualmente por el mayor ingreso per cápita, no refleja adecuadamente lo que sucede con la contaminación del aire, sobre todo porque se trata de un bien sin mercado que disfrutaban las personas, por lo que no tiene precio y no se refleja en el cálculo del PIB.

A nivel internacional, el proceso de crecimiento ha estado estrechamente relacionado con el proceso de urbanización, por todos los aspectos positivos que tienen las ciudades, al incrementar la eficiencia y posibilitar el desarrollo de sectores industriales y de servicios. Sin embargo, los aspectos negativos, entre los que se incluye a la contaminación del aire, van haciendo que se contrarresten aquellos beneficios (The World Bank, 2003; McGranahan y Satterthwaite, 2003).

A mediados de la década pasada se habían detectado 3 tipos fundamentales de contaminación atmosférica en las zonas urbanas de Chile (OCDE y CEPAL, 2005):

- ▶ **En Santiago de Chile:** problemas típicos de contaminación de grandes ciudades, donde las industrias y el sistema de transporte (público y privado) son las principales fuentes contaminantes.
- ▶ **En Ciudades Medianas y Pequeñas del Norte:** problemas asociados a la instalación de pocas industrias vinculadas a la minería, incluidas las actividades de generación de electricidad.
- ▶ **En Ciudades Medianas y Pequeñas del Sur:** problemas asociados al uso masivo de leña por parte de la mayoría de los hogares, tanto para calefacción como para cocción de alimentos.

En esta investigación se considera al caso de Temuco y Padre Las Casas, que está en el tercer grupo de ciudades, muchas de ellas situadas lejos de las costas (generalmente con problemas de ventilación), y con fuertes episodios de contaminación en los meses de invierno. De forma preliminar se puede indicar que se trata de un problema de emisiones contaminantes desproporcionadamente elevadas (respecto a algunas industrias y equipos de transporte) debido al uso de equipos de calefacción y cocinas en base a leña con baja eficiencia y con muchas emisiones de material particulado. Por otro lado, es importante destacar que son muchos agentes contaminantes (los hogares) que en la práctica son los mismos agentes contaminados (los hogares, o sea, las personas cuando están en actividades fuera de las viviendas), lo que hace que el enfoque económico sea algo especial.

Esta elevada contaminación atmosférica (al exterior de las viviendas) genera un daño a la salud de las personas, lo que es la principal motivación de la intervención del Estado para solucionar este problema ambiental. El uso masivo de leña por parte de los hogares se debe

⁵ Según mediciones del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (www.undp.org), el Banco Mundial (www.worldbank.org) y el Fondo Monetario Internacional (www.imf.org), considerando la paridad del poder adquisitivo.

a la abundancia relativa de recursos forestales cercanos, al elevado costo de energías alternativas y a la tradición o costumbre de uso de ese combustible, por lo que no resulta un problema de fácil solución. Prohibir de forma total el uso de leña no es una opción viable, dado que los hogares de menores ingresos no tendrían posibilidades de generar calor suficiente al interior de las viviendas y así evitar enfermedades asociadas a las bajas temperaturas. Además, el hecho de que son muchos agentes contaminantes y con dificultad de medición de las emisiones de cada uno hace compleja la aplicación de políticas ambientales, lo que es similar a otros problemas de contaminación difusa (Gómez *et al.*, 2013).

Temuco y Padre Las Casas son zonas urbanas que se encuentran juntas (son una conurbación, dividida por un río) en la región de La Araucanía, al sur de Chile. En el año 2005, según la legislación vigente sobre las normas primarias de calidad del aire, fueron declaradas como zonas saturadas de Material Particulado Respirable MP₁₀ (BCN, 2005), básicamente por el uso de leña en los hogares, constituyéndose en el primer caso (declarado legalmente) por este tipo de contaminación en Chile. Este hecho provocó la atención sobre el problema de contaminación del aire por fuentes distintas a las que se presentan en Santiago de Chile o en otras ciudades pequeñas vinculadas a procesos industriales de la minería y de la generación de electricidad (en el norte del país). Es importante destacar que el caso de Temuco y Padre Las Casas es similar al de ciudades como Rancagua, Talca, Chillán, Los Angeles, Osorno y Coyhaique, entre otras, que en conjunto representan a un elevado porcentaje de la población del país, y que han tenido un importante crecimiento en las últimas décadas. Más recientemente, Temuco y Padre Las Casas fueron declaradas como zonas saturadas de MP_{2,5} (BCN, 2013), que es un contaminante más fino y más dañino para la salud de las personas.

Muchos estudios sobre contaminación del aire que se han realizado en Chile se han referido al importante caso de Santiago de Chile, que resulta complejo por los múltiples actores involucrados y, como es obvio, es un caso muy importante por la cantidad de población afectada. Pero son escasos los estudios sobre contaminación atmosférica en el resto de las regiones. Esto en parte responde a una lógica centralista que también se refleja en muchos otros ámbitos económicos y sociales del país, dejando a muchas regiones con muchas desventajas respecto a la gestión óptima de sus recursos (Von Baer, 2009). Muchos problemas ambientales se asocian a la interacción de aspectos económicos, sociales y naturales que tienen un origen local (The World Bank, 2003; Batabyal y Nijkamp, 2009), sobre todo en las zonas urbanas (Rydin, 2007), por lo que el enfoque desde lo local permite una visión más propicia para las causas y las soluciones de esos problemas (Pol, 2002). Por tanto, la política ambiental debería tener un enfoque descentralizado en vez de centralizado, ajustándose a las condiciones geográficas, económicas y sociales de cada territorio (McGranahan y Satterthwaite, 2003; Mol, 2010).

Esta investigación busca aproximarse al serio problema de contaminación del aire en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, que es un caso especial, dado que a nivel internacional los mayores problemas de este tipo ocurren habitualmente en las grandes ciudades. Se han hecho varios estudios sobre este caso en Chile, los que han estado enfocados fundamentalmente en las medidas a aplicar para reducir la contaminación y en los costos que ello conlleva. Por tanto, el aporte de este trabajo es en un ámbito poco

explorado en casos como estos, que es lo relacionado con los beneficios sociales por descontaminar.

Esta investigación es de carácter cuantitativo, pues se realizarán diferentes análisis estadísticos relacionados con los métodos de valoración económica del medio ambiente⁶.

1.2 Objetivos de la Investigación

En base a los antecedentes presentados, esta investigación se propone como **objetivo general** lo siguiente:

- ❖ **Estimar los beneficios por descontaminar el aire en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas.**

Los beneficios por descontaminar se han estimado para un período de 10 años, que es el mismo tiempo de aplicación del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) aprobado en 2010 (BCN, 2010b) con el objetivo de reducir las emisiones de material particulado en estas zonas urbanas del sur de Chile. Además, se consideran las dos formas de material particulado (MP₁₀ y MP_{2,5}) por separado en cuanto a los beneficios, pues el impacto en la salud y el bienestar es relativamente diferente.

Aunque se han hecho esfuerzos en este sentido, como en los estudios de Cifuentes *et al.* (2005) y Sanhueza *et al.* (2006), han sido parte de un trabajo mayor: en el primer estudio considerando a Temuco dentro de un conjunto amplio de ciudades latinoamericanas, mientras que en el segundo fue en el contexto de valoración de beneficios y costos de las medidas para descontaminar a Temuco y Padre Las Casas. En ambos casos se ha aplicado el método de valoración conocido como función de daño, que se utiliza para valorar los casos de mortalidad y morbilidad evitada por descontaminar.

En esta investigación se aplica también el método de función de daño, que es tradicional para los problemas ambientales con efectos en la salud de las personas (sobre todo a partir de la contribución de Ostro (1994)), pero con la última información disponible, tanto en el ámbito de las ciencias médicas – impactos de la contaminación del aire en la mortalidad y la morbilidad – como en el ámbito económico y social (aspectos demográficos, costos de tratamiento de las enfermedades, valor de la vida y los ingresos de la población).

Asimismo, como complemento de lo anterior, se ha aplicado un método novedoso en la literatura sobre valoración económica del medio ambiente⁷, que es el conocido como método basado en la percepción de satisfacción con la vida o simplemente de percepción de felicidad, el que ha crecido notablemente desde la contribución de Welsch (2002). Es

⁶ En todo este capítulo se ha usado como guía el libro de Hernández *et al.* (2010).

⁷ No se encuentra en los textos más difundidos sobre valoración ambiental en los últimos años, como el de Freeman (2003), ni en Pearce *et al.* (2006), ni en Vásquez *et al.* (2007), ni en el Volumen 2 del *Handbook of Environmental Economics* publicado en 2006, el que estuvo dedicado a los métodos de valoración ambiental.

importante destacar que hasta el momento no se han encontrado estudios sobre la aplicación de este método en América Latina.

A partir del objetivo general se pueden plantear los siguientes **objetivos específicos**:

- ◆ Exponer el problema de contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas en base a la literatura teórica y a los aspectos empíricos disponibles.
- ◆ Aplicar dos métodos de valoración ambiental para estimar beneficios por descontaminar el aire, uno tradicional y uno novedoso, que sean apropiados para problemas como en el caso de Temuco y Padre Las Casas.
- ◆ Determinar si en estas zonas urbanas las medidas propuestas para reducir la contaminación son socialmente rentables en base a los beneficios económicos estimados. En relación con ello se buscará comprobar si los beneficios son suficientemente elevados para justificar la aplicación de medidas más fuertes (que implican mayores costos) para descontaminar el aire.

Como es lógico, se debe comenzar con una exposición profunda del problema de contaminación del aire de Temuco y Padre Las Casas, que contiene un conjunto de características que lo hace un caso algo especial. Para ello se hará una revisión de la literatura teórica sobre problemas ambientales de este tipo, incluido el análisis de las políticas para descontaminar. Además, se brindará información estadística disponible sobre este caso, junto a una revisión de casos internacionales similares.

El segundo objetivo específico es el más relevante de esta investigación (y el más directamente vinculado al objetivo general), pues con la aplicación de los métodos de valoración se obtendrán las estimaciones de beneficios por descontaminar estas zonas urbanas. La idea de utilizar dos métodos alternativos (y en parte complementarios) es para poder tener una visión amplia que confirme el hecho de que existen beneficios importantes por reducir la contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas. La elección de los dos métodos – función de daño y percepción de satisfacción con la vida – se basa en que resultan adecuados para un problema de contaminación como éste, a las desventajas de otros métodos tradicionales – como el de precios hedónicos y el de valoración contingente –, y a que resultan poco costosos de aplicar (por la relativa facilidad de la información disponible).

En relación al método de percepción de satisfacción con la vida, tal como se mencionó anteriormente, tiene la importancia especial de ser la primera aplicación en un caso latinoamericano (con enfoque micro)⁸, además de que también se hará la valoración por primera vez para el contaminante MP_{2,5}, y también por primera vez se hará una aproximación a la valoración de la calidad del aire a partir de la percepción del estado de salud, que es algo lógico en un caso donde el principal problema es lo asociado al daño en la salud de las personas.

⁸ Hay estudios con enfoque macro (variables agregadas a nivel país) que sí han incluido a países latinoamericanos, pero con enfoque micro (datos de personas dentro de un país) no se han encontrado estudios en estos países.

Finalmente, el último objetivo específico es una consecuencia de los resultados previos, pues lo relevante es saber si las estimaciones de beneficios son suficientemente elevadas, en primer lugar, para evaluar si las medidas propuestas son socialmente rentables y, en segundo lugar, para identificar si se pueden llevar a cabo políticas más fuertes (y más costosas) de reducción de la contaminación. Para ello se cuenta con información de otros estudios relacionados con las medidas a aplicar en estas zonas y los costos que ellas conllevan. A partir de ello se pueden realizar algunas recomendaciones de políticas, que es un resultado básico de este tipo de estudios de valoración.

De esta forma se pretende hacer una contribución a la solución del problema, pues si demuestra que las medidas son altamente rentables desde el punto de vista social, se puede estimular la atención de las autoridades nacionales y locales para que destinen recursos monetarios suficientes para reducir la contaminación en estas zonas.

1.3 Preguntas de Investigación

En esta investigación se trata de responder a varias interrogantes relacionadas con los objetivos planteados, como son las siguientes:

- ¿Se obtienen beneficios suficientemente elevados en Temuco y Padre Las Casas que superen los costos de medidas para descontaminar?
- ¿La aplicación del método de percepción de satisfacción con la vida en este caso brinda resultados satisfactorios?
- ¿Se obtienen beneficios muy diferentes por reducir MP_{10} y $MP_{2,5}$?

La pregunta relacionada con el tema central de esta investigación – la estimación de beneficios por descontaminar – es muy relevante, pues hay que tener en cuenta que Temuco y Padre Las Casas son zonas urbanas con poca población (en torno a 300.000 habitantes), con ingresos medios (y con tasa de pobreza superior al 20%) y con una contaminación muy elevada (por emisiones excesivas por parte de los hogares). Por tanto, hay que hacer esfuerzos importantes (que significan elevados costos)⁹ para reducir la contaminación hasta cumplir con las normas primarias de salud, pero con poca población de ingresos medios es una incógnita si habrá beneficios suficientes que compensen a los mayores costos. Es importante tener en cuenta que en todos los métodos de valoración ambiental es muy importante el nivel de ingreso de la sociedad, que de alguna u otra forma se refleja en la disposición a pagar por reducir la contaminación.

Tal como indican Helfand *et al.* (2003) desde una perspectiva económica hay contaminación porque resulta muy costoso no contaminar. O sea, siempre habrá algún grado de contaminación (aunque sea muy pequeño, como en algunos países desarrollados), pero lo relevante es que se reduzca a un nivel aceptable, sobre todo desde el punto de vista

⁹ Los costos asociados a las medidas de descontaminar están asociados fundamentalmente al cambio de equipos de combustión a leña, la mejoría en la aislación térmica de las viviendas y el uso de leña seca, entre otras medidas.

de la salud, y para ello es interesante conocer si los beneficios por descontaminar el aire en estas zonas superan a los costos de los esfuerzos públicos y privados en ese sentido.

La pregunta asociada al método de percepción de satisfacción con la vida es pertinente debido a lo novedoso del método en general y a que no hay antecedentes de aplicación previa en Chile o en otro país latinoamericano (con enfoque micro). La mayoría de los estudios han considerado casos de países desarrollados, donde el nivel de ingreso es mucho más elevado, hay menos desigualdad y hay mucha menos contaminación del aire que en el caso chileno. Entonces no hay garantía *a priori* de que se obtengan buenos resultados con este método en un caso como éste.

Finalmente, la pregunta relacionada con los contaminantes más presentes en Temuco y Padre Las Casas es relevante porque los planes para reducir el nivel de MP_{10} son diferentes (en cuanto a montos de costos involucrados, no tanto por el tipo de medidas) a los de $MP_{2,5}$. Como la situación actual en estas zonas urbanas es relativamente peor respecto al $MP_{2,5}$ que respecto al MP_{10} , se deberían obtener beneficios mayores por reducir el nivel de $MP_{2,5}$, pero ello depende de los resultados de la aplicación de los métodos de valoración económica de la calidad del aire propuestos.

1.4 Justificación de la Investigación

En los comentarios previos de alguna forma se ha reflejado la importancia de este estudio, pero resulta válido subrayarla de forma aparte.

Según The World Bank (1992), la incertidumbre es inherente a los problemas ambientales. Por tanto, para poder aplicar medidas que mejoren esas situaciones, se requiere de un esfuerzo por conocer a mayor profundidad las causas y consecuencias de esos problemas, así como una correcta valoración económica. Como se ha indicado, en este estudio el esfuerzo fundamental está en la aplicación de métodos de valoración económica, que complementan los resultados de muchos estudios sobre los impactos de medidas para descontaminar que se han realizado para el caso de Temuco y Padre Las Casas, lo que va en el sentido de reducir el grado de incertidumbre sobre este problema ambiental.

Para comenzar con las justificaciones de este estudio, desde lo más general hasta lo más específico, en primer lugar, hay que señalar que los estudios de valoración económica de aspectos ambientales se sustentan en el hecho básico de que muchos bienes y servicios ambientales no tienen precio de mercado (Dasgupta, 1996; Markandya *et al.*, 2002), por lo que estimar los beneficios por descontaminar el aire en la práctica se convierte en la estimación del precio de la calidad del aire.

Asimismo, es relevante destacar que los bienes y servicios ambientales sin mercado se consideran tan relevantes como los bienes privados con mercado, pues ambos incrementan el bienestar de la sociedad (Bockstael y Freeman, 2006), sólo que por su naturaleza diferente no se reflejan de la misma forma en el consumo de las personas.

En segundo lugar, como es lógico, la calidad del aire no tiene un precio igual en todos los lugares ni en todas las épocas, pues depende de las condiciones locales y de la evolución de ciertas variables en el tiempo, tanto en lo relacionado con los daños en la salud, como en las preferencias de las personas y en las condiciones socioeconómicas. Por tanto, el caso de Temuco y Padre Las Casas debe estudiarse considerando todas sus particularidades en dependencia de la disponibilidad de la información más reciente.

En tercer lugar, el problema de la contaminación atmosférica en Chile es de carácter grave desde una perspectiva absoluta (por los elevados niveles de contaminación respecto a las normas primarias de salud vigentes, tanto chilenas como de la OMS) y desde una perspectiva comparativa (considerando a los países desarrollados y también a los latinoamericanos). En este sentido, el caso de Temuco y Padre Las Casas es muy relevante, pues además de estar entre las zonas urbanas de Chile con peor calidad del aire en los últimos años, fue el primer caso por contaminación a leña oficialmente considerado por las autoridades ambientales del país para elaborar medidas y destinar recursos financieros que permitan el cumplimiento de las normas primarias de salud (chilenas) en el mediano plazo. Este problema de contaminación debido al uso de leña por parte de los hogares afecta a muchas zonas urbanas del sur de Chile, por lo que este estudio igualmente puede ser útil como antecedente para investigaciones futuras en esos casos.

En cuarto lugar, una de las principales razones para realizar ejercicios de valoración de la calidad del aire es para comparar los beneficios de descontaminar con los costos que implican las diferentes medidas (Freeman, 2003). Aunque se han hecho algunos ejercicios de valoración de beneficios en este caso (solamente con el método de función de daño para considerar los casos evitados de mortalidad y morbilidad), no han tenido la profundidad que han tenido los estudios relacionados con las medidas para descontaminar y la estimación de los costos relacionados para este caso específico. Por tanto, un análisis de valoración más profunda de la calidad del aire en este caso posibilitará contrastar esos resultados actualizados con las múltiples estimaciones de costos realizadas hasta el momento, que permitirá definir si la búsqueda de reducir la contaminación en estas zonas es socialmente rentable.

En cuanto a los aspectos específicos de la necesidad de realizar ejercicios de valoración para estimar los beneficios por descontaminar las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, hay que destacar, en primer lugar, que el método de función de daño se aplica en este trabajo con los datos más actualizados, tanto en lo relacionado con los aspectos médicos como en lo relacionado con las variables socioeconómicas. En segundo lugar, hasta el momento en este caso no se han hecho estimaciones de beneficios considerando al contaminante $MP_{2,5}$, que es más dañino para la salud, y su nivel actual en Temuco y Padre Las Casas es relativamente peor que el nivel de MP_{10} (en relación a la brecha respecto a las normas primarias de salud), por lo que ello resulta un claro aporte de esta investigación. Y en tercer lugar, como ya se ha destacado, es muy relevante la aplicación de un método de valoración bastante novedoso, como es el basado en la percepción de la satisfacción con la vida de las personas, que debe ser un aporte a la discusión internacional sobre su aplicación en casos de contaminación del aire, sobre todo en condiciones de países subdesarrollados. Adicionalmente, se realiza por primera vez una variante de este método, basada en la

percepción del estado de salud de las personas, lo que tiene mucho sentido, dado que el problema de la contaminación genera principalmente un daño en la salud.

1.5 Hipótesis

Como esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, corresponde que se planteen algunas hipótesis básicas relacionadas con los objetivos y las preguntas de investigación que se presentaron anteriormente.

La principal hipótesis es la siguiente: los beneficios estimados por descontaminar Temuco y Padre Las Casas son mucho más elevados que los costos estimados. Es decir, que si se cumple lo planteado en esta hipótesis, se justificaría llevar a cabo medidas más amplias y más costosas para reducir el gran problema de contaminación del aire de estas zonas.

Una segunda hipótesis, relacionada con la anterior, sería que: los beneficios estimados por reducir la contaminación de $MP_{2,5}$ son mayores que los estimados para reducir la contaminación de MP_{10} . Como el contaminante $MP_{2,5}$ es más fino que el MP_{10} , sus efectos en la salud son peores (MMA, 2012), lo que se debe reflejar en mayores beneficios por su reducción, además de que la situación actual de Temuco y Padre Las Casas es relativamente peor en cuanto a $MP_{2,5}$ que en cuanto a MP_{10} .

Y la tercera hipótesis se vincula de forma específica al método de valoración ambiental basado en la percepción de la satisfacción con la vida de las personas. Para que este método brinde resultados satisfactorios y pueda ser utilizado se requiere que en los modelos econométricos resulten dos variables estadísticamente significativas y con los signos esperados en la explicación de la satisfacción con la vida de las personas: el logaritmo del ingreso per cápita con signo positivo y la contaminación del aire (sea MP_{10} o $MP_{2,5}$) con signo negativo. Entonces, la tercera hipótesis es que esas variables tienen los signos esperados y son estadísticamente significativas.

1.6 Aspectos Metodológicos Generales

Como se ha mencionado, esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, pues se trata de estimar valores de beneficios por descontaminar, para lo que se emplean dos métodos de valoración ambiental. A continuación se realizan algunas consideraciones de carácter general sobre la metodología asociada a ambos métodos, pues la presentación más profunda se hará en los capítulos respectivos más adelante.

En el método de función de daño, con el que se obtienen valores de beneficios por descontaminar a través de los casos de muertes y enfermedades evitadas, se parte con funciones dosis – respuesta que reflejan las relaciones encontradas en la literatura médica sobre el impacto de la contaminación del aire en la mortalidad y la morbilidad. Luego se utilizan valores monetarios para la mortalidad y la morbilidad, y así llegar a los beneficios por reducir la contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas.

Es importante destacar que en el método de función de daño se utilizan datos obtenidos en investigación internacionales de salud, que lo habitual es que muestren impactos directos de la mayor contaminación sobre los problemas de salud de la población. Por ello, la utilización de ese método en este caso no representa una incógnita previa relevante en cuanto a si se obtendrán resultados positivos o negativos (acordes o contrarios a lo esperado). Lo importante de esos resultados es si son suficientemente elevados o no (los beneficios asociados a la mortalidad y morbilidad evitada) para justificar las diferentes medidas de descontaminación.

En el caso del método de percepción de las personas respecto a la satisfacción con la vida o cuando se considera la percepción sobre el estado de salud, la incertidumbre sobre los resultados es mayor. En primer lugar, es un método no tradicional en la literatura de valoración ambiental, por lo que no hay garantía *a priori* de que brinde resultados de acuerdo a lo esperado para el caso de Temuco y Padre Las Casas. En segundo lugar, se requiere de la aplicación de un método econométrico, donde es esencial que dos variables resulten con los signos esperados y estadísticamente significativas para explicar la satisfacción con la vida o el grado de percepción del estado de salud: el ingreso per cápita y la contaminación del aire (ya sea medida por MP₁₀ o por MP_{2,5}).

En ambos métodos de enfoque cuantitativo se utiliza fundamentalmente información secundaria, pues no se ha levantado información en terreno mediante encuestas u otras vías para los aspectos claves de la investigación. Entre la información secundaria relevante está la relacionada con las funciones dosis – respuesta, el valor de la vida, el costo asociado a algunas enfermedades, para lo que se recurre a la literatura nacional e internacional disponible. Asimismo, se utiliza la encuesta de caracterización socioeconómica de hogares de Chile (CASEN)¹⁰, datos sobre la contaminación en zonas urbanas de Chile y datos demográficos a partir de diferentes bases de datos nacionales. Sólo se levantó información primaria sobre costos de algunas enfermedades respiratorias, para lo que se consultó a especialistas de este ámbito en Temuco.

Como se ha trabajado fundamentalmente con información secundaria disponible en internet, los recursos financieros usados en esta investigación han sido nulos. Lo que sí ha implicado son elevados costos de oportunidad por el mucho tiempo destinado – de 2011 a 2015 –, tanto a la revisión teórica como a la aplicación de los métodos empíricos con el uso de grandes bases de datos.

1.7 Descripción de Capítulos

Esta Investigación consta de 2 partes fundamentales:

- I. Relacionada con los antecedentes para comprender el problema de contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas, que va de este capítulo introductorio al capítulo 7.

¹⁰ Esta encuesta utiliza una muestra representativa de la población nacional y se usa oficialmente para el cálculo de indicadores de pobreza y desigualdad.

- II. Relacionada con la aplicación de métodos cuantitativos para estimar los beneficios sociales por descontaminar estas zonas, que va del capítulo 8 al capítulo 11.

En la parte I, el capítulo 2 trata sobre aspectos básicos, donde se incluyen las características geográficas y meteorológicas, la situación demográfica, económica y social, y la situación concreta del uso de leña en estas zonas.

El capítulo 3 hace una caracterización de la contaminación del aire en estas zonas urbanas considerando tanto las diferentes visiones teóricas como los aspectos empíricos, donde se destaca la elevada concentración de MP_{10} y $MP_{2,5}$, sobre todo en los meses de invierno, y la mala situación de Temuco y Padre Las Casas en el contexto nacional e internacional. Adicionalmente, se realiza una revisión de la literatura médica sobre los daños a la salud que provoca la contaminación de leña al exterior de las viviendas.

En el capítulo 4 se revisan las teorías económicas y sociológicas que ayudan a comprender el origen de este problema de contaminación más allá de los aspectos físicos. Fundamentalmente se analizan las principales fallas de mercado, así como otras fallas relacionadas con el comportamiento de las personas.

El capítulo 5 hace énfasis en la relación entre contaminación y la situación socioeconómica de los hogares, dada la elevada desigualdad de ingresos de todo Chile y el todavía algo elevado porcentaje de pobreza presente en estas zonas. Esta relación se analiza en ambos sentidos, pues la situación socioeconómica puede explicar lo que sucede con la contaminación, pero a la vez la contaminación puede afectar a las personas de forma diferente según su situación socioeconómica.

El análisis de las políticas para reducir la contaminación se realiza en el capítulo 6, donde se hace referencia al contexto institucional chileno, se destacan las principales políticas que se pueden realizar desde el punto de vista teórico en casos como éste y se analizan las principales medidas propuestas en los últimos años.

Para terminar de contextualizar el caso de Temuco y Padre Las Casas, en el capítulo 7 se efectúa una revisión extensa de la literatura internacional sobre casos de contaminación por leña en el resto del mundo, donde se encuentran muchos problemas similares.

En la parte II se comienza con el capítulo 8, que analiza el enfoque costo – beneficio social y muestra los aspectos generales de los principales métodos de estimación de beneficios por descontaminar (métodos de valoración ambiental). Se reflejan las principales críticas que se han realizado a esos enfoques, lo que sirve de antecedente a los capítulos siguientes.

El capítulo 9 es fundamental, pues se obtienen estimaciones de beneficios por descontaminar por un método tradicional, que es el de función de daño, que valor los casos de mortalidad y morbilidad evitada. Esos valores se consideran como el punto de partida, o valores mínimos, pues hay varios aspectos que no están incluidos en ese ejercicio de valoración.

Por otro lado, el capítulo 10 es de mucha relevancia en esta investigación, pues se trata de la aplicación de un método novedoso en el ámbito de la valoración ambiental, que complementa lo hallado con el método de función de daño. El método basado en la percepción de la satisfacción con la vida o también método de percepción de felicidad no ha sido aplicado aún en casos de América Latina y no abundan los estudios internacionales que consideren la contaminación del aire (y en ningún caso se ha considerado al $MP_{2,5}$). Además, se hace una variante de este método usando la percepción del estado de salud, que brinda resultados interesantes.

Para terminar la parte II, en el capítulo 11 se realiza una discusión general sobre los principales resultados obtenidos en la investigación, con especial énfasis en la comparación de los beneficios estimados por ambos métodos y en la comparación de los beneficios con los costos estimados de las medidas para descontaminar según otros estudios. Además, se hacen simulaciones más específicas con el objetivo de servir para recomendaciones de políticas de descontaminar.

Finalmente, en el capítulo 12 se brindan las conclusiones.

Luego se presentan las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPÍTULO 2: ASPECTOS BÁSICOS DEL PROBLEMA

En este capítulo se analizarán aquellos aspectos fundamentales – geográficos, climáticos, económicos, demográficos, técnicos – que ayuden a comprender por qué sucede el problema de contaminación atmosférica en Temuco y Padre Las Casas. Las explicaciones relacionadas con el funcionamiento económico en situaciones de contaminación y las perspectivas sociológicas se dejan para otro capítulo más adelante.

2.1 Ubicación Geográfica

Las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas se encuentran en la región de La Araucanía. Estas ciudades están a 674 km al sur de Santiago de Chile (Región Metropolitana), la capital del país. Su ubicación más específica es en la depresión intermedia de la región de La Araucanía, a 38°46´ latitud Sur y 72°38´ longitud Oeste, con aproximadamente unos 115 metros sobre el nivel del mar.¹¹

En el siguiente esquema se puede visualizar mejor la ubicación geográfica de las zonas en análisis dentro de Chile:

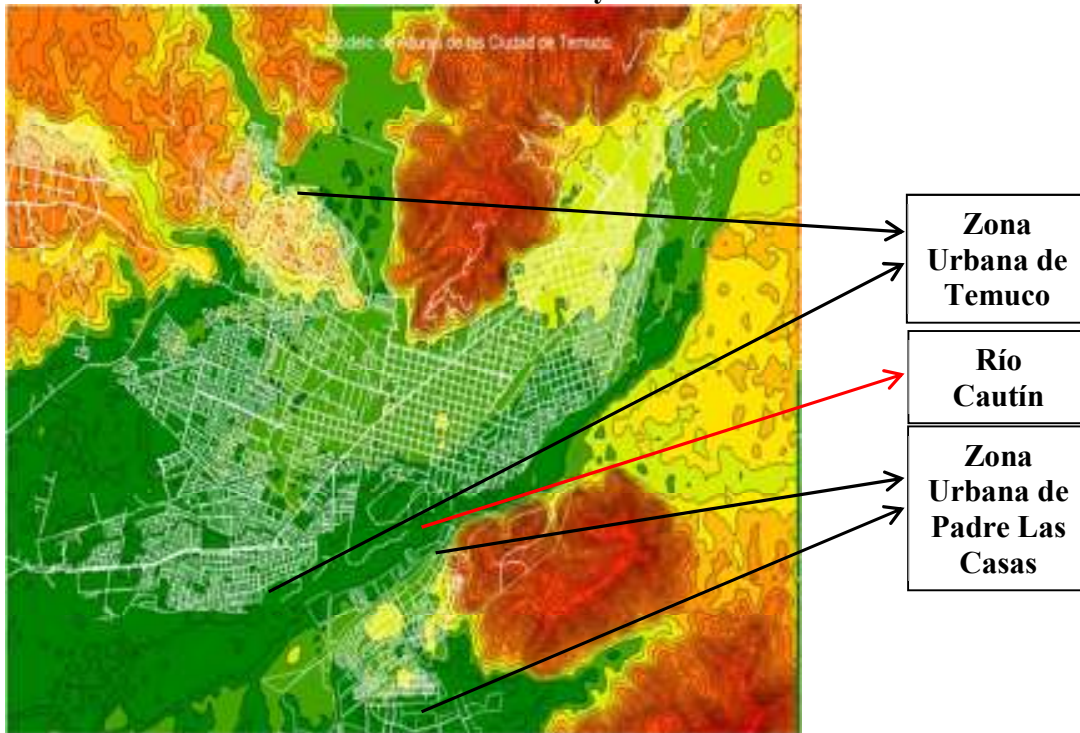
¹¹ Información obtenida en http://www.meteochile.cl/climas/climas_localidades.html#temuco

Gráfico 2.1: Ubicación Geográfica a Nivel Nacional



Por otro lado, la conurbación de Temuco y Padre Las Casas se muestra en el siguiente mapa básico:

Gráfico 2.2: Temuco y Padre Las Casas



La ubicación geográfica de Temuco y Padre Las Casas es similar (en cuanto a la distancia respecto a la línea del ecuador) a la de ciudades como Washington D. C., San Francisco, Baltimore, Lisboa, Madrid, Atenas, Beijing, Seúl y Tokio, ubicadas en el hemisferio norte, y a la de Auckland y Melbourne, en el hemisferio sur. Obviamente las condiciones naturales de estas ciudades pueden diferir en dependencia de la altura sobre el nivel del mar, la cercanía al mar, el sistema de precipitaciones y las condiciones topográficas que tienen alrededor, así como en las características socioeconómicas de la población.

Hoy Temuco y Padre Las Casas (zonas urbanas y rurales) son dos comunas separadas, pero hasta 1995 estaban unidas, llamándose simplemente Temuco, la capital de la región de La Araucanía. En la actualidad Temuco se mantiene como capital regional, mientras que la ciudad de Padre Las Casas se encuentra separada de la ciudad de Temuco sólo por el río Cautín. Estas zonas urbanas son una de las conurbaciones más importantes de Chile, tal como Valparaíso – Viña del Mar, Concepción – Talcahuano y La Serena – Coquimbo, que hacen de la gestión territorial un proceso más complejo, aunque no tanto como en Santiago de Chile.

Como ya se ha indicado, desde hace varios años las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas han experimentado serios problemas de contaminación atmosférica, lo que se debe a varias razones. Las razones más físicas o estructurales se comentan brevemente a continuación. Una caracterización más clara del problema de la contaminación se analiza en el capítulo siguiente (3), mientras que la visión económica de este problema se realizará en el capítulo 4.

2.2 Condiciones Meteorológicas

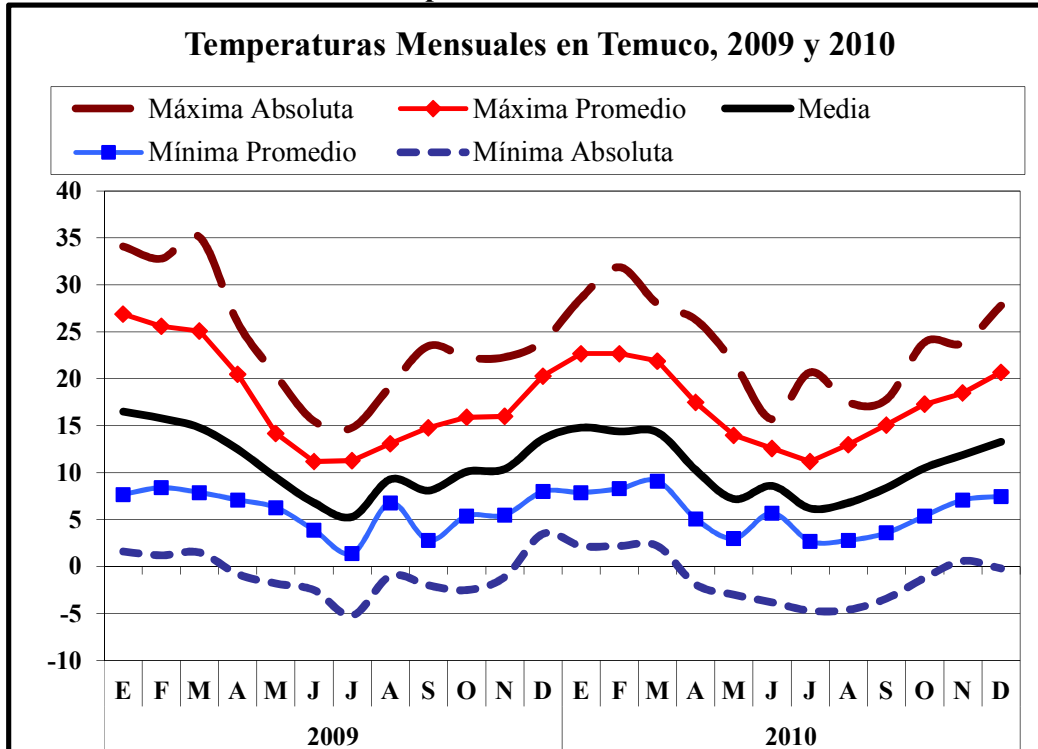
La contaminación atmosférica en estas zonas es un problema ambiental que tiene un componente relativamente conocido – las emisiones contaminantes por parte de los hogares – pero para explicar las situaciones de elevada contaminación hay que tener en cuenta también a variables exógenas desde el punto de vista de las políticas, como son los efectos de las condiciones meteorológicas (Oates y Baumol, 1975).

La contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas tiene un fundamento básico de condiciones meteorológicas adversas (BCN, 2010b). Para comenzar, si no existieran tan bajas temperaturas en una buena parte del año no se requeriría el uso de leña como combustible para calefacción.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2007), la temperatura recomendada al interior de una vivienda es de 21°C para la sala de estar (*living room*) y de 18°C para el resto de los espacios de la vivienda. Según Liddell y Morris (2010), temperaturas inferiores pueden generar impactos negativos en la salud (tanto en el mayor riesgo de mortalidad como en la ocurrencia de distintas enfermedades físicas), así como disminución del bienestar general (incluido el daño psicológico, aunque las personas no se enfermen físicamente). La reducción del bienestar general debido a las bajas temperaturas también es un factor relevante en los estudios empíricos para explicar el grado de felicidad o satisfacción de las personas (por ejemplo, ver Rehdanz y Maddison, 2005; Levinson, 2009; Ferreira y Moro, 2010). Por tanto, la necesidad de calefacción en los hogares de estas zonas de Chile debe tener una base en las condiciones de temperatura a lo largo del año.

Las épocas de más frío en Temuco y Padre Las Casas, fundamentalmente entre Mayo y Octubre, determinan que durante varios meses sea necesario utilizar las estufas a leña. En el gráfico siguiente se muestra la evolución de las temperaturas mensuales en Temuco en dos años recientes (2009 y 2010):

Gráfico 2.3: Temperaturas Mensuales en Temuco

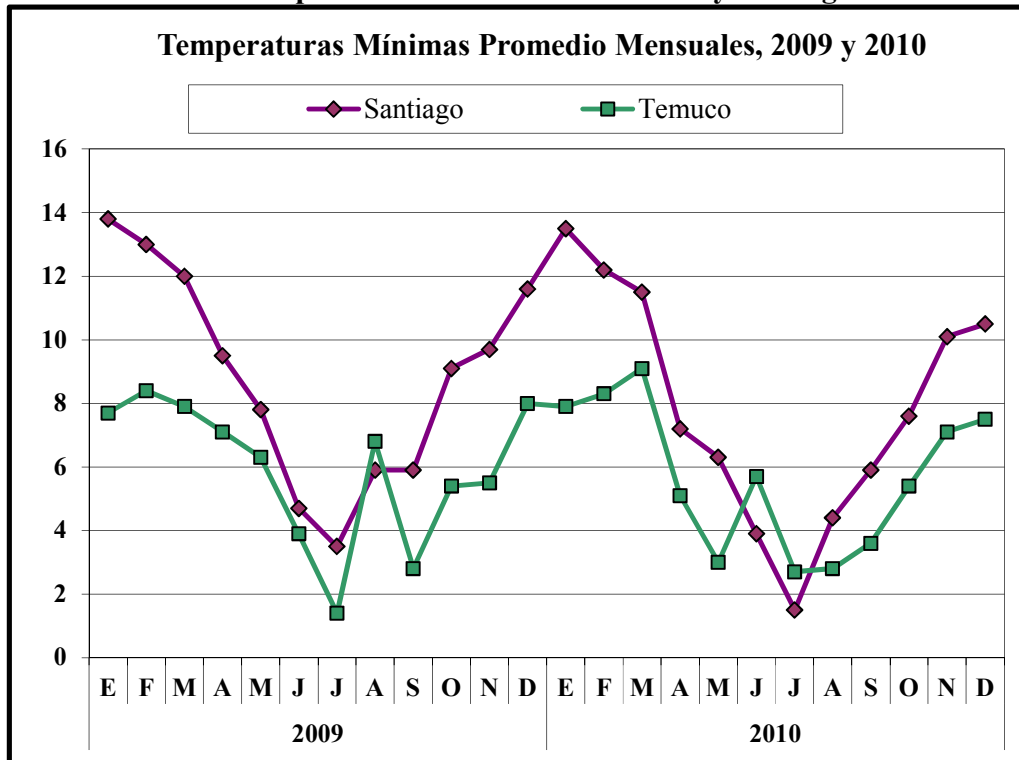


Fuente: Elaboración propia en base a Informes Anuales de Medio Ambiente del INE, 2009 y 2010.

En estos años la temperatura media se mantuvo en torno a los 10°C o menos entre Mayo y Noviembre, con fluctuaciones muy similares a los años anteriores. Asimismo, es importante destacar que en estos años, entre Abril y Octubre, se registraron mínimas absolutas en todos esos meses por debajo de los 0°C. Con estos valores se justifica la necesidad de calefacción de los hogares en Temuco y Padre Las Casas. Aunque al interior de los hogares la temperatura es superior a la del exterior, de todas formas es lo suficientemente fría como para que las personas busquen formas de calentar el interior de las viviendas. Entonces el problema económico surge porque en la búsqueda de satisfacer la necesidad de calor se genera un daño por las emisiones contaminantes a partir del uso de leña. Hay que elegir: entre el daño en salud y bienestar general por el frío (no uso de calefacción) y el daño en salud por contaminación atmosférica (por uso de calefacción). Dados las múltiples fallas en el funcionamiento social y por otros problemas específicos de estas zonas, que se analizarán más adelante, la hipótesis de partida es que el resultado que se tiene hoy en día es un exceso de contaminación del aire.

Uno de los elementos que habitualmente se discute cuando se analiza el caso de la contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas es lo referente a las diferencias de temperatura con Santiago de Chile, lo que hace que el enfoque de las políticas debe ser diferente. En el gráfico a continuación se muestran las temperaturas mínimas promedio en cada mes de 2009, tanto en Santiago de Chile como en Temuco.

Gráfico 2.4: Temperaturas Mínimas en Temuco y Santiago de Chile



Fuente: Elaboración propia en base a Informes Anuales de Medio Ambiente del INE, 2009 y 2010.

Salvo en Agosto de 2009 y en Junio y Julio de 2010 (eso no ocurre todos los años), en el resto de los meses en Temuco se tiene una temperatura mínima promedio inferior a la observada en Santiago de Chile. Además, en 2009 y 2010 Temuco estuvo 8 meses con mínimas absolutas inferiores a 0°C, mientras que Santiago sólo tuvo 2 meses en 2009 y 3 meses en 2010.

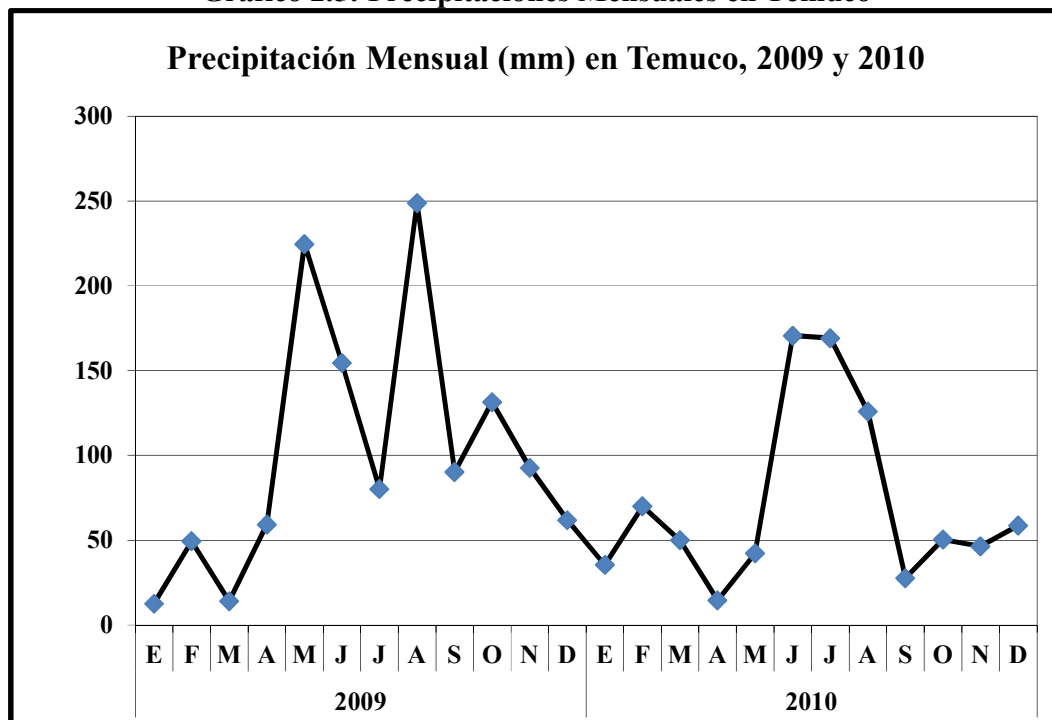
Estas diferencias tienen una implicación relevante en torno a las políticas de reducción de la contaminación del aire. Por ejemplo, en Santiago de Chile está prohibido el uso de leña en los hogares, pues los problemas de contaminación serían aún peores si no se hubiera hecho. En cambio, en Temuco y Padre Las Casas, dadas las bajas temperaturas, el elevado costo de un combustible alternativo para calefacción y el menor ingreso per cápita, la lógica de prohibir la fuente contaminante fundamental no tiene mucho sentido, sobre todo por el uso masivo de calefacción en base a leña.

Otro elemento básico que influye en la situación de contaminación atmosférica de Temuco y Padre Las Casas es lo asociado a las precipitaciones. Pero antes es importante destacar que a nivel internacional el mayor bienestar de las personas se asocia a niveles intermedios de precipitaciones, pues cuando hay exceso de lluvias o mucha sequía, las personas expresan menos felicidad (Rehdanz y Maddison, 2005).

Mientras más lluvia ocurra en estas zonas cuando hay fuertes emisiones de contaminantes, menores posibilidades habrá de que haya episodios de mala calidad del aire. En el

siguiente gráfico se muestra el nivel mensual de precipitaciones (en cantidad de milímetros) en Temuco entre 2009 y 2010.

Gráfico 2.5: Precipitaciones Mensuales en Temuco



Fuente: Elaboración propia en base a Informes Anuales de Medio Ambiente del INE, 2009 y 2010.

En el gráfico se aprecia claramente que en los meses más fríos también es cuando mayor lluvia cae en Temuco. Ello contribuye a una mayor dispersión de las emisiones contaminantes (y con menor tiempo en la atmósfera, pues cae al suelo), por lo que en varios días de invierno la lluvia ayuda a que la concentración de contaminantes no sea tan elevada.

Pero la fuerte cantidad de lluvia que cae en Temuco y Padre Las Casas en esos meses tiene un efecto negativo sobre las emisiones contaminantes (CCL, 2009), pues al generar más humedad en los hogares se requiere de la calefacción para eliminar los posibles efectos negativos de esa humedad (como puede ser la aparición de hongos), tanto para la salud de las personas como para la calidad de la vivienda, la ropa y los muebles. Además, como llueve mucho en el exterior, el proceso normal de secado de ropa no se puede realizar, por lo que la calefacción interna también se usa para el secado de ropa en el invierno, justo cuando más contaminación se tiende a generar. Y la calefacción que más ayuda a eliminar la humedad es la basada en la leña, en contraste con la que utiliza gas, parafina y electricidad, entre otras.

Sin embargo, la contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas va más allá de un problema asociado a las bajas temperaturas y a las precipitaciones. Es la combinación de bajas temperaturas, no ocurrencia de precipitaciones y de poca ventilación debido a la inversión térmica lo que genera condiciones que contribuyen a la aparición de episodios críticos de contaminación atmosférica en estas zonas (BCN, 2010b).

En los análisis de episodios críticos de contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas (Sanhueza *et al.*, 2005) se han podido detectar los efectos que introduce la vaguada costera, que es un fenómeno meteorológico que afecta la zona sur-occidental de América del Sur o la zona central de Chile, que en la práctica consiste en un área de baja presión en superficie, que se presenta frente a la costa y que al desplazarse hacia el este obliga a descender a masas de aire desde la ladera occidental de la cordillera de Los Andes. La vaguada costera se mueve de norte a sur y se presenta en la parte baja de la atmósfera, generando nubes cerca del suelo. Detrás de ello está el efecto de subsidencia o movimiento descendente del aire.

Cuando aparece la vaguada costera se desarrollan más condiciones para la inversión térmica, que es cuando el suelo se enfría por radiación y ello enfría el aire en contacto con él, haciéndolo más frío que el de la capa superior (contrario a lo que sucede en condiciones meteorológicas normales). Esto impide la posibilidad de mezclado vertical entre las dos capas de aire, generando un espacio de gran estabilidad y poca ventilación. En estos casos también se aprecia una baja humedad del aire.

O sea, esta estabilidad atmosférica, con sequedad del aire y escasa ventilación propicia una situación de poca dispersión de la contaminación cuando las emisiones son elevadas.

2.3 Características Topográficas

Las ciudades de Temuco y Padre Las Casas presentan características topográficas que también contribuyen a la concentración de contaminantes cuando las condiciones meteorológicas son desfavorables (Sanhueza *et al.*, 2004).

Uno de los problemas se asocia con las elevaciones ubicadas en torno a estas zonas urbanas, como son el cerro Ñielol al noroeste, con 340 metros sobre el nivel del mar, y el cerro Conun Hueno al sureste, que alcanza una altura de 350 metros sobre el nivel del mar. Estas elevaciones, aunque bastante bajas en comparación con las alturas de la cordillera de los Andes cerca de Santiago de Chile, generan menos posibilidades para que la ventilación sea mayor en los períodos de elevadas emisiones de contaminantes.

Por otro lado, el río Cautín favorece la aparición de neblina en épocas de bajas temperaturas, lo que genera menos posibilidades de ventilación cuando hay muchos contaminantes en la atmósfera, influyendo sobre todo en las zonas llamadas de Valle Central y Terraza Inferior de dicho río, afectando a la mayor parte de la población de estas ciudades.

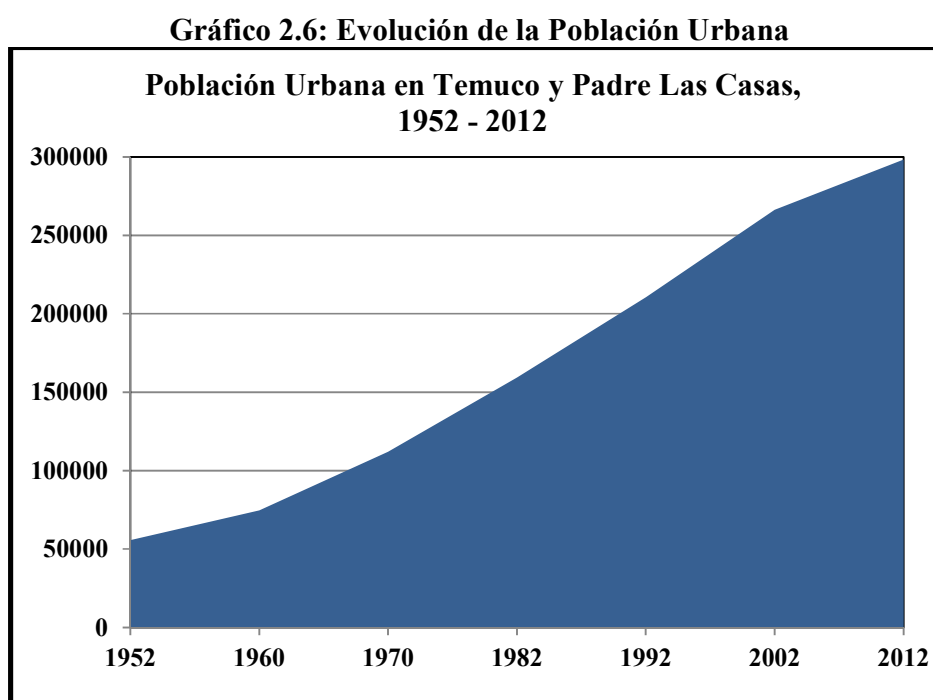
2.4 El Cambio Demográfico

En la actualidad, la conurbación de Temuco y Padre Las Casas cuenta con cerca de 300.000 habitantes. De ello, la ciudad de Temuco cuenta con cerca de 250.000, o sea, cerca del 85% de esta conurbación. Ello se refleja en que se estima que hay en torno a unas 95.000

viviendas, con similar proporción entre Temuco y Padre Las Casas, que lo que sucede con la cantidad de población. Como es obvio, es una cantidad relativamente pequeña de población y de viviendas, sobre todo cuando se compara con Santiago de Chile, que en la actualidad tiene en torno a los 5 millones de habitantes en sus zonas urbanas. Sin embargo, en estas zonas urbanas relativamente pequeñas se encuentran serios problemas de contaminación, dado el tipo de combustible (leña) usado en los hogares para la calefacción y para cocinar.

Por otra parte, el gran incremento de población en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas en las últimas décadas ha estado detrás de la generación del problema de la contaminación atmosférica, dado que en las zonas rurales o en los pequeños pueblos de la región el uso de leña no genera mucho deterioro ambiental, dada la menor concentración de viviendas.

En el siguiente gráfico se puede apreciar la evolución de la cantidad de habitantes en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tomando los Censos de Población entre 1952 y 2012.



Fuente: Elaboración propia en base a Censos de Población entre 1952 y 2012.

En 1952 apenas había unas 50.000 personas viviendo en estas zonas, pasando en 1970 a más de 100.000 y en 2012 a cerca de 300.000. Este gran incremento demográfico, junto a las costumbres de uso de leña para calefacción y en algunos casos también para cocinar, ha llevado a que se presenten los problemas de contaminación del aire. En años recientes, en torno al 80% de los hogares usa leña para calefacción y para cocción de alimentos en estas zonas urbanas (Gómez *et al.*, 2009), lo que lleva a que se genere un serio problema de contaminación atmosférica, aunque sean zonas urbanas relativamente pequeñas (en

comparación con ciudades como Santiago de Chile, que también tienen serios problemas con la mala calidad del aire, aunque por otras fuentes).

Tal como plantean Tietenberg y Lewis (2012), a nivel mundial muchos problemas ambientales y de agotamiento de recursos naturales han tenido su origen fundamental en el fuerte incremento de la población y en el fuerte proceso de urbanización que ha venido aparejado. O sea, que la visión pesimista sobre el impacto del crecimiento demográfico sobre el desarrollo económico ha tenido serios fundamentos. Ello ha provocado que los beneficios que se generan por las mayores ciudades se vean contrarrestados por los problemas ambientales y por otras externalidades negativas, como la congestión vehicular y la delincuencia (The World Bank, 2003). Sin embargo, ello no quiere decir que la visión optimista se encuentre invalidada, pues la presión demográfica sobre el medio ambiente y los recursos naturales puede impulsar o generar más incentivos para que mayores avances tecnológicos ayuden a resolver esas dificultades (Gillis *et al.*, 1996; Dasgupta, 2003).

Para tener una visión comparativa de cómo ha sido el crecimiento de la población urbana en Temuco y Padre Las Casas, en la tabla a continuación se muestran las tasas de crecimiento promedio anual de estas comunas (en conjunto) en contraste con la dinámica demográfica urbana en toda La Araucanía y a nivel nacional para el período 1953 – 2012.

Tabla 2.1: Crecimiento Demográfico Urbano de largo plazo

	Temuco y Padre Las Casas	La Araucanía	País
Crecimiento Promedio Anual de la Población Urbana, 1953 – 2012	2,8	2,1	2,4

Fuente: Elaboración propia en base a Censos de Población, de 1952 y 2012.

En estos 60 años, la población en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tuvo una expansión de 2,8% como promedio anual, que es mucho más elevado que lo sucedido con las zonas urbanas del total regional (2,1%) y a nivel nacional (2,4%). Como es lógico, todas estas dinámicas han sido mayores que la de la población total, dado el fuerte proceso de urbanización en Chile. Como referencia, la población total del país tuvo un crecimiento promedio anual de 1,7% en el período 1953 – 2012.

Uno de los componentes asociados al crecimiento urbano de Temuco y Padre Las Casas es el relacionado con los movimientos migratorios. Para analizar ese proceso se considera el indicador de tasa de inmigración neta, el que se construye como: porcentaje de la población total del resultado neto de inmigrantes – emigrantes. A través del Censo de Población y Vivienda de 2002 se puede determinar dónde vive una persona y dónde nació. Si se calcula el resultado de restar la cantidad de personas nacidas en un lugar a la cantidad de personas que viven en ese lugar se obtiene la inmigración neta de personas. Si el cálculo resulta positivo significa que ha habido más inmigrantes que emigrantes, pues en el lugar viven más personas que las que han nacido. En cambio, si el resultado es negativo es porque ha habido más emigrantes que inmigrantes, ya que viven menos personas en el lugar de las que han nacido ahí. Este resultado refleja los procesos migratorios acumulados en el tiempo. La

situación de una persona en 2002 puede indicar si es inmigrante o emigrante, haya sucedido hace 3 años o hace 30 años.

Los resultados de este indicador para Temuco y Padre Las Casas, junto al total de La Araucanía, son:

Tabla 2.2: Procesos Migratorios de largo plazo

TERRITORIOS	Tasa de Inmigración Neta Acumulada
La Araucanía	- 22,8
Temuco	3,2
Padre Las Casas	47,0

Fuente: Elaboración propia en base a Censo de Población 2002.

La Araucanía es la región de Chile con peor resultado en este indicador (un valor negativo y elevado en términos absolutos), pues dada su mala situación económica y social desde hace décadas ha generado condiciones para “expulsar” personas hacia otras regiones en busca de mejores oportunidades. Sin embargo, Temuco y Padre Las Casas han sido de las pocas comunas dentro de la región con llegada neta de personas (valores positivos), pues han sido de las pocas zonas atractivas en el aspecto económico dentro de la región. En ese sentido destaca mucho más lo que sucede con Padre Las Casas, aunque como son 2 ciudades que se encuentran juntas geográficamente, las oportunidades económicas y sociales de Temuco igualmente las aprovechan las personas que viven en Padre Las Casas (de hecho, según el Censo de 2012, más del 50% de las personas de Padre Las Casas que trabajaban o estudiaban lo hacían en Temuco).

Para un mayor detalle de estos datos, según el Censo de Población de 2002 se puede identificar el origen de nacimiento de la población que vivía en Temuco:

Tabla 2.3: Origen de Personas en Temuco

ORIGEN DE NACIMIENTO DE PERSONAS QUE VIVEN EN TEMUCO, 2002	Porcentaje de Población Total
Temuco	51,1
Otras Comunas de La Araucanía	23,3
Otras Regiones	24,4
Extranjero	1,2
Total	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a Censo de Población 2002.

En el caso de Padre Las Casas, los resultados son los siguientes:

Tabla 2.4: Origen de Personas en Padre Las Casas

ORIGEN DE NACIMIENTO DE PERSONAS QUE VIVEN EN PADRE LAS CASAS, 2002	Porcentaje de Población Total
Padre Las Casas	43,7
Otras Comunas de La Araucanía	42,2
Otras Regiones	13,4
Extranjero	0,7
Total	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a Censo de Población 2002.

En ambas comunas se aprecia que cerca del 50% o menos nació en esas comunas. Una parte importante nació en otras comunas de la región o en otras regiones del país. En muchos casos, esos inmigrantes han tenido un origen rural, sobre todo los provenientes de otras comunas de La Araucanía.

O sea, que en el fuerte incremento de largo plazo de la cantidad de habitantes de Temuco y Padre Las Casas ha sido fundamental el proceso migratorio, sobre todo desde las zonas rurales de La Araucanía. Para el análisis económico de la contaminación por el uso de leña, este proceso demográfico en general y migratorio en particular tiene consecuencias relevantes. Por ejemplo, en ciudades pequeñas, tal como eran Temuco y Padre Las Casas en las décadas de los 50's y los 60's se puede soportar sin grandes dificultades que todas las viviendas generen emisiones contaminantes por el uso de la leña, pues ello no genera grandes concentraciones de partículas asociadas a la combustión. Este razonamiento es más válido aún para las zonas rurales. Entonces, muchas personas que en la actualidad viven en Temuco y Padre Las Casas (hayan nacido en estas ciudades o no) tienen costumbres de uso de leña que no son las más apropiadas para ciudades que han alcanzado cierto tamaño. O sea, las personas que crecieron en Temuco y Padre Las Casas cuando eran zonas con poca población, así como las personas que llegaron a vivir a estas zonas provenientes de zonas rurales, son grupos que tienen costumbres de uso de leña que en sus contextos originales no generaban grandes problemas de contaminación. Si se mantienen con comportamientos similares en la actualidad, entonces ello puede ser un factor que influye en la mala calidad del aire de estas ciudades, adicionalmente a todos los problemas climáticos señalados y a los problemas económicos (como son las diferentes fallas de mercado) que se analizarán más adelante.

Por otro lado, cuando existen externalidades negativas, como en el caso de la contaminación del aire, los agentes no consideran esos costos sociales externos en su toma de decisiones, lo que genera un flujo migratorio y de crecimiento de las ciudades más allá de lo socialmente deseable (Tolley, 1987; Braun, 1990; Jha y Whalley, 2003).

En cuanto a las proyecciones de población después de 2012, se plantea lo siguiente:

Tabla 2.5: Proyecciones de Población Urbana hasta 2020

PROYECCIONES	2015	2020
Población Urbana en Temuco y Padre Las Casas	365.777	396.365

Fuente: Elaboración propia en base a Proyecciones de Población Total del INE, 2000 - 2020.

O sea, las estimaciones señalan que la población en esta conurbación seguirá aumentando, hasta llegar a cerca de 400.000 en el año 2020.

2.5 Características Socioeconómicas de la Población

El problema de la contaminación en Temuco y Padre Las Casas, desde el punto de vista económico, debe tomar como referencia obligada no sólo la cantidad de población, sino también sus características socioeconómicas, que determinan en buena medida el comportamiento de las personas.

Para comenzar, es bueno ubicar a estas zonas en cuanto a ingreso per cápita en comparación con el resto de Chile y del mundo. Como se sabe, el ingreso per cápita, junto a los aspectos demográficos y tecnológicos (según la identidad IPAT), es uno de los factores relevantes para explicar muchos problemas ambientales, además de la consideración del comportamiento de los consumidores y de aspectos geográficos e institucionales (Waggoner y Ausubel, 2002; York *et al.*, 2003; Common y Stagl, 2005; McNicoll, 2007). Sin embargo, la forma en que impacta el ingreso per cápita (positiva o negativamente) en los problemas ambientales es algo que no está completamente establecido (Carson, 2010).

Según la última Encuesta de Caracterización Socioeconómica de Hogares realizada en Chile (CASEN¹² de 2011), el ingreso per cápita mensual de estas zonas urbanas fue el siguiente:

¹² Las bases de datos de CASEN se pueden solicitar en el Ministerio de Desarrollo Social: www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl

Tabla 2.6: Ingreso per cápita en 2011

TERRITORIOS	Valores mensuales en pesos chilenos	Valores mensuales en USD	Valores Anuales en USD
Zonas Urbanas Temuco	250.708	519	6.224
Zonas Urbanas Padre L. Casas	126.380	261	3.138
Zonas Urbanas La Araucanía	215.582	446	5.352
Promedio Total La Araucanía	186.091	385	4.620
Zonas Urb. R. Metropolitana	312.580	647	7.760
Zonas Urbanas País	260.000	538	6.455
Promedio Total País	248.207	514	6.162

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN 2011 y Banco Central de Chile¹³.

Se han ofrecido los valores en pesos chilenos y en dólares (se calculó tomando como referencia el tipo de cambio nominal de 2011) para que se tenga una referencia simple en cuanto a comparaciones internacionales, sobre todo con la última columna, donde aparecen los datos anualizados. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los datos obtenidos en las encuestas de hogares generalmente presentan importantes subestimaciones (Gillis *et al.*, 1996), dado que a los grupos de elevados ingresos no les conviene declarar muchos ingresos (por las posibles consecuencias en cuanto a impuestos a pagar) y a los grupos de bajos ingresos les conviene declarar los menores ingresos posibles (por las posibles consecuencias en cuanto a subsidios que puedan recibir), además de que la declaración de ingresos siempre es algo delicado ante un encuestador extraño. Como referencia, hay que tener en cuenta que según la base de datos del Banco Central de Chile, se puede calcular el ingreso disponible bruto per cápita de Chile, que estaba en 2011 en torno a los 14.000 USD, muy superior a los 6.000 USD que se obtienen por la CASEN. Obviamente en los datos de la CASEN no se consideran aquellas ganancias de las empresas que se destinan a inversiones (tanto para incremento del capital físico neto como por depreciación), los aportes de los hogares al sistema previsional (salud y pensiones), el pago de impuestos directos, entre otros aspectos que sí están incluidos en el Ingreso Nacional Disponible Bruto, pero es obvio que las diferencias son demasiado grandes, por lo que debe haber un efecto no menor de subestimación en esos datos.

Pasando a analizar esos datos, las dos primeras filas corresponden al ingreso per cápita de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas respectivamente, donde se aprecia claramente que el valor de Temuco es aproximadamente el doble del de Padre Las Casas. Pero también hay diferencias importantes entre todas las zonas urbanas de La Araucanía (incluyendo a Temuco y Padre Las Casas) y el ingreso per cápita de las zonas urbanas de la Región Metropolitana (Santiago de Chile). Temuco es la que más cerca se encuentra y es apenas un 80% del nivel de Santiago. Sin embargo, Temuco se encuentra bastante cerca de los niveles promedios del país, tanto respecto al promedio total como al promedio de todas las zonas urbanas.

¹³ El tipo de cambio se obtuvo en www.bcentral.cl.

Hay que recordar que el ingreso per cápita de Chile es uno de los más elevados de América Latina en la actualidad (junto con Argentina), pero que de todas formas sigue siendo un país de ingresos medios, con niveles menores al 40% del promedio de los países desarrollados¹⁴.

Los datos de arriba están en valores corrientes del año 2011, pero en todas las ciudades de Chile el costo de la vida es diferente. En este sentido es conveniente realizar un ajuste al ingreso per cápita nominal para poder hacer comparaciones más realistas. Desde hace algunos años, la Universidad del Desarrollo realiza un informe sobre el costo de la vida en las principales ciudades del país, tomando precios de los principales bienes y servicios de consumo (UDD, 2013).

Tomando el año 2011, la ciudad de Temuco tenía un promedio de precios que era un 68,5% del promedio de Santiago de Chile. O sea, 1.000 pesos chilenos rendían más en Temuco que en Santiago de Chile. Con 1.000 pesos en Santiago de Chile se compraba lo mismo que con 685 pesos en Temuco. Considerando a 15 ciudades (todas las capitales regionales), Temuco era la quinta más barata: sólo Coyhaique, Talca, Arica y Puerto Montt eran más baratas. Si se ajusta el ingreso per cápita nominal de Temuco según el costo de la vida resulta que el valor que se obtiene es mayor al de Santiago de Chile, o sea, en términos de poder adquisitivo, las personas que viven en Temuco disfrutaban niveles mayores a los de la capital.

En este contexto, la situación de Temuco se puede categorizar como de ingresos medios (a nivel internacional) y mucho mejor que la de Padre Las Casas. La diferencia respecto a Santiago de Chile en cuanto a ingreso per cápita nominal ha sido relevante, pues dado que la Región Metropolitana es donde más medidas se han tomado para reducir la contaminación del aire, el enfoque en el sur de Chile no ha sido el mismo, tanto por las diferencias en el origen de la contaminación, como por las diferencias de temperaturas y características socioeconómicas, entre otras. Pero las autoridades no consideran el ajuste anterior de acuerdo al costo de la vida (es sólo un esfuerzo académico), en parte porque la postura oficial es de no discriminar por regiones para no tener mayores dificultades políticas¹⁵. Dicho ajuste ubica a las zonas de interés mucho mejor que lo que se piensa. Incluso, en diversos documentos y en la prensa se habla del problema de Temuco enfocándolo como la zona más pobre de Chile, lo que es una confusión con La Araucanía, que sí es la región que históricamente ha tenido bajos ingresos per cápita y elevadas tasas de pobreza. Temuco presenta importantes diferencias con el resto de la región, tal como se mostró en el gráfico con el ingreso per cápita, además de lo que ocurre con otros indicadores.

Las políticas para reducir la contaminación deben considerar sin duda la situación con el ingreso promedio que reciben los hogares, pues en base a ello se tendrán los límites en que pueden actuar esas políticas. Por ejemplo, entre las medidas que se han planteado hasta

¹⁴ Ver estadísticas de Desarrollo Humano en www.undp.org

¹⁵ De hecho, el cálculo del IPC toma información de precios en todas las regiones, pero la información oficial es para el país como un todo.

ahora no se ha considerado prohibir el uso de leña, pues las otras alternativas son tan caras que muchos hogares de ingresos bajos y medios no podrían usar calefacción, lo que disminuiría aún más su bienestar.

Si la región de La Araucanía puede lograr elevadas tasas de crecimiento en el futuro (junto con todo Chile), y Temuco y Padre Las Casas también, entonces se podría pensar en otras condiciones que ayuden a reducir la contaminación. Por ejemplo, mayores niveles de ingreso promedio podrían justificar políticas que encarezcan o prohíban la calefacción a leña, para que los hogares sustituyan la leña por combustibles más limpios (por ejemplo, con energía eléctrica generada con fuentes renovables y con bajas o nulas emisiones). También podría ser que las políticas prohíban los equipos a leña más contaminantes y más viejos, obligando a los hogares a comprar tecnologías nuevas, de forma tal que aunque se siga usando leña el impacto sobre la calidad del aire sea menor.

Pero el análisis básico del ingreso per cápita no es suficiente, pues es sólo un promedio simple. Según datos del PNUD¹⁶, Chile se encuentra entre los países con mayor desigualdad del mundo, junto a varios latinoamericanos (por un problema estructural, con aspectos institucionales que se han acumulado en varios siglos (Lopez y Perry (2008)). Por tanto, un ingreso per cápita cualquiera (un promedio simple) puede esconder grandes diferencias en la población. Es por eso que ahora se mostrará el Coeficiente de Gini (uno de los indicadores más utilizados para medir la desigualdad, ver en Gillis *et al.*, 1996), tanto para las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas como para otras zonas relevantes en la comparación.

Tabla 2.7: Coeficiente de Gini en 2011

TERRITORIOS	Coeficiente de Gini
Zonas Urbanas Temuco	0,53
Zonas Urbanas Padre Las Casas	0,35
Zonas Urbanas La Araucanía	0,51
Promedio Total La Araucanía	0,50
Zonas Urb. R. Metropolitana	0,52
Zonas Urbanas País	0,50
Promedio Total País	0,50

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN 2011.

Chile tiene un Coeficiente de Gini en torno al 0,5, que es mucho más elevado que en la mayoría de los países desarrollados (entre el 0,3 y el 0,4), indicando así que una parte importante del ingreso nacional se queda en las manos de un grupo pequeño de personas de altos ingresos. Como se puede apreciar, no hay muchas diferencias en las zonas presentadas. Pero la parte urbana de Temuco presenta el valor más elevado, en torno a 0,53,

¹⁶ Ver Estadísticas del Informe de Desarrollo Humano en www.undp.org.

mientras que en Padre Las Casas la desigualdad es mucho menor (pues la mayoría de las personas de elevados ingresos viven en ciertas zonas de Temuco).

Por tanto, el catalogar a Temuco, por ejemplo, como una zona de ingresos medios, podría ser engañoso, dado que un porcentaje significativo de la población no puede disfrutar de ingresos medios o medio-bajos. Una mejor aproximación sería utilizar la mediana del ingreso de las personas en estas zonas y compararla con el promedio simple, o sea, con el ingreso per cápita, tal como se muestra a continuación.

Tabla 2.8: Diferencias entre Media y Mediana del Ingreso

ZONAS URBANAS	Ingreso Mensual de las Personas (pesos chilenos de 2011)		(mediana / media) · 100
	media	mediana	
2011			
Temuco	250.708	133.235	53,1
Padre Las Casas	126.380	101.591	80,4

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN 2011.

Cuando hay grandes diferencias al interior de un indicador, como es el ingreso de las personas, el promedio simple no refleja de forma adecuada lo que realmente sucede. Por ello es que la mediana puede ser un mejor indicador de tendencia central. Tanto en Temuco como en Padre Las Casas hay una diferencia importante entre la media y la mediana, básicamente porque hay pequeños grupos que obtienen elevados ingresos. Pero esa brecha es mucho más fuerte en el caso de Temuco (tal como se observa en la última columna en que se relaciona la mediana con la media), lo que coincide con el análisis anterior del Coeficiente de Gini.

Para complementar lo anterior, es importante destacar la situación del porcentaje de personas que viven en condiciones de pobreza en estas zonas, es decir, aquellas personas que no alcanzan a satisfacer sus necesidades básicas. En la siguiente tabla aparecen los resultados de 2011.

Tabla 2.9: Pobreza en 2011

TERRITORIOS	Tasa de Pobreza
Zonas Urbanas Temuco	20,3
Zonas Urbanas Padre Las Casas	32,1
Zonas Urbanas La Araucanía	23,6
Promedio Total La Araucanía	22,9
Zonas Urb. R. Metropolitana	11,6
Zonas Urbanas País	15,0
Promedio Total País	14,4

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN 2011.

En Chile se tenía en 2011 a 14,4% de la población total en condiciones de pobreza, con niveles muy similares entre zonas urbanas y rurales. Pero en las zonas urbanas de la Región Metropolitana (Santiago de Chile) se tenía a cerca del 12%, en contraste con la región de La Araucanía, que llegaba a cerca del 23%. Temuco está algo mejor que el promedio regional en este indicador, pero está en torno al 20%, mientras que en Padre Las Casas se supera el 30%, lo que indica que ambos territorios están en una mala situación en este ámbito cuando se compara con el resto del país. O sea, las zonas urbanas de interés se encuentran en una posición peor en el ámbito de la pobreza que lo observado a nivel nacional o en la capital del país. Por tanto, las políticas de reducción de la contaminación deben tomar en cuenta estos aspectos, para que los costos no empeoren los problemas de pobreza y desigualdad. Sin embargo, hay que destacar que en Chile el problema de la pobreza no es tan grave como en otros países latinoamericanos. Por ejemplo, según la CEPAL¹⁷, la pobreza urbana en América Latina alcanza el 22,1% en Brasil, 27,8% en Venezuela, 32,3% en México, 38,5% en Colombia y 42,4% en Bolivia, con un promedio de 26% en América Latina. La pobreza rural resulta en general mucho más elevada que la urbana, siendo Chile y Uruguay las excepciones.

El tema de la pobreza es fundamental en el análisis de la contaminación, pues esa condición puede ser perjudicial en cuanto a la generación de emisiones contaminantes (Duraiappah, 1996), así como en cuanto al grado de exposición y daño en salud por la contaminación (O'Neill *et al.*, 2003). Más adelante se profundizará en este tema.

Por último, se considerará lo que sucede con la educación, como componente básico de la caracterización socioeconómica, dado que el comportamiento de las personas debe estar asociado en alguna medida con el nivel de instrucción alcanzado. La educación es importante para la toma de conciencia ambiental, lo que puede incidir en las acciones de las personas a favor de la calidad ambiental. En muchos países subdesarrollados las personas opinan que el crecimiento de la población y la falta de educación es el origen de los problemas ambientales, mientras que en los países desarrollados las personas ponen énfasis en los patrones de consumo (CEPAL, 2003).

En la siguiente tabla se ha considerado a la población de 25 años y más, para que no exista un sesgo por las personas que aún están estudiando.

¹⁷ Ver en www.cepal.org, Anexos Estadísticos de los Informes de Panorama Social.

Tabla 2.10: Educación en 2011

TERRITORIOS	Años Promedio de Escolaridad
Zonas Urbanas Temuco	9,8
Zonas Urbanas Padre Las Casas	9,4
Zonas Urbanas La Araucanía	9,6
Promedio Total La Araucanía	8,7
Zonas Urb. R. Metropolitana	11,1
Zonas Urbanas País	10,6
Promedio Total País	10,2

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN 2011.

En el año 2011 la población de 25 años y más de Chile tenía un nivel de escolaridad promedio de 10,2 años, siendo naturalmente algo mayor en las zonas urbanas que en las rurales. En Santiago de Chile (zonas urbanas de la Región Metropolitana) ese indicador llegaba a 11,1. En cambio, en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas y en el promedio de toda la región, los valores son menores al promedio nacional, aunque con pocas diferencias.

De todas formas, los mejores valores mostrados no son muy elevados, pues ello significa que el promedio de la población considerada (de 25 años y más, que es algo aproximado a la fuerza laboral) no llega a terminar la enseñanza media (12 años de escolaridad), por lo que esto podría tener un efecto adverso relacionado con el comportamiento de la población en relación a los problemas de contaminación del aire.

2.6 El Costo Relativo de la Leña

Un aspecto clave para comprender la causa de la contaminación en Temuco y Padre Las Casas es el porqué de la utilización de leña como principal combustible para calefacción, para cocinar y para secar ropa en los hogares. Como es obvio, su bajo costo relativo frente a otras fuentes de energías explica el porqué de su elevada demanda.

Según un documento de la Comisión Ciudadana-Técnico-Parlamentaria para la transición hacia un desarrollo Eléctrico Limpio, Seguro, Sustentable y Justo (CCTP, 2011), la leña representa cerca de 20% de la matriz de energía primaria en Chile y se emplea a nivel residencial (52% del total de la leña) para calefacción, cocción de alimentos y secado de ropa, mientras que en el sector industrial se emplea para producir vapor y generar electricidad. Este uso de leña se hace mucho más intensivo en el sur del país, dada la gran disponibilidad de recursos forestales. La utilización de la leña como combustible se aprecia como algo positivo, dado que con un buen manejo forestal se convierte en un recurso renovable que es muy apreciado en las condiciones energéticas de Chile (con baja posibilidad de producción interna de petróleo y gas). Según varios especialistas, el daño a la

salud de las personas que provoca el consumo de leña, que es el aspecto central de esta investigación, puede verse reducido si se utiliza la leña seca, en equipos más eficientes y con un mejor aislamiento térmico en los hogares.

Uno de los fundamentos para comprender la importancia de la leña para el caso chileno, sobre todo en el sur de Chile, donde hay mayor abundancia de recursos forestales, se refiere a su costo relativo. En la siguiente tabla aparecen algunos datos técnicos que permiten apreciar las diferencias entre el petróleo, el gas, la electricidad y la leña en cuanto a su uso como combustibles para generar energía.

Tabla 2.11: La Leña y otros Combustibles, diferencias básicas

Fuente de Energía	Petróleo (litro)	Gas Licuado (kilógramo)	Electricidad (kW-hora)	Leña (m³-estéreo)
Poder calorífico superior (kcal/unidad)	9.156	12,1	860	1.641.920
Rendimiento de transformación (%)	90	92	100	65
Costo/unidad (\$)	623	956	106	24
Poder calorífico aprovechable (kcal/unidad)	8.24	11.132	860	1.067.248
Unidad por giga caloría neta	121	90	1,163	0.9
Costo por giga caloría neta (en pesos chilenos)	75.603	85.839	123.256	22.488
Costo en relación a la leña	3.4	3,8	5.5	1.0

Fuente: CCTP (2011).

Se ha destacado la última fila de la tabla, pues los datos relativos a la eficiencia energética y al costo de la energía permiten destacar claramente que la leña es un combustible mucho más barato que las otras fuentes de energía. La más cercana en cuanto a costo es la energía en base a petróleo, pero significa un costo mucho mayor, más de 3 veces el de la leña. Se puede observar que aunque la leña es la que presenta la menor eficiencia en cuanto a su transformación en energía (65% de rendimiento de transformación, en comparación al resto que tienen de 90% hasta 100%), el costo de generar esa energía es tan bajo que compensa ampliamente la menor eficiencia natural de los procesos energéticos.

A inicios de la década pasada, las estimaciones eran similares (Kausel y Vergara, 2003), encontrándose que la leña resultaba entre 4 y 7 veces más barata que el petróleo, el gas natural y la electricidad para generar el mismo nivel de calor o energía. O sea, está claro que el bajo costo relativo de la leña, además de su abundante y fácil disponibilidad en las cercanías de la región, determina que sea el principal combustible en los hogares, tanto para calefacción como para cocción de alimentos. Es importante destacar que las personas en Temuco y Padre Las Casas perciben no sólo el elevado costo de los combustibles alternativos, sino que también consideran que la leña seca (que genera menos emisiones que la húmeda) es mucho más cara, lo que dificulta su adquisición (Dimensión, 2007).

El uso de leña con elevada humedad es la base del problema de contaminación en estas zonas, por lo que las medidas para descontaminar se enfocan en este elemento como situación de partida para el resto de las medidas (BCN, 2010b). Sin embargo, hay que destacar que las otras alternativas, como el gas, el petróleo o la electricidad, que generan muchas menos emisiones de material particulado a la atmósfera (Cooper, 1980; Houck *et al.*, 1998), también tienen otros problemas, como es el efecto en el calentamiento global y el agotamiento de recursos no renovables (salvo el caso de la electricidad generada por vías distintas a los combustibles fósiles), lo que dificulta el proceso de desarrollo sostenible de largo plazo de las ciudades en cuanto a su impacto global (McGranahan y Satterthwaite, 2003).

Es importante destacar que el costo de uso de leña se refiere sólo al costo privado, que no incluye el costo asociado a los problemas ambientales que se generan con su uso. Además, en esos costos sólo se consideran los relacionados con el uso de los diferentes combustibles, sin tener en cuenta el costo de los equipos de calefacción, que pueden tener importantes diferencias. Por tanto, el cambio de fuente de combustible, por ejemplo, de leña a gas o electricidad podría ser en realidad mucho mayor a lo mostrado en la tabla, dado que los equipos relacionados con el gas y la electricidad son más caros y que ya hay ciertos costos hundidos (o irrecuperables) en los equipos a leña (en caso que sea difícil la venta de equipos usados). Adicionalmente, hay que destacar que en la tabla anterior no se incluyen otras alternativas que han crecido en los últimos años, como es el caso de la parafina (o kerosene) y de los pellets de madera, entre otros, que podrían brindar otra visión respecto al costo relativo de la leña.

Como es obvio, dado que la leña es la alternativa significativamente más barata, la mayoría de la población, pero sobre todo los grupos de menores ingresos, sólo podrán consumir leña como combustible. En caso de que la mayor parte de la población fuera de elevados ingresos se podría aplicar la política de prohibición de la leña (tal como se hizo en Santiago de Chile), pero es obvio que la realidad está muy lejos de eso.

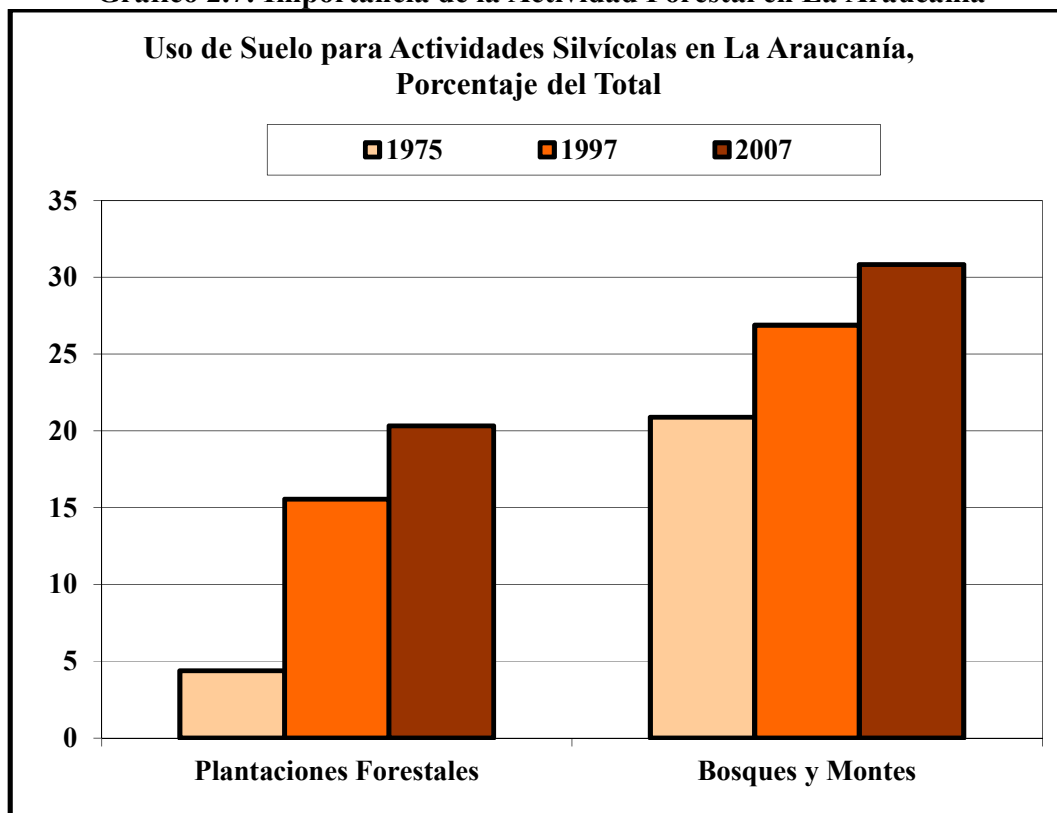
2.7 Mercado de Leña y Externalidades

A diferencia de otros tipos de combustible, en el sur de Chile el mercado de la leña resulta bastante cercano a la competencia pura, dada la gran cantidad de consumidores y de productores. Incluso, el lado de la oferta de este mercado tiene el aspecto positivo de que genera empleo e ingresos a muchas empresas pequeñas e incluso de tipo micro, tanto en las zonas urbanas como en las rurales (CNE, 2008; CCL, 2009). La condición cercana a la competencia pura, junto a la abundancia relativa de recursos forestales, ha logrado mantener bajos los precios de la leña en el sur de Chile.

Respecto a la abundancia relativa de recursos forestales, hay que destacar que en el año 2007, según el último Censo Agropecuario y Forestal de Chile, en La Araucanía se tenía que entre las plantaciones forestales y los bosques y montes se alcanzaba a más del 50% de todo el uso de suelo de la región (los otros usos fundamentales se asocian a la ganadería y a la agricultura). Además, en el largo plazo no aparece una tendencia al agotamiento de estos

recursos forestales, lo que es importante desde el punto de vista del desarrollo sostenible de las ciudades y su entorno (McGranahan y Satterthwaite, 2003), tal como se puede apreciar en el siguiente gráfico:

Gráfico 2.7: Importancia de la Actividad Forestal en La Araucanía



Fuente: Elaboración propia en base a Censos Agropecuarios y Forestales de 1975, 1997 y 2007.

Como se puede apreciar, entre 1975 y 2007 ha habido una clara tendencia en la región hacia el fuerte incremento de la importancia relativa de los recursos forestales dentro de todo el suelo disponible para actividades agrícolas y silvícolas, desde cerca del 25% del total en 1975 a cerca del 50% en la actualidad. Es importante destacar que a nivel mundial el uso de leña ya no es una preocupación asociada a la deforestación, tal como se planteaba en décadas anteriores (Arnold *et al.*, 2006).

Por tanto, la abundancia relativa de este recurso en la región seguirá presionando para mantener precios bajos de la leña, lo que hace pensar en que la solución de la contaminación en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, así como en otras del sur de Chile, debe pasar por el uso de la leña como combustible. No obstante, hay que destacar que a nivel nacional ha ido cayendo el peso de los recursos forestales dentro del total de uso de suelos, pero ello se ha debido a lo que ha ocurrido en algunas zonas del centro (por ejemplo, en Valparaíso) y en las zonas australes (Aysén y Magallanes), pues en el sur (entre O'Higgins y Los Lagos) ha habido un incremento.

Sin embargo, hay dos problemas relacionados con el mercado de la leña que hacen que el precio observado no sea el más adecuado. Estos problemas son los efectos adversos (externalidades negativas) asociados al proceso de extracción y al proceso de uso final de la leña (CCTP, 2011).

En primer lugar, la mayor parte de la leña se asocia a la explotación del bosque nativo por pequeños y medianos propietarios, con bajísimo criterio de manejo silvícola adecuado. Por tanto, en el proceso de extracción se tienden a generar problemas de degradación de suelo, afectaciones a los volúmenes de agua, pérdida de biodiversidad, entre otros impactos (CCL, 2009). Este efecto dañino para la sustentabilidad de esta fuente de energía no aparece reflejado en el precio de la leña, por lo que tiende a demandarse y producirse demasiado. Es por ello que se requiere una estricta regulación en este ámbito, a fin de preservar la sustentabilidad de este importante recurso (CNE, 2008).

En segundo lugar, está el conocido problema de la contaminación atmosférica en las ciudades del sur de Chile que usan este combustible para calefacción, para cocinar, secar ropa y reducir la humedad en las viviendas, generando efectos dañinos en la salud por las emisiones contaminantes. Además, se considera que el uso inadecuado de la leña es causante de muchos incendios en viviendas en el sur de Chile (CCTP, 2011). Es por ello que se requiere la regulación del Estado sobre el uso de leña, tanto en el combustible como tal (calidad de la leña) como en los equipos que usan leña para calefacción y cocción de alimentos (CNE, 2008), a fin de reducir las emisiones contaminantes y brindar mayor seguridad a los hogares.

Mucha de la leña que se comercializa se hace de manera informal. No paga IVA (CCL, 2009), lo que hace que sea un producto más barato aún de lo que debería ser, sin incluir lo relacionado con las externalidades. Otro problema de la informalidad es que el producto no tiende a estar con las características adecuadas para el uso en los hogares, especialmente en lo relacionado con la humedad relativa y el tipo de árbol que se usó como fuente. Si el mercado funcionara de forma más formal se podría regular el tipo de leña y la humedad relativa con que se vende, para de esa forma poder generar menos contaminación con un uso más adecuado de la leña.

2.8 Consumo de Leña en Temuco y Padre Las Casas

Según estimaciones recientes (Gómez-Lobo *et al.*, 2006), en toda la región de La Araucanía se consumen más de 2 millones de metros cúbicos sólidos de leña por año, siendo el sector residencial (urbano y rural) el que ocupa cerca del 70% de ello, tal como se aprecia a continuación:

Tabla 2.12: Uso de Leña por Tipos de Usuarios

TIPOS DE USUARIOS, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA	Consumo de Leña (m³ sólidos al año)	Porcentaje del Total
Residencial Urbano	461.674	20,9
Residencial Rural	1.023.390	46,4
Comercial y Público	67.276	3,0
Industrial	654.519	29,7
Total	2.206.859	100,0

Fuente: Gómez-Lobo *et al.* (2006).

Tomando en cuenta lo que ocurre en Temuco y Padre Las Casas, según Gómez *et al.* (2009), por diferentes fuentes se estima el porcentaje de viviendas que consume leña:

Tabla 2.13: Porcentaje de Uso de Leña en los Hogares

ZONAS URBANAS, 2006 - 2007	Porcentaje de Viviendas que Usa Leña
Temuco	79,7
Padre Las Casas	73,7
Promedio Ponderado	79,0

Fuente: Elaboración propia en base a Gómez *et al.* (2009).

Tanto en las zonas urbanas de Temuco como en las de Padre Las Casas se tiene que entre el 70% y el 80% de las viviendas consume leña por algún motivo. El promedio ponderado resulta en 79%, que es más cercano al valor de Temuco, dado que esta zona tiene a cerca del 90% de las viviendas y la población.

El impacto del consumo de leña sobre la contaminación dependerá en gran medida de aspectos meteorológicos, como se señaló antes, pero es evidente que mientras mayor sea el consumo más probabilidad hay de que la calidad del aire empeore. Además, un componente básico de la relación consumo de leña–contaminación atmosférica se relaciona con los tipos de equipos que se utilicen, tal como se analizará a continuación. Por otro lado, si la población sigue creciendo a tasas similares a las de las décadas pasadas y el porcentaje de uso de leña se mantiene elevado, entonces estas zonas urbanas se mantendrán con serias dificultades para poder reducir la contaminación.

Entre los problemas asociados al consumo de leña, varios estudios (CCL, 2009; Gómez *et al.*, 2009; MMA, 2012) destacan que el problema no es tanto el uso de la leña en sí, sino la forma en que se usa. Varios problemas detectados respecto a las formas de uso se refieren a:

- Uso de leña con alto contenido de humedad, que disminuye el poder calorífico aprovechable, por lo que implica mayor uso de leña. Además, la leña húmeda genera más emisiones que la leña seca (considerada aquella que tiene menos de un 25% de humedad, CCTP (2011)).

- ▶ Equipos de baja calidad, con los que se obtiene menos de un 50% de eficiencia, que tienen que usar más leña para generar el calor necesario. Además, lo habitual es que los equipos menos modernos y menos eficientes son también los que más generan emisiones contaminantes.
- ▶ Malas condiciones de aislamiento térmico de las viviendas, sobre todo en grupos de ingresos bajos, que generan pérdidas de calor y mayor necesidad de consumo de leña.
- ▶ Mal manejo de los equipos, pues en muchos hogares se tienen costumbres en este sentido que son ineficientes, generando mayor demanda de leña. En este aspecto se incluye lo relacionado con el mantenimiento habitual que deben tener esos equipos, que no ocurre de forma debida en muchos hogares.

Por cada uno de esos motivos se puede señalar que la demanda de leña es mayor a la que debería ocurrir si se realizara el proceso de uso de leña más eficiente posible en las viviendas, por lo que en la práctica se genera más contaminación atmosférica. El Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas (BCN, 2010b) igualmente señala a esos elementos entre los principales determinantes de la contaminación (que hacen que las emisiones reales sean mucho mayores a las que se dan en condiciones óptimas de laboratorio), por lo que se señala que las políticas deben enfocarse en la corrección de esos aspectos.

2.9 Cantidad y Estructura de Equipos

Un aspecto básico del problema de contaminación en estas zonas urbanas relativamente pequeñas es lo relacionado con los equipos a leña. El uso de leña por sí solo no genera muchas emisiones contaminantes, sino que es la combinación de varios elementos, donde se destacan los tipos de equipos que se encuentran presentes. Como es lógico, en la población hay diversos tipos de equipos, unos más eficientes que otros, unos más modernos que otros, unos más contaminantes que otros. Como el mercado de equipos se ha mantenido mucho tiempo sin regulación (en 2012 se dictaron las normas de emisión para los equipos nuevos, que comenzaron a regir en 2013)¹⁸, su estructura actual es fundamental para entender este problema.

Primero se presenta la información del porcentaje estimado de hogares que tienen equipos que usan leña en esta conurbación:

Tabla 2.14: Número de Viviendas según Tenencia de Equipos

Equipos a Leña	Temuco	Padre Las Casas
	% del Total	
Tienen	86,2	81,6
No Tienen	13,8	18,4
Total	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta de DICTUC (2008).

¹⁸ Ver en BCN (2012b).

Como es obvio, tal como ocurre con los datos del uso de leña, la cantidad de viviendas que tienen equipos que combustionan leña está por encima del 80% (incluso cerca del 90% en Temuco), lo que resulta muy elevado. Pero un problema adicional es que dentro de las viviendas que tienen equipos, hay un grupo que tiene más de un equipo, por lo que tiende a generar más emisiones contaminantes. Los datos son los siguientes:

Tabla 2.15: Distribución de Viviendas según Cantidad de Equipos

Número de Equipos a Leña	Temuco	Padre Las Casas
	% del Total	
1 Equipo	84,6	94,6
2 Equipos	15,4	5,4
Total	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta de DICTUC (2008).

En Temuco cerca del 15% de las viviendas que tienen equipos cuentan con 2 equipos, mientras que en Padre Las Casas esa proporción es mucho más baja.

Como se ha mencionado, no sólo importa la cantidad de leña o la cantidad de equipos, también es muy relevante el tipo de equipo que usen los hogares. Por ejemplo, tomando aquellas viviendas que tienen un solo equipo a leña, la estructura básica de los equipos es la siguiente en la actualidad:

Tabla 2.16: Distribución de Equipos de Combustión de Leña (Viviendas que poseen sólo 1 Equipo)

Sólo las Viviendas que tienen 1 Equipo		
Tipos de Equipos a Leña	Temuco	Padre Las Casas
	% del Total	
Cocina a Leña	38,6	51,7
Salamandra	8,0	28,2
Calefactor Combustión Lenta	52,4	20,2
Chimenea, Insert u Otro	1,0	0,0
Total	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta de DICTUC (2008).

Según Sanhueza *et al.* (2005) y Gómez *et al.* (2009), los equipos que generan más emisiones contaminantes son las cocinas a leña, las salamandras y las chimeneas. De esos, las cocinas a leña son las más relevantes, sobre todo en Padre Las Casas. Este tipo de equipos se concentra fundamentalmente en los hogares de menores ingresos. En cambio, las estufas o calefactores de combustión lenta tienden a generar menos emisiones contaminantes, sobre todo los equipos más modernos. Este tipo de equipo es mucho más importante en Temuco.

En el caso de las viviendas que tienen 2 equipos, la estructura básica es la siguiente:

**Tabla 2.17: Distribución de Equipos de Combustión de Leña
(Viviendas que poseen 2 Equipos)**

Sólo las Viviendas que tienen 2 Equipos		
Combinaciones de Equipos a Leña	Temuco	Padre Las Casas
	% del Total	
Cocina a Leña y Equipo de Calefacción	88,7	100,0
2 Equipos de Calefacción	11,3	0,0
Total	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Encuesta de DICTUC (2008).

La mayoría de esos casos son viviendas con una cocina a leña y un equipo de calefacción (como salamandra o estufa, también con uso de leña). Como se podrá suponer, existe una elevada probabilidad de que una vivienda con esa combinación de equipos tenga emisiones contaminantes elevadas. Un grupo menor de viviendas, sobre todo en Temuco, tiene 2 equipos de calefacción en base a leña.

2.10 Elasticidades de Demanda respecto al uso de Leña y Equipos a Leña en los Hogares

No abundan los estudios que estiman las elasticidades de la demanda por leña en Chile, tanto respecto al precio como al ingreso. Sin embargo, se destacan algunos resultados interesantes. Según Gómez-Lobo *et al.* (2006), en las regiones del sur de Chile, desde Rancagua hasta Aysén, se aprecia cierta rigidez en el consumo de leña, que refleja una baja elasticidad – precio de la demanda (demanda inelástica). Incluso, con el método de valoración contingente, en la región de Los Lagos se encontró una baja sensibilidad en el consumo de leña frente a cambios en el precio de este combustible. Este resultado es congruente con el hecho de que los combustibles alternativos resultan mucho más caros, por lo que la sustitución se hace más difícil y normalmente se avanza más en un consumo más eficiente de la leña pero no en una eliminación de su uso.

Además, en ese mismo estudio se plantea una elasticidad – ingreso de la demanda positiva, por lo que la leña se considera un bien normal, aunque con un valor bajo de elasticidad. A pesar de que ha habido una sustitución natural (sin el efecto de las políticas) en las últimas décadas en cuanto al uso de leña para cocinar (básicamente por la mayor comodidad), en cuanto a calefacción el uso de leña se proyecta que irá creciendo a medida que aumenta el ingreso de las personas.

Es importante destacar que a nivel internacional (Arnold *et al.*, 2006) lo común es encontrar elasticidades – ingreso de la demanda negativas (indicando que la leña es un bien inferior), pero ello se asocia también a los problemas de escasez de leña en las zonas urbanas a medida que avanza el proceso de desarrollo. Asimismo, los estudios de elasticidad – precio de la demanda indican que la leña es un bien inelástico, tal como se ha encontrado en el sur de Chile.

Por otro lado, Chávez *et al.* (2010) estimaron mediante valoración contingente y con métodos de elección múltiple la elasticidad – precio de la demanda para los equipos de calefacción modernos (más eficientes y menos contaminantes) en el marco de los estudios para implementar una correcta política de recambio de voluntario de equipos (para reducir los más contaminantes). El resultado básico es que se encuentra una demanda inelástica, o sea, que si los equipos más modernos bajan de precio (que son los más caros), la demanda por ellos se incrementaría poco. Es por ello que se requiere aplicar un sistema de incentivos con subsidios para estimular o acelerar el recambio voluntario por parte de la población. Sobre todo, el esfuerzo del Estado es fundamental, dado que los nuevos equipos tienen un costo relativamente elevado, por lo que muchas personas pueden preferir quedarse con sus equipos actuales.

Asimismo, en dicho estudio se señala que los hogares con mayores ingresos están más dispuestos a participar en un programa de recambio, por lo que se aprecia una relación positiva con los equipos nuevos, que se pueden considerar como bienes normales.

CAPÍTULO 3: CARACTERIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR LEÑA Y ANÁLISIS DE LOS DAÑOS A LA SALUD

Existe contaminación de la atmósfera cuando las emisiones de las diferentes fuentes son superiores a la capacidad de absorción de la naturaleza y genera daños a la salud de las personas (Helfand *et al.*, 2003; Tietenberg y Lewis, 2012). En este sentido, la contaminación del aire ocurre cuando su composición no es la misma que en su estado natural, lo que significa una menor calidad del aire que genera daños a la salud de las personas. Se trata del daño a un recurso renovable – la atmósfera – que ocurre por una sobreexplotación del mismo (The World Bank, 1992). Las formas, causas y consecuencias que tenga la contaminación resultan muy relevantes para el análisis de sus soluciones y de la reacción de las personas.

El problema de contaminación atmosférica en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tiene una serie de características que lo diferencia de otros tipos de contaminación atmosférica en otras zonas de Chile y del mundo. A continuación se consideran diferentes aspectos que ayudan a comprender de mejor forma el problema señalado, y más abajo se mostrará la revisión bibliográfica sobre los daños a la salud que genera este tipo de contaminación.

3.1 Caracterización de la Contaminación en Temuco y Padre Las Casas

3.1.1 Áreas Afectadas

Ante todo, es importante destacar que el problema de contaminación del aire de Temuco y Padre Las Casas es de carácter externo a los agentes contaminantes. O sea, que es una situación de contaminación atmosférica (*outdoor*) por la combustión de leña en los hogares, afectándose el conjunto de la población, tal como ocurre en ciudades medianas y pequeñas de varios países desarrollados (Smith y Pillarisetti, 2012). La contaminación intradomiciliaria (*indoor*) ha ocurrido también por el uso de leña, pero se reconoce que es un problema menor¹⁹, sobre todo de aquellos hogares que tienen equipos muy antiguos o de escasa aplicación de las tecnologías apropiadas²⁰, que en general son los grupos de menos ingresos.

3.1.2 Las Fuentes

Las fuentes de emisiones contaminantes habitualmente se agrupan en 4 tipos: puntuales, de área, móviles y naturales (Sbarato y Sbarato, 2009). En el caso de Temuco y Padre Las Casas, se trata de fuentes de área, dado que son muchos agentes pequeños (hogares) emitiendo contaminantes en un área específica, por lo que se estudian de forma colectiva. En el caso de las fuentes puntuales, generalmente se asocian a grandes industrias. En las móviles, a los medios de transporte público y privado. Y en las fuentes naturales están los incendios forestales y las erupciones volcánicas, entre otras. Por otro lado, las autoridades

¹⁹ No se está considerando la contaminación por el hábito de fumar al interior de los hogares u otros sitios.

²⁰ Son los llamados braseros y salamandras (CNE, 2008).

chilenas (MMA, 2012) establecen 3 tipos de fuentes: fijas, móviles y fugitivas. En las fijas están las industrias y los hogares que usan leña para calefacción y cocción de alimentos. En las móviles están los medios de transporte y las fugitivas corresponden a actividades de carácter natural y a actividades que generan emisiones sin ductos o chimeneas, como es el caso de la construcción, las calles pavimentadas y sin pavimentar, entre otras.

Por otra parte, según Azqueta *et al.* (2007), las fuentes de los problemas ambientales pueden clasificarse en cuatro categorías, según su movilidad y su cantidad, presentadas en la siguiente tabla:

Tabla 3.1: Clasificación de la Contaminación de Temuco y Padre Las Casas según Tipo de Fuentes

FUENTES	Fijas	Móviles
Numerosas	X	
Pocas		

Fuente: Azqueta *et al.* (2007).

La contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas tiene como fuentes a muchas viviendas (en torno a las 100.000 según estimaciones recientes), por lo que son fuentes fijas y numerosas que generan emisiones de material particulado (medido como MP₁₀ y como MP_{2,5}) a la atmósfera debido al proceso de combustión de leña, tanto en equipos de calefacción como en cocinas a leña. O sea, el origen de la contaminación del aire de estas zonas está en el proceso de consumo de muchos hogares. Recuerde que aunque la cantidad de población y viviendas es bastante pequeña en comparación a las grandes ciudades (tal como en Santiago de Chile), para el tipo de fuente contaminante que se está estudiando, unas cantidades relativamente pequeñas de población y viviendas pueden generar niveles muy elevados de contaminación del aire, dada las desproporcionadas emisiones que generan los equipos a leña (Smith y Pillarisetti, 2012)²¹. Tal como indican Dasgupta y Mäler (1995), los daños acumulados que generan muchos agentes pequeños pueden ser considerables, lo que tiende a ocurrir en los casos de recursos comunes que no tienen ningún tipo de regulación (como ocurre en estas zonas urbanas con el aire). Por otro lado, según Chávez *et al.* (2011) y Gómez *et al.* (2013), se considera al caso de Temuco y Padre Las Casas como un problema de contaminación difusa, dado que por la gran cantidad de pequeños agentes involucrados es muy difícil y costoso poder fiscalizar y determinar quiénes contaminan más (o sea, desde el punto de vista de las políticas es esa denominación), pues solo el efecto agregado es observable, tal como ocurre con otras situaciones a nivel mundial (Segerson, 1988; Shortle y Horan, 2001; Gunningham y Sinclair, 2005; Xepapadeas, 2011)²².

²¹ Por ejemplo, en EPA (2009) se indica que retirar una estufa a leña tradicional o antigua de un hogar provoca una reducción de emisiones equivalente a retirar de las calles a 5 buses viejos que usan diesel (los más contaminantes). Por otro lado, según Cooper (1980, las diferencias entre los equipos a leña y otros equipos de calefacción con otras fuentes de energía (como petróleo o gas) respecto a las emisiones de material particulado y otros contaminantes es sumamente elevada, lo que explica los graves problemas de contaminación cuando el uso de la leña es significativo.

²² Es importante destacar que la mayoría de los casos estudiados de contaminación difusa (*nonpoint source pollution*) en el mundo han sido los de contaminación del agua de los ríos debido a las actividades agrícolas.

Aunque en esta conurbación hay otras fuentes, como industrias y medios de transporte, su peso relativo en las emisiones totales es bastante menor al generado por el consumo de leña en los hogares. Según las estimaciones más recientes de inventarios de emisiones de varios contaminantes en estas comunas, más del 90% de las emisiones totales de MP₁₀ y de MP_{2,5} (considerando todas las fuentes fijas y móviles, sin tomar en cuenta el polvo fugitivo asociado a la agricultura y a la construcción, entre otros) corresponde a la originada por la combustión de leña residencial (DICTUC, 2008).

3.1.3 La Capacidad de Absorción

Según Tietenberg y Lewis (2012), los contaminantes pueden clasificarse según el grado en que la naturaleza puede absorberlos. De esta forma se indican dos tipos:

- Contaminantes tipo *Stock* o de Acumulación: Son aquellos que cuando se emiten se mantienen durante mucho tiempo generando daño, dado que la naturaleza no los absorbe fácilmente, o lo hace de forma muy lenta. Por tanto, los daños que generan se mantienen en el largo plazo, llegando incluso a provocar problemas en varias generaciones.
- Contaminantes tipo *Fund* o de Flujo: Estos son los que se absorben rápidamente por la naturaleza, por lo que generan daños en el corto plazo una vez que se emiten.

La contaminación en Temuco y Padre Las Casas pertenece a la segunda categoría, de tipo *fund* o de flujo, puesto que las emisiones que se generan en un día se mantienen en la atmósfera por unas horas, no duran varios días ni varios meses. Ya sea el viento, la lluvia o la caída al suelo de forma natural de los contaminantes²³, en la práctica unas mismas emisiones no se quedan mucho tiempo en la atmósfera.

Lo que sucede es que si muchos días seguidos se generan esas emisiones, tal como ocurre en los meses más fríos, entonces el aire se mantiene muy contaminado en un período largo (más horas de lo normal), sobre todo cuando las condiciones climáticas no son favorables: bajas temperaturas, pocas precipitaciones y poca ventilación, que se dan sobre todo cuando hay inversiones térmicas (más adelante se profundizará en estos aspectos).

El hecho de que no se considere de tipo *stock* o de acumulación significa que el comportamiento de generaciones pasadas o de lo ocurrido hace un año no influye en la situación actual, o que las emisiones actuales no influyen en la situación de contaminación del año siguiente o a más largo plazo, lo que es relevante en el ámbito de las medidas a aplicar (Oates y Baumol, 1975). No obstante, los efectos en la salud de las personas de los flujos contaminantes de cada año se van reflejando tanto en el corto como en el largo plazo. Es decir, los contaminantes no se quedan en la atmósfera, pero se pueden quedar “en las personas”, lo que significa que si en el corto plazo se elimina el problema de contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas, en el largo plazo aún pueden aparecer casos de personas enfermas por esa causa.

²³ Aunque debido a que el material particulado de este tipo de emisiones es muy fino, permanece más tiempo sin caer al suelo que cuando las fuentes son otras (Larson y Koenig, 1994). Es por ello que también hay problemas de visibilidad.

3.1.4 El Alcance Territorial

Otra forma de caracterizar un problema de contaminación del aire es respecto a los afectados desde el punto de vista geográfico (Azqueta *et al.*, 2007; Tietenberg y Lewis, 2012). En cuanto a la concentración geográfica de este problema, se considera que por la forma de estas emisiones y la capacidad de absorción de la naturaleza, el impacto de la contaminación es de carácter más local. Las emisiones no viajan grandes distancias, por lo que no hay efectos dañinos adicionales a los que se observan en la misma población de estas ciudades.

3.1.5 Agentes Contaminantes y Agentes Contaminados

En general, entre el hombre y la naturaleza existe una relación en ambos sentidos, pues los cambios ambientales afectan al bienestar de las personas, pero las personas también son capaces de generar problemas ambientales (Bonnes y Bonaiuto, 2002). En algunos casos coinciden exactamente los mismos agentes, tal como ocurre en Temuco y Padre Las Casas.

A nivel mundial, la contaminación en la actualidad se asocia más al consumo (originado directamente en la cantidad y en los patrones de consumo), a diferencia de lo que ocurría en las décadas de los 60's y 70's²⁴, en donde el origen estaba más en los procesos industriales (PNUD, 1998; CEPAL, 2003). El caso de los automóviles es el más famoso de contaminación originada en el proceso de consumo de los hogares, pues en muchas ciudades es una fuente fundamental de contaminación (en Santiago de Chile aporta a cerca del 20% de las emisiones de MP₁₀).²⁵ Como en el caso de Temuco y Padre Las Casas, igual que en varias ciudades del sur de Chile, el origen fundamental de las emisiones contaminantes está también en el consumo, aunque por el uso de leña, la lógica del consumidor es fundamental para comprender este problema.

Si es una industria la que contamina a toda una ciudad (tal como ocurre en algunas ciudades del norte de Chile por las industrias relacionadas con la minería), la sociedad civil (los consumidores) aparece como la víctima, por lo que el gobierno debe hacer frente a esos reclamos y regular al agente contaminante (Mol, 2010), pues hay una clara externalidad negativa (en los costos privados de la industria no se consideran los costos sociales, por lo que se generan más emisiones que las óptimas en la sociedad). La formulación y aplicación de la política ambiental está determinada por esta situación clara.

Pero como en la actualidad, cuando el origen fundamental está en el proceso de consumo, el problema es de carácter ambiguo, dado que el agente contaminador – consumidor es el perjudicado con sus propios actos. En este caso la víctima también es el agente

²⁴ El efecto dañino del consumo sobre el medio ambiente es mayor que el generado de forma directa, pues muchos bienes de consumo generan daños indirectos, ya sea en su proceso de elaboración, como por el uso de energía (los refrigeradores usan energía y ésta puede dañar al medio ambiente, en dependencia del tipo de energía).

²⁵ Según estudio de UCH (2008). Cuando se consideran otras fuentes relacionadas directamente con el consumo, como el uso de buses.

contaminante, lo que dificulta o abre otra perspectiva a la política ambiental (CEPAL, 2003).

Según Funabashi (1989), esta situación se puede comprender según la siguiente clasificación de los problemas ambientales:

Tabla 3.2: Clasificación de la Contaminación de Temuco y Padre Las Casas según el Tipo de Problema Ambiental

PROBLEMAS AMBIENTALES	Duplicación de Beneficios y Daños	Separación de Beneficios y Daños
Beneficios y Daños Limitados		
Beneficios Amplios y Daños Limitados		
Beneficios Limitados y Daños Amplios		
Beneficios y Daños Amplios	X	

Fuente: Elaboración propia en base a Funabashi (1989).

En el caso de Temuco y Padre Las Casas hay una situación de duplicación de beneficios y daños, puesto que los mismos beneficiados (que buscan una mejor temperatura al interior de los hogares) son los perjudicados (pues los hogares tendrán peor salud en el corto, mediano y largo plazo). Esta duplicación se refiere al grupo de hogares consumidores como un todo, pues si se observa un hogar desde el punto de vista de la microeconomía, sus emisiones dañan a otros y en parte a ellos mismos, tal como sucede con muchos casos de externalidades.

Por otro lado, este caso genera beneficios y daños amplios, pues hay un gran número de personas involucrado en este problema. La contaminación del aire causada por los automóviles y otros medios de transporte asociados al consumo también está en esa categoría, pues son muchos agentes que generan emisiones, a la vez que como grupo son los mismos agentes afectados por esa contaminación (The World Bank, 2003; CEPAL, 2003). Pero ese tipo de contaminación es por fuentes móviles, por lo que los impactos en la sociedad y las soluciones a ese problema son diferentes.

Además, generalmente la contaminación causada por los automóviles y otros medios de transporte asociados al consumo de hogares es relevante en ciudades grandes, cuando la masa de vehículos de transporte es muy grande en un espacio reducido. El problema con la contaminación generada a partir del uso de leña es que no se requiere de una gran concentración de personas, como en las grandes ciudades, para que aparezca. Como ya se ha comentado, ello se debe a que las emisiones de los equipos tradicionales que usan leña como combustible son mayores que las que se observan habitualmente en los diferentes tipos de vehículos de transporte.

3.1.6 Exclusión, Rivalidad y Congestión

Una forma de clasificar los problemas ambientales puede ser a través de la caracterización del tipo de bien en análisis (Stiglitz, 2000a; Daly y Farley, 2004). Una característica de los bienes está en si son excluibles o no, que se asocia a que funcionen los derechos de propiedad privados y una empresa o persona pueda ofrecer el bien y cobrar por su uso, pues resulta fácil y poco costoso excluir a aquellos que no quieran pagar por el bien. Otra característica de los bienes se asocia a la rivalidad, siendo los bienes rivales aquellos que el consumo de un bien por parte de una persona impide el consumo de ese mismo bien a otra persona, mientras que los bienes no rivales son aquellos que pueden ser consumidos por más de una persona al mismo tiempo. Finalmente, hay que destacar que hay bienes que por su naturaleza son no rivales, pero que en caso de congestión, con muchas personas utilizándolos, se convierten en un bien con características de rival.

En un extremo están los bienes privados típicos (por ejemplo, alimentos, ropa y vivienda), que son excluibles y rivales. Mientras que en el otro extremo están los bienes públicos puros, que son no excluibles y no rivales, como el alumbrado público y la defensa nacional. En el caso de los bienes no rivales que pueden presentar problemas de congestión, un ejemplo es el de las carreteras, que cuando van pocos automóviles es un bien no rival, pero cuando van muchos automóviles se convierte en un bien rival.

Tomando lo anterior en consideración, en la siguiente tabla aparecen las diferentes posibilidades y se ubica al caso de Temuco y Padre Las Casas.

Tabla 3.3: Clasificación de la Contaminación de Temuco y Padre Las Casas según el Tipo de Bien

TIPOS DE BIENES	Excluible	No Excluible
Rival		
No Rival		
No Rival pero con Congestión		X

Fuente: Elaboración propia en base a Daly y Farley (2004).

La contaminación atmosférica se tiende a ubicar en el caso de bienes no excluibles y no rivales con congestión, pues resulta muy difícil excluir a alguien de respirar aire limpio (en caso de que se hagan esfuerzos públicos o privados para mejorar la calidad del aire) si no desea pagar por ello, pero aunque el aire limpio es un bien no rival (una persona adicional que lo disfrute no impide que otra lo haga o una persona que utilice la atmósfera para expulsar emisiones contaminantes no impide que otra lo haga), cuando hay muchos agentes contaminantes (congestión por escala) el aire limpio se convierte en rival (el hecho de que otros usen la atmósfera para emitir contaminantes impide el disfrute de otros de una buena calidad del aire). Ello es equivalente a colocar la contaminación del aire como un caso de bien no excluible y rival (The World Bank, 2003), sobre todo porque los casos de contaminación del aire en las ciudades se debe a problemas de escala: la cantidad de personas con sus diferentes actividades es una causa fundamental.

3.1.7 Aspectos Químicos de la Combustión por Leña

La contaminación del aire por la combustión de equipos que usan leña genera una serie de emisiones que tienen una composición química específica, distinta a la de las emisiones de los automóviles, de la industria y de otras fuentes. A continuación, un resumen de los aspectos más relevantes (Cooper, 1980; Larson y Koenig, 1994; DICTUC, 2008; Oyarzún, 2010; BCN, 2012b):

- En el área de Temuco y Padre Las Casas se utiliza como leña a distintas especies de madera, cada una con diferente estructura de sus compuestos orgánicos: celulosa, hemicelulosa y lignina. Sin embargo, la composición elemental de la madera: oxígeno, carbono e hidrógeno, no sufre variaciones importantes entre las distintas especies.
- En la combustión de leña se genera un humo con compuestos químicos que se consideran peligrosos para la salud de las personas. En la fase de pirólisis (descomposición química por acción del calor en ausencia de oxígeno) de la combustión se producen hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) debido a la presencia de lignina, tales como benzo α -pireno, acenaftileno, naftaleno, antraceno y fenantreno, entre otros. Varios de estos HAPs tienen efectos dañinos demostrados sobre la salud de las personas, según diversos estudios nacionales e internacionales (que se analizarán en otra parte de esta investigación). Además, otros compuestos orgánicos de este proceso son sustancias como: formaldehídos, benceno, tolueno y xileno.
- Más del 90% de todo el material particulado producto de la contaminación por combustión de leña corresponde a MP₁₀ y MP_{2,5} (o incluso con tamaños menores), o sea, que son suficientemente pequeños para que sean fácilmente respirables por las personas, con diferentes tipos de riesgos sobre la salud, lo que se revisará más abajo. Dichas partículas están compuestas fundamentalmente por partículas orgánicas y carbono elemental (hollín), y una pequeña fracción corresponde a sales inorgánicas como KCl, K₂SO₄, entre otras.

Como es obvio, el tipo de contaminante del aire fundamental en Temuco y Padre Las Casas estará relacionado con las formas específicas que se generan por la combustión de la leña por los hogares, dado que es la fuente fundamental de emisiones.

Es importante destacar que la combustión a leña no genera problemas asociados a otras fuentes de energía para calefacción, como la electricidad, el petróleo o el gas, que tienen elevadas emisiones de dióxido de carbono (tomando en cuenta también las equivalencias en carbono de las emisiones de metano y el óxido de nitrógeno). Algo similar ocurre con el ácido nítrico y el ácido sulfúrico. O sea, el uso de leña como combustible tiene un bajo impacto asociado al efecto invernadero y a la lluvia ácida en comparación con otras fuentes de energía para calefacción (Houck *et al.*, 1998).

3.1.8 Los Contaminantes

A continuación se mostrarán los resultados de las mediciones de los contaminantes en la estación de Las Encinas²⁶, de Temuco, durante el año 2012 (en caso que no sean datos de ese año se indicará), comparándolos con los valores de las normas primarias establecidas por las autoridades ambientales (normas asociadas a la protección de la salud de las personas):

Tabla 3.4: Principales Contaminantes en Temuco

Contaminante	Período	Norma Chile $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Resultado Temuco
Material Particulado menor a 10 micrones (MP ₁₀)	Promedio Diario	150	38 días con exceso sobre la norma ²⁷
	Promedio Anual	50	64,5
Material Particulado menor a 2,5 micrones (MP _{2,5})	Promedio Diario	50	106 días con exceso sobre la norma ²⁸
	Promedio Anual	20	47,7
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Promedio Diario	250	Sin información
	Promedio Anual	80	Sin información
Ozono (O ₃)	Promedio móvil 8 horas	120	Sin información
Monóxido de carbono (CO)	Máximo por 1 hora	30.000	Sin días de exceso sobre la norma
	Promedio móvil 8 horas	10.000	Sin días de exceso sobre la norma
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Máximo por 1 hora	400	Sin días de exceso sobre la norma ²⁹
	Promedio Anual	100	12,1 ³⁰
Plomo (Pb)	Promedio Anual	0,5	Sin información

Fuente: Elaboración propia en base a MMA³¹.

De la tabla anterior se puede destacar que el problema fundamental de contaminación en estas zonas se relaciona con los elevados niveles de MP₁₀ y MP_{2,5}, dado que en los otros contaminantes no se aprecian dificultades en los últimos años. Hay que destacar que a nivel

²⁶ Es la estación más antigua, con equipos más modernos y con registro de más contaminantes, la que se encuentra ubicada en la Universidad de la Frontera. Hay otras 2 estaciones, una más en Temuco y otra en Padre Las Casas. Dado que estas zonas urbanas son relativamente pequeñas y dado que hay una movilidad importante de la población al interior, no resulta muy relevante el análisis de lo que aparece en las otras estaciones de monitoreo.

²⁷ De un total de 338 días con información.

²⁸ De un total de 346 días con información.

²⁹ Información de 2008.

³⁰ Información de 2008.

³¹ Sitio del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

nacional, el uso de leña para calefacción es la principal fuente que explica las concentraciones de $MP_{2,5}$ (MMA, 2012).

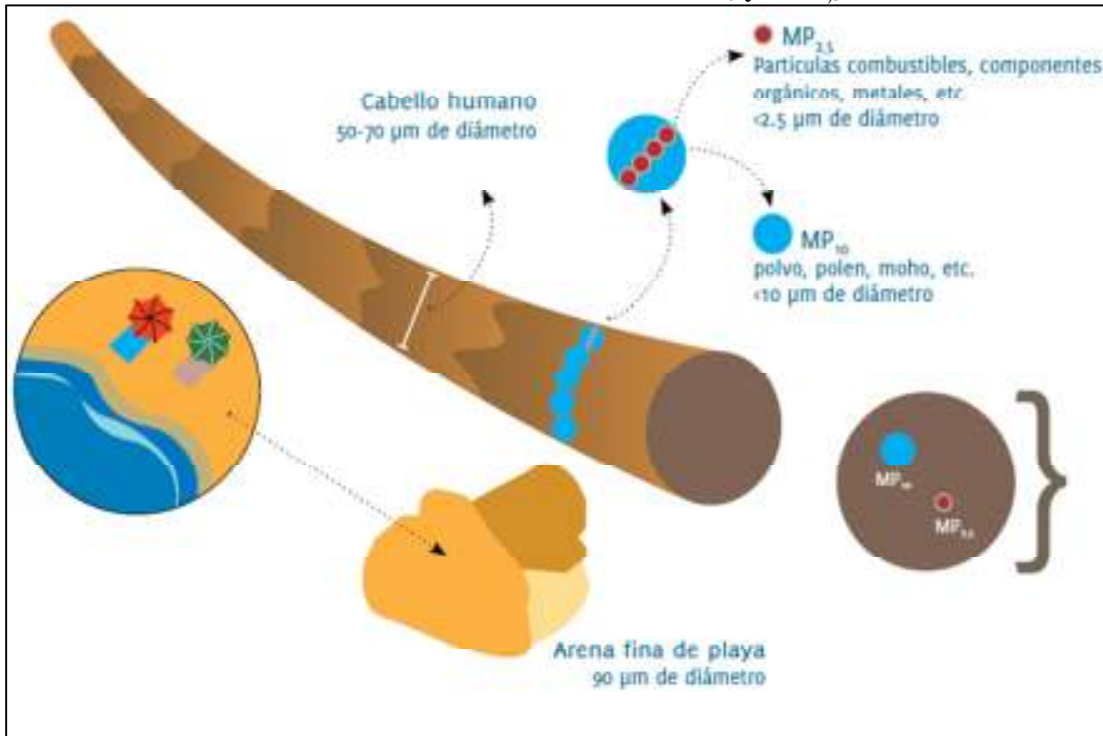
Los niveles promedio anuales de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en Temuco sobrepasan ampliamente la norma chilena: el MP_{10} la sobrepasa en un 30% y el $MP_{2,5}$ en nada menos que en 138%. La norma propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para las concentraciones promedio anuales son de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el MP_{10} y de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el $MP_{2,5}$ (OMS, 2006), las que son sobrepasadas ampliamente en el caso de Temuco (entre 3 y 5 veces respectivamente).

Por otra parte, en cuanto a las normas chilenas de concentración diaria de MP_{10} y $MP_{2,5}$, en Temuco se sobrepasan durante una cantidad importante de días, en más de un mes al año en el caso del MP_{10} y en algo más de 3 meses en el caso del $MP_{2,5}$. Y cuando se consideran las normas propuestas por la OMS para el promedio diario, en 2012 en Temuco hubo 160 días de exceso para el caso del MP_{10} (norma diaria de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio) y 163 días de exceso en el caso del $MP_{2,5}$ (norma diaria de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio), o sea, en torno a 5 meses con mala calidad del aire según esas normas más estrictas (que ocurre fundamentalmente en los meses de invierno).

Tomando como base una imagen del sitio web de la US Environmental Protection Agency (EPA)³², un documento reciente del Ministerio de Medio Ambiente de Chile muestra una versión que permite comprender mejor cómo son los contaminantes MP_{10} y $MP_{2,5}$ (MMA, 2012):

³² Sitio web de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América: www.epa.gov.

Gráfico 3.1: Dimensión de MP₁₀ y MP_{2,5}



Fuente: MMA (2012).

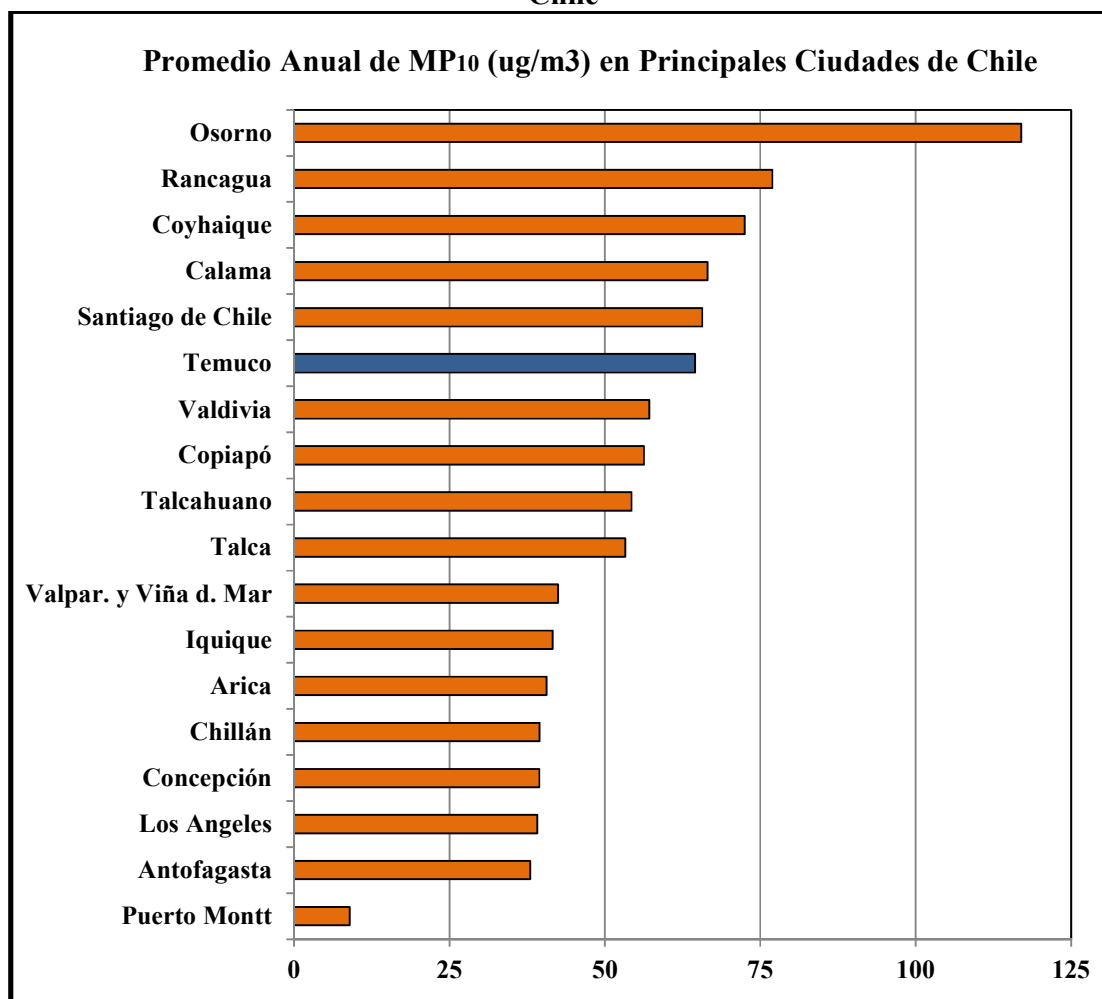
La imagen toma como referencia un cabello humano y arena fina de playa. Una unidad de MP₁₀ es alrededor de un 20% del diámetro de un cabello humano, mientras que una unidad de MP_{2,5} es alrededor de un 5% del diámetro de un cabello humano. Se indican además algunos ejemplos de elementos que están en cada contaminante, como es lo relacionado con partículas relacionadas con el uso de combustibles y los componentes orgánicos, que son tan pequeños que aparecen en el MP_{2,5}, tal como ocurre con la contaminación por el uso de leña. Mientras más pequeños sea el material particulado en la atmósfera, más agresiva resulta la contaminación para la salud de las personas (Sbarato y Sbarato, 2009).

3.1.9 Lugar de Temuco y Padre Las Casas a Nivel Nacional

Para ubicar de forma relativa la situación de Temuco y Padre Las Casas a continuación se compara con el resto de las principales ciudades del país en cuanto a los 2 contaminantes señalados anteriormente que están más presentes en este caso.

Se comenzará con los valores promedio anuales de MP₁₀ (medido como µg/m³), tomando básicamente los datos de 2012, aunque para algunas ciudades los datos son menos actualizados (de 2008 a 2011):

Gráfico 3.2: MP₁₀ de Temuco y Padre Las Casas en comparación a otras ciudades de Chile



Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA³³ y UCH (2008).

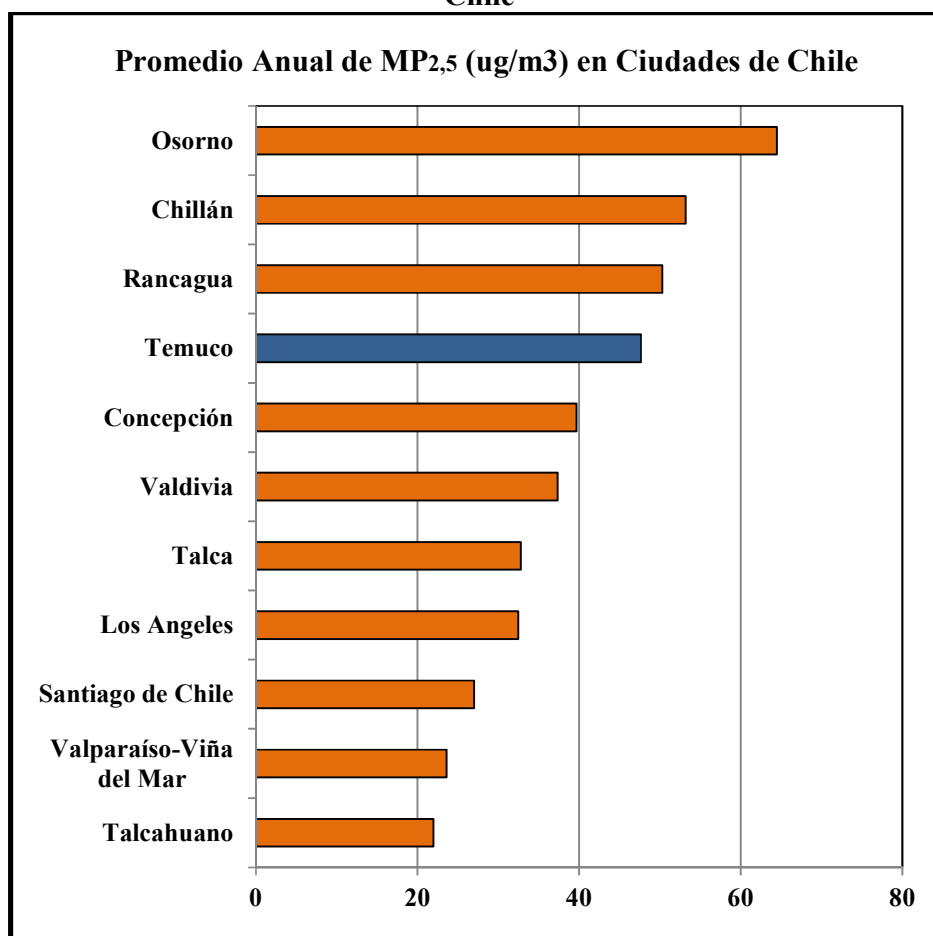
Temuco aparece en 6to lugar nacional en cuanto a concentración promedio anual de MP₁₀ tomando a 18 ciudades importantes (la mayoría capitales regionales). Es relevante destacar que las 3 ciudades más contaminadas: Osorno, Rancagua y Coyhaique, también tienen al uso de leña en los hogares como la principal fuente de emisiones que contaminan el aire. Otras ciudades afectadas por el mismo problema son Chillán, Los Angeles, Valdivia, Talca y Concepción, aunque con distinto grado de relevancia. En las 10 ciudades con mayor nivel de contaminación se supera la norma primaria chilena ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Algunas ciudades importantes están con problemas de contaminación por debajo de la norma primaria de Chile, como es el caso de la conurbación de Valparaíso y Viña del Mar, Iquique, Antofagasta, Concepción y Puerto Montt, las que tienen en común el estar en la costa, lo que debe ayudar a crear mejores condiciones de ventilación. Sin embargo, todas las

³³ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

ciudades³⁴, excepto Puerto Montt, superan la norma primaria propuesta por la OMS (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En cuanto a las concentraciones promedio anuales de $\text{MP}_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), en el siguiente gráfico aparecen algunas ciudades igualmente para el año más reciente disponible (menos ciudades que en el caso del MP_{10} , pues muchas estaciones de monitoreo no registran este contaminante más fino):

Gráfico 3.3: $\text{MP}_{2,5}$ de Temuco y Padre Las Casas en comparación a otras ciudades de Chile



Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA³⁵.

Temuco aparece en 4to lugar, aunque con pocas diferencias de las ciudades más contaminadas, que son Osorno, Chillán y Rancagua. De las 11 ciudades con datos, en 8 de las más contaminadas el uso de leña por parte de los hogares es la principal fuente

³⁴ Hay 2 ciudades importantes (capitales regionales) que no aparecen en la lista, La Serena y Punta Arenas, que hasta el momento no tienen estaciones de monitoreo, lo que está asociado a que no hay problemas serios de contaminación atmosférica. Ambas son ciudades relativamente pequeñas, con menos de 200.000 habitantes, sin muchas industrias y no hay uso de leña como combustible.

³⁵ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

generadora de emisiones. En cambio, las ciudades con menores niveles de $MP_{2,5}$ son las más grandes en tamaño. Estas o no usan leña como combustible (Santiago de Chile y la conurbación de Valparaíso y Viña del Mar) o tienen mejores condiciones de ventilación (la conurbación de Valparaíso y Viña del Mar y Talcahuano) por estar cerca del mar.

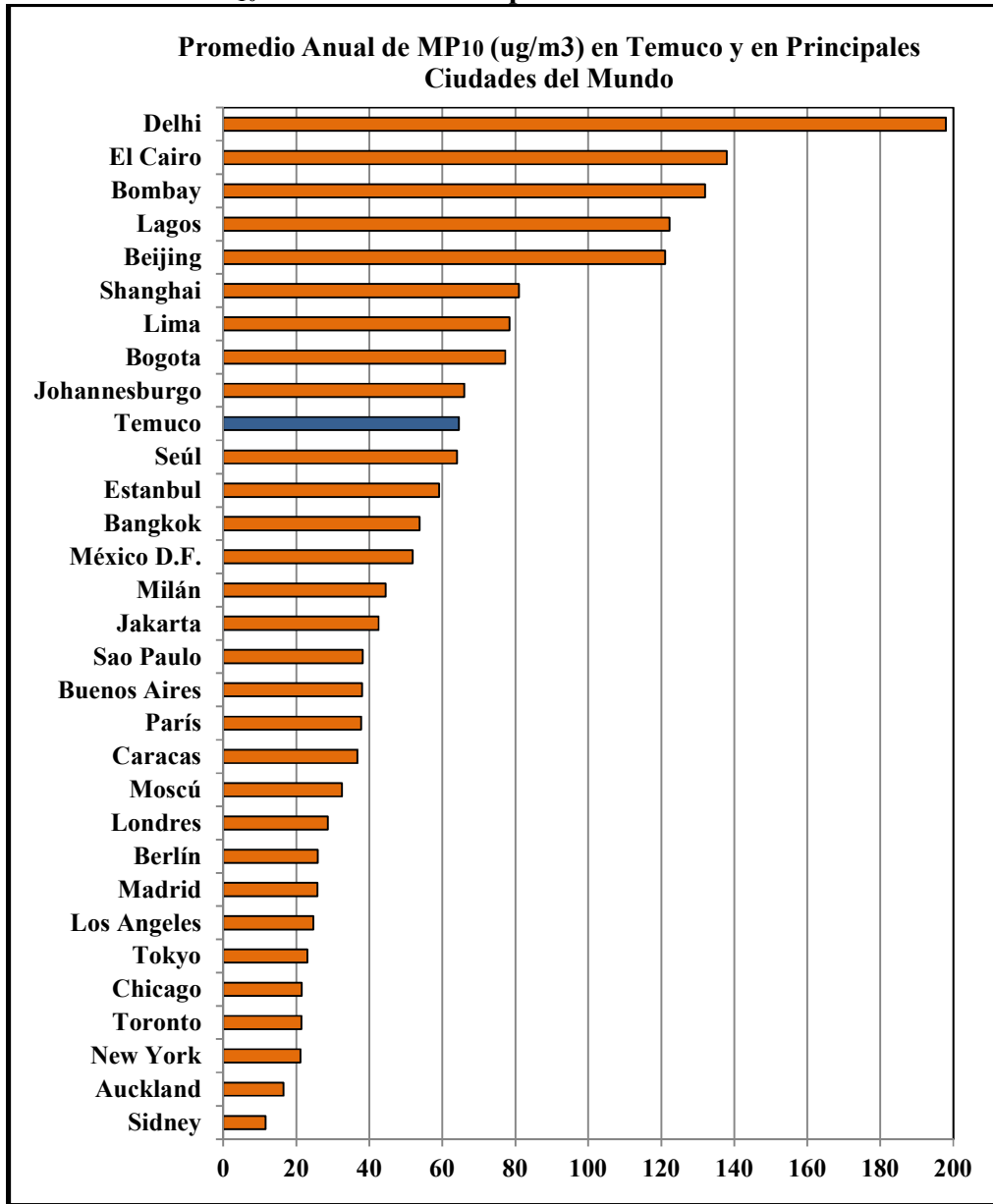
Sin embargo, en todos los casos se aprecian niveles de concentración anuales de $MP_{2,5}$ superiores a lo establecido en la norma primaria chilena ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Es decir, en general la situación de muchas ciudades chilenas, especialmente las ubicadas al sur y alejadas de las costas, afectadas por el uso de leña en los hogares, es bastante desfavorable, más aún si se considera que superan en varias veces la norma primaria propuesta por la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Es importante señalar que si bien Temuco y Padre Las Casas son zonas urbanas que aparecen con serios problemas respecto a los contaminantes analizados, MP_{10} y $MP_{2,5}$, en el contexto nacional, muchas de las ciudades mostradas (y otras más pequeñas) muestran serios problemas de contaminación del aire pero por otros contaminantes (originados en otras fuentes, como son las industrias y el transporte). Por ejemplo, en Santiago de Chile se tienen niveles elevados de los siguientes contaminantes: dióxido de nitrógeno, óxido de nitrógeno, monóxido de carbono y ozono (UCH, 2008), adicionalmente a las altas concentraciones de MP_{10} mostradas anteriormente.

3.1.10 Lugar de Temuco y Padre Las Casas a Nivel Internacional

Otra comparación puede hacerse tomando los valores de MP_{10} y $MP_{2,5}$ de varias ciudades importantes a nivel internacional, para poder dimensionar el problema de Temuco y Padre Las Casas. Se parte con la situación más reciente en cuanto a MP_{10} (medido como $\mu\text{g}/\text{m}^3$) según las estadísticas que la Organización Mundial de la Salud brinda para un conjunto amplio de países:

Gráfico 3.4: MP₁₀ de Temuco en comparación a otras ciudades del mundo



Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA³⁶ y OMS³⁷.

Se han escogido 30 ciudades grandes a nivel internacional, además del caso de Temuco y Padre Las Casas, que se ubica en el décimo lugar. Observe que la situación de Temuco y Padre Las Casas es peor que la de grandes ciudades latinoamericanas conocidas por sus problemas de contaminación atmosférica, como son México (D.F.), Sao Paulo y Caracas, aunque es importante aclarar que esas ciudades pueden presentar serios problemas en otros contaminantes, tal como ocurre en Santiago de Chile.

³⁶ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

³⁷ Base de datos sobre calidad del aire en ciudades del mundo, disponible en www.who.int.

Las ciudades con peor calidad del aire en cuanto al indicador de MP_{10} son de países actualmente subdesarrollados y muy poblados: India, China, Egipto y Nigeria. Las ciudades de países latinoamericanos (se excluye a Santiago de Chile, por haberse mostrado anteriormente) están con niveles de contaminación por MP_{10} algo elevados, destacándose los casos de Lima y Bogotá. En la parte baja del gráfico, con los mejores niveles de calidad del aire se destacan ciudades de Estados Unidos, Canadá, Europa, Australia y Nueva Zelanda, es decir, de países desarrollados, los que generalmente tienen mayores regulaciones y además pueden invertir en tecnologías más caras que son más limpias. Es importante destacar que de las ciudades mostradas, sólo Auckland y Sídney cumplen con la norma primaria propuesta por la OMS para la concentración promedio anual de este contaminante ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tomando los resultados del gráfico anterior se puede calcular un indicador más relativo, tomando a la población de cada ciudad³⁸. En este caso se calculó el nivel de contaminación por cada millón de habitantes de la siguiente forma: (concentración promedio anual de MP_{10} /Población Total) \cdot 1.000.000. De esta forma se puede identificar cómo afecta el nivel de contaminación a cada persona, o de otra forma, cuánta contaminación se genera por cada persona. Sin embargo, hay que recordar que la concentración de MP_{10} está por metros cúbicos, por lo que el impacto en la población depende mucho de la densidad que tenga en un territorio determinado. Un mejor indicador podría ser la cantidad de emisiones por cantidad de habitantes, pero esos datos son más difíciles de obtener. No obstante, este indicador da algunas pistas sobre la relación entre población y contaminación del aire. En la siguiente tabla se ponen los resultados principales:

³⁸ Los datos de población de las ciudades se obtuvieron de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>.

Tabla 3.5: Contaminación de MP₁₀ por Persona

CIUDADES	(MP ₁₀ /Población)· 1.000.000
Temuco y Padre Las Casas	215,1
Lagos	15,3
Auckland	12,7
Delhi	11,2
Lima	10,3
Johannesburgo	9,4
El Cairo	8,8
Berlín	7,6
Bangkok	6,5
Los Angeles	6,4
Milán	6,0
México D.F.	5,9
Beijing	5,5
París	3,1
New York	2,6
Sao Paulo	1,8

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA³⁹, OMS⁴⁰ y Wikipedia.

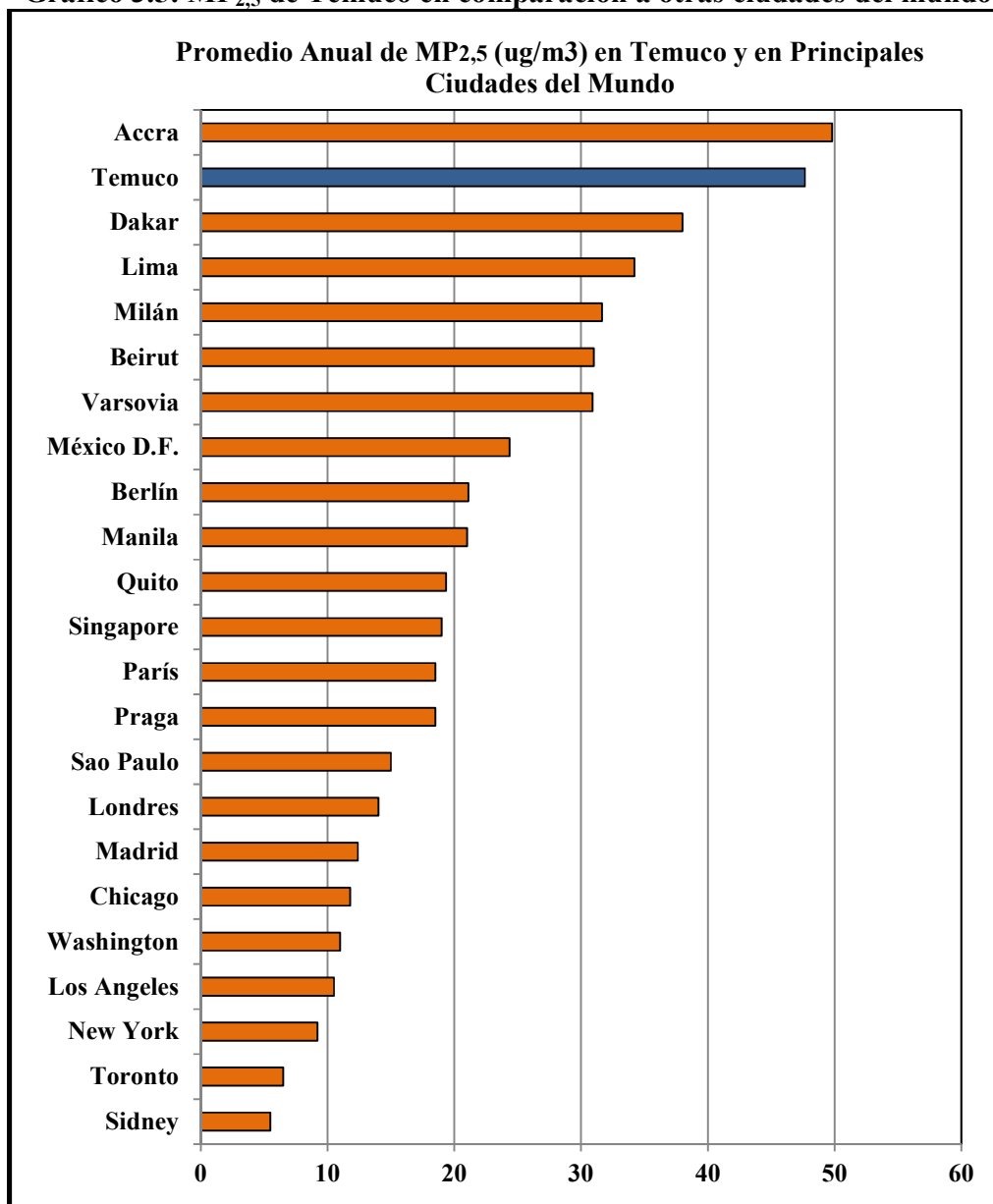
El caso de Temuco y Padre Las Casas ocupa el primer lugar ampliamente, con un valor de 215,1, bien lejos de las que siguen: Lagos, Auckland, Delhi y Lima, con valores entre 10 y 15. Llama la atención los bajos valores observados en México D.F. y Sao Paulo, así como el caso de Beijing, que son conocidos internacionalmente por presentar serios problemas de contaminación.

Para el caso del MP_{2,5} (µg/m³) no hay información de tantas ciudades, por lo que se han tomado 22 ciudades importantes además de Temuco y Padre Las Casas:

³⁹ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

⁴⁰ Base de datos sobre calidad del aire en ciudades del mundo, disponible en www.who.int.

Gráfico 3.5: MP_{2,5} de Temuco en comparación a otras ciudades del mundo



Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA⁴¹ y OMS⁴².

No hay información de ciudades de China o de India, pero en este grupo Temuco y Padre Las Casas aparecen en 2do lugar a nivel mundial, sólo por detrás de Accra (Ghana) y con un nivel algo superior a Dakar (Senegal), que son dos ciudades africanas. Las ciudades latinoamericanas peor ubicadas son Lima y México D. F, pero con niveles bastante menores a los de Temuco. En cambio, las ciudades con mejor calidad del aire según este contaminante son las de Estados Unidos, Canadá y Australia, junto a algunas de Europa. En

⁴¹ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

⁴² Base de datos sobre calidad del aire en ciudades del mundo, disponible en www.who.int.

este caso sólo New York, Toronto y Sídney tienen niveles por debajo de la norma primaria propuesta por la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

A continuación se hará la misma aproximación que se hizo con el MP_{10} tomando a la población para ver esa relación.

Tabla 3.6: Contaminación de $\text{MP}_{2,5}$ por Persona

CIUDADES	($\text{MP}_{2,5}/\text{Población}$)· 1.000.000
Temuco y Padre Las Casas	158,9
Washington	18,3
Varsovia	17,7
Dakar	15,2
Accra	14,2
Manila	12,7
Praga	9,7
Quito	8,6
Berlín	6,2
Lima	4,5
Milán	4,3
México D.F.	2,8
Los Angeles	2,7
París	1,5
New York	1,1
Sao Paulo	0,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA⁴³, OMS⁴⁴ y Wikipedia.

Tal como ocurrió con el MP_{10} , con el $\text{MP}_{2,5}$ el caso de Temuco y Padre Las Casas destaca por la elevada contaminación en relación a la cantidad de habitantes, con un valor de cerca de 160 en este indicador. Las ciudades más cercanas, como Washington, Varsovia, Dakar, Accra y Manila, presentan valores entre 10 y 20. Las principales ciudades latinoamericanas, como Sao Paulo, México D.F. y Lima están con valores mucho más bajos.

Las comparaciones nacionales e internacionales anteriores confirman la mala calidad del aire promedio anual de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas cuando se analizan los contaminantes MP_{10} y $\text{MP}_{2,5}$. Sin embargo, es bueno volver a destacar que en otras ciudades de Chile y del mundo donde hay bajos niveles de material particulado pueden existir niveles elevados de otros contaminantes (originados en otras fuentes, como las industrias y el transporte), como es el caso del dióxido de azufre, ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y plomo, que son bajos en Temuco y Padre Las Casas.

⁴³ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

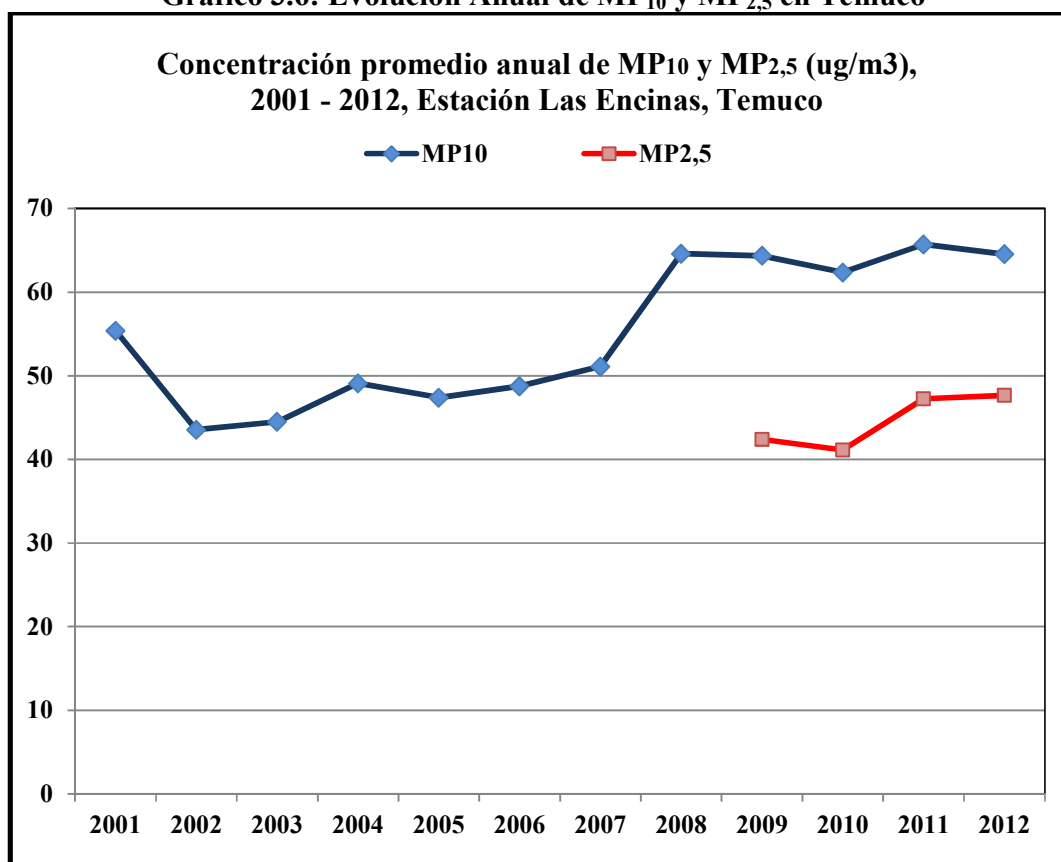
⁴⁴ Base de datos sobre calidad del aire en ciudades del mundo, disponible en www.who.int.

3.1.11 Variaciones de MP₁₀ y MP_{2,5} en Temuco y Padre Las Casas

Hasta el momento se han visto los niveles de contaminación en Temuco y Padre Las Casas de forma estática, con los datos más recientes y sobre todo con niveles promedio anuales. Pero resulta relevante detectar cómo son las variaciones de esos contaminantes, a lo largo de un año o incluso a lo largo de un día cualquiera.

Se comenzará con la evolución en los últimos años de las concentraciones promedio anual, tanto de MP₁₀ como de MP_{2,5}, tomando a la Estación de Las Encinas de Temuco:

Gráfico 3.6: Evolución Anual de MP₁₀ y MP_{2,5} en Temuco



Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA⁴⁵.

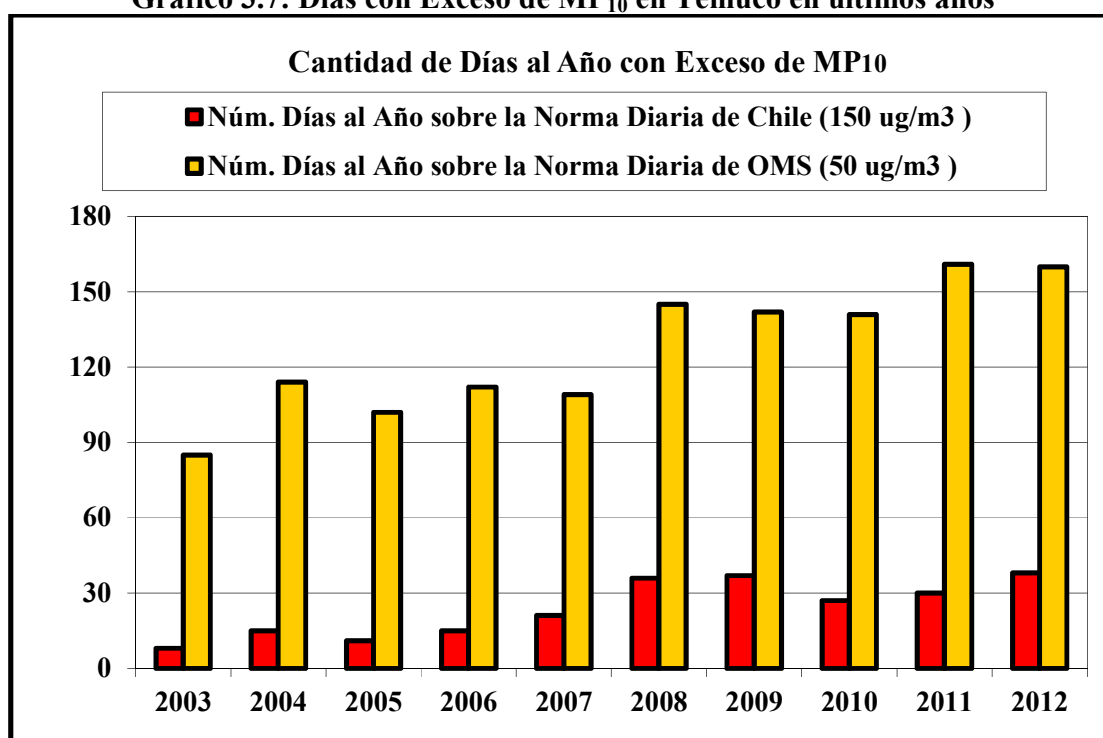
En cuanto a la evolución del MP₁₀, que cuenta con información de una mayor cantidad de años, la tendencia ha sido claramente positiva, con un importante salto en 2008, que ha mantenido elevados los niveles hasta 2012. En los últimos 6 años se ha sobrepasado la norma primaria de Chile para el promedio anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en todos esos años se ha sobrepasado la norma propuesta por la OMS (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

⁴⁵ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

En cuanto al $MP_{2,5}$, sólo hay información desde 2009, pero se aprecia claramente que en los últimos 4 años se ha sobrepasado ampliamente la norma primaria chilena ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), que es el doble de la propuesta por la OMS. En estos años, entre el 60 y el 70% aproximadamente de todo el MP_{10} corresponde a $MP_{2,5}$, lo que indica la gran relevancia que tiene el material particulado más fino en este tipo de contaminación. Sin embargo, ese porcentaje varía de acuerdo a los meses del año (en los más fríos hay menos diferencia que en los más cálidos).

Respecto a la cantidad de días con exceso sobre la norma, en el siguiente gráfico se puede apreciar lo ocurrido entre 2003 y 2012 con el contaminante MP_{10} según la Estación Las Encinas de Temuco:

Gráfico 3.7: Días con Exceso de MP_{10} en Temuco en últimos años



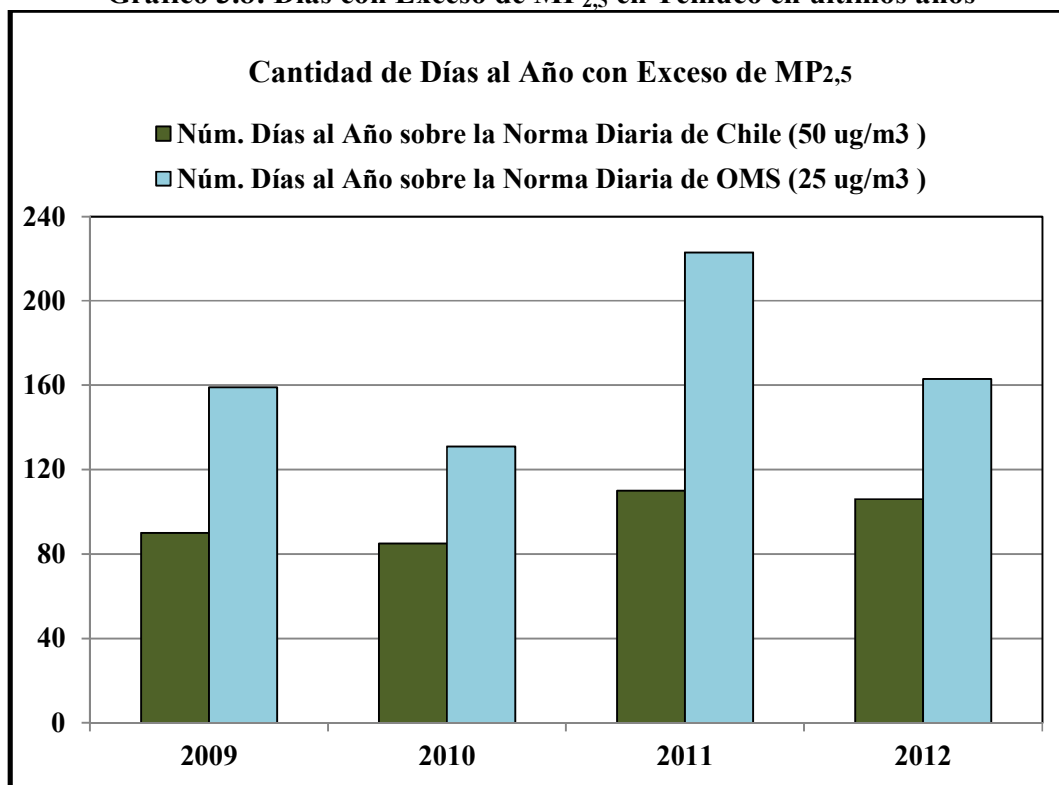
Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA⁴⁶.

Considerando la norma chilena para la concentración promedio de 24 horas ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), entre 2003 y 2007 se tenían entre 10 y 20 días al año con exceso. Pero entre 2008 y 2012 ya son entre 30 y 40 días con exceso sobre esa norma primaria. En cambio, cuando se considera la norma propuesta por la OMS para concentraciones promedio de 24 horas ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), entonces se tiene que en la actualidad hay cerca de 160 días al año con exceso, algo más elevado que lo ocurrido en el período 2003 – 2007, cuando había cerca de 100 días con exceso al año.

⁴⁶ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

Lo sucedido con el MP_{2,5} en Temuco, entre 2009 y 2012 se muestra a continuación:

Gráfico 3.8: Días con Exceso de MP_{2,5} en Temuco en últimos años



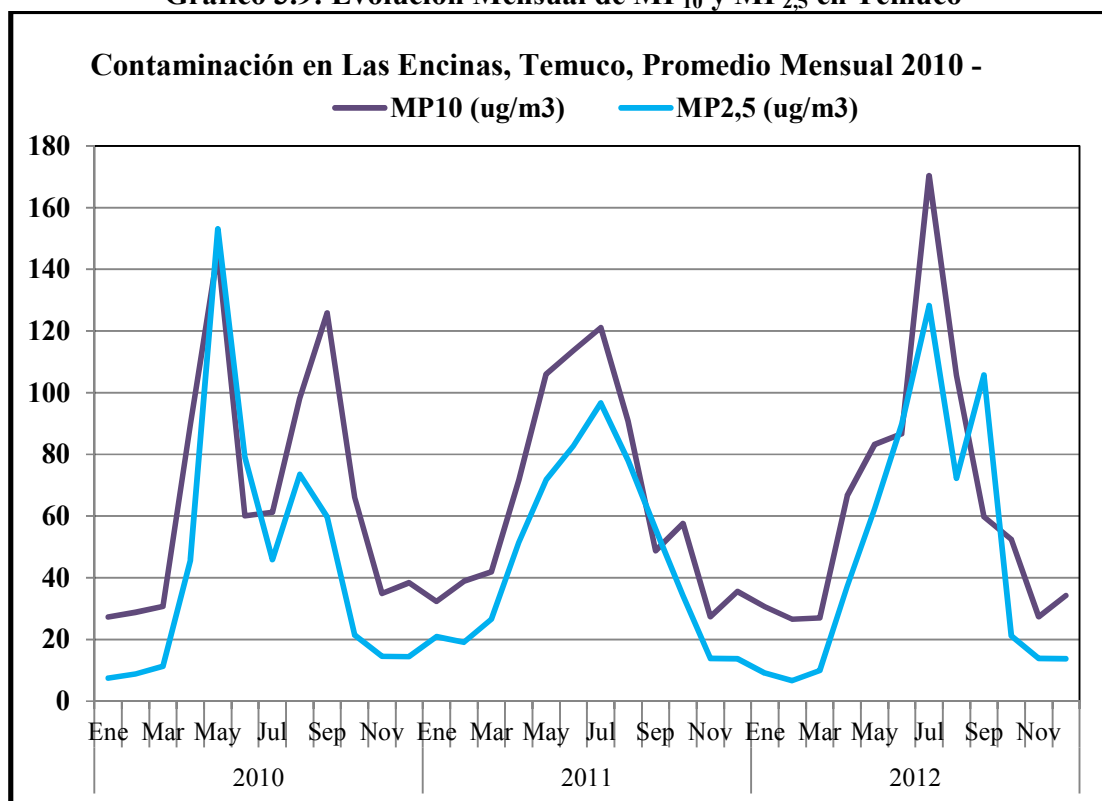
Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA⁴⁷.

En este caso, según la norma primaria chilena para la concentración promedio de 24 horas (50 µg/m³), en Temuco ha habido entre 85 y 110 días al año con exceso entre 2009 y 2012. En cambio, si se toma la norma primaria propuesta por la OMS (25 µg/m³), entonces hay entre 130 y 225 días con exceso de este contaminante en los últimos años (o sea, en promedio puede ser la mitad del año, que en la práctica corresponde a lo que sucede en el invierno).

Por otra parte, es importante destacar que los días con exceso sobre la norma, tanto en el caso del MP₁₀ como en el del MP_{2,5}, tienen un claro comportamiento estacional a lo largo de un año. Por ejemplo, en el siguiente gráfico se puede apreciar cómo varía la concentración de ambos contaminantes de forma mensual (promedio del mes), tomando los resultados entre 2010 y 2012:

⁴⁷ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

Gráfico 3.9: Evolución Mensual de MP₁₀ y MP_{2,5} en Temuco



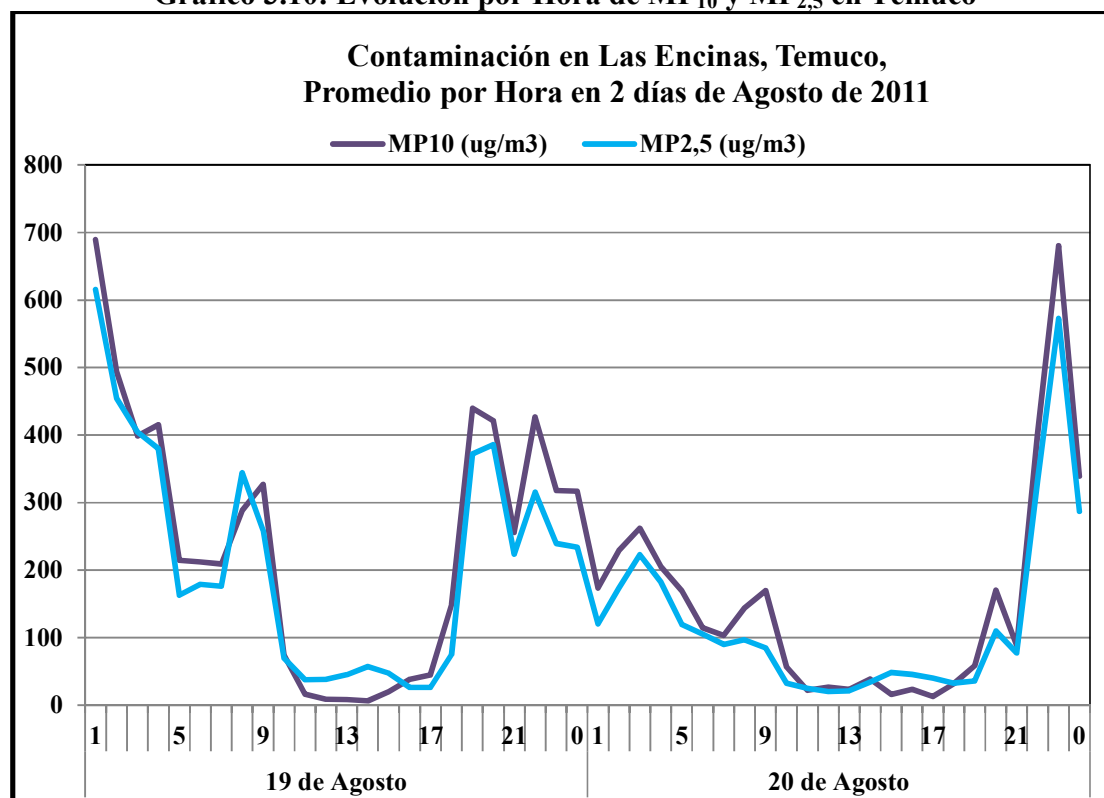
Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA⁴⁸.

Es decir, es claro que los procesos de mayor contaminación tienen un comportamiento estacional, pues tanto los niveles de MP₁₀ como de MP_{2,5} resultan mucho mayores en los meses más fríos: entre Abril y Octubre. Además, se puede apreciar que una parte no menor del MP₁₀ corresponde a MP_{2,5}, por lo que son las partículas más finas las más relevantes, sobre todo en los meses más fríos. Esto indica que esta población puede disfrutar de un aire relativamente limpio en los meses de verano, que son los de mayor luz natural y en los que las personas disfrutaban más al aire libre.

Asimismo, hay que destacar que las concentraciones de estos contaminantes varían de forma significativa dentro de un día. Por ejemplo, en el gráfico siguiente se muestra el nivel de contaminación promedio por hora, tanto por MP₁₀ como por MP_{2,5}, en la estación de las Encinas, Temuco, entre el 19 y el 20 de Agosto de 2011. Es importante destacar que el 19 de Agosto se sobrepasó la norma chilena para el promedio diario de MP₁₀, con un nivel de 241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el 20 de Agosto no se sobrepasó, pero se estuvo muy cerca, con 148 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En cambio, en ambos días se sobrepasó ampliamente la norma chilena del promedio diario de MP_{2,5}, con 215 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. O sea, son 2 días típicos de alta contaminación del aire.

⁴⁸ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

Gráfico 3.10: Evolución por Hora de MP₁₀ y MP_{2,5} en Temuco



Fuente: Elaboración propia en base a datos de MMA⁴⁹.

El comportamiento habitual, tanto del MP₁₀ como del MP_{2,5}, es a tener concentraciones más elevadas durante la noche y la madrugada, sobre todo entre las 18 o 20 horas hasta las 6 u 8 horas del día siguiente. En estos días de tanta contaminación prácticamente no hay diferencias entre MP₁₀ y MP_{2,5}, lo que señala la gran importancia de las partículas más finas en los episodios críticos. Además, hay que destacar que en estos 2 días que se han utilizado como ejemplos, durante la noche y madrugada se llegó a sobrepasar en más de 4 veces la norma chilena promedio diaria de MP₁₀ y en cerca de 12 veces la norma chilena promedio diaria de MP_{2,5}, lo que refleja la gravedad de este problema en ciertos momentos del día. Como es obvio, si los momentos de exposición de las personas a esta contaminación son en la noche y en la madrugada, los problemas serían mayores, lo que no es el comportamiento habitual. Lo normal es que durante la noche y la madrugada la mayoría de la población se encuentra al interior de sus hogares, por lo que no se tiende a afectar tanto con esta situación tan crítica de ciertas horas, salvo en la mañana, que es la hora de salir hacia las actividades escolares o laborales.

⁴⁹ Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

3.2 Daños en la Salud debido a la Contaminación por Leña

3.2.1 Introducción

Con los elevados niveles de concentración de material particulado, como se ha destacado previamente, el problema de contaminación del aire de Temuco y Padre Las Casas se refleja fundamentalmente en la salud de las personas (incluidos los efectos de una menor productividad en el trabajo debido a enfermedades), tal como ha ocurrido en todo el mundo con la exposición al material particulado en la atmósfera (The World Bank, 1992; Cohen *et al.*, 2004). Se debe considerar que lo que ocurra con la contaminación del aire afecta de forma directa al bienestar de las personas, tanto psicológicamente como físicamente, pues los seres humanos interactúan continuamente con su medio ambiente (Edelstein, 2002).

Asimismo, hay que tener en cuenta que el estado de salud de las personas es un componente básico de la formación de capital humano (capacidades productivas de las personas), además de que es un bien de consumo básico que incrementa el bienestar (Behrman y Deolalikar, 1988; Bloom *et al.*, 2004; Strauss y Thomas, 2008; Schultz, 2010). En este sentido, se puede dar una situación de círculo vicioso (o trampa de pobreza), pues si la salud afecta la capacidad de generación de ingreso, ello influye en menores posibilidades de mejorar la salud.

Por tanto, las políticas ambientales que reduzcan la descontaminación tendrán beneficios asociados a la reducción de los daños en salud (y todo lo que ello implica), por lo que se hace relevante hacer un análisis preciso de los impactos sobre la salud que tiene la contaminación del aire por material particulado (Ostro, 2004; Cohen *et al.*, 2004; Viscusi y Gayer, 2006).

Tal como indican Bovenberg y Goulder (2002) el daño en la salud de las personas debido a la contaminación sigue la cadena siguiente: uso de insumos – emisiones – concentraciones – daños a la salud. No siempre una misma cantidad de insumos usados se refleja en los mismos daños en salud, pues eso depende de la tecnología de los equipos que emiten, de las condiciones atmosféricas, de la unión con otros contaminantes, de la exposición de las personas y del grado de efecto sobre la salud de las personas (donde algunas son más resistentes que otras).

Es importante destacar que se han hecho muchos estudios sobre el impacto en la salud de las personas ante la exposición al material particulado (MP₁₀ y MP_{2,5}) en la atmósfera. Sin embargo, no abundan los que consideran las fuentes específicas de ese material particulado, como es el caso de la combustión a leña por parte de los hogares, que es lo que interesa en el caso particular de este estudio. Es necesario destacar que cuando hay una contaminación de carácter general que se refleja en elevados niveles de material particulado, se pueden tener efectos diferentes en dependencia del tipo de fuente que está generando las emisiones (Schwarze *et al.*, 2010). Para las políticas públicas es importante identificar cuáles son los componentes químicos (que dependen del tipo de fuente) más dañinos de la contaminación atmosférica y así priorizar su reducción (Rohr y Wyzga, 2012)

En este sentido, Stanek *et al.* (2011) plantean la importancia de detectar las principales fuentes de emisiones de material particulado (incluida la contaminación atmosférica por uso de leña en los hogares) para tener conocimientos más precisos sobre los impactos en la salud. Sin embargo, en la revisión de literatura que estos autores realizan indican que hay dificultades metodológicas importantes para poder hacer comparaciones, además de que aún son escasos estos esfuerzos, que no permiten tener una visión clara al respecto, aunque en teoría hay el convencimiento de que los impactos en la salud deben ser diferenciados de acuerdo al tipo de fuentes principales. Por tanto, esta es un área amplia de futuras investigaciones, con implicaciones para las políticas ambientales y de salud. Por otro lado, Rohr y Wyzga (2012) señalan algo similar en cuanto a la dificultad para unificar los múltiples esfuerzos en investigación, pero detectan que todos los componentes (químicos) del material particulado generan algún daño a la salud, aunque se destaca el mayor impacto de los componentes carbonosos (donde se incluye lo asociado al uso de leña)⁵⁰ y algunos metales.

A nivel general, un antecedente de mucho peso sobre el daño del material particulado en la salud de las personas lo estableció la Organización Mundial de la Salud (OMS), cuando propuso las normas primarias de salud para los principales contaminantes a mediados de la década pasada (OMS, 2006). Para esas indicaciones se basaron en muchos estudios disponibles del ámbito de la medicina para determinar el impacto en la salud de las personas.

Específicamente con el MP₁₀ y el MP_{2,5} se indica una revisión extensa de la literatura, tanto para los impactos de corto como de largo plazo. La mayoría de los problemas de salud indican que se refieren al ámbito respiratorio y cardiovascular, con problemas tanto de morbilidad como de mortalidad que ocurren a partir de la introducción del material particulado en el sistema respiratorio. Aunque no se establecen análisis específicos para el tema de la leña, sí es mencionada esa fuente entre las relevantes del material particulado fino (MP_{2,5}). Es importante destacar que el MP_{2,5} se considera mucho más dañino que el MP₁₀, dado que puede penetrar más profundamente en los pulmones, además de que puede permanecer más tiempo en la atmósfera y transportarse a mayores distancias (Pope y Dockery, 2006).

En el documento de la OMS se establecieron normas primarias bien bajas, tanto para el MP₁₀ como para el MP_{2,5} (como ya se ha comentado al comparar con las normas chilenas), pues no se pudieron establecer niveles umbrales claros a partir de los cuales hay daños, pues en muchos estudios se han encontrado efectos adversos en la salud aún con niveles de concentración relativamente bajos de estos contaminantes. Ello es relevante, dado que muchos estudios y las autoridades ambientales y de salud de distintos países se han enfocado fundamentalmente en los episodios críticos de contaminación, pero no es necesario que ello ocurra para que se detecten problemas en la salud de las personas, sobre todo cuando se consideran los serios efectos acumulados en el tiempo o de largo plazo (Pope y Dockery, 2006; Anderson, 2009).

⁵⁰ Ver en Miller *et al.* (2010), donde se encuentra que la mayor parte del material particulado debido al uso de leña en los hogares corresponde a componentes carbonosos.

3.2.2 Análisis Específico de los Efectos de la Leña

En esta parte no se llevará a cabo una revisión de cada uno de los estudios sobre el impacto de la contaminación con leña en la salud, dado que sería un trabajo muy extenso. Lo que sí se hará es una revisión de aquellos estudios fundamentales que han resumido los avances en esta área. Es importante destacar que muchos de los estudios en esta área tienen problemas típicos (varios tipos de sesgos) de la investigación de los efectos ambientales en la salud (The World Bank, 2008), por lo que sólo se pueden tomar como una aproximación al problema, sin considerar con tanta relevancia los impactos de forma específica o precisa.

Uno de los primeros estudios que resumió lo encontrado en cuanto a daños en salud debido a la contaminación por uso de leña fue el de Larson y Koenig (1994). Estos autores hacen una revisión de otros estudios basados en toxicología animal, estudios epidemiológicos y estudios controlados con humanos.

En varios estudios con animales que revisan, encuentran efectos dañinos de corto plazo en el funcionamiento del sistema respiratorio de varios tipos de animales ante la exposición al humo de leña. La contaminación al interior de las viviendas por uso de leña para cocinar es frecuente en países subdesarrollados y también se destaca la evidencia de daños importantes en la salud de las personas expuestas a esta situación en comparación con otras personas con equipos modernos para cocinar.

Por otra parte, la mayoría de los estudios epidemiológicos revisados fueron realizados con niños en países desarrollados (fundamentalmente en Estados Unidos). En parte, porque se asume que los niños tienen un mayor riesgo de enfermedades por estas causas, dado el menor tamaño de sus pulmones y el menor desarrollo del sistema inmunológico. Pero además, estudiar los efectos en los niños es conveniente desde el punto de vista metodológico, pues se evitan aspectos que tienden a confundir los daños, como es el hábito de fumar y la exposición laboral a ciertos tipos de contaminación. Aunque los adultos también han sido objetos de estudio, sus síntomas en general resultan menores que los de los niños.

En varios estudios de este tipo se encontró evidencia de que la contaminación atmosférica causada por la combustión a leña genera daños al sistema respiratorio de las personas, especialmente en los niños con asma.

Casi una década más tarde se intensifica el interés por este problema, dado el crecimiento que había tenido el uso de leña para calefacción en varios países desarrollados. Por ejemplo, Zelikoff *et al.* (2002) hacen una revisión de múltiples trabajos sobre el daño que puede causar a la salud este tipo de contaminación. Los diversos estudios se han basado tanto en lo que ha ocurrido con personas expuestas como en experimentos con animales, incluidos los experimentos realizados por estos mismos autores.

Indican que los componentes individuales del humo de leña generan efectos dañinos, tanto en el ámbito respiratorio, en el cardiovascular y también generan un mayor riesgo de cáncer. Dichos componentes también generan una reducción de los mecanismos de defensa del sistema inmunológico de los pulmones. Por otro lado, el material particulado asociado

al humo de leña genera impactos dañinos no menores en el sistema respiratorio, sobre todo en personas con enfermedades previas y en los niños.

Finalmente, señalan que más estudios son necesarios, sobre todo los referidos a los efectos a largo plazo.

Muy importante fue el trabajo de Boman *et al.* (2003), donde se hace una revisión de estudios específicos sobre el impacto en la salud de la contaminación atmosférica causada por la combustión residencial a leña. Encuentran 9 estudios internacionales que son más adecuados para aproximarse a este problema. Todos se refieren a efectos de corto plazo sobre la salud de las personas. Los mayores efectos dañinos son sobre el sistema respiratorio (fundamentalmente por mayores casos de asma), especialmente en los niños.

Tomando en cuenta esos resultados y haciendo comparaciones, en la medida de lo posible, con otros estudios de contaminación ambiental por material particulado (por causas diferentes a la leña), se encuentra que, cuando el origen de la contaminación por leña es la fuente fundamental, los daños son mucho mayores a cuando el origen se refiere a otras fuentes (para niveles similares de material particulado). Aunque indican que aún quedaban muchos aspectos por investigar y profundizar, dejan claro que el daño por la contaminación a leña no es menor que cuando hay contaminación por material particulado en general (sin especificar las fuentes generadoras de emisiones).

El esfuerzo más amplio hasta el momento se debe a Naehler *et al.* (2007), quienes hacen una revisión mucho más extensa que la de Boman *et al.* (2003).

Según estos autores, la contaminación por leña debe tener un análisis especial, pues aunque se pueda medir por los indicadores de material particulado (MP₁₀ y MP_{2,5}), no tiene la misma composición química que otras fuentes, las que pueden generar niveles similares de material particulado pero con efectos diferentes en la salud. Por otro lado, dada la cantidad de compuestos químicos, con interacciones y reacciones diversas en dependencia de las condiciones ambientales que están presentes en este tipo de contaminación, debe analizarse por separado, tal como ocurre con el humo de tabaco.

Indican que la composición química del humo generado por la combustión a leña tiene una serie de elementos que por separado han demostrado tener efectos negativos en la salud de las personas, sobre todo en lo relacionado con el funcionamiento del sistema respiratorio y el mayor riesgo de cáncer. Además, las emisiones contaminantes por la combustión de leña en los hogares generan partículas muy finas que pueden evadir las defensas del organismo humano y penetrar en el sistema respiratorio, provocando importantes daños en la salud. Hay que destacar que como son partículas muy finas pueden desplazarse por distancias elevadas en la atmósfera, dado que la gravedad no tiene mucho poder para atraerlas al suelo.

Revisan los estudios con bomberos que han estado controlando incendios forestales, para ver cuál es el grado de daño en la salud. En varios casos se han encontrado efectos dañinos sobre el sistema respiratorio. Sin embargo, se menciona que estos resultados no se deben extrapolar a otras situaciones de exposición al humo por quema de madera, pues las

condiciones ambientales pueden ser diferentes y las condiciones específicas de las personas también (los bomberos tienden a ser personas físicamente más fuertes). También se han analizado los impactos de los incendios forestales y de las quemas agrícolas sobre la salud de la población que vive en zonas cercanas, encontrándose un incremento de las enfermedades respiratorias debido a esos episodios. También hay cierta evidencia sobre mayor riesgo de cáncer por exposiciones a estas situaciones.

En el caso de estudios sobre contaminación atmosférica por uso de leña (en ciudades donde esa fuente es la fundamental en cuanto a las emisiones totales de MP₁₀ y MP_{2,5}), se han encontrado efectos adversos en la salud de las personas, especialmente en los niños. Además, en el caso de los niños con asma, el efecto dañino sobre las funciones de los pulmones es importante. También hay evidencia de incrementos de tos en los niños. Para estudios que consideran toda la población, también hay evidencia de incremento de enfermedades respiratorias debido a este tipo de contaminación, tal como ha sucedido en Seattle y en el condado de Santa Clara, California (ambos en Estados Unidos), así como en Christchurch (Nueva Zelanda), incluso con casos de mortalidad. En estos estudios se especifica que los problemas de daños cardiacos no son tan relevantes como sí lo son los diferentes problemas respiratorios.

También se destacan varios estudios de laboratorio realizados con animales (toxicología, tanto *in vitro* como *in vivo*). En muchos de estos trabajos se encontraron efectos dañinos sobre el sistema respiratorio al inhalar humo por combustión de leña. La contaminación por leña disminuye la defensa de los pulmones, por lo que se incrementa la posibilidad de sufrir infecciones pulmonares. También se ha investigado la probabilidad de aparición de cáncer de pulmón, pero los resultados indican un efecto débil. Pocos estudios de laboratorio se han realizado con voluntarios humanos, encontrándose evidencia de efectos dañinos que pueden ser relevantes en el ámbito de la morbilidad y de la mortalidad por razones cardiorrespiratorias.

Los autores concluyen que hay suficiente evidencia, por diferentes enfoques, del efecto dañino de la contaminación por uso de leña en la salud de las personas, específicamente en el sistema respiratorio. Sin embargo, hay pocos estudios sobre el daño cardiovascular o por mayor riesgo de cáncer a largo plazo, por lo que es un ámbito aún por seguir investigando. Además, indican que hasta el momento no había evidencia suficiente para separar el componente de contaminación por leña de otras fuentes que se reflejan en los indicadores de material particulado (especialmente el MP_{2,5}), pues la contaminación por leña no parece ni más ni menos dañina que otras fuentes que están asociadas a esos indicadores.

En época similar al esfuerzo anterior, Nielsen *et al.* (2008) realizaron un análisis para enfrentar los problemas de salud que se generaban en Dinamarca por la contaminación a leña. Mencionan que para estimar los daños concretos en la salud de las personas debido a la contaminación por leña hay que recurrir a la extensa evidencia sobre el impacto del material particulado. Hay dos enfoques básicos para ir desde el contaminante general (sin distinguir las fuentes) hasta representar lo que se relaciona directamente con el uso de leña. El primero es el de utilizar estudios epidemiológicos de lugares donde la principal fuente se refiere al uso de leña para calefacción. El otro es buscar los impactos de componentes químicos específicos (por separado) del humo de leña en su efecto sobre la salud de las

personas, pero con esto generalmente se pierden los impactos combinados y complejos de miles de componentes de este tipo de contaminación. Por tanto, el primer enfoque tiende a ser el más recomendado.

Estos autores hacen una revisión de otros estudios (diferentes a las revisiones anteriores), donde destacan el riesgo de cáncer (sobre todo de pulmón) asociado a exposiciones a la contaminación por leña, básicamente con estudios de contaminación intradomiciliaria.

No encontraron estudios sobre el daño cardiovascular de la contaminación a leña, por lo que hay que usar la evidencia que brinda el material particulado en general. En el caso de los estudios toxicológicos hechos con animales no pueden extrapolarse fácilmente a los efectos sobre los seres humanos, dado que las características biológicas son diferentes. Pero es importante destacar que en muchos de los estudios revisados se encuentran evidencias de impactos dañinos en cuanto al sistema respiratorio, así como en mayor riesgo de cáncer.

En los estudios de largo plazo, donde se sigue la salud de un grupo de personas durante muchos años y se relaciona con la contaminación y otras variables, si bien no se han hecho específicamente con el tema de la contaminación por leña, los estudios pueden servir como referencia, dado que utilizan muchas veces el MP_{10} y el $MP_{2.5}$. En la mayoría se encuentran efectos dañinos a la salud que son muy relevantes, tanto en el ámbito cardiorrespiratorio como en el mayor riesgo de cáncer.

Sin embargo, muchos estudios tienen problemas relacionados con la caracterización de la exposición de las personas, pues asumen que todas las personas que están cerca de una estación de monitoreo tienen el mismo grado de exposición a la contaminación atmosférica.

También destacan que es importante señalar que ningún estudio de los efectos sobre la salud que genera la contaminación a leña ha establecido un nivel umbral, o sea, que a niveles bajos de contaminación igualmente se pueden encontrar efectos dañinos.

Asimismo, los estudios llevados hasta el momento no permiten establecer funciones dosis – respuesta en base a los efectos en la salud que genera la contaminación a leña. Por tanto, hay que tomar funciones a partir del material particulado en general, sin distinguir por los tipos de fuentes contaminantes.

En un esfuerzo por analizar el impacto del uso de leña en el mayor riesgo de cáncer, OMS (2010) ha encontrado pocos estudios con humanos que consideran fundamentalmente la contaminación al interior de las viviendas, tanto en países subdesarrollados como en desarrollados. En ellos se evidencia que efectivamente hay un mayor riesgo de cáncer en las personas de hogares que usan leña para cocción de alimentos y para calefacción (hay que aclarar que la contaminación intradomiciliaria tiende a ser varias veces superior a la externa). Por limitaciones de esos estudios no se han podido establecer funciones dosis – respuesta que resulten apropiadas. Además, dada la poca información disponible aún, la OMS ha declarado que las emisiones por combustión de leña al interior de las viviendas son probablemente cancerígenas para los humanos. En cambio, la mayor evidencia disponible para el uso de carbón con los mismos propósitos permite concluir que esas emisiones al interior de las viviendas definitivamente son cancerígenas para los humanos.

En cuanto a aspectos más específicos de este tema, hay que destacar que Bølling *et al.* (2009) indican que el impacto en la salud del uso de leña por parte de los hogares depende mucho del tipo de equipo que se use y de la forma en que se use. Hay muchos aspectos que todavía están con gran incertidumbre, como es lo relacionado con las emisiones de los equipos y de los daños que hace la leña en la salud. Por otro lado, Jalava *et al.* (2010) demuestran que el manejo de los equipos a leña por parte de los hogares puede influir de forma importante en la calidad del aire de las zonas urbanas y en los problemas de salud asociados. Es decir, que con los mismos equipos y la misma calidad de la leña se pueden generar diferentes tipos de emisiones contaminantes en dependencia del manejo que hagan los hogares, como es lo asociado al suministro de aire, al llenado de la caja de quemado y al tamaño de los trozos de leña que se introducen. O sea, que la medición del impacto en la salud de la contaminación por uso de leña debe considerar más detalles sobre el proceso de combustión.

Para finalizar esta revisión, es interesante destacar la publicación de Morandi *et al.* (2010), quienes plantean una serie de cuestiones que aún no están bien definidas respecto a la contaminación por la leña, pues las condiciones y los efectos son diferentes a lo que ocurre con otras formas de contaminación, como la que usa combustibles fósiles en las industrias y el transporte.

Por ejemplo, aunque hay evidencia de los daños a la salud de las personas, no se ha definido con claridad cómo ese daño se relaciona con las diferentes formas de esta contaminación, como lo relacionado con las diferencias en los equipos y en la forma en que se manejan, en el tipo de leña, o si hay incendios forestales o quemas agrícolas. En ese sentido, se plantea que aún hay incertidumbre sobre las mejores fórmulas de dosis – respuesta a utilizar, a lo que se suma que en el ámbito del cáncer y otras enfermedades no se han obtenido resultados suficientes, como sí ha ocurrido con algunas enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

En cuanto a la exposición de las personas, también hay mucha incertidumbre sobre los niveles de concentración a los que efectivamente están expuestas, incluido lo de la composición del material particulado y a la duración de esa exposición. Se ha planteado usar “marcadores” químicos asociados al humo de leña, pero es un campo complejo y de escasos avances aún.

Por otro lado, para llegar a una completa caracterización del riesgo de la población se necesita no sólo saber la población expuesta, sino también qué es lo que sucede con ciertos grupos de esa población que pueden tener una susceptibilidad diferente. Asimismo, se requiere conocer si hay algún nivel crítico o umbral de esa contaminación, a partir del que empiezan los efectos dañinos en la salud, por lo que persiste cierta incertidumbre sobre si las normas primarias que se establecen para el material particulado son las adecuadas. Todos estos elementos aún no están suficientemente investigados.

En resumen, los diferentes trabajos que han recopilado los resultados de la investigación empírica sobre el tema en las últimas décadas encuentran que:

- ▷ Efectivamente hay efectos adversos sobre la salud de las personas debido a la contaminación a leña, aunque con impactos diferenciados en los grupos de edad de la población.
- ▷ Dichos efectos no son menores que los del material particulado en general (o sea, cuando no se especifican las fuentes contaminantes).
- ▷ No se han detectado umbrales claros, por lo que niveles bajos de contaminación pueden tener efectos dañinos, tal como plantea la OMS.
- ▷ Pero dada la complejidad en cuanto a recursos y tiempo, los impactos de largo plazo no se han podido establecer (salvo en pocos estudios sobre riesgo de cáncer por contaminación intradomiciliaria), tal como sí se ha hecho para el material particulado en general (aunque son pocas las investigaciones de este tipo), al igual que hay insuficientes trabajos sobre los impactos de corto plazo para varias enfermedades específicas, como son las cardiovasculares.
- ▷ Todavía quedan muchos aspectos con insuficiente especificación, como es lo relacionado con la exposición de las personas, la composición del material particulado en dependencia de la forma en que se realice la combustión y los efectos de la combinación con otras fuentes contaminantes, entre otros.

Respecto a los últimos puntos, es importante destacar que en los estudios sobre los impactos del material particulado en general (sin especificar según las fuentes básicas) hay todavía muchos aspectos sin esclarecer de forma suficiente (aunque hay consenso en que hay claros impactos negativos en morbilidad y mortalidad), tanto en los impactos de corto como los de largo plazo, por lo que hay posibilidades de seguir investigando para ampliar el conocimiento a fin de poder hacer políticas ambientales y de salud más precisas (Pope y Dockery, 2006).

Otro ámbito poco considerado en la literatura sobre los daños de la contaminación es lo relacionado a los problemas psicológicos que genera en las personas y en el entorno familiar (Edelstein, 2002; Anthony y Watkins, 2002), tanto por efectos directos como por los efectos indirectos a través de los problemas de salud. A su vez, los problemas psicológicos pueden afectar a la salud física de las personas, como es bien reconocido desde hace mucho tiempo (Belar *et al.*, 2003).

3.2.3 El Caso de Temuco y Padre Las Casas

Los estudios aplicados a este caso han sido escasos (al contrario de lo que ha ocurrido con Santiago de Chile⁵¹), pero reveladores del claro problema existente.

Un antecedente es el trabajo de Barrios *et al.* (2004), quienes realizan un estudio con menores de 5 años que se atendieron en 2 consultorios de la ciudad de Temuco entre los años 2000 y 2002. A través de un análisis de correlación simple se encuentran incrementos de consultas por diversas enfermedades respiratorias en las temporadas de elevada contaminación atmosférica.

⁵¹ Por ejemplo, ver Ostro *et al.* (1995), Ostro *et al.* (1998), Sanhueza *et al.* (1999), Cifuentes *et al.* (2000a), Prieto *et al.* (2007) y Román *et al.* (2009).

El estudio más serio y completo hasta el momento es el de Sanhueza *et al.* (2007), que buscó relaciones entre la contaminación y la mortalidad y morbilidad de las personas en Temuco y Padre Las Casas en el corto plazo en base a técnicas estadísticas de series de tiempo (con regresiones de múltiples variables, basadas en metodologías usadas en estudios europeos). Se usaron estadísticas diarias de esas variables, además de otras variables que influyen en la mortalidad y la morbilidad, como son las de carácter meteorológico, todo ello para el período de finales de la década de los 90`s hasta 2004. Además, se hicieron varios modelos separando los casos según la edad de los afectados, así como por las épocas del año. El único indicador de contaminación que resultó significativo fue el MP_{10} , pues el resto analizado no presentan niveles preocupantes en estas zonas urbanas (no se medía el $MP_{2,5}$ en esa época).

En cuanto a la mortalidad, el estudio encontró que la contaminación por MP_{10} impacta en la mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares sobre todo a los grupos de mayor edad (mayores de 64 años) dentro de la población. Para el caso de la morbilidad los resultados fueron similares. El riesgo relativo ha sido mayor al estimado para Santiago de Chile, que es una ciudad mucho mayor que Temuco.

Es decir, que en el caso de Temuco y Padre Las Casas se encuentran evidencias de daños en la salud, al menos para el corto plazo, que son consistentes con lo encontrado en otras partes del mundo con problemas de contaminación por el uso de leña. Sin embargo, faltan análisis que utilicen al $MP_{2,5}$ (que es más dañino que el MP_{10}) y más importante aún, que consideren los efectos de largo plazo, que son mucho mayores que los de corto plazo (Pope y Dockery, 2006).

CAPÍTULO 4: LAS FALLAS EN EL FUNCIONAMIENTO SOCIAL

Cuando hay problemas de contaminación del aire, tal como ocurre claramente en el caso de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, hay varios elementos presentes que impiden un correcto funcionamiento social. El análisis de la contaminación ambiental y el del desarrollo sostenible, así como de las políticas que pueden aplicarse, cada día toma más en cuenta los problemas en el comportamiento de la sociedad, en contraste con la visión más antigua de enfoques puramente “científicos” y “técnicos” (que consideraba muy importante el crecimiento demográfico y los aspectos tecnológicos y ecológicos), por lo que las ciencias sociales (economía, sociología, psicología y ciencias políticas, entre otras áreas de estudio del comportamiento individual y social) son cada vez más relevantes en la visión moderna (Dunlap, 2002; Bonnes y Bonaiuto, 2002; CEPAL, 2003; Agyeman, 2007).

Como bien señalan Vatn y Bromley (1995), muchos problemas ambientales, tal como ocurre con la contaminación del aire, son de carácter social, pues no se refieren a bienes privados que las personas consumen de forma individual. Por tanto, el contexto social, como las normas, las costumbres, el tipo de propiedad, el grado de desarrollo de las instituciones formales, la difusión de la información, entre otros aspectos, son relevantes en la toma de decisiones, así como en la valoración económica de esos aspectos ambientales, lo que se vincula con el objetivo básico de esta investigación.

O sea, que las personas en su interacción con el sistema económico presentan dificultades que generan o empeoran los problemas ambientales, así como pueden impedir su solución a través del sistema de mercado dominante en nuestras economías. Estos elementos son fallas que se reflejan en el hecho de que el sistema social no genere resultados eficientes de forma auto organizada o auto regulada, tal como sucede con el sistema de mercado basado en la propiedad privada (Dasgupta, 1996; Daly y Farley, 2004; Tietenberg y Lewis, 2012). El modelo de libre mercado, basado en el esquema de Arrow – Debreu sobre el equilibrio general competitivo y en la lógica de la eficiencia en el sentido de Pareto, tiene una serie de supuestos bastante fuertes (Primer Teorema de la Economía del Bienestar)⁵², que en la práctica no se cumplen y generan diversos resultados sociales insatisfactorios, donde se encuentran las llamadas fallas de mercado (Acocella, 1998; Stiglitz, 2000a; Common y Stagl, 2005).

Los problemas típicos de contaminación envuelven diferentes fallas que en la práctica reflejan dificultades en la coordinación de la sociedad para resolver esos problemas, a diferencia de lo que sucede en muchos mercados de bienes y servicios privados, en donde de forma automática se solucionan muchos problemas de asignación de recursos. Estos problemas de coordinación se asocian a fallas en incorporar adecuadamente la visión de largo plazo (privilegiando el corto plazo) en las decisiones de los diferentes agentes, a la inexistencia de mercados en muchos bienes y servicios ambientales, lo que se junta al impacto de la pobreza y del crecimiento demográfico (The World Bank, 1992, 2003).

⁵² Este Teorema indica que, bajo ciertos supuestos, la economía competitiva es eficiente en el sentido de Pareto (Stiglitz, 2000a). Se considera como una forma más refinada del planteamiento de Adam Smith sobre la mano invisible, en que se llega a resultados óptimos en la sociedad mediante las fuerzas del mercado, donde cada agente busca maximizar su bienestar siguiendo sus propios intereses egoístas.

Es por ello que se requiere la intervención del Estado para mejorar la asignación de recursos, aunque ello debe tomarse con cautela, dada la complejidad de muchos de estos fenómenos, lo que lleva a que la forma en que interviene el Estado debe ser acorde al problema específico que trate de resolver y al país específico en que se desenvuelva (Belli, 1997). Específicamente en los problemas ambientales, la intervención del Estado mediante diversas medidas resulta fundamental para acercar la economía a situaciones eficientes en el sentido de Pareto, dado el desbalance entre la oferta de bienes ambientales y el resto de los bienes y servicios (Bovenberg y Goulder, 2002; Helfand *et al.*, 2003; Just *et al.*, 2004). En algunos casos se plantea que el libre mercado estará interesado en resolver los problemas ambientales, dado que en muchas ocasiones las acciones para descontaminar se asocian a reducción de costos por mayor eficiencia, así como también hay que considerar la responsabilidad social empresarial, o por los incentivos de las empresas en satisfacer a consumidores más protectores del medio ambiente, o por la posición altruista de los consumidores de internalizar los costos externos que pueden generar, pero en la práctica se ha encontrado que ello resulta insuficiente respecto a lo que puede lograr la intervención del Estado (Jacobs, 1997; Helfand *et al.*, 2003; Hepburn, 2010).

Pero, en el otro extremo, con demasiada intervención del Estado, pueden estar presentes las fallas del gobierno (para casos extremos hay que recordar que en las economías centralmente planificadas también se presentaban problemas ambientales), a través de medidas que incentivan la destrucción del medio ambiente y el agotamiento de los recursos naturales, que hacen pensar en cierto equilibrio necesario para el bienestar social o en buscar algunas soluciones a los problemas ambientales basadas en el mercado (The World Bank, 1992; Dasgupta, 1996; Markandya *et al.*, 2002; Hepburn, 2010). Además, tal como señala Hepburn (2010) existen fallas de gobierno relacionadas con la información imperfecta, pues no se pueden conocer todos los costos sociales de descontaminar o todos los beneficios sociales por descontaminar, dado que ello depende en parte de la voluntad de las personas y empresas de indicar sus preferencias y costos, respectivamente. Por otro lado, están las fallas relacionadas con los seres humanos que están en el gobierno, los que pueden estar sujetos a presiones de lobby, manipulación y persuasión de diferentes grupos que buscan sus propios intereses, que muchas veces no coinciden con el bienestar de la mayoría de las personas en una sociedad.

A continuación se analizarán los principales problemas de fallas de mercado y de otras fallas que se asocian a la contaminación del aire. Es importante destacar que muchos de esos problemas se encuentran vinculados, pero para una mejor exposición se hacen las separaciones por ámbito o forma de presentarse. En cada caso se comentará la relación que se podría apreciar en el caso de la conurbación de Temuco y Padre Las Casas.

4.1 Los Derechos de Propiedad

En muchos temas ambientales se parte del análisis de la forma de la propiedad sobre los recursos, pues ello determina en gran medida el comportamiento de los agentes a favor o en contra del medio ambiente (Schmid, 1995). Aunque no de forma explícita, en el modelo Arrow – Debreu se considera que los agentes privados tienen derechos de propiedad bien

definidos (pues en base a ellos tienen los incentivos adecuados para maximizar sus diferentes funciones de bienestar, ya sea las empresas o los hogares), lo que junto a una serie de condiciones del funcionamiento de los mercados permitiría una situación de eficiencia en el sentido de Pareto u óptimo social (Stiglitz, 1994). El hecho de que los derechos de propiedad se encuentren bien definidos se refieren al cumplimiento de las siguientes condiciones (Tietenberg y Lewis, 2012):

- Exclusividad (beneficios y costos asociados al uso de algún recurso deben estar asociados exclusivamente a los dueños de esos recursos, de forma tal que los incentivos estén bien establecidos).
- Transferibilidad (que los derechos de propiedad pueden transferirse de un dueño a otro de forma voluntaria, lo que permite mayor flexibilidad en la toma de decisiones).
- Se Deben Hacer Cumplir o Respetar (lo que significa que deben estar seguros frente a ataques y usurpación de otros agentes).

Como es obvio, la buena o mala definición de esos derechos de propiedad tiene que ver con el grado de calidad de las instituciones públicas tradicionales, que establecen las leyes y las hacen cumplir, que se ha encontrado como un elemento fundamental en la mayoría de los casos exitosos de desarrollo económico (Rodrik, 2000).

Pero cuando se hace referencia a la calidad del aire aparece un problema básico: no hay derechos de propiedad definidos. En este caso se llega a una definición de derechos que incluye estos casos. Según la taxonomía de los derechos de propiedad (Starrett, 2003), la calidad del aire se encuentra en el ámbito de los derechos abiertos (*open rights*), pues ninguna persona, grupo o institución pública se encuentra vinculada exclusivamente con el disfrute de dicho bien. O sea, todos los individuos en la sociedad pueden acceder a este bien sin tener que pagar por él ni pedir permiso para poder disfrutarlo. En este sentido, es un bien excluible y rival (Daly y Farley, 2004), dado que es muy difícil excluir a quien desee respirar aire limpio, pero en una zona determinada (como en una ciudad), si aumenta mucho el número de personas, que contaminan con sus diferentes actividades, entonces se convierte en un bien rival, dado que si hay más personas en ese espacio se reduce el bienestar que disfrutaban todos.

Por otro lado, en cuanto al grado de control que tiene este grupo (toda la sociedad) sobre la calidad del aire, se trata del derecho de retirada (*withdrawal right*), que indica la posibilidad que tiene cada integrante de dañar o degradar en alguna medida el bien. En esta situación, dada la naturaleza de este bien, no es posible la aplicación de derechos de exclusión (dejar que solamente un grupo disfrute de este bien) o de alienación (se trata de la posibilidad de vender o arrendar el bien).

El Teorema de Coase, que considera que se puede alcanzar el óptimo en muchos mercados (incluso en presencia de externalidades) si se encuentran bien definidos los derechos de propiedad, parte de la lógica de los derechos de propiedad privados, los que deben tener las siguientes propiedades (Starret, 2003):

- Estos pueden aplicarse y hacerse cumplir de forma práctica,
- La comunicación entre los agentes involucrados es libre y a bajo costo, y
- Las reglas permiten fácilmente la negociación entre los agentes involucrados.

La segunda y tercera propiedades tratan de los costos de información y de transacción, que deben ser bajos para que el mecanismo propuesto por Coase funcione (Stiglitz, 1994). Entonces, muchos problemas ambientales podrían solucionarse, pues los recursos se asignarían de forma Pareto eficiente independientemente de quién tenga los derechos de propiedad (aunque es discutible el resultado en el ámbito de la equidad). Sin embargo, ante la forma específica de este bien conocido como “calidad del aire”, los derechos de propiedad privado no ayudan a internalizar las externalidades, por lo que el Teorema de Coase no puede aplicarse en este caso de derechos abiertos. Específicamente, cuando se tratan de bienes públicos (tal como se verá más abajo, la calidad del aire se puede catalogar con características de un bien público, en este caso de carácter natural), la asignación de derechos de propiedad privados no tiene sentido, pues nadie estaría interesado en proveer este bien. El caso de la atmósfera es de un problema típico donde no se pueden asignar derechos de propiedad (The World Bank, 1992). Aunque se establezcan derechos de exclusión (derecho a respirar aire limpio) o de posesión (derecho a contaminar el aire), en la práctica se hace muy difícil llegar a un resultado de asignación óptima o Pareto eficiente, dados los elevados costos de información y de transacción cuando hay tantos agentes involucrados (Oates y Baumol, 1975; Eskeland y Jimenez, 1992; Dasgupta y Mäler, 1995; Shortle y Horan, 2001; Tresch, 2002), eso sin considerar los efectos de riqueza, dado que en dependencia de quién adquiera los derechos, los grupos de menos ingresos no podrán pagar o se verían perjudicados, lo que no es éticamente correcto (Tisdell, 1993; Daly y Farley, 2004; Tietenberg y Lewis, 2012).

Supongamos que se puedan asignar derechos de propiedad a cada individuo para respirar aire limpio, pero sería prácticamente imposible asegurar esos derechos de propiedad, dadas las condiciones específicas de este bien: es un bien que se utiliza todo el tiempo y que puede perder calidad por múltiples factores, muchas veces difíciles de identificar con precisión. Específicamente en el caso de Temuco y Padre Las Casas, cuando son miles de hogares los que constituyen la principal fuente de contaminación del aire, asignar derechos de propiedad y hacerlos cumplir se hace imposible (¿quién determina cuáles son los hogares que contaminan y en qué grado?, o sea, hay información imperfecta, no sólo para las autoridades reguladores sino que también los mismos hogares no saben en qué medida ellos contribuyen a la contaminación del aire). Por otra parte, la interacción entre tantas personas hace que la posibilidad de llegar a acuerdos sea muy difícil o imposible, dados los elevados costos de comunicación y negociación (costos de transacción). Además, dado que el grupo afectado con la calidad del aire es el mismo que contamina la atmósfera (cerca del 90% de los hogares utilizan leña, afectándose entre sí), entonces no tiene sentido que se consideren estos derechos de propiedad.

4.2 El Problema de los Comunes

Una situación específica relacionada con los problemas de los derechos de propiedad se asienta en el régimen basado en la propiedad de recursos en común por varios agentes (no hay exclusividad en el uso por parte algún agente que se defina), que se ha conocido como el problema de los comunes (Schmid, 1995; Daly y Farley, 2004; Tietenberg y Lewis, 2012). Aunque no siempre ha dado resultados ineficientes, en la mayoría de los casos sí (entre los ejemplos más famosos están los de la pesca en el mar), dados los problemas de incentivos que se presentan por parte de los agentes individuales. Además de la no exclusividad se señala que existe una situación de divisibilidad (relacionada con la rivalidad), dado que esos recursos comunes son limitados, lo que significa que lo que haga un agente para adueñarse de los recursos comunes repercute en los recursos que quedan disponibles para el resto. Cuando hay escasez, la situación de libre acceso (por derechos abiertos), termina en una situación ineficiente, dado que cada agente buscará su propio beneficio individual (sin incentivos para conservar, puesto que cree que otros agentes no tratarán de conservar y no valdrá la pena asumir esos costos individuales), pero acabará con un resultado social ineficiente, dada la sobreexplotación o consumo excesivo (que termina agotando el recurso) pues no se genera el tiempo necesario para una regeneración natural del recurso. Es por ello que se considera una trampa social, dado que los costos y beneficios aparentes para los individuos resultan inconsistentes con los costos y beneficios sociales (Costanza, 1987).

La calidad del aire en una zona puede ser vista como un bien común, el que puede ser sobreexplotado, dado que es un bien libre con acceso abierto, pero con un valor social de escasez (Starret, 2003). Como se trata de un bien de libre acceso, por los derechos abiertos, entonces cada persona utilizará el bien para derrochar emisiones contaminantes, pues cada persona no valora el daño marginal que genera en el resto de la sociedad – es una externalidad negativa, que se comentará más abajo con mayor detalle – y sólo tiene en cuenta el bienestar particular que le genera. El problema de escasez aparece por el hecho de que el daño que genera un agente imposibilita a otros agentes de disfrutar aire limpio. Es por ello que la solución de mercado no es socialmente la mejor, lo que requiere alguna forma de corrección por parte del Estado.

Por ejemplo, los hogares en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas pueden hacer uso de leña para cocinar y para calefacción, que conlleva un costo pero añade un beneficio energético, sin considerar el daño en salud (costo externo) que ocurre cuando todos actúan de la misma forma, lo que lleva a una saturación de la atmósfera con emisiones contaminantes. O sea, si un solo hogar viviera en estas zonas, el cálculo de cuánto emitir podría hacerlo considerando los daños en salud por contaminación, pues es la salud de sus integrantes. Pero como son muchos hogares (aumenta la escala), el esfuerzo de un hogar por reducir la contaminación se reflejará en beneficios de otros (se relaciona con el problema del polizón, que se analizará abajo). Como cada hogar creará que los otros no se sacrificarán en el mismo sentido, entonces no habrá incentivos por parte de ninguno para conservar la calidad del aire. Por tanto, cada hogar tratará de contaminar de acuerdo a su objetivo de obtener beneficios privados al menor costo privado posible. El problema está en que como todos actúan así, el resultado global será de elevados niveles de contaminación del aire y con daños en salud para todos más allá del óptimo privado y social. Esto se debe

a la gran congestión de agentes contaminantes en esta zona urbana, por lo que el aire limpio pasa de ser un bien no rival a uno rival, lo que hace que generar más emisiones a la atmósfera por parte de todos tiene efectos dañinos o costos sociales que no se manifiestan en el caso de zonas rurales o de ciudades más pequeñas.

En términos de la teoría de juegos, esta situación corresponde a un equilibrio de Nash conocido como el “dilema del prisionero”, pues todos los agentes toman decisiones adecuadas desde el punto de vista individual (lógica de la decisión racional buscando cada uno maximizar su propio bienestar), pero la interacción con el resto, sobre todo cuando son muchos y no existe la adecuada comunicación, implica un resultado social de menor bienestar (Costanza, 1987; Bonnes y Bonaiuto, 2002; Starret, 2003; Liebe y Preisendörfer, 2010). Este equilibrio no es óptimo desde el punto de vista de Pareto y podría mejorarse con alguna forma de cooperación (si se dan las condiciones para que las personas tengan confianza y crean en las acciones del resto) o simplemente mediante la intervención del Estado.

4.3 Los Bienes Públicos

Los bienes públicos puros son aquellos que cumplen 2 atributos básicos (Stiglitz, 2000a): no exclusión de los que no deseen pagar por el bien y no rivalidad en el consumo, conceptos que ya se han comentado con anterioridad. El primer atributo o propiedad indica que cuando se ofrece un bien público puro resulta imposible o muy costosa la exclusión de alguien que lo desee. Por tanto, existirá un problema de incentivos conocido como el problema del polizón (*free rider*). El que desee consumir el bien sin pagar lo podrá hacer, sobre todo cuando cree que otros van a pagar para generar ese bien colectivo, por lo que disminuye los incentivos de los agentes para pagar por dichos bienes. El segundo atributo está muy relacionado con el primero, pues si no existe rivalidad en el consumo, cuando una persona adicional quiere consumir el bien, el costo marginal de ofrecerlo es nulo, a diferencia del problema de los bienes comunes, donde el consumo de un agente disminuye la posibilidad de consumo de otro agente. Por tanto, los productores no podrán detectar fácilmente cuántas personas consumen el bien público. Los bienes públicos impuros son aquellos que son parcialmente excluibles o parcialmente rivales.

Con estas condiciones, una economía competitiva no ofrecería un bien público puro, pues los agentes privados no tendrían incentivos para hacerlo (Daly y Farley, 2004; Tietenberg y Lewis, 2012), tal como ocurre con actividades que mejoran el medio ambiente o protegen los recursos naturales. Si es muy difícil o muy costoso tratar de cobrar lo que se produce entonces no se hace rentable ofrecer el bien por parte de un agente privado. Además, si se llegara a ofrecer y alguien pagara, seguramente sería insuficiente para el agente que ofrece el bien, pues muchos consumidores se beneficiarán del bien sin necesidad de pagar. Con esta situación, el sistema de mercado con propiedad privada no generaría un bien con estas características, lo que disminuye el bienestar social, pues es algo necesario (Jacobs, 1997). Es por ello que se necesita de la intervención del Estado para que se provea una cantidad adecuada de un bien de estas características.

Muchos bienes y servicios ambientales tienen carácter de bienes públicos al ser disfrutados por muchas personas a la vez (Mäler, 1985). El aire limpio tiene características de bien público de carácter natural, y de vital relevancia, dado que todas las personas lo consumen y es un bien necesario para la vida. En cambio, la contaminación del aire se puede catalogar como un “mal público” (Markandya *et al.*, 2002; Helfand *et al.*, 2003), dado que se provee en exceso por ser no excluible y no rival: no es posible evitar que alguien lo “consume” una vez que está la contaminación presente, y una vez que alguien lo “consume” todos lo hacen al mismo tiempo, pues una persona adicional en el área no reduce el efecto negativo que produce la contaminación en el resto de las personas.

Tomándolo desde la perspectiva de la contaminación en la conurbación de Temuco y Padre Las Casas (Chávez *et al.*, 2011), la visión de bien público sería así: si un hogar privado decidiese emitir menos contaminantes para buscar un mejoramiento de la calidad del aire, ello significa una oferta de aire limpio que tiene un costo privado para dicho hogar (puede significar un costo de oportunidad, no necesariamente una inversión monetaria). Pero ese hogar no podría beneficiarse de ese esfuerzo, sobre todo por la imposibilidad de excluir a los que no deseen pagar por disfrutar de esa porción de aire limpio. El problema del polizón aparece en estas zonas debido a que muchos hogares pueden tener el incentivo de no sacrificarse, pues pueden pensar que si otros lo hacen ellos podrán disfrutar de aire limpio sin tener que asumir mayores costos privados (Starret, 2003). En cuanto a la rivalidad en el consumo, una persona adicional que disfrute de aire limpio no impide que otra pueda hacerlo, por lo que el costo marginal de que una persona más disfrute de aire limpio sería nulo, por tanto, se refuerza el bajo incentivo que tienen los hogares para esforzarse en emitir menos contaminantes, pues no podrían cobrar por ello.

Es importante destacar que uno de los atributos de los bienes públicos, el de no rivalidad, es discutible en este caso, pues un hogar adicional que use la atmósfera para emitir contaminantes producto de la combustión a leña (derechos de retirada) podría no causar efectos dañinos en la salud del resto de la sociedad, pero si todos lo hacen, entonces la disponibilidad de aire limpio se convierte en un bien escaso, y por tanto, rival, dado por la congestión de tantos agentes contaminantes, tal como se indicó en el análisis de los problemas de los recursos comunes. O sea, el bienestar de toda la población se reduce cuando todos deciden usar el bien mediante los derechos de retirada al mismo tiempo, pues aunque aumentan el calor al interior de los hogares, la calidad del aire empeora, convirtiéndose en un “mal público”.

Otra forma de verlo sería en el caso de que el Estado pida contribuciones voluntarias para realizar un plan de descontaminación, que incluiría varias medidas que pueden reducir la contaminación en un 50%. Posiblemente la contribución voluntaria de las personas sería nula (Mäler, 1985), dado que todas pueden pensar que si otros contribuyen en alguna medida, igual podrían disfrutar del aire limpio, pero como todos pueden pensar de igual forma, al final el aporte sería igual a cero (en casos extremos).

Todo esto se relaciona con la imposibilidad de establecer derechos de propiedad privados, tal como se mencionó anteriormente. O sea, como resulta muy difícil poder entregar derechos de propiedad privados a los que quieran realizar esfuerzos privados para limpiar el aire, entonces no existirán los incentivos adecuados para que ello suceda. Con derechos

abiertos y derechos de retirada, el problema de la calidad del aire como bien público requiere de la intervención del Estado, pues el mecanismo de mercado no podrá encontrar una solución. La intervención del Estado debe estar enfocada a ofrecer el bien público para poder aumentar el bienestar social, pues la solución del mercado con propiedad privada es insuficiente.

4.4 Los Mercados Incompletos

Uno de los supuestos básicos para que la economía de mercado sea eficiente en el sentido de Pareto (modelo Arrow – Debreu) es que se necesitan mercados para cada uno de los bienes y servicios que hay en la economía, de forma tal que se generen precios de equilibrio y los agentes puedan tomar decisiones de optimización en base a esos precios (Acocella, 1998). Dentro de esos mercados que se necesitan están los mercados de futuro, pues muchas actividades actuales dependen de lo que suceda en el futuro (mercados de capitales, mercados de seguros). En muchas ocasiones los mercados incompletos están relacionados con bienes que sí tienen mercado, pues se trata de bienes compuestos (Beare y Newby, 2005). Por ejemplo, en el caso de la leña, es un bien transado en un mercado, pero que tiene vínculos con otro bien (la calidad del aire) que no tiene mercado.

Por otra parte, en relación a la calidad del aire, dada la naturaleza especial de ese bien público con derechos abiertos, no existe un mercado natural para realizar transacciones (compra o venta) de aire limpio (Markandya *et al.*, 2002). Los mercados incompletos se relacionan con la ausencia de derechos de propiedad, pues ello provoca que no haya una institucionalidad que proteja las transacciones (compra o venta) de este bien llamado calidad del aire. Como no hay un mercado que genere un precio, sencillamente los agentes dañan la calidad del aire como si fuera socialmente gratis o sin costo. Además, la ausencia de mercados está en la base de la generación de las externalidades negativas, que son típicas en los problemas ambientales.

4.5 Las Externalidades

Otra de las fallas típicas de mercado son las externalidades, que ocurren cuando un agente de la economía genera beneficios o daños a otros agentes y no hay una transacción monetaria que refleje lo sucedido. Por tanto, esta falla se relaciona con la de mercados incompletos, señalada anteriormente. También se relaciona con la falta de exclusividad en los derechos de propiedad, dado que los dueños de los recursos no asumen todos los costos o no obtienen todos los beneficios que su uso puede representar, como ocurre con el problema de los comunes.

En el caso de los problemas ambientales esta es una falla que habitualmente se encuentra presente, pues unos agentes generan daños al resto – por contaminación del aire, del agua y de los suelos, entre otros – y no realizan las compensaciones monetarias correspondientes. La no existencia de mercados para este tipo de situaciones se refleja en el hecho de que no se realizan esas compensaciones por los daños o costos externos, por lo tanto, los que generan el daño ambiental realizan estas actividades en un nivel mayor que el eficiente

desde el punto de vista social, pues no tienen incentivos para contaminar menos (Stiglitz, 2000a; Tresch, 2002). Es por ello que se justifica la intervención del Estado para corregir las externalidades, ya sea por medio de impuestos (a los que contaminan) o mediante otras soluciones (como es el caso del Teorema de Coase, mediante la asignación de derechos de propiedad, ya sea al contaminado o al contaminante para poder llegar a un equilibrio eficiente en el sentido de Pareto).

Como se ha podido suponer, el problema de las externalidades se relaciona con los otros problemas destacados anteriormente (Stiglitz, 2000a). Por ejemplo, la falta de definición de los derechos de propiedad impide la creación de mercados para que existan compensaciones por los daños que generan unos agentes sobre otros. El problema de los comunes se basa en el libre acceso y la falta de incentivos para cuidar la calidad del aire en un espacio limitado, pues ello significará costos para un agente, pero cada uno pensará que el resto no tendrá el mismo cuidado – generarán externalidades negativas –, por lo que nadie cuidará lo suficiente ese bien especial.

En cuanto a los bienes públicos, se han considerado casos extremos de externalidades, pues cuando se logra que un agente limpie el aire o no lo contamine, otros agentes podrán disfrutar de ello y será muy difícil cobrarles (por la difícil exclusión de los que no paguen y la no rivalidad en el consumo). O también se puede expresar como que las externalidades son situaciones de bienes públicos impuros, pues por ejemplo, el ofrecer más de un bien como es el aire limpio (por mayor esfuerzo privado en descontaminar) beneficia a otras personas y no se cobra por ello (como no hay exclusión se generan externalidades positivas), pero el beneficio que recibe cada uno del resto de la población es muy pequeño en comparación al esfuerzo individual del que redujo la contaminación, dado que hay una situación de congestión y, por tanto, de problemas de rivalidad⁵³.

Las externalidades pueden ser de diversos tipos: positivas o negativas, de la producción o del consumo (Tresch, 2002). En el caso que nos ocupa, la contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas es de carácter negativo, por los daños en salud que generan, y se asocia al consumo, pues los hogares utilizan leña como un bien de consumo para calefacción y para cocinar. Cuando se trata de externalidades de consumo, el beneficio marginal privado resulta superior al beneficio marginal social. Ello se relaciona claramente con el precio de la leña, que es un insumo en los hogares para el proceso de generar energía, el que no refleja adecuadamente las externalidades presentes en este contexto (CCL, 2009). El precio de la leña no incluye el daño externo por los problemas de salud que se generan, por lo que resulta artificialmente muy barata a los hogares. Además, en el precio de la leña tampoco se incluyen los daños ambientales en el proceso de su extracción de los bosques nativos (degradación de suelo, daño a los flujos de agua y a la biodiversidad, entre otros). Por tanto, se presentan múltiples condiciones económicas para que se consuma más leña de la óptima.

En el caso de Temuco y Padre Las Casas, los hogares pueden contaminar el aire más allá de lo socialmente eficiente debido a que consumen más leña de lo que se debería, pues no

⁵³ En los bienes públicos puros, una unidad adicional del bien puede ser consumida por todos a la vez en la misma cuantía, lo que claramente no ocurre en la situación planteada.

consideran en el costo marginal privado de la leña el daño marginal externo que se genera al resto de la sociedad, sobre todo en el ámbito de la salud. O también se puede ver como que en el beneficio marginal privado de los hogares (por mayor utilidad al tener más calefacción y cocción de alimentos) no se descuenta el daño externo que se genera. En esta situación los hogares no tienen incentivos adecuados para utilizar leña seca, comprar equipos más eficientes, manejarlos bien y realizar un adecuado aislamiento térmico de las viviendas. Asimismo, el gran incremento demográfico de estas zonas urbanas en las últimas décadas, sobre todo por personas que han llegado desde las zonas rurales, se relaciona con el hecho de que esos migrantes no calculan en sus costos privados el impacto negativo social (costo social externo) que genera un hogar más sobre la calidad del aire en estas ciudades (Tolley, 1987; Braun, 1990; Jha y Whalley, 2003). Por tanto, el incremento en la ciudad ha sido mayor al socialmente deseable, dado que en esos procesos espontáneos no ha estado presente el precio de la calidad del aire ni hay compensaciones por los daños externos que se generan.

Sin embargo, hay que destacar que el problema de externalidades en Temuco y Padre Las Casas resulta algo ambiguo, en comparación con las externalidades que ocurren cuando, por ejemplo, una industria contamina a toda una ciudad, o cuando un productor daña la producción de otro productor. En estas externalidades originadas directamente en el consumo, los que contaminan son los mismos que se perjudican (vistos en conjunto), por lo que considerarlo como una externalidad negativa no resulta tan claro como en otros casos típicos (CEPAL, 2003). Este problema se asocia a lo que Dasgupta y Mäler (1995) llamaron “externalidades recíprocas”, pues entre todos los agentes involucrados hay daños mutuos, que es lo que ocurre en los casos del problema de los comunes. Al daño que un agente le genera al otro (sin consecuencias de vuelta) se le catalogó como “externalidades unidireccionales”, que es como el ejemplo de la industria cerca de una ciudad mencionado anteriormente.

Para comprender mejor esta situación se debe destacar que puede existir un problema de percepción, como puede ser por el hecho de que lo que hace cada hogar influye poco en el problema total (tal como en el análisis del problema de los recursos comunes realizado arriba), por lo que no se tiende a considerar que cada uno se está dañando a sí mismo, sino que el conjunto de los consumidores es el que genera el daño. Entonces sí estará presente la externalidad negativa debido a que las personas no pueden estimar adecuadamente cuánto de sus emisiones contaminantes le generan daños a sí mismas, y en caso improbable de que lo puedan estimar claramente será un daño propio muy pequeño, pues se trata de un problema colectivo, por la acción de todos a la vez, dada la congestión de viviendas en un espacio limitado.

Es importante destacar también que las externalidades se hacen más relevantes cuando las técnicas empleadas no son las socialmente óptimas, alejando a la situación de un equilibrio de Pareto (Tisdell, 1993). En este sentido, es bien conocido que el problema de la contaminación del aire en Temuco y Padre Las Casas se vincula estrechamente a la gran cantidad de equipos antiguos que usan leña en los hogares, los que no son muy eficientes y además generan gran cantidad de emisiones contaminantes (Gómez *et al.*, 2009).

4.6 La Información Imperfecta

La cantidad y calidad de información es fundamental para la correcta toma de decisiones en una economía de mercado, tanto para los consumidores como para los productores. El proceso de optimización de los diferentes agentes se basa en que la información disponible es perfecta, pero como en la práctica se presentan muchos problemas de información, esta es una de las razones de por qué el paradigma de libre competencia no es válido o útil para las políticas económicas (Stiglitz, 2000b). En muchas ocasiones la información no está fácilmente disponible o sencillamente el mercado no tiene incentivos para brindar toda la información necesaria, pues la información tiene el carácter de bien público: es muy difícil excluir a alguien que no quiera pagarla una vez que se brinda y el hecho de proveer información a una persona adicional no genera mayores costos.

Tal como señalan Markandya *et al.* (2002), muchos problemas ambientales se asocian a un nivel de información insuficiente o a veces total ignorancia por parte de los agentes involucrados, lo que hace que no puedan tomar las mejores decisiones para asignar correctamente los recursos en el corto y en el largo plazo. En este sentido, Gärling *et al.* (2002) destacan la “ilusión de gran reserva”, que tiende a ocurrir cuando existe incertidumbre sobre la cantidad de recursos y se piensa que son ilimitados, provocando que se haga un uso excesivo de ellos.

Tal como señalan Viscusi y Gayer (2006), las personas pueden ajustar significativamente su percepción del riesgo a la salud de varias situaciones del entorno (como es el caso de la contaminación atmosférica) si cuentan con una mejor información (aunque no se llegue a una percepción 100% correcta, tal como se comenta más abajo).

Adicionalmente, muchas personas con bajo nivel de educación, tal como ocurre en los países subdesarrollados, no tienen los conocimientos necesarios para comprender los riesgos a la salud que genera la contaminación del aire, aunque tengan la información disponible.

Por otro lado, Tisdell (2006) indica que existe una dificultad adicional con la información en el caso de los bienes públicos, en comparación con los bienes privados. A las personas les resulta más difícil y menos rentable buscar información sobre lo que sucede con los bienes públicos, como es la calidad del aire, por lo que les resultará más difícil tomar medidas adecuadas a la realidad de esos bienes. En cambio, con los bienes privados existe excesiva información, a veces incorrecta o que genera una demanda innecesaria, como ocurre con mucha publicidad, afectando indirectamente la demanda por bienes y servicios ambientales (Daly y Farley, 2004).

Por todo ello se requiere que el Estado intervenga, brindando una mayor información, para que los agentes puedan tomar mejores decisiones respecto a los problemas ambientales (CEPAL, 2003; The World Bank, 2008; Somanathan, 2010; Sartzetakis *et al.*, 2012), adicionalmente a lo que debe hacerse para corregir las fallas anteriores. Para ello hay que tener en cuenta que muchos problemas ambientales son de carácter complejo, tanto por las causas como por las consecuencias, por lo que el rol de la cantidad y calidad de

información es fundamental para modificar aquellas conductas de las personas que resultan más dañinas.

En el caso de Temuco y Padre Las Casas la población identifica claramente al problema de contaminación atmosférica con el uso de leña (fundamentalmente húmeda) por parte de los hogares, pero razones más relacionadas con aspectos del comportamiento (como el mal manejo de los equipos y la mala calidad o el insuficiente mantenimiento de los equipos) son percibidas de forma menos masiva. Por otra parte, los efectos dañinos en la salud debido a la contaminación se reconocen, pero en una medida algo baja (Dimensión, 2007).

Entonces, si no existe una información suficiente y adecuada sobre el proceso de uso de leña y su impacto en la salud, las personas podrían actuar mal en cuanto a la cantidad de leña que utilizan, en el modo de uso y en el grado de exposición. O sea, si en el caso de Temuco y Padre Las Casas, las personas no valoran adecuadamente el riesgo en la salud que se genera con la contaminación y no conocen bien el proceso de combustión eficiente de la leña, entonces pueden usar mucha más leña de la socialmente eficiente (en ocasiones con un elevado grado de humedad), no manejar adecuadamente los equipos y exponerse demasiado al aire contaminado. Si las personas tienen la información adecuada y actúan de forma correcta, entonces ello puede significar mayores costos privados (comprar leña seca, cambiar sus equipos por otros más modernos, eficientes y caros, estar más tiempo en las viviendas y no disfrutar de ciertas actividades para no exponerse), pero también tendrán mayores beneficios a futuro por el ahorro en gastos médicos, e incluso por la mayor eficiencia en el uso de leña. Como es obvio, el efecto de la información sobre la acción de los agentes dependerá de las alternativas tecnológicas y económicas disponibles, pues por ejemplo, por mucha información que se tenga sobre el efecto dañino del uso de la leña, el cambio hacia otras alternativas, como el gas, será bien difícil dado el elevado costo que ello representa.

4.7 Los Bienes Preferentes

En la economía del sector público de la actualidad hay una separación entre los bienes públicos y los bienes preferentes (*merit goods*), aunque ambos puedan ser ofrecidos y/o financiados por el Estado. Los bienes preferentes pueden ser ofrecidos por el sector privado (dado que no son bienes públicos puros), por lo que pueden ser categorizados como bienes privados. Pero el Estado interviene en este tipo de bienes (Musgrave, 1987), pues considera que las personas lo consumirían en un nivel muy bajo. Lo contrario, los bienes no preferentes (*demerit goods*) son aquellos que las personas consumen demasiado y el Estado considera que deben consumirse menos. De esta forma, con una posición paternalista, el Estado obliga a las personas a consumir ciertos niveles de esos bienes, lo que es rechazado por economistas de la escuela neoclásica (Jois, 2006). La educación y la salud pública han entrado en la categoría de bienes preferentes, así como la contribución al sistema de pensiones y algunos tipos de seguros, entre otras medidas. Por otro lado, ejemplos de bienes no preferentes han sido también el alcohol y el tabaco (Rice, 2013).

Lo que sucede detrás de los bienes preferentes o no preferentes no se asocia a la información imperfecta o a la existencia de externalidades (Stiglitz, 2000a). O sea, las

personas pueden tomar malas decisiones en cuanto a su bienestar, pues no se comportan de forma adecuada para maximizar su bienestar. Personas que conocen los posibles daños para ellos de no usar el cinturón de seguridad o de fumar, sencillamente siguen teniendo actitudes en contra de lo esperado para su mayor bienestar. O empresas que reciben multas por contaminar su entorno, que son pagos que deben corregir las externalidades negativas, pueden seguir teniendo niveles de contaminación más allá de lo deseable (puede ser por emisiones pequeñas, pero muy tóxicas), por lo que se pueden justificar medidas más restrictivas. En muchos de los casos de categorización de bienes preferentes se entiende que la información y las preferencias de las personas pueden encontrarse distorsionadas por factores externos o que simplemente el proceso de toma de decisiones respecto al consumo privado de esos bienes no sigue la lógica de la racionalidad asumida por el pensamiento económico tradicional (Acocella, 1998). O sea, que el principio de soberanía del consumidor, que es fundamental en el esquema neoclásico para la correcta asignación de los recursos, no se cumple en estas condiciones (Common y Stagl, 2005). En parte ello se asocia a que en muchos casos los agentes no son capaces de incorporar adecuadamente la visión de largo plazo sobre varios aspectos ambientales (The World Bank, 2003), llevando a situaciones de trampa social, ya que la búsqueda de bienestar a corto plazo lleva a situaciones bastante negativas en el largo plazo (Costanza, 1987), afectando así a la sostenibilidad ambiental (Common y Stagl, 2005).

En el caso de la contaminación del aire de Temuco y Padre Las Casas, la visión de los bienes preferentes puede analizarse de dos formas. Primero, las personas pueden exponerse demasiado a la contaminación atmosférica, aunque tengan información sobre los daños en salud. Ese comportamiento puede estar relacionado con el hecho de que varios de los efectos más dañinos son a largo plazo o que no se valoran bien los probables costos en salud (pues en definitiva hay una probabilidad de no enfermarse) que ello puede significar para los hogares. De hecho, una de las razones por las que el Estado interviene en el sistema de salud es por el concepto de los bienes diferentes, enfoque que se asocia a varios de los problemas ambientales, pues muchos de ellos tienen repercusiones en la salud de las personas. En segundo lugar, las personas pueden consumir mucha más leña de la socialmente deseable, incluso aunque las personas dañadas sean las mismas que contaminen, dado que no valoran de forma adecuada la verdadera razón costo – beneficio de generar calor al interior de la vivienda, al no tener muy en cuenta los posibles daños en salud que pueden tener en el corto y largo plazo. Incluso, el exceso de consumo de leña puede generar más calor al interior de los hogares de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2007).

4.8 Las Fallas de Comportamiento de las Personas

Relacionado con lo anterior, en las últimas décadas ha aumentado bastante el análisis económico sobre la forma en que se comportan las personas, pues tal como en el enfoque de los bienes preferentes, en ciertas ocasiones no se toman las mejores decisiones en cuanto a la optimización.

Entre los supuestos básicos de la economía neoclásica o tradicional está el hecho de que los agentes son racionales y que, por lo tanto, toman decisiones correctas si tienen la

información y los incentivos adecuados. Por ejemplo, la teoría de la elección racional y la visión moderna del comportamiento social indican que los problemas de contaminación causados por las personas se deben a consecuencias inesperadas de acciones que realizan esas personas con propósitos individuales de carácter racional, buscando lo mejor para satisfacer sus intereses (Liebe y Preisendörfer, 2010; Brand, 2010). Sin embargo, la realidad del comportamiento del consumo en lo referido al ámbito ambiental en ocasiones se encuentra lejos de ser ideal (Jackson, 2007).

En el supuesto de racionalidad de los agentes económicos se consideraba fundamental el principio hedonista de la búsqueda del placer y la evasión del dolor, lo que ayuda a comprender el comportamiento de las personas. Pero las críticas a ese principio no han sido tanto por su falsedad como por su estrechez (Lewin, 1996). Es importante destacar que la visión dominante de la racionalidad se ha puesto en duda por varios investigadores de la conducta humana en el ámbito de la economía (y de otras ciencias)⁵⁴, que han llamado la atención sobre las fallas de comportamiento de las personas, en contraste con las fallas de mercado anteriormente expuestas (Gowdy, 2004; Shogren y Taylor, 2008; Rice, 2013): por ejemplo, las personas no tienen todas las habilidades necesarias para procesar de forma correcta toda la información disponible, tienen sesgos inherentes en los mecanismos de reacción y usan técnicas para poder resolver rápidamente ciertas situaciones, en ocasiones no hay un autocontrol en varias decisiones claves (por ejemplo, se consume demasiado o se ahorra demasiado, o se trabaja demasiado o se descansa demasiado), no tienden a valorar de igual forma a ganancias y pérdidas de igual proporción, y por último, no siempre siguen sus impulsos egoístas en la toma de decisiones (al contrario del supuesto de Adam Smith detrás de la mano invisible), entre otros aspectos que debilitan la visión habitual de optimización microeconómica en base a conductas racionales de los agentes. Este tipo de fallas tiene un impacto algo especial en situaciones relacionadas con el medio ambiente, dado que el mercado no genera las señales de precios para que los agentes tengan una restricción en su comportamiento, por lo que las fallas de comportamiento presentan una relación especial con las fallas de mercado expuestas anteriormente.

Las personas pueden tener un comportamiento basado en el aprendizaje individual (que depende del nivel de educación y de la cantidad y calidad de la información disponible) y en la cultura o tradiciones de su medio social (que puede copiar sin realizar mucho esfuerzo en buscar una visión propia). El porcentaje o grado de relevancia que tiene cada componente (aprendizaje individual o tradición) dependerá de diferentes situaciones, pero ambos elementos están presentes en la conducta de las personas (Somanathan, 2010). Si en ciertas etapas el comportamiento está basado más en las tradiciones y menos en el aprendizaje individual, entonces podrían generarse comportamientos inadecuados respecto al medio ambiente aunque exista cierta educación en las personas y cierta disponibilidad de información. O dicho de otra forma, en presencia de ciertos problemas ambientales se

⁵⁴ Hay que destacar que en el ámbito de la psicología, desde la década de 1920 se había establecido el carácter más complejo y menos racional de las personas en comparación a los supuestos básicos de las décadas previas de formación de esa ciencia (Morawski y Bayer, 2003). Y en el caso de la sociología, por ejemplo, Max Weber (1947) señalaba entre los tipos de acción social de acuerdo al modo de orientación, los basados en los aspectos emocionales y los basados en las costumbres arraigadas durante mucho tiempo, adicionalmente al criterio racional del comportamiento.

puede realizar un esfuerzo para que mediante una mayor información se pueda provocar un cambio en la conducta de las personas, pero ello no tendrá mucho efecto si las tradiciones o actitudes culturales siguen teniendo mucho peso. Si el cambio cultural, que es más lento, va teniendo lugar, y ello implica una aprobación de conductas que protegen el medio ambiente, entonces la disponibilidad de información provocará mayores efectos en las personas que tendrán más incentivos para avanzar en el proceso de aprendizaje individual. Obviamente, si los problemas ambientales tienen su base en un proceso rutinario diario, tanto en la generación de contaminación como en la exposición a la misma, entonces se hace más difícil el cambio en las conductas de las personas, dadas por costumbres arraigadas (Gärling *et al.*, 2002; CEPAL, 2003). Por otra parte, el ámbito social, que se refleja en las prácticas sociales preponderantes, determinará en gran medida el comportamiento de las personas, aunque no sea lo más conveniente para la solución de los problemas ambientales (Dasgupta y Mäler, 1995; Jackson, 2007; Brand, 2010). O sea, las visiones individuales estarán muy influidas por el funcionamiento social (con sus prácticas, sus rutinas y sus creencias), lo que puede estar en contradicción con los objetivos ambientales (racionales), tanto de corto como de largo plazo⁵⁵.

En relación con ello, es importante destacar que a nivel mundial el uso de leña como combustible se ha visto como algo “natural”, por tanto “bueno”, dado que durante miles de años se ha hecho así (tradición cultural). Pero claramente ello no significa que sea algo totalmente positivo, dados los ya reconocidos problemas de salud que se generan (Smith y Pillarisetti, 2012). Por ejemplo, en China, las personas de más edad y con menos educación tienden a consumir más leña en sus hogares, por efecto de la costumbre (Démurger y Fournier, 2011). En el caso de Nueva Zelanda, donde hay serios problemas de contaminación del aire en varias ciudades por el uso de leña en los hogares, muchas personas no desean cambiar de tipo de calefacción, dado que el uso de leña se asocia a la identidad nacional, particularmente a ideales masculinos, y a la práctica o tradición de usar leña y los equipos a leña (Cupples *et al.*, 2007). Y en Australia también se ha encontrado una situación similar de importancia de las tradiciones (fundamentalmente rurales) en ciudades pequeñas con elevada contaminación por uso de leña (Reeve *et al.*, 2013).

En el caso de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas hay que considerar que su gran crecimiento en las últimas décadas se ha basado en una llegada elevada de personas desde las zonas rurales de la región de La Araucanía. Como en el campo habitualmente no se generan problemas de contaminación del aire, dada la elevada dispersión de las viviendas, las personas pueden tener costumbres que no son adecuadas para las condiciones de ciudades. O en el caso de las personas que siempre han vivido en Temuco y Padre Las Casas, pero que mantienen formas de comportamiento de épocas en que la contaminación del aire no era relevante, entonces también puede existir esta dificultad de ajuste del comportamiento. Entonces, muchas personas pueden hacer un mal uso de los equipos, preferir cocinas a leña y equipos de calefacción que generan muchas emisiones, así como no tener el cuidado para mantener la leña seca, pues esa es la tradición o costumbre de familia (CCL, 2009; BCN, 2010b), pero ello no es un comportamiento correcto ante las

⁵⁵ En un ámbito más general, Heilbroner (1972) destaca que la organización económica por la tradición (las costumbres arraigadas en las personas por muchas generaciones), con todas sus rigideces, generalmente no conduce al progreso económico.

condiciones de calidad del aire en zonas urbanas. De hecho, en Chávez *et al.* (2010) se encontró que las personas más viejas de Temuco y Padre Las Casas están menos dispuestas a participar en programas voluntarios de recambio de equipos (para sustituirlos por equipos más eficientes y menos contaminantes).

O sea, las prácticas sociales inadecuadas determinan el comportamiento individual, pues las personas realizan sus actividades habituales (como la del consumo) con una influencia bastante fuerte de lo que sucede a nivel de toda la sociedad, lo que no resulta necesariamente lo óptimo respecto a la calidad del aire.

Otro aspecto que se menciona en la literatura es que las personas forman sus percepciones y toman decisiones en base a dos componentes distintos: la racionalidad, que indica un comportamiento consciente en la evaluación de los beneficios y los riesgos o costos de una acción, y la afectividad, que indica un comportamiento más automático, preconsciente, basado en la experiencia (Funicane *et al.*, 2000). En general, se plantea que hay diferencias en la forma en que se perciben los beneficios y los riesgos esperados si domina más la racionalidad o la afectividad. Por ejemplo, tal como se encontró en una pequeña ciudad australiana con mucha contaminación del aire por uso de leña (Hine *et al.*, 2007; Reeve *et al.*, 2013), las personas tienden a tener un afecto (“cariño”) al sistema de calefacción a leña, dado el calor y bienestar que genera al interior de las viviendas (incluido un tema nostálgico de la niñez junto a la familia), adicionalmente a que reconocen que su costo resulta más bajo que las alternativas del gas o la electricidad y ayuda a reducir la humedad de las viviendas. Además, esas personas tienden a percibir que no hay riesgo o que hay un riesgo menor para la salud debido a este tipo de actividad (por tenerle “cariño”), tienden a argumentar que hay otras fuentes importantes u otros lugares más contaminados y están menos interesados en políticas de descontaminar. Esto implica que el Estado debe proveer educación para que los problemas ambientales no sean solamente algo del ámbito cognoscitivo (racional), sino que debe tener también un enfoque afectivo. Pero se reconoce que los efectos de esas medidas son a largo plazo.

Por otra parte, tal como indican Viscusi y Gayer (2006) y Shogren y Taylor (2008), la percepción de las personas sobre el riesgo en la salud que tiene la contaminación no siempre es la más adecuada, sobre todo cuando se trata de posibles eventos futuros. Por ejemplo, se ha demostrado que las personas tienden a sobrestimar situaciones de riesgo pequeño, mientras que tienden a subestimar situaciones de mayor riesgo (aunque con baja probabilidad de ocurrencia). Entonces, aunque las personas cuenten con toda la información disponible (incluso siendo personas con buen nivel de educación), su reacción frente a ello no tiene por qué ser siempre la correcta desde el punto de vista individual y social, sobre todo en aspectos relacionados con la salud (Rice, 2013). Además, aunque las personas tienden a vincular los problemas de salud a la contaminación del aire, no tienden a hacerlo con la precisión adecuada ni tampoco a considerarse que ellas serán afectadas, sino que serán los “otros” (Bickerstaff y Walker, 2001).

Otro efecto es el encontrado en muchas partes (Bickerstaff y Walker, 2001), donde las personas perciben que la calidad del aire de su zona o ciudad es mejor que en otras partes, aunque en realidad no sea así. Ello puede ocurrir por la tendencia de muchas personas a considerar su barrio o ciudad como la más apropiada para vivir, tendiendo a ver las cosas

mejor de lo que en realidad son. Estos autores también destacan que las personas pueden tender a ver los efectos en la salud como menos importantes cuando ellas son en parte responsables de la contaminación del aire, como ocurre con los automovilistas (y obviamente, con los hogares que contaminan el aire por el uso de la calefacción).

En el caso de Temuco y Padre Las Casas podría ocurrir que las personas cuenten con toda la información disponible, pero no perciban el riesgo tal como es en realidad, sino que lo perciban de menor forma (que hagan una subestimación), por lo que podrían tener un comportamiento más descuidado, tanto respecto al uso de leña en los hogares como en el grado de exposición al aire contaminado. Como se puede apreciar, la perspectiva de las fallas en el comportamiento de las personas tiene varios puntos de contacto con la visión de los bienes preferentes señalada anteriormente, pues que ambos análisis parten de que la lógica del comportamiento racional no funciona bien, por lo que se necesita de la intervención del Estado.

Los problemas de comportamiento de las personas descritos anteriormente revelan la importancia del ámbito social, pues si se tiene solamente un enfoque económico tradicional (en base a incentivos e información) y tecnológico para resolver los problemas de contaminación atmosférica, los resultados no tienen por qué ser óptimos desde el punto de vista técnico (o de laboratorio). Es la interacción de los aspectos técnicos con los aspectos sociales (como el de la percepción de las personas) lo que genera que los resultados sean más o menos favorables (CEPAL, 2003; Agyeman, 2007). Por ejemplo, si se aplican políticas para cambiar las tecnologías de calefacción (por ejemplo, respecto a los equipos permitidos) en Temuco y Padre Las Casas, los resultados podrían no ser tan efectivos si la población no cambia sus percepciones y conductas en cuanto al uso adecuado de la leña y los equipos. Tampoco se puede ir al extremo de considerar solamente políticas basadas en la corrección del comportamiento de las personas, pues estas deben ser un complemento de las políticas tradicionales (Rice, 2013).

4.9 Fallas en el Comportamiento a Favor del Medio Ambiente

Muchos problemas ambientales se asocian al conflicto existente entre los intereses individuales y los intereses sociales (Gärling *et al.*, 2002). Un elemento fundamental para comprender por qué los seres humanos generan más o menos problemas ambientales se asocia a la conciencia ambiental que tengan, pues sus acciones podrán estar reflejando lo que están pensando. Así, si en la conurbación de Temuco y Padre Las Casas las personas tuvieran una mayor conciencia ambiental del daño en la salud que genera el uso de leña a toda la sociedad, podrían reducir su consumo hasta niveles básicos, o consumir leña seca algo más cara, cambiar sus equipos más contaminantes por otros menos contaminantes, o cambiar la leña por otro combustible más caro. En todos los casos tendrá habrá una internalización del daño externo al interior de los hogares a través de mayores costos o menor calor al interior de la vivienda.

Las acciones a favor del medio ambiente por parte de las personas dependen de un conjunto amplio de factores, como son las variables actitudinales (creencias de las personas, predisposición general a favor del medio ambiente, costos y beneficios percibidos de una

acción, y atributos no ambientales de los productos), las variables asociadas a las capacidades de las personas (por ejemplo, el nivel de educación, el status social y los recursos financieros), los factores contextuales (leyes y regulaciones, tecnología disponible, políticas de apoyo, las normas sociales y la publicidad respecto al problema) y los hábitos y rutinas (Stern, 2000; Kollmuss y Agyeman, 2002; Edelstein, 2002). Debido a la gran cantidad de factores determinantes de ese comportamiento se plantea que es difícil establecer una teoría general, pues hay que considerar todas las variantes posibles.

Según Stern (2000), las personas tendrán un mejor comportamiento a favor del medio ambiente en la medida en que los problemas las afecten directamente o a grupos cercanos (como la familia) y cuando perciben que se puede hacer algo para reducir el problema. Por supuesto, para que ocurra un cambio en este sentido, las personas deben contar con información sobre las causas y consecuencias de los problemas ambientales, por lo que el Estado tiene claramente un papel en este ámbito. No obstante, dada la diferencia entre los métodos y las expresiones del ámbito de la ciencia, las personas tienden a desconfiar de esos resultados y creer más en sus experiencias directas con los problemas ambientales (Beck, 1998). En este sentido, Bickerstaff y Walker (2001) y Edelstein (2002) señalan que la conciencia sobre la contaminación del aire está muy asociada a la experiencia directa con esos problemas, ya sea por la visión, el olfato, u otro medio de percepción, de forma tal que las personas sientan un impacto físico, al que asocian consecuencias en la salud. La información pública sobre la contaminación del aire tiene un impacto menor, aunque si es de origen local (por autoridades o medios de comunicación locales) se toma más en consideración.

Pero los economistas habitualmente se presentan escépticos respecto a programas que ayuden a mejorar el medio ambiente en base a la conciencia de las personas, sin ningún incentivo al cambio (Oates y Baumol, 1975). Indican que confiar en eso puede ser peligroso, dado que se podrían pasar ciertos límites con daños severos sobre la salud de las personas, por lo que se deben considerar medidas más restrictivas de la conducta negativa con el medio ambiente. Además, se han encontrado casos donde el entusiasmo inicial en actividades a favor del medio ambiente (por ejemplo, incentivado por una crisis ambiental importante) va disminuyendo con el tiempo, pasando a ser poco significativo para las necesidades totales de mejora. En el ámbito de la psicología se llega a la misma conclusión (Pol, 2002), señalando que se necesitan recursos y medidas efectivas que acompañen a la mayor conciencia ambiental para la solución de problemas.

Es importante destacar que varios estudios encuentran que no siempre hay una correlación entre la mayor conciencia ambiental y la acción para llevar a cabo soluciones a favor del medio ambiente por parte de las personas (Kollmuss y Agyeman, 2002; CEPAL, 2003). Uno de los elementos que se indican para explicar este fenómeno es que la acción de las personas a favor del medio ambiente dependerá de la acción del resto. Las personas son más altruistas y más colaborativas cuando perciben que los resultados serán favorables y que el resto de las personas también contribuye a ese propósito (Gärling *et al.*, 2002; Bonnes y Bonaiuto, 2002) con una mayor cohesión social (Pol, 2002). Una forma de expresar esta situación ha sido a través de la paradoja del aislamiento (Azqueta, 1994), donde las personas de forma aislada no contribuyen a solucionar un problema social pues piensan que el esfuerzo individual no generará ningún efecto en un problema común.

En relación con ello, Liebe y Preisendörfer (2010) señalan la importancia de situaciones umbrales o de masa crítica para comprender comportamientos sociales. Por ejemplo, las personas podrían tener una actitud mejor hacia el medio ambiente si perciben que un grupo importante de personas está participando. El análisis costo – beneficio de la organización a favor del medio ambiente puede ser mejor cuando son muchos los que están incorporados en el proceso. Dado el tipo de contaminación originada en muchos consumidores, como es el caso de esta investigación, se necesita de esfuerzos colectivos en cuanto al cambio en la conciencia ambiental, pues lo que haga una sola persona no influye en los resultados (Bonnes y Bonaiuto, 2002). Como se trata de un problema de recursos comunes y con características claras de bien público, obviamente el esfuerzo individual para mejorar la calidad del aire no tendrá muchos resultados sociales, lo que no incentiva a nadie a actuar según su conciencia ambiental. Además, en un caso como éste, con tantos agentes (hogares) involucrados, la posibilidad de generar algún espacio de comunicación y cooperación para solucionar o mejorar la situación se hace más difícil que en grupos pequeños, aunque con los medios modernos de comunicación se puede atenuar en alguna medida (Gärling *et al.*, 2002).

Por otro lado, como se indicó anteriormente, si el problema ambiental no queda claro en la percepción de las personas, lo que puede ocurrir por su complejidad, entonces es más difícil que las personas puedan tomar acciones ambientalmente responsables (Martínez y Roca, 2001; CEPAL, 2003). Tal como se mencionó anteriormente, los problemas de información son relevantes para la toma de decisiones de las personas, por lo que si hay problemas de información o si se trata de información compleja que no es fácil de comprender por una población con un nivel de educación que no es muy elevado, entonces será difícil pasar de una conciencia ambiental (poco clara) a acciones concretas a favor del medio ambiente.

Un problema básico es que esas acciones implican un mayor costo para los hogares, y si el costo es significativamente mayor, entonces será difícil que la mayor conciencia ambiental se refleje en acciones reales que mejoren la calidad del aire (Liebe y Preisendörfer, 2010). Ello se asocia a la conocida diferencia entre ciudadanos y consumidores, pues las personas pueden tener una posición cuando actúan como ciudadanos (pensando en el bienestar común), pero otra cuando actúan como consumidores (pensando en el bienestar propio), lo que dificulta muchas veces las acciones a favor del medio ambiente (Martínez y Roca, 2001). En el caso de Chile, tal como se mostró en el Capítulo 2, los costos por usar combustibles alternativos a la leña resultan mucho más elevados, lo que dificulta la acción por parte de los hogares para poder internalizar los efectos dañinos por el consumo de leña. Además, el otro elemento que se refleja en los costos es el relacionado a los equipos modernos a leña o que usen otro combustible que son menos contaminantes, pero que son más costosos (inversión inicial).

Como es de esperar, en Temuco y Padre Las Casas las personas podrían estar teniendo un comportamiento inadecuado respecto a la calidad del aire, dada la insuficiente conciencia ciudadana, que puede estar determinada por los relativamente bajos niveles de educación, los elevados niveles de desigualdad y también de pobreza, así como los elevados costos de las energías alternativas. La falta de interés o de conciencia ciudadana por este problema ambiental es algo reconocido por las mismas personas en estas zonas para explicar por qué

hay tanta contaminación (Dimensión, 2007). No obstante, es interesante destacar que en encuestas ciudadanas aparecía la contaminación ambiental como uno de los problemas fundamentales que reconocen las personas en la ciudad de Temuco (IDER, 2012), lo que no significa que vayan a realizar alguna acción al respecto. Muchas veces las personas encuestadas expresan estar preocupadas por el problema, pero consideran que “los otros” no tienen el mismo interés, lo que claramente dificulta que se tomen acciones individuales para reducir la contaminación. Además, es interesante destacar que la percepción de que es un problema es mayor cuando se consideran los meses de invierno, que es cuando se llegan a niveles críticos de calidad del aire (con mayor riesgo para la salud) por el mayor uso de leña por los hogares (Dimensión, 2007).

4.10 Los Problemas de Equidad

Uno de los resultados básicos del modelo de equilibrio general competitivo, suponiendo que no existe ninguna de las fallas anteriores, es que se puede alcanzar la eficiencia en el sentido de Pareto en todos los ámbitos de la economía, pero con malos resultados distributivos (Belli, 1998). En general, el sistema de mercado no tiene por qué generar una distribución equitativa o desigual de los recursos, pues no es un esquema que esté enfocado en ese objetivo. Como se indicó en el capítulo anterior, en todo Chile, incluidas las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, hay serios problemas de desigualdad de ingresos, tal como ocurre en la mayoría de los países latinoamericanos.

En el caso de la calidad del aire, por ejemplo, si el mercado es el que asigna los recursos en la economía, y por tanto, la calidad del aire no es la mejor, muchas veces son los grupos de elevados ingresos los que pueden disfrutar de una mejor posición respecto a ese bien (*positional good*), dado que pueden, por ejemplo, comprar viviendas más alejadas y más caras en lugares de menor contaminación. De esta forma, el mercado posibilita que sólo una minoría pueda disfrutar de mayor bienestar respecto a la calidad ambiental (Jacobs, 1997). Hay muchos más ejemplos donde los grupos de mayores ingresos pueden aplicar medidas o disponen de más posibilidades materiales para exponerse en menor forma a los daños ambientales (Eskeland y Jimenez, 1992).

Los problemas de equidad (fuertes desigualdades) se hacen más importantes cuando un grupo de la población no alcanza a satisfacer sus necesidades básicas, o sea, que se encuentra en situación de pobreza. Pero además, se han encontrado diversas situaciones donde los problemas de equidad generan dificultades en los problemas de eficiencia (Stiglitz, 1994), al contrario de lo planteado en el Segundo Teorema de la Economía del Bienestar.⁵⁶ Es decir, que no da lo mismo cómo estén asignados los recursos en la economía entre los diferentes individuos, pues ello afectará las situaciones de eficiencia. Además, desde el punto de vista dinámico, la desigualdad tiende a afectar al crecimiento económico por varios canales, con frecuencia en forma negativa (Lopez y Perry, 2008). Sin

⁵⁶ Este segundo Teorema plantea que toda situación eficiente en el sentido de Pareto puede ser alcanzada mediante el sistema de precios. Este teorema tiene la importancia de separar los problemas de eficiencia de los de equidad, pues la eficiencia en el sentido de Pareto puede ser alcanzada independientemente de la dotación de recursos que tengan los individuos (Stiglitz, 2000a).

embargo, no existe consenso (ni entre los filósofos ni entre los economistas) sobre la forma ideal de distribución del ingreso en la economía (Just *et al.*, 2004).

La pobreza como causa de problemas ambientales, adicional a las fallas institucionales (de mercado y de gobierno), ha sido destacada por varios autores (Dasgupta y Mäler, 1995; Duraipah, 1996). Los bajos ingresos, las elevadas necesidades de corto plazo y el bajo acceso a sistemas de crédito y seguros pueden causar que los pobres sobreexploten los recursos naturales a su disposición, sin considerar adecuadamente los daños a largo plazo que ello puede generar.

En el caso de la conurbación de Temuco y Padre Las Casas, la contaminación del aire podría tener un efecto dañino mayor sobre los grupos de menos ingresos, pues estos grupos podrían estar más expuestos. Esa mayor exposición podría relacionarse con los tipos de trabajo (por ejemplo, los trabajadores de la construcción trabajan al aire libre), con las menores posibilidades de realizar gastos defensivos (por ejemplo, tener automóviles disminuye el tiempo de exposición en comparación con los que tienen que tomar el transporte colectivo) y con la menor capacidad para comprender la información sobre los daños de la contaminación en la salud, dados los bajos niveles de educación de esos grupos de personas. Por otro lado, las personas de menos ingresos tienden a utilizar equipos de calefacción y para cocinar basados en el uso de leña que generalmente generan mayores problemas de emisión de contaminantes, pues los equipos menos contaminantes tienen precios más elevados.

Y desde una perspectiva más básica, hay que considerar que el uso de leña se debe fundamentalmente a su bajo precio relativo en comparación con otros combustibles, por lo que se podría pensar que si estas zonas fueran de elevados ingresos se podría prohibir el uso de leña como combustible y sustituirla por otros más limpios con la atmósfera, pero más caros, o bien prohibir el uso de ciertos equipos muy contaminantes y sustituirlos por otros más caros, igualmente basados en la combustión de leña, pero menos contaminantes. O si se supone que las personas tienen plena información y valoran los daños que genera la contaminación a su salud, igualmente podrían tener el mismo comportamiento en cuanto al uso de leña, dado que sus bajos niveles de ingreso no le permiten otra alternativa más cara, pues dan preferencias a sus necesidades de corto plazo. Por tanto, los problemas de equidad se encuentran vinculados a los problemas de contaminación, por lo que no son independientes de los problemas de eficiencia y de bienestar general de la sociedad.

En el próximo capítulo se profundizará en este aspecto.

CAPÍTULO 5: LA RELACIÓN ENTRE LA CONTAMINACIÓN Y LA SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS HOGARES

Como se ha planteado anteriormente, las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tienen niveles de ingresos medios desde una perspectiva internacional, tal como sucede con Chile. Pero dado el elevado nivel de desigualdad que existe en todo Chile, esos valores promedio de ingreso esconden la situación de muchos grupos de bajos ingresos. La existencia de mucha desigualdad y de pobreza sin duda debe tenerse en cuenta en este estudio, por las implicaciones que tiene en la generación del problema de contaminación, en los efectos en la salud que puede haber de forma diferenciada y en los tipos de políticas ambientales que se deben aplicar en este contexto.

Los principales casos de contaminación atmosférica por uso de leña en el mundo se encuentran en los países desarrollados, lo que lleva a que la recaudación tributaria y la situación socioeconómica de los hogares sea en promedio mejor que lo que sucede en Chile, por lo que las medidas para mejorar la calidad del aire se generan en un contexto con menos restricciones.

A continuación se analizan los principales vínculos entre la situación socioeconómica de los hogares y la contaminación del aire, a través de la revisión de la literatura teórica y empírica internacional. También se hará una aproximación al caso de Temuco y Padre Las Casas a partir de la información disponible.

5.1 Tendencias Internacionales

Desde una perspectiva internacional, ya se ha destacado que el material particulado muestra una relación decreciente en las últimas décadas a medida que los países van aumentando sus niveles de ingreso per cápita, tal como se venía observando para el período 1970 – 1990 (The World Bank, 1992).

Tomando datos más recientes, para el período 1990 – 2010, según el Banco Mundial, el nivel de MP_{10} promedio anual (en zonas urbanas) muestra los siguientes valores según el nivel de ingreso per cápita de los grupos de países:

Tabla 5.1: Contaminación de MP₁₀ por Grupos de Ingreso Mundial

GRUPOS DE INGRESO	Promedio Anual de MP ₁₀ (µg/m ³)		
	1990	2000	2010
Ingresos Altos	37,2	30,3	22,2
Ingresos Medios	94,9	74,7	46,5
Ingresos Bajos	127,5	87,6	53,8
Promedio Mundial	78,3	63,2	40,9

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Banco Mundial⁵⁷.

Según esta y otras fuentes (como es el PNUD⁵⁸), a nivel mundial en promedio ha habido un incremento en el ingreso per cápita en estos años, junto a un incremento en la población (lo que en conjunto refleja un mayor PIB total). Por tanto, los datos reflejan una clara relación inversa entre el ingreso per cápita y la contaminación de MP₁₀, tanto desde el punto de vista estático (comparando a los grupos en un mismo año) como desde un punto de vista dinámico (comparando a los mismos grupos al pasar el tiempo).

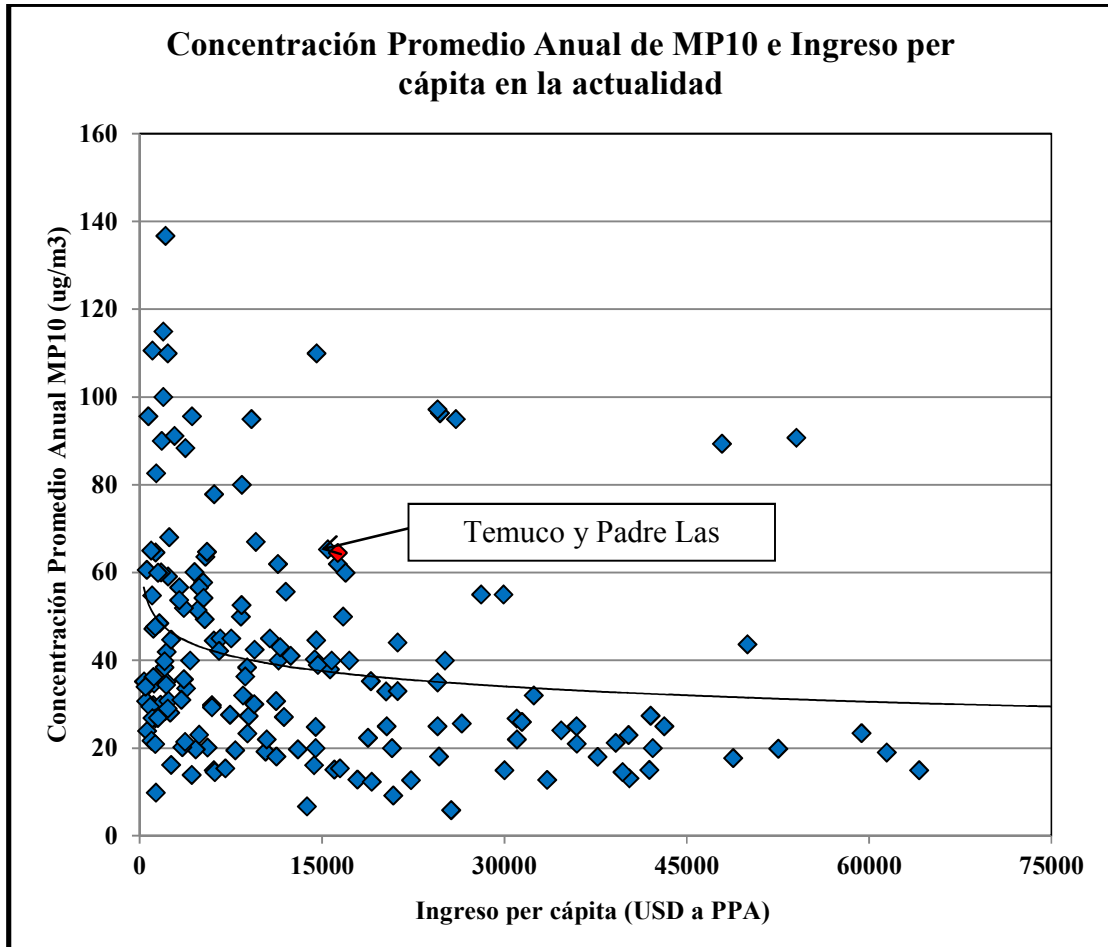
O sea, que la tendencia mundial brinda una visión optimista sobre este contaminante, lo que no tiende a ocurrir con otros problemas ambientales, tal como con las emisiones de CO₂ relacionadas con el grave problema del calentamiento global (PNUD, 2011), pues las medidas a aplicar resultan más complejas en un escenario donde los principales afectados no son las generaciones presentes (efectos a muy largo plazo) y los daños son de carácter global (recursos comunes globales) (The World Bank, 1992; Brock y Taylor, 2005).

Tomando los datos más recientes de contaminación por MP₁₀ en zonas urbanas e ingreso per cápita, en el siguiente gráfico se muestran 174 países y también se han colocado los datos de Temuco y Padre Las Casas (se le ha imputado el valor de ingreso per cápita en dólares a PPA de Chile, dado que en los datos de CASEN no hay muchas diferencias).

⁵⁷ Ver en www.worldbank.org.

⁵⁸ Ver en www.undp.org.

Gráfico 5.1: Relación entre la Contaminación por MP₁₀ y el Ingreso per cápita a nivel mundial



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Banco Mundial⁵⁹, PNUD⁶⁰, OMS⁶¹ y MMA⁶².

En un análisis de correlación simple se encuentra un coeficiente lineal de $-0,249$, el que resulta significativo al 1%. Es decir, que con estadísticas de muchos países se ratifica la relación inversa entre este tipo de contaminación y el ingreso per cápita. La línea de tendencia logarítmica con pendiente negativa así lo refleja, pero también refleja que la contaminación tiende a estabilizarse en torno a los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aunque el ingreso per cápita aumente mucho. Como es obvio, para explicar la contaminación hay que considerar más factores, como son las condiciones geográficas y climáticas, las tecnologías utilizadas en los procesos de producción y consumo y el grado de regulación de las políticas ambientales, entre otros. Ello explicaría la dispersión en torno a la línea de tendencia, así como su carácter no lineal.

⁵⁹ Ver en www.worldbank.org.

⁶⁰ Ver en www.undp.org.

⁶¹ Base de datos sobre calidad del aire en ciudades del mundo, disponible en www.who.int.

⁶² Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente.

En el gráfico se ha señalado el dato de Temuco y Padre Las Casas en la actualidad, el que se ubica bastante por encima de la línea de tendencia, lo que significa que para el nivel de ingreso per cápita tiene una contaminación excesiva de MP₁₀. Para el promedio de Chile ocurre algo similar (en ambos casos están en torno a los 65 µg/m³). Los países que más se destacan por estar muy por encima de la tendencia mundial son Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Kuwait, Omán y Trinidad y Tobago, que son países petroleros y en el caso de los árabes con condiciones geográficas y climáticas algo especiales.

Es importante destacar que en el caso chileno, la ciudad de Santiago de Chile, que es la que ha tenido un proceso de medición más largo (se mide la concentración de MP₁₀ regularmente desde 1997⁶³), la tendencia ha sido a la caída gradual (en estos años también ha habido un incremento en el ingreso per cápita). A finales de la década de los 90's la concentración promedio anual de MP₁₀ estaba en torno a los 100 µg/m³, mientras que en la actualidad alcanza a los 65 µg/m³, o sea, que ha habido una caída en torno al 35%.

Sin embargo, como se ha mostrado en otras partes de este trabajo, el caso de Temuco y Padre Las Casas tiene un movimiento inverso, con un incremento importante de la contaminación desde 2001, sobre todo en los últimos años. O sea, que la visión optimista a nivel internacional y en el caso de Santiago de Chile no puede aplicarse tan fácilmente al caso de Temuco y Padre Las Casas.

Cuando se hace un análisis similar con el MP_{2,5}, a nivel internacional se encuentra una relación inversa más fuerte, con un coeficiente de correlación de - 0,469 (más elevado en términos absolutos) y significativo al 1%, pero con menos países (sólo 38). Desde el año 2000 se mide este contaminante en Santiago de Chile y también ha ido mostrando una tendencia decreciente. Como se ha indicado, en Temuco se mide este contaminante más fino desde 2009, pero la tendencia es a crecer en los últimos años.

5.2 El Impacto del Crecimiento Económico

El crecimiento económico se ha asociado al incremento de los problemas de la calidad del aire en las ciudades debido a que el proceso de industrialización y el uso intensivo de energía y de transporte (con generación de muchas emisiones) se ha asociado a la mayor urbanización, con fuerte migración desde el campo (The World Bank, 1979, 2003).

Pero la visión de que el crecimiento económico es dañino para el medio ambiente se basa en un criterio estático sobre la estructura económica (The World Bank, 1992). Con el tiempo puede haber un cambio estructural en los sectores económicos, una mayor eficiencia en el uso de insumos, un proceso de sustitución de recursos y la aplicación de tecnologías más limpias (que generen menos emisiones contaminantes). Para todos esos cambios es fundamental lo que suceda en el ámbito de las políticas económicas (incluidas las ambientales) y en el comportamiento de las preferencias sociales (con mayores demandas hacia entornos menos contaminados). Se reconoce que las políticas tienen un papel clave,

⁶³ Ver en Datos del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, en la página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

pues no se puede dejar al mercado y al cambio tecnológico actuar por sí solos, dado que puede resultar insuficiente. Esto ha explicado lo que ha sucedido con la caída en las concentraciones de material particulado alrededor del mundo (Cole, 2007). En el caso del uso de la leña, a nivel mundial se ha constatado una caída en su peso relativo como fuente de energía a medida que los países se desarrollan, donde se sustituye por energías alternativas que son más limpias (a nivel local) y más fáciles de utilizar (Arnold *et al.*, 2006).

Respecto a la relación entre ingreso y daños ambientales por contaminación de carácter industrial, se ha señalado que aparece una forma de U invertida (similar a la que Kuznets señaló para la desigualdad de ingresos), que se ha llamado la U invertida ambiental de Kuznets, que se tiende a cumplir para varios indicadores ambientales. La idea es que los aspectos ambientales se consideran bienes de lujo, que se demandarán más a medida que aumenta el ingreso, como ocurre en los países de altos ingresos. En estos países hay un cambio estructural de la producción hacia servicios que no generan tantos daños ambientales y a mayores gastos de recuperación del medio ambiente (unido a regulaciones públicas más fuertes). Sin embargo, cuando los ingresos son menores (ingresos medios), las necesidades de corto plazo hacen que se deje de lado el cuidado al medio ambiente. En los países de ingresos medios donde ha habido un proceso de crecimiento económico (con fuerte proceso de industrialización), se genera una mayor presión sobre los recursos del medio ambiente y se tienden a generar más residuos tóxicos. En los países más pobres se produce poco y de forma más natural, por lo que los daños ambientales son menores (Dasgupta y Máler, 1995).

Es importante destacar que no se puede generalizar la lógica de la U invertida ambiental de Kuznets para todos los casos de problemas ambientales (Dasgupta y Máler, 1995; Martínez y Roca, 2001; Cole, 2007). Primero, se debe aplicar a los problemas que son reversibles, pues en los que son de naturaleza irreversible no hay posibilidad de mejorar la situación aunque aumente mucho el ingreso. En segundo lugar, esa relación depende mucho del tipo de crecimiento que se genere en los países, por el tipo de tecnología que se ocupe y por las políticas ambientales que se apliquen.

En general, para los problemas de contaminación atmosférica en las ciudades (con importantes impactos en la salud de las personas a nivel local) se acepta un comportamiento como señala la U invertida ambiental de Kuznets, donde en un inicio el problema aumenta con el incremento en el ingreso per cápita y luego va disminuyendo cuando se alcanzan niveles de ingreso per cápita más elevados (Grossman y Krueger, 1995; Dasgupta *et al.*, 2006; Cole, 2007; PNUD, 2011). Pero, tal como señalan Dinda (2004), Cole (2007) y Carson (2010), los problemas econométricos relacionados con esa relación hacen difícil una validez universal y para todos los períodos (por ejemplo, hay dificultades en el establecimiento del nivel de ingreso per cápita que provoca el cambio en la U invertida), siendo todavía un tema inconcluso, por lo que no se podría confiar en el crecimiento económico como la simple solución a esos problemas ambientales.

Sin embargo, es importante destacar que el problema de contaminación del aire por uso de la leña se encuentra presente en localidades pequeñas y medianas de países desarrollados (aunque no con la gravedad del caso de Temuco y Padre Las Casas), donde se tienen

niveles de ingreso per cápita elevados. Además, como ya se ha señalado, en los últimos años el problema de contaminación del aire en estas zonas se ha incrementado, a pesar de la preocupación de las autoridades. Un incremento del ingreso, que permita usar otros combustibles más limpios con la atmósfera local no tendrá efectos tan rápidos, pues los equipos a leña instalados actualmente tienen un período de vida útil bastante elevado. Por tanto, quizás no hay que ser tan optimista como cuando se considera al material particulado en general, sin diferenciar por las fuentes contaminantes.

Para concluir esta parte se debe señalar que la relación entre el crecimiento económico y los problemas ambientales es algo que aún no está bien comprendido en la literatura, dado que hay limitación en los datos y en la ciencia económica no se ha avanzado lo suficiente (Brock y Taylor, 2005). Por tanto, es un área de investigación que debe ampliarse en los próximos años, tanto desde el punto de vista teórico como del empírico.

5.3 El Papel de la Pobreza en los Problemas Ambientales

Entre el crecimiento económico y la reducción de la pobreza hay una relación bien estrecha (Dollar y Kraay, 2002), aunque ello depende de lo que suceda con el grado de desigualdad (Lopez y Servén, 2006). Si el crecimiento económico va acompañado de un mejoramiento de la situación ambiental, entonces la reducción de la pobreza se asociará a la mayor calidad ambiental. Sin embargo, si ese crecimiento es dañino para el medio ambiente, entonces la reducción de la pobreza irá acompañada de un deterioro ambiental. Por tanto, la mejoría en el ingreso per cápita no siempre irá acompañada de una mejoría en la calidad de vida (en el PIB no se mide el menor bienestar por la contaminación). Pero el crecimiento económico a su vez es fundamental para generar recursos a fin de aplicar medidas que reduzcan el daño ambiental (The World Bank, 1992).

En muchas ocasiones los pobres son causantes y a su vez víctimas de los problemas ambientales. O sea, que tienden a ocurrir situaciones de trampas de pobreza (PNUD, 1998). En ese sentido, el desarrollo sostenible puede verse perjudicado, sobre todo para el bienestar de los pobres en el mediano y largo plazo. Por lo tanto, se requieren esfuerzos que generen más producción, pero de forma diferente, que no dañe al medio ambiente, para que así se pueda sostener en el futuro. Esto resulta más claro en los problemas con recursos de uso común, como es con los bosques, las praderas para ganadería y la pesca (The World Bank, 1992, 2008).

Aunque se reconoce que las fallas institucionales (de mercado y de gobierno) como causas de los daños ambientales son fundamentales, la pobreza también puede influir en esos daños (Dasgupta y Mäler, 1995). Los pobres (sobre todo en los países pobres) dependen mucho de los recursos naturales para el proceso de producción y consumo, a la vez que es una forma de complementar los ingresos en épocas malas. Por supuesto, esta situación puede convertirse en un proceso acumulativo, donde más daños ambientales agudizan la situación de pobreza. Además, en las zonas rurales (donde es mayor la pobreza en los países subdesarrollados), los problemas ambientales son mayores porque estos grupos no tienen acceso a sistemas de créditos y seguros.

Los pobres, al tener escasez de recursos, se preocupan por las necesidades urgentes de muy corto plazo, por lo que tienden a dejar los problemas ambientales de lado (The World Bank, 1992; Duraiappah, 1996). Si a ello se juntan varias fallas institucionales y de mercado, como las asociadas a las malas definiciones de los derechos de propiedad (que se asocia a los problemas de los recursos comunes y a las externalidades negativas) y a su escaso acceso a sistemas de créditos y seguros, entonces las posibilidades de actuar a favor del medio ambiente están muy limitadas. Esto se refleja en que los pobres tienen elevadas tasas de descuento implícitas, por lo que no harán inversiones a menos que tengan buenos resultados rápidos. Las personas, a medida que tienen mayores ingresos, no se tienen que preocupar por las necesidades urgentes del día a día, por lo que pueden destinar más recursos a la protección del medio ambiente.

Ante problemas de corto y largo plazo, los pobres van a priorizar las necesidades urgentes. Por ejemplo, pueden decidir cocinar y calentarse con leña, que son necesidades urgentes de corto plazo, sin considerar de igual forma los problemas de salud de largo plazo que esa conducta genera.

Hay cierto consenso en que la pobreza genera condiciones para mayores daños ambientales (Duraiappah, 1996). En ese caso, las políticas de reducción de la pobreza ayudarían a la protección ambiental.

Adicionalmente, dentro de esta mirada básica también se considera el efecto del mayor crecimiento demográfico vinculado a la pobreza, que puede empeorar los problemas ambientales (Duraiappah, 1996; PNUD, 1998) y dificultar el proceso de crecimiento sostenible (Brock y Taylor, 2005).

Según Dasgupta (2003) hay un vínculo importante entre pobreza, crecimiento de la población y medio ambiente. La pobreza puede generar condiciones que determinan una mayor expansión demográfica, lo que es una presión mayor sobre los recursos naturales y el medio ambiente, haciendo a veces más difícil el poder salir de la pobreza. Entre los factores que determinan ese hecho está la baja educación de la mujer, el menor acceso a métodos anticonceptivos, el bajo costo de oportunidad de la mujer al haber un pobre mercado laboral, y la inexistencia de mercado de capitales y sistema de pensiones para proteger a las personas en la vejez. Todo ello incrementa la tasa de fertilidad. Además, se plantea una relación entre agotamiento de los recursos naturales y la pobreza, sobre todo en condiciones de uso de recursos comunes, cuando se sobreexplotan los recursos, y esta situación puede empeorar con el crecimiento demográfico. Como los hogares no tienen en cuenta las externalidades negativas que generan sobre el resto de la sociedad al tener más hijos, entonces tienen más hijos que el óptimo social.

Cuando las condiciones son más difíciles se puede utilizar el tener más hijos como una forma de ayuda, dado que sirven para realizar labores de buscar recursos cada vez más escaso (esto tiende a ocurrir en los casos de problemas de recursos comunes, donde no están definidos los derechos de propiedad). Pero se puede dar otra situación (en otros contextos), que es que las malas condiciones puedan influir en una menor cantidad deseada de hijos, lo que aliviaría la situación.

Pero la situación de pobreza y los problemas ambientales no tienen una sola forma de manifestarse y no van siempre en conjunto (PNUD, 2011). Además de la mirada básica de que la pobreza tiende a generar daños ambientales, otras miradas apuntan a que esos vínculos son más complejos (Duraiappah, 1996), donde intervienen aspectos culturales, demográficos e institucionales. Por ejemplo, las fallas institucionales (como lo relacionado con una insuficiente definición y protección de los derechos de propiedad) y las fallas de mercado pueden ser causantes de muchos problemas ambientales. Por otra parte, a veces es el poder, el ingreso y la avaricia (sin condiciones de pobreza) lo que genera mayores daños ambientales, o sea, que son los grupos de mayores ingresos los que causan los problemas ambientales que dañan a todos. Muchos problemas ambientales acumulados en el mundo han estado asociados a niveles elevados de ingreso per cápita, por lo que no es justo hacer tanto énfasis en el papel de la pobreza (Martínez y Roca, 2001). Incluso hay miradas con una causalidad inversa: desde la degradación ambiental a la pobreza, aunque son aspectos difíciles de identificar empíricamente. En este caso, se estaría dando un círculo vicioso si se combina con la primera posición: mayor daño ambiental genera más pobreza y ésta profundiza el daño ambiental. Aquí las políticas ambientales, en vez de las que buscan la reducción de la pobreza, tienen más sentido.

Todas estas relaciones pueden estar presentes en cada situación de problema ambiental, lo que hace que sea más difícil llegar a una solución satisfactoria tanto en términos ambientales como en términos de pobreza. En resumen, que muchas veces no es la pobreza la que directamente genera daños ambientales, sino que es su interacción con fallas institucionales y de mercado lo que hace que ocurran esos procesos. Aún quedan muchas brechas de conocimiento en la relación entre pobreza y degradación ambiental y no se puede generalizar, pues lo que sucede con algunos problemas ambientales no tiene por qué suceder con otros.

Finalmente, Duraiappah (1996) menciona el caso de la contaminación del aire al interior de las viviendas por su vínculo con la pobreza, pues los pobres no tienen acceso a fuentes de energía que son más limpias, pero más caras que la leña. Arnold *et al.* (2006) indican que en varios estudios se encuentra una elasticidad ingreso de la demanda negativa, lo que señala a la leña como un bien inferior, pues cuando aumenta el ingreso per cápita se sustituye la leña por otras fuentes de energía (aunque no es de manera lineal). Por ejemplo, para un estudio en el norte de China, Démurger y Fournier (2011) encuentran que los grupos de menores ingresos tienen un mayor consumo de leña para calefacción y cocción de alimentos (indicando así que la leña es un bien inferior), por lo que las políticas de reducción de la pobreza deben tener impactos positivos en la protección de los recursos forestales.

5.4 El Impacto de los Problemas Ambientales en la Pobreza

En sentido general, en las últimas décadas la literatura sobre problemas médicos de origen social ha hecho énfasis en las diferencias de las situaciones de salud de las personas según condiciones socioeconómicas, donde hay clara evidencia de peores resultados en los casos de los grupos de menores ingresos y educación (House, 2002; Agyeman, 2007).

Específicamente en los temas ambientales, como señalaba Duraiappah (1996), los problemas ambientales pueden afectar a los pobres de forma significativa. Indica que en cuanto a la contaminación del aire en general, su principal impacto es en la salud de las personas. Si los pobres se enferman y dejan de trabajar algunos días por esa razón, el impacto en su bienestar es más fuerte que en los grupos de ingresos mayores. Aunque no se encontraron muchos estudios sobre los impactos de la contaminación atmosférica según grupos sociales, por la literatura asociada al método de precios hedónicos se ha podido constatar que las personas de mayores ingresos pueden contrarrestar el daño de la contaminación del aire mediante el movimiento a viviendas ubicadas en lugares más limpios, pero más caros. Por lo tanto, los grupos de menores ingresos se tienden a ubicar en zonas más baratas y más contaminadas.

Los pobres cuentan con varios activos o factores productivos, entre los que se encuentran los recursos naturales, el capital físico (construido) y el capital humano, donde se incluyen los aspectos de salud (que incrementan la productividad del trabajo). Por tanto, si la contaminación daña la salud, por ejemplo, se afecta negativamente un componente del capital humano de los pobres, lo que puede provocar que sea aún más difícil salir de la pobreza (The World Bank, 2008; Drabo, 2011). Es importante destacar que lo común es que los pobres sólo tengan al trabajo como factor productivo, por lo que su daño con la contaminación puede afectar sensiblemente sus posibilidades. Por tanto, las políticas para descontaminar también contribuyen a la reducción de la pobreza, incluso con efectos a largo plazo (pues personas más sanas tenderán a dejar una descendencia más sana).

Las personas que tienen daños en la salud por problemas ambientales tendrán efectos mayores o menores en dependencia del acceso a la información y de la educación de esas personas. Las personas pobres, con bajos niveles de educación, tendrán menos probabilidades de resolver ciertos problemas ambientales que los afectan (por ejemplo, con respecto a la exposición a la contaminación al interior de las viviendas por cocinar con leña o a la exposición en el exterior cuando hay mucha contaminación atmosférica), además de que no tendrán el mismo nivel de aprovechamiento de los servicios de salud que otras personas más educadas. El nivel de educación y de acceso a la información de las madres juega un papel fundamental en la salud del hogar, especialmente de los niños (The World Bank, 2008). Respecto a esto, Pope y Dockery (2006) indican que, en los estudios de largo plazo sobre el impacto de la contaminación por material particulado en la salud, las personas con mayores niveles de educación (que también deben ser las de mayores ingresos) presentan menos riesgos de mortalidad. Ello puede estar asociado a que se cuidan más, mediante una menor exposición, así como por mayores y mejores tratamientos médicos.

Los grupos de menos ingresos pueden afectarse más por los problemas ambientales dado que no tienen la posibilidades de realizar gastos defensivos para evitar los efectos de la contaminación (CEPAL, 2000), además de que no podrán contar con los mejores cuidados médicos una vez aparecidos los problemas si no tienen acceso a servicios médicos de calidad (Drabo, 2011), lo que puede empeorar la situación. Es por ello que resulta importante una adecuada intervención del Estado en la salud, a fin de mitigar las diferencias socioeconómicas.

Por otro lado, si los pobres se afectan más con los problemas ambientales, la solución puede ser difícil, pues generalmente tienen menos influencia en las decisiones políticas que lo que sucede con los grupos de mayores ingresos (The World Bank, 1992). Según The World Bank (2003), los pobres, al no tener activos, también carecen de voz, seguridad y de reclamo ante los problemas sociales, por lo que las políticas pueden no tomarlos suficientemente en cuenta.

En forma más específica, Evans y Kantrowitz (2002) proponen que hay una relación entre la situación socioeconómica de las personas y su salud que tiene que ver con la calidad ambiental a que están expuestas esas personas. En la revisión de varios trabajos empíricos a nivel mundial se encuentra que existe una relación inversa entre calidad del aire (partículas suspendidas en el aire) y nivel de ingreso de las personas. O sea, las personas con menores niveles de ingreso están expuestas a mayores niveles de contaminación atmosférica. Esta misma situación ocurre con otros problemas ambientales. Como hay mucha evidencia sobre los problemas en salud que genera la contaminación del aire, entonces los pobres tienden a sufrir mayores problemas.

Además, estos autores indican que los problemas de salud de los pobres no pueden ser visto como causados por un solo problema ambiental, sino que es por la multiplicidad de estos problemas actuando en conjunto que se generan los daños. No sólo es la contaminación del aire, también hay que considerar la calidad del agua, los riesgos en el trabajo, la calidad de vida en los vecindarios (incluido el tema de la delincuencia), el nivel de hacinamiento en las viviendas y la cercanía a zonas de desechos tóxicos, pues los pobres en general tienen dificultades en varios de esos ámbitos.

Verificando lo anterior, en el estudio de Drabo (2011) se encuentra una relación estadística entre contaminación por material particulado y daños a la salud que resultan peores para los grupos de menores ingresos (para un conjunto amplio de países, en un análisis comparativo entre países y también tomando en cuenta las desigualdades al interior de los países). Asimismo, la calidad de las instituciones (que deben brindar mejores oportunidades y acceso a salud de calidad a los pobres) influye en el impacto que tiene la contaminación en la salud de los grupos de menos ingresos.

Por otro lado, O'Neill *et al.* (2003) señalan que el efecto dañino sobre la salud de las personas de menos ingresos que tiene la contaminación del aire se asocia a 3 aspectos:

1. Los grupos de menos ingresos generalmente se exponen a mayores niveles de contaminación atmosférica.
2. Los grupos de menores ingresos son más susceptibles a ser afectados por ello, dado que tienen problemas de escasez material (por ejemplo, mala alimentación y viviendas poco adecuadas) y estrés psicosocial que hacen que tengan mayores posibilidades de afectarse negativamente ante cualquier nivel de exposición a la contaminación.
3. Los grupos de menos ingresos tienen enfermedades de base (como diabetes, obesidad, asma, entre otras) y comportamientos sociales (como el hábito de fumar) que los hacen ser más sensibles a la contaminación del aire.

Entonces, como estos grupos están más expuestos y tienen mayor susceptibilidad, el daño en la salud de estas personas de bajos ingresos resulta mayor debido a la contaminación del aire.

Respecto a los grupos de menores ingresos, es importante aclarar que se debe considerar a los individuos como tal, pero también al entorno en donde viven, pues puede que no se trate de una persona con muy bajos ingresos, pero si el barrio es de muy bajos ingresos, los efectos se sentirán en aquella persona. Estos barrios tendrán menos servicios que ayudan al bienestar (como servicios médicos, de supermercados y de recogida de basura), menos infraestructura física (como lo asociado al agua potable, al sistema de transporte y a la calidad de la vivienda) y un entorno social más dañino (más delincuencia y menos cohesión social).

Por otro lado, la dimensión temporal es importante. Las personas que en la actualidad no son de bajos ingresos lo pueden haber sido en el pasado. Si cuando niños vivieron en la pobreza, esas condiciones pueden afectar la salud de los adultos, aunque ya no se consideren en el grupo de bajos ingresos.

Estos autores señalan que el material particulado puede estar distribuido de forma más o menos homogénea en un centro urbano, por lo que la exposición es más o menos pareja entre todos los individuos. En este sentido, con pocos medidores bien ubicados es suficiente para estimar lo que sucede con toda la población afectada. De todas formas, hasta el momento había pocos estudios que hicieran un esfuerzo detallado respecto a la exposición de las personas a la contaminación atmosférica según el nivel socio económico. Además, detectar la exposición personal (mediante equipos individuales) es muy costoso.

Entre los aspectos indicados arriba hay algunos vínculos. Por ejemplo, las personas de bajos ingresos que han estado más expuestas a la contaminación, ya sea por vivir en zonas más contaminadas o por trabajar en ocupaciones más riesgosas desde el punto de vista ambiental, con el tiempo van siendo más susceptibles a los problemas ambientales. Y al final se da un círculo vicioso, pues las personas de bajos ingresos tienen más problemas de salud debido a la contaminación del aire, y esos problemas de salud inciden en que no puedan desarrollarse con mejores ingresos (una trampa de pobreza).

Considerando los aspectos anteriores, tanto de la diferencia en la exposición como de la diferencia en susceptibilidad según grupo socioeconómico, Deguen y Zmirou-Navier (2010) hacen una revisión de cerca de 150 publicaciones de casos europeos donde se verificaron esos aspectos para las situaciones de contaminación atmosférica por varios contaminantes. En cuanto a la exposición, en algunos estudios se encuentra que son los pobres los que están expuestos a peor calidad del aire, mientras que en otros casos es a la inversa. Pero en todos los casos las consecuencias en la salud son peores para las personas de menores ingresos, lo que indica que la diferencia en la susceptibilidad es un factor importante en la explicación.

En el caso Nueva Zelanda, donde hay problemas por contaminación a leña en varias ciudades, se encuentra que los grupos de menos ingresos están más expuestos a elevados niveles de contaminación atmosférica debido a fuentes domésticas (Pearce y Kingham,

2008), como es el caso del uso de leña para calefacción, y que las personas con menos ingresos son más afectadas por mortalidad asociadas al material particulado (MP₁₀), aunque con pocas diferencias respecto a los grupos de elevados ingresos (Richardson *et al.*, 2011).

Para Chile hay escasez de estudios sobre estos temas. Sólo se encontró el estudio de Cakmak *et al.* (2011), que en una investigación con datos de mortalidad (por todas las causas) y de morbilidad cardíaca para la zona del Gran Concepción, encuentran que la contaminación por MP₁₀ se encuentra estrechamente vinculadas con mortalidad y morbilidad cardíaca de las personas de mayor edad que tienen bajos niveles de educación (proxy de la situación socioeconómica).

Por último, hay que destacar que el impacto de la contaminación del aire en la salud de las personas, tanto en morbilidad como en mortalidad, puede ser diferente en los países de acuerdo a su grado de desarrollo. Generalmente se extrapolan las funciones dosis – respuesta desde estudios de los países desarrollados hacia lo que sucede en los países subdesarrollados, pero las personas en éstos países tienen condiciones de salud diferentes (en temas de salud general, nutrición, calidad del agua, estrés psicosocial, entre otros) que los pueden hacer más sensibles a esos problemas (The World Bank, 1992).

5.5 Los Grupos de Menores Ingresos y la Contaminación en Temuco y Padre Las Casas

A partir de la discusión anterior se tratará de hacer una aproximación al caso de Temuco y Padre Las Casas en la medida de lo posible.

Como se ha mostrado previamente, en estas zonas urbanas ha habido un crecimiento demográfico importante, que se explica en parte por el proceso migratorio campo – ciudad, donde las personas de bajos ingresos en el campo buscan mejorar sus condiciones de vida en las ciudades. Por tanto, de alguna forma, las condiciones históricas de pobreza en la región (habitualmente entre las de menor ingreso per cápita del país) ayudan a explicar el problema actual de contaminación en estas zonas urbanas.

El otro elemento clave en este problema es el bajo precio relativo de la leña en comparación con otras fuentes de energía para calefacción de los hogares. Esto lleva a que los grupos de bajos ingresos no tengan muchas posibilidades de utilizar otros combustibles menos contaminantes. Y es por ello que entre las medidas que se han considerado no ha estado la prohibición del uso de leña, pues afectaría mucho a los hogares, sobre todo a los de menos ingresos (CNE, 2008).

En relación con ello, a través de la VI Encuesta de Presupuestos Familiares (Noviembre 2006 – Octubre 2007) realizada por INE (2009) se puede hacer una aproximación al peso de la leña en el gasto total de los hogares, separando por grupos de ingreso, para el total de ciudades capitales regionales (las principales zonas urbanas, excluyendo al Gran Santiago).

Primero, se mostrarán las diferencias de gastos promedio mensual (en pesos chilenos de Abril de 2007). La información se brinda por quintil de ingreso (donde I es el grupo de menores ingresos y V es el grupo de mayores ingresos), y además se coloca el porcentaje de personas en cada grupo:

Tabla 5.2: Diferencia en Niveles de Gastos de Hogares

	Quintiles de Ingreso				
	I	II	III	IV	V
Promedio de Gastos Mensuales de Hogares (pesos chilenos Abril 2007)	203.487	330.285	438.692	639.748	1.339.869
Porcentaje de la Población Total	16,3	18,5	21,1	22,3	21,8

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INE (2009).

Como se puede apreciar, las diferencias de posibilidades de gastos entre los grupos de menores ingresos y los de mayores ingresos son muy grandes, que refleja la gran desigualdad existente en Chile, tal como ya se ha mostrado con el coeficiente de Gini. En Chile la clase media es un porcentaje elevado de la población, en torno al 60% (los quintiles II, III y IV). Los datos anteriores son los de las capitales regionales, donde existe un nivel de desigualdad menor que en el Gran Santiago.

Ahora se mostrará la estructura de ese gasto de hogares según principales grupos de bienes y servicios (en total representan a cerca del 95% de todos los gastos de los hogares), donde se destaca al final la situación de la leña:

Tabla 5.3: Estructura del Gasto de Hogares

Bienes y Servicios	Quintiles de Ingreso				
	I	II	III	IV	V
Alimentos y Bebidas	34,3	31,4	29,0	26,0	18,4
Vestuario y Calzado	10,8	12,2	12,2	12,0	10,9
Arriendos y Dividendos	9,8	9,2	9,5	9,8	7,0
Cuidado y Efectos Personales	2,2	1,8	2,1	2,4	2,1
Equipamiento y Cuidados de Casa	8,1	7,2	6,8	7,9	7,7
Gastos en Servicios Médicos	5,7	4,4	4,5	4,5	5,3
Enseñanza	1,3	3,0	3,9	3,2	7,9
Automóviles	2,4	4,7	3,9	6,9	12,1
Bencina	0,8	1,7	2,0	3,0	3,9
Transporte Público	7,2	7,4	8,3	7,5	4,4
Comunicaciones	4,8	5,0	5,3	5,0	4,8
Viajes Turísticos Completos	1,6	1,9	2,4	3,3	6,0
Electricidad	5,2	4,1	3,2	2,6	1,5
Gas	2,3	1,9	1,8	1,5	1,6
Carbón y Leña	0,78	0,21	0,30	0,32	0,18

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INE (2009).

Es importante destacar nuevamente que esta información es para las capitales regionales, excluyendo al Gran Santiago. Por tanto, están las ciudades más importantes del norte, donde el consumo de leña es prácticamente nulo en comparación con el sur (en el norte hay muchas zonas desérticas y las temperaturas son mucho más agradables) y está Punta Arenas, en el extremo sur, donde se usa gas muy subsidiado para la calefacción. Ello lleva a que el consumo de leña esté subestimado si se considera a las áreas que nos interesan en este estudio (desde las ciudades de Rancagua hasta Coyhaique, donde el uso de leña es tan importante como en Temuco y Padre Las Casas).

En la última fila se ha colocado el peso del carbón y la leña dentro del total de gastos de hogares. En general tiene un bajo peso en comparación con otros bienes y servicios, lo que en parte se debe a su bajo precio relativo. Además, se puede apreciar que el gasto en leña es mucho más relevante para los grupos de ingresos menores en comparación con los grupos de ingresos medios y altos. El comportamiento de este producto es similar a lo que ocurre con los alimentos y bebidas, la electricidad y el gas. O sea, se puede agrupar dentro de los bienes y servicios de carácter básico para los hogares, con baja elasticidad – ingreso de la demanda.

Haciendo un ejercicio simple, tomando los datos que brindó CCTP (2011) sobre el costo relativo de los diferentes combustibles en relación a la leña, a continuación se simulará el efecto de una prohibición del uso de leña.

Tabla 5.4: Simulación de Prohibición de Leña

Gastos Mensuales (pesos chilenos Abril 2007)	Quintiles de Ingreso				
	I	II	III	IV	V
Electricidad (sin prohibición de leña)	10.623	13.504	14.092	16.711	20.528
Electricidad (con prohibición de leña)	19.339	17.249	21.337	27.841	33.803
Incremento Gasto Electricidad	82,0%	27,7%	51,4%	66,6%	64,7%
Gas (sin prohibición de leña)	4.761	6.208	7.860	9.797	21.653
Gas (con prohibición de leña)	10.783	8.795	12.866	17.486	30.825
Incremento Gasto Gas	126,5%	41,7%	63,7%	78,5%	42,4%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de INE (2009) y CCTP (2011).

Para los datos anteriores se ha supuesto que se eliminan los gastos en compra de leña, pero se incrementan los gastos en electricidad o en gas, considerando que el costo de la electricidad es 5,5 veces el de la leña que genera la misma cantidad de energía. En el caso del gas la brecha es de 3,8 veces. Por ejemplo, para calcular cuánto es lo que gastan los grupos de menores ingresos en electricidad si se prohibiera el uso de la leña se calcula: $0,78 \cdot 5,5 = 4,29\%$, que es el porcentaje de incremento en el gasto en electricidad, que se suma al 5,2% que se gasta en ese servicio, llegando a 9,5%, lo que resulta en 19.311 (0,095 · 227.548) pesos totales como promedio mensual.

Obviamente que es un ejercicio lineal que está obviando varios aspectos, como es la forma en que se ajusta el gasto en otros bienes y servicios, incluidos los mismos gastos en electricidad o en gas (que se pueden reducir, con menos calefacción). Además, este ejercicio no incluye los costos asociados a la inversión de equipos nuevos que utilicen gas o electricidad, pues sólo está considerando los gastos de insumos. Por otro lado, puede haber variaciones importantes entre los meses de verano e invierno. De todas formas, el ejercicio indica algunas tendencias importantes: tanto con la electricidad como con el gas, el incremento en los gastos resultan mayores para los grupos de menores ingresos, con 82 y 126,5% respectivamente, aunque en realidad en todos los grupos de hogares habrían cambios importantes. Entonces, una medida tan drástica como esa tendría efectos relativamente más fuertes sobre los grupos más pobres, lo que obviamente no es algo deseado desde el punto de vista político y social.

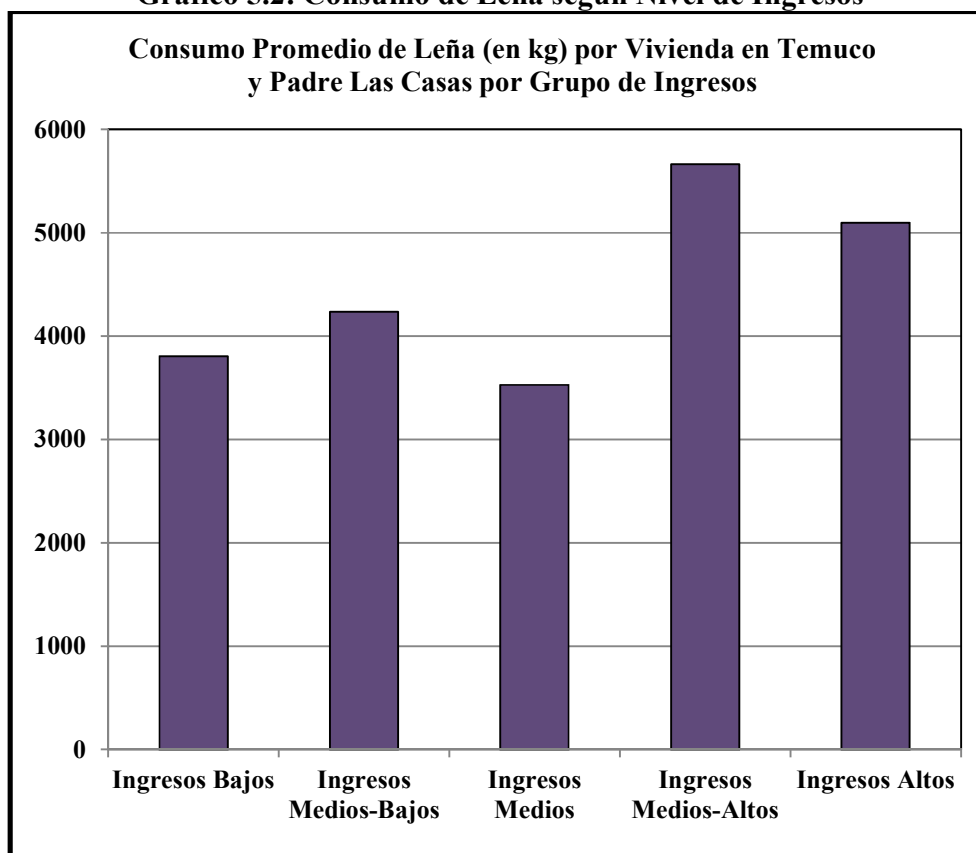
Además, si se elimina el uso de leña se afectan muchos empleos de ingresos bajos y medios, que son los asociados a la producción y comercialización de leña (CCL, 2009)⁶⁴. Por otro lado, hay que tener en cuenta que aquellos hogares que no tengan suficiente calefacción pueden caer en otro problema de pobreza (“pobreza de energía o de combustible”), pues tendrán problemas de salud debido a las bajas temperaturas (Liddell y Morris, 2010). Por tanto, la lógica de “el que contamina paga” no es factible de aplicar cuando ello afectaría a los grupos de menos ingresos.

Una medida que sí se ha considerado es la regulación del porcentaje de humedad de la leña, lo que en la práctica tiende a encarecerla y a afectar a los grupos de menores ingresos. Si se pone un impuesto a este combustible para corregir las externalidades negativas que genera se estaría afectando a los grupos de menores ingresos. Tal como indican Chávez *et al.* (2011), no se puede separar la provisión de bienes públicos (buena calidad del aire) de los temas de equidad y ello se ve reflejado en las políticas que se aplican.

Hay que destacar que en Temuco y Padre Las Casas el consumo de leña está bastante generalizado, como ya se mostró (en torno al 80% de los hogares utilizan este combustible). Además, cuando se analiza la cantidad de consumo de leña en estas zonas urbanas resulta que no se aprecian muchas diferencias de acuerdo al nivel de ingresos de los hogares. En el siguiente gráfico se puede apreciar el consumo promedio de leña por vivienda (estimaciones para 2006) y según el nivel de ingresos de los hogares en estas zonas:

⁶⁴ En muchos países subdesarrollados sucede algo similar (Arnold *et al.*, 2006).

Gráfico 5.2: Consumo de Leña según Nivel de Ingresos



Fuente: Elaboración propia en base a Gómez *et al.* (2009).

En los grupos de mayores ingresos (medios-altos y altos) ocurre un mayor consumo promedio de leña por vivienda (un uso más intensivo de este combustible), con una diferencia en torno al 25 o 30% con el resto de los grupos de ingreso (bajos, medios-bajos y medios). Sin embargo, hay que destacar que estas diferencias resultan bastante menores a las que existen en el ingreso per cápita. Por ejemplo, según cálculos propios en base a la CASEN 2009, en las zonas urbanas de Temuco, el 20% de la población con mayores ingresos ganaba 17,7 veces más dinero que el 20% de la población con menos ingresos. En Padre Las Casas la diferencia era menor (6,1 veces), pero igual es mucho más amplia que la que existe en el consumo de leña.

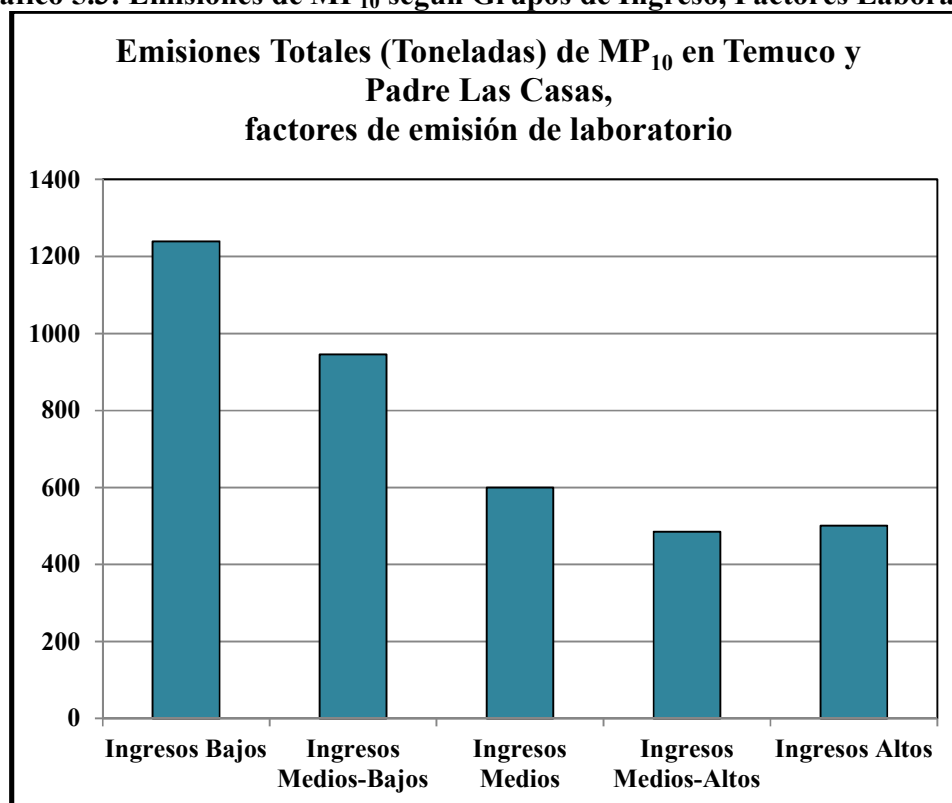
Lo anterior obviamente significa que el consumo de leña para los grupos de menos ingresos es un porcentaje mayor de todos los ingresos que lo que sucede para los grupos de mayores ingresos, lo que confirma el resultado anteriormente presentado. Por tanto, cualquier medida para descontaminar que signifique un encarecimiento de la leña afecta proporcionalmente más a los grupos de menores ingresos.

Para saber el aporte de cada grupo al nivel de contaminación general hay que considerar las emisiones de material particulado de cada vivienda. Para ello se toma el consumo de leña y el tipo de equipo. Si los grupos de ingresos bajos utilizan equipos que generan muchas emisiones, su contribución a la contaminación total puede ser mayor aunque consuman

menos leña que los hogares de mayores ingresos. Por otro lado, no solamente el consumo de leña y la calidad de los equipos es lo que resulta relevante: si los grupos de bajos ingresos hacen un mayor uso de leña húmeda (pues es más barata que la leña seca y tienen menos posibilidades de construir espacios para guardar la leña para que no se moje con la lluvia) y si tienen un mal aislamiento en las viviendas (que los hace consumir más leña para poder generar y mantener la temperatura adecuada), entonces su contribución a la contaminación será mayor.

Las emisiones de MP₁₀ en Temuco y Padre Las Casas han sido estimadas según los grupos de ingresos. A continuación se muestran las estimaciones considerando los factores de emisión en condiciones de laboratorio (que considera el uso de leña seca y una correcta manipulación de los equipos):

Gráfico 5.3: Emisiones de MP₁₀ según Grupos de Ingreso, Factores Laboratorio

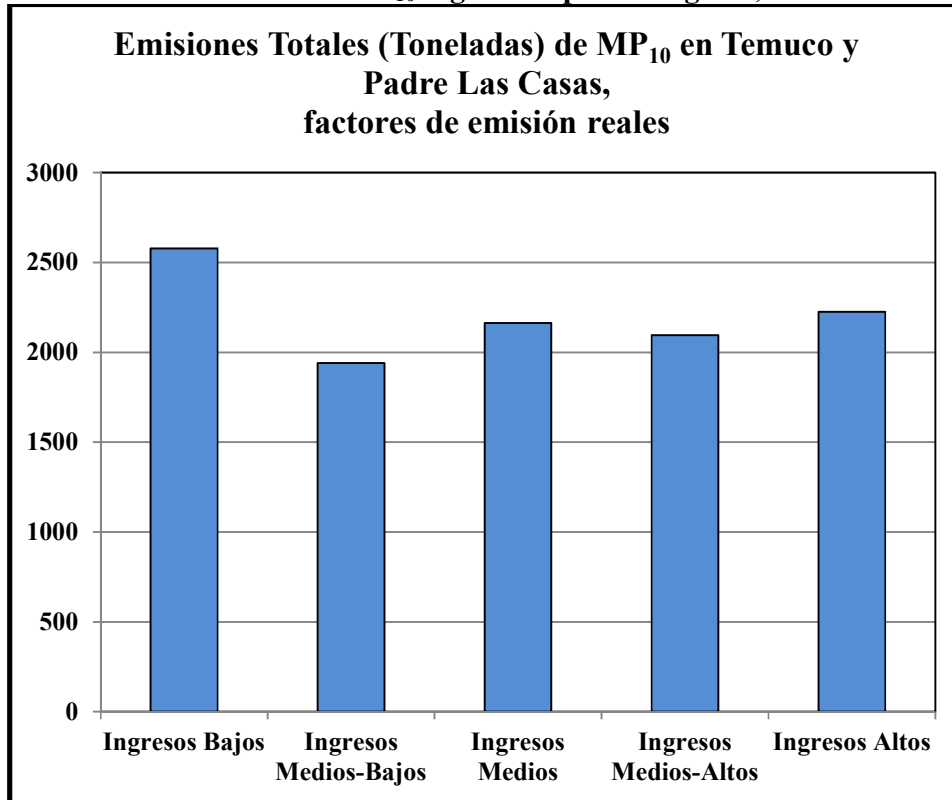


Fuente: Elaboración propia en base a Gómez *et al.* (2009).

Como se puede apreciar, hay una relación clara entre nivel de ingreso y emisiones contaminantes, donde los grupos de ingresos bajos generan más del doble de emisiones que los grupos de ingresos altos y medios.

Sin embargo, cuando se consideran los factores de emisión reales (o en condiciones más realistas, con uso de leña húmeda y con mala manipulación de los equipos), la situación cambia bastante:

Gráfico 5.4: Emisiones de MP₁₀ según Grupos de Ingreso, Factores Reales



Fuente: Elaboración propia en base a Gómez *et al.* (2009).

Aunque los grupos de bajos ingresos siguen siendo los que más emisiones generan, los de mayores ingresos suben bastante en su contribución respecto a las estimaciones anteriores. Esto se debe a que en los grupos de ingresos bajos hay muchos equipos de mala calidad, como las cocinas a leña, que tienen emisiones elevadas, tanto en condiciones ideales como con condiciones más realistas. En cambio, en los grupos de ingresos medios y altos hay más estufas de mayor calidad, que tienen diferencias sustanciales entre los factores de emisión de laboratorio y los factores de emisión reales (Gómez *et al.*, 2009).

De todas formas, la realidad debe estar entre esas dos situaciones, y en ambos casos los grupos de bajos ingresos contribuyen más a las emisiones totales de MP₁₀ de estas zonas que lo que ocurre con los grupos de elevados ingresos. Por tanto, es de esperar que en el mediano y largo plazo, cuando vaya aumentando el ingreso per cápita y se reduzca la pobreza se pueda ir reduciendo la contaminación en estas zonas, en base a la aplicación de medidas más estrictas.

Por otro lado, es importante destacar que parte de la diferencia entre los factores de emisión de laboratorio y los reales se asocia al “componente humano” del proceso, donde el correcto manejo de los equipos y en parte el uso de leña seca (mediante un correcto almacenamiento) no significan mayores costos para los hogares. Es de esperar que personas más educadas y con más información sobre la eficiencia de los equipos y sobre los daños en salud que generan puedan tener un mejor comportamiento y lograr que las emisiones de sus

viviendas se acerquen más a las estimaciones con los factores de emisión de laboratorio. Respecto a esto, tenga en cuenta que según la CASEN 2011 (resultados basados en elaboración propia con la base de datos total), las personas de 25 años y más de los hogares pobres de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tenían un nivel de escolaridad promedio de 9,5 y 8,8 años respectivamente, mientras que en los hogares no pobres era de 9,9 y 9,7 años respectivamente. Aunque no hay mucha diferencia, es un elemento que puede contribuir al problema analizado.

Como se señaló anteriormente, una razón de por qué los pobres pueden generar más problemas ambientales es porque tienen otras preocupaciones más urgentes. Tomando en cuenta ese criterio, a continuación se muestran algunos resultados de la Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana de 2012, elaborada por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE)⁶⁵. En esa encuesta se hace la siguiente pregunta a las personas: ¿Cuál de los siguientes problemas de actualidad nacional tiene mayor importancia para usted? ¿y en segundo lugar? Entre los problemas se incluía a la contaminación ambiental, junto a otros 9 problemas. En Temuco los grupos de menores ingresos apenas mencionaron a la contaminación ambiental (en torno al 1%) entre los problemas más importantes, mientras que en Padre Las Casas ese problema sólo tuvo algo más del 2% del total de menciones. Los pobres creían que los problemas más importantes eran la delincuencia, el tráfico de drogas, la pobreza, la salud, la situación económica. En cambio los grupos de mayores ingresos ponían otras prioridades. Tanto en Temuco como en Padre Las Casas la contaminación ambiental alcanzó en torno al 10% de prioridad para los grupos de ingresos altos y medios. Para esos grupos la salud, la educación y la delincuencia eran los problemas principales, junto a la pobreza.

Esos resultados coinciden con los del estudio de Dimensión (2007), donde los grupos de menores ingresos consideran al problema de la contaminación del aire como algo de menor relevancia en comparación con otras preocupaciones, como lo relacionado con la delincuencia, el desempleo, las dificultades con el transporte y con la recogida de basura.

Si los grupos de ingresos medios y altos son los que tienen mayor nivel de educación y también muestran mayor preocupación por la contaminación ambiental, entonces es de suponer que tengan un comportamiento menos dañino en cuanto a las emisiones de sus viviendas.

Adicionalmente a todo lo anterior, hay que considerar que el elevado costo de los equipos más eficientes y menos contaminantes es una razón por la que no se han realizado muchos recambios voluntarios por parte de los hogares en estas zonas urbanas. Esto refleja la restricción que pone el tema del ingreso en las decisiones que afectan a la contaminación del aire (Chávez *et al.*, 2010). Los pobres pueden priorizar sus necesidades de corto plazo (usar leña en los equipos que tienen) sin considerar de forma suficiente los efectos de mediano y largo plazo (los daños en salud). Por tanto, los subsidios por parte del Estado para acelerar estos cambios son fundamentales para los grupos de menores ingresos. Hay medidas en el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) que se deben enfocar en los grupos de menos ingresos debido a que los grupos de ingresos medios y altos pueden hacer

⁶⁵ Ver en www.ine.cl.

ese esfuerzo aunque no se haga el PDA. Por ejemplo, de forma autónoma un porcentaje de esos grupos de todas formas hubieran decidido cambiar los equipos y mejorar el aislamiento térmico de las viviendas, por ejemplo (CENMA, 2007).

Asimismo, un problema no menor en estas zonas, que es el del mal aislamiento térmico de las viviendas, está básicamente localizado en viviendas antiguas y de menor calidad, donde viven fundamentalmente los grupos de menores ingresos. Por tanto, los subsidios para este tema están enfocados específicamente en esos grupos (BCN, 2010b).

Por último, cuando se consideran los efectos de la contaminación separando por grupos de ingreso, la información es escasa, tal como ocurre a nivel internacional. Sin embargo, hay que aclarar que dado el escaso territorio que ocupan las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, los efectos de la contaminación tienden a ser parejos para los diferentes grupos de población, pues no hay barrios con buena calidad del aire y otros con mala calidad del aire. Aunque en cierto momento pueda haber diferencias por barrios, ello dependerá más de las condiciones atmosféricas del momento y no tanto del nivel de ingreso de los hogares.

En el estudio más amplio sobre efectos en la salud en Temuco y Padre Las Casas, que es el de Sanhueza *et al.* (2007), no se hace una separación por nivel de ingreso, sino que por la edad de los afectados, por lo que no se puede tener una aproximación a este tema por esa vía.

Algo indirectamente relacionado con ello se puede sacar de la mencionada Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana de 2012, pero ahora con la pregunta: De las siguientes situaciones, ¿cuál le afecta directamente a usted en mayor medida? ¿y en segundo lugar? Como entre las situaciones se coloca a la contaminación ambiental, entonces se pueden sacar algunos resultados. Observe la diferencia respecto a la pregunta previamente analizada. En este caso se trata de las situaciones que afectan directamente a las personas, mientras que arriba se trataba de los problemas de mayor importancia (los que pueden tener efectos directos sobre las encuestadas o a otras personas).

En Temuco la contaminación ambiental aparece con cerca del 2% de las menciones en los grupos de menor ingreso, mientras que en Padre Las Casas fue en torno al 5%. Aunque son porcentajes bajos, en ambos casos resultan superiores a lo que aparecía con la pregunta anterior. O sea, que las personas de bajos ingresos creen que la contaminación ambiental los afecta un poco, aunque para ellos es muy poca la importancia que le otorgan respecto a otros problemas. En cambio, los grupos de mayores ingresos de Temuco señalaron que la contaminación ambiental ocupaba el segundo lugar entre las situaciones que más los afectaban, con más de un 15% de las menciones (algo mayor a lo sucedido con la primera pregunta). En Padre Las Casas estuvo en torno al 5% (con un nivel de menciones algo menor).

Es importante destacar que la diferencia entre grupos de ingresos elevados e ingresos bajos en ambas preguntas analizadas de esta encuesta puede significar que los grupos de mayores ingresos tengan más cuidado respecto a la exposición a la contaminación, lo que puede llevar a que tengan menores problemas de salud.

Por otra parte, otro análisis indirecto puede hacerse a través de la CASEN 2011, donde se le preguntó a los encuestados: durante los últimos 12 meses ¿ha estado en tratamiento médico por...? (y se hace una lista de las enfermedades más comunes, entre las que se encuentran las respiratorias y cardiovasculares, que son las más relacionadas con la contaminación atmosférica. También aparecen varios tipos de cáncer, pero no está el cáncer de pulmón.

A continuación se muestra un análisis básico de frecuencia de las enfermedades más relacionadas con la contaminación del aire, de acuerdo a la revisión de la literatura hecha previamente. En la siguiente tabla se separan los pobres de los no pobres en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas:

Tabla 5.5: Enfermedades en Pobres y No Pobres

Enfermedades en Zonas Urbanas de Temuco y Padre Las Casas	Porcentaje de Personas del Total de Cada Grupo	
	Pobres	No Pobres
Hipertensión arterial	11,1	7,2
Infección respiratoria aguda	0,2	0,3
Infarto agudo al miocardio	0,2	0,1
Neumonía	0,7	0,1
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	0,9	0,3
Asma bronquial moderada o grave	2,9	0,7
Otra condición de salud	15,1	15,0
No ha estado en tratamiento por ninguna de las condiciones de salud anteriores	68,9	76,2
Total	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia en base a CASEN 2011.

Se puede observar que salvo en el caso de la infección respiratoria aguda, en el resto de las enfermedades del ámbito respiratorio y cardiovascular, los grupos de pobres han tenido mayores problemas que los no pobres en Temuco y Padre Las Casas, en la mayoría de los casos con grandes diferencias, como ocurre con la neumonía, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el asma bronquial moderada o grave.

Aunque no es posible establecer en qué medida la contaminación atmosférica ha estado determinando esos resultados (también hay que considerar las temperaturas, la humedad, la calidad de las viviendas, entre otros aspectos), sin dudas influye en alguna forma. Los pobres deben estar más expuestos a la contaminación y también deben tener más problemas de base (más susceptibilidad), lo que hace que tengan más problemas de salud como los mencionados. A ello se le suma que la calidad de salud que han recibido a lo largo de la vida no ha sido la misma entre unos y otros.

En el análisis anterior falta lo que sucede con la mortalidad, pero en la CASEN se encuesta a los vivos, por lo que no es posible realizar una aproximación a ese aspecto. Las estadísticas de mortalidad del Ministerio de Salud no separan los casos por grupo socioeconómico, por lo que no se puede realizar un análisis como el anterior.

CAPÍTULO 6: LAS POLÍTICAS PARA DESCONTAMINAR

Dados los problemas de funcionamiento social descritos previamente, sobre todo lo relacionado con las múltiples fallas de mercado, se requiere de la intervención del Estado para mejorar el resultado en cuando a la calidad del aire. Dado que el Teorema de Coase no funciona correctamente con las condiciones de la contaminación de Temuco y Padre Las Casas, el establecimiento de los derechos de propiedad y una solución sin intervención pública no son posibles. Por otro lado, el crecimiento por sí solo no reduce la contaminación, pues tal como se destacó en el capítulo anterior, la intervención del Estado resulta clave.

En este capítulo se analizará el marco legal e institucional básico de Chile respecto a los problemas ambientales, así como las medidas específicas que se han considerado en el caso del problema de Temuco y Padre Las Casas. La política ambiental busca modificar el comportamiento de los agentes para poder alcanzar mejores resultados ambientales, que en este caso se refiere a la reducción de la contaminación atmosférica. Además, la mejoría en las condiciones de salud de la población es un beneficio básico que justifica las políticas para descontaminar (Viscusi y Gayer, 2006).

En el caso específico de estas comunas, las políticas ambientales deben enfocarse en el uso excesivo de leña por parte de los hogares, así como la forma en que se usa (húmeda o seca) y en los equipos que usan leña (pues hay muchas diferencias entre los hogares y en promedio no se usan las tecnologías más modernas).

Es importante destacar que las medidas para descontaminar la atmósfera en este caso son limitadas, tanto por el tipo de problema en sí (contaminación difusa, donde muchos pequeños agentes contaminantes son difíciles o muy costosos de monitorear y hacer cumplir ciertas medidas) como por la presencia de grupos de población de bajos ingresos, que no podrían soportar medidas muy costosas para ellos (Dimensión, 2007; Chávez *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2013). Tal como se indica en PNUD (2011), buscar soluciones a los problemas ambientales junto con una mejoría en la equidad resulta muchas veces complejo, con algunas limitaciones en la práctica.

Por otro lado, a diferencia de otros sectores, donde son personas calificadas las que manejan equipos industriales o de transporte a través de empresas formales, en el caso de la combustión residencial de leña se trata de personas naturales y no necesariamente con los conocimientos adecuados para llevar a cabo un proceso correcto (EPA, 2009), lo que hace que las formas de intervención pública deben considerar esas características. Sobre todo, se considera apropiado un conjunto de medidas que impliquen la participación voluntaria de los agentes contaminantes, dados los problemas típicos de esta forma de contaminación (muchas fuentes pequeñas difíciles de monitorear).

Sin embargo, como se verá, dada las características de este problema de contaminación, no es posible aplicar políticas que brinden la mejor solución desde el punto de vista teórico, dado que resulta imposible regular de forma directa la cantidad de emisiones contaminantes de los hogares. Por ejemplo, no se pueden aplicar impuestos por contaminar para regular las emisiones hasta el nivel óptimo. Ello lleva a que se tengan que aplicar medidas que regulen

las emisiones contaminantes de forma indirecta, lo que no tiene por qué ser lo más eficiente.

El análisis de las medidas para descontaminar brinda el contexto de los costos sociales (financiados por los privados y por el Estado) para reducir la contaminación, los que deben compararse con los beneficios (mediante los métodos de valoración de la calidad del aire, que es el objetivo básico de esta investigación) para así poder observar si esas medidas son socialmente rentables (Freeman, 2003).

6.1 El Marco Legal Chileno

Cualquier política ambiental para reducir problemas de contaminación se enmarca en un ámbito legal e institucional específico. Entonces, para comenzar, se debe plantear el enfoque más general y básico respecto al medio ambiente, que es el que aparece en la Constitución Política de Chile de 1980 (BCN, 2012a). En el capítulo III, dedicado a los derechos y deberes constitucionales, en el artículo 19 (que comienza: *“la constitución asegura a todas las personas...”*), en el número 8 aparece lo siguiente:

“El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. Es deber del Estado velar para que este derecho no sea afectado y tutelar la preservación de la naturaleza”

Relacionado con ello, en el número 9 dice:

“El Estado protege el libre e igualitario acceso a las acciones de promoción, protección y recuperación de la salud y de rehabilitación del individuo”

Por tanto, cualquier problema de salud de las personas relacionado con problemas del medio ambiente llevará a que el Estado intervenga para garantizar un mejor bienestar de las personas. El caso de Chile ha sido similar en este aspecto al de otros casos, tanto de países desarrollados como subdesarrollados, donde se ha incrementado la importancia de los temas ambientales en las últimas décadas (Markandya *et al.*, 2002).

En 1994 se promulga la Ley de Medio Ambiente de Chile (BCN, 2010a), la que comienza de forma muy similar a lo planteado en la Constitución, ratificando:

“El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental”

Además, se establece que un contaminante es *“todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”*. Por tanto, se considera que existe contaminación cuando *“la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones o*

concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente”.

De lo anterior se deduce la necesidad de establecer normas respecto a los contaminantes. Por ejemplo, las normas primarias de calidad ambiental son aquellas que establecen “*los valores de las concentraciones y períodos, máximos o mínimos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energías, radiaciones, vibraciones, ruidos o combinación de ellos, cuya presencia o carencia en el ambiente pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población*”. Las normas secundarias tienen la misma lógica, pero aplicadas a la conservación de la naturaleza. En cambio, las normas de emisión son las que “*establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante, medida en el efluente de la fuente emisora*”. O sea, las normas primarias y secundarias se establecen para los perjudicados finales con la contaminación, sea la población o la naturaleza, mientras que las normas de emisión se establecen para las fuentes de dicha contaminación.

En esta misma Ley, en el artículo 43, también se plantea que las autoridades ambientales, incluidas las autoridades de salud si el problema tiene relación con las normas primarias de calidad ambiental, podrán declarar una zona saturada o latente respecto al algún aspecto contaminante de acuerdo a las mediciones realizadas por organismos públicos competentes. Por otra parte, en el artículo 44 se indica que “*se establecerán planes de prevención o de descontaminación, cuyo cumplimiento será obligatorio en las zonas calificadas como latentes o saturadas*”.

Por tanto, en el artículo 45 se establece claramente que los “*planes de prevención y descontaminación contendrán, a lo menos:*

- a) La relación que exista entre los niveles de emisión totales y los niveles de contaminantes a ser regulados;*
- b) El plazo en que se espera alcanzar la reducción de emisiones materia del plan;*
- c) La indicación de los responsables de su cumplimiento;*
- d) La identificación de las autoridades a cargo de su fiscalización;*
- e) Los instrumentos de gestión ambiental que se usarán para cumplir sus objetivos;*
- f) La proporción en que deberán reducir sus emisiones las actividades responsables de la emisión de los contaminantes a que se refiere el plan, la que deberá ser igual para todas ellas;*
- g) La estimación de sus costos económicos y sociales, y*
- h) La proposición, cuando sea posible, de mecanismos de compensación de emisiones.*

Las actividades contaminantes ubicadas en zonas afectas a planes de prevención o descontaminación, quedarán obligadas a reducir sus emisiones a niveles que permitan cumplir los objetivos del plan en el plazo que al efecto se establezca”.

Respecto a lo anterior, es importante destacar que en los artículos 15 y 17 del decreto supremo 94, de 1995 (BCN, 1995), que especifica cómo deben aplicarse los planes de prevención y descontaminación, se señala que todo plan debe contener “*la estimación de sus costos y beneficios económicos y sociales, desde el punto de vista de la población, ecosistemas o especies protegidos; de los emisores y del Estado*”. O sea, que el Análisis

Costo – Beneficio (ACB) Social es un requisito a tener en cuenta en todo conjunto de medidas para descontaminar, aunque ni en la Ley de Medio Ambiente ni en el decreto supremo 94 se considera como una condición necesaria para aplicar las medidas el hecho de que tienen que resultar socialmente rentables. Entonces, esas estimaciones tienen un papel de generar mayor información en la toma de decisiones, aunque no serán necesariamente determinantes.

Volviendo a la Ley de Medio Ambiente, en relación con las políticas a aplicar derivadas del artículo 45, en el artículo 47 se indica que los “*planes de prevención o descontaminación podrán utilizar, según corresponda, los siguientes instrumentos de regulación o de carácter económico:*

- a) *Normas de emisión;*
- b) *Permisos de emisión transables;*
- c) *Impuestos a las emisiones o tarifas a los usuarios, en los que se considerará el costo ambiental implícito en la producción o uso de ciertos bienes o servicios, y*
- d) *Otros instrumentos de estímulo a acciones de mejoramiento y reparación ambientales”.*

O sea, que en la Ley de Medio Ambiente de Chile se plantea de forma explícita que se pueden aplicar formas de regulación ambiental distintas a las tradicionales del estilo de comando y control.

Asimismo, es importante dejar claro que en esa misma Ley de Medio Ambiente se indica en su artículo 3 que “*sin perjuicio de las sanciones que señale la ley, todo el que culposa o dolosamente cause daño al medio ambiente, estará obligado a repararlo materialmente, a su costo, si ello fuera posible, e indemnizarlo en conformidad a la ley”.*

Con esta lógica, la política ambiental en Chile busca solucionar problemas ambientales ya creados (como varios casos de contaminación del aire), a la vez que también se busca prevenir la existencia o agravamiento de problemas. Lo que se busca en el fondo es que los mismos agentes que contaminen sean los que asuman los principales costos de revertir el proceso, lo que es conocido como el principio de que “el que contamina paga” (Eskeland y Jimenez, 1992; Helm, 1998; Markandya *et al.*, 2002). Pero como se verá más abajo, en el caso de Temuco y Padre Las Casas, la aplicación de este principio resulta algo problemático, dada la naturaleza del problema.

En base a todo lo anterior, en el año 2005 se promulga el Decreto 35 (BCN, 2005), donde se declara a las comunas de Temuco y Padre Las Casas como zona saturada por el contaminante MP₁₀. Ello se estableció en base a que en los años 2001, 2003 y 2004 se había superado la norma primaria de MP₁₀ como concentración de 24 horas (por más de 7 días al año con exceso de contaminación sobre la norma diaria)⁶⁶. El establecimiento de zona saturada es lo que permite elaborar un plan de descontaminación, tal como se señaló arriba, de forma tal que se vuelva a niveles de contaminación por debajo de la norma primaria establecida para proteger la salud de las personas.

⁶⁶ No obstante, según los datos de los últimos años, estas zonas hubieran sido declaradas por sobrepasar la norma promedio anual, que es el otro criterio.

Cinco años después de la declaración de Temuco y Padre Las Casas como zonas saturadas por MP_{10} se publica el decreto 78 (BCN, 2010b), que establece el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de esta conurbación, con el objetivo de recuperar los niveles de calidad ambiental, según las normas primarias de calidad del aire establecidas previamente. El plazo propuesto para lograr esa meta es de 10 años, o sea, para terminar hacia el año 2020.

Más recientemente se promulga el Decreto 2 de 2013 (BCN, 2013), donde se declara a Temuco y Padre Las Casas como zona saturada por el contaminante $MP_{2,5}$, pues desde 2008 (desde que hay registros) se sobrepasa ampliamente la norma primaria de calidad del aire como promedio diario (y también anual). Ello será el antecedente para que en los próximos años se establezca un PDA específico para este contaminante, que en la práctica va a ser complementario o más profundo que el realizado con el MP_{10} .

Se debe destacar que la lógica del control de la contaminación tiene un punto de partida de comando y control, pues se busca reducir la contaminación del aire donde se sobrepasen unas normas predeterminadas. No importa si reducir la contaminación genera menor rentabilidad social que otros proyectos, como lo relacionado con la educación o la infraestructura de transporte. Según la Ley de Medio Ambiente, hay que mantener niveles adecuados de calidad del aire para proteger la salud de las personas.

Es importante destacar que a nivel mundial las políticas relacionadas con la reducción de la contaminación han sido habitualmente del estilo comando y control, tal como sucedía en muchas áreas de la política económica desde los años 50's y 60's. Más tarde se comienzan a implementar medidas basadas en el sistema de precios (como impuestos y permisos de emisión), como señales para la toma de decisiones de los agentes privados, aunque las medidas de comando y control siguen estando presentes con mucha fuerza (Eskeland y Jimenez, 1992; Helm, 1998; Common y Stagl, 2005; Hepburn, 2010), lo que se debe en muchas ocasiones a las dificultades prácticas para las autoridades de aplicar medidas económicas, como ocurre con los impuestos por contaminar (Bovenberg y Goulder, 2002) y a que en ocasiones se ven las medidas de carácter más económico (como los impuestos o los mercados de permisos transables) como una "licencia para contaminar" (Markandya *et al.*, 2002), entre otras razones. En este contexto, las medidas en Chile también han tenido una lógica similar, aunque se consideren en los últimos años a los instrumentos económicos entre las alternativas a aplicar (Borregaard y Leal, 2002; OCDE y CEPAL, 2005), tal como lo permite la Ley de Medio Ambiente.

6.2 El Marco Institucional Chileno

En Chile, la institución pública relacionada con el medio ambiente es el Ministerio del Medio Ambiente, el que fue creado en 2010. Antes, los temas ambientales eran considerados por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la que fue creada en 1994 y estaba relacionada directamente con la Presidencia de la República a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Antes de 1994 existía la Comisión Nacional de Ecología (CONADE), que fue creada en 1984.

O sea, con el paso del tiempo los temas ambientales han ido tomando más peso dentro de la estructura institucional, de forma tal que hoy están representados en un ministerio propio. La gran evolución institucional en las últimas décadas es un reflejo de la presencia de fuertes problemas ambientales de diversos tipos y de una mayor preocupación ciudadana por los mismos. Por otro lado, dada la relevancia de estos temas, es lógico que en otros ministerios se tengan en cuenta varios aspectos relacionados con el medio ambiente, como es el caso de los ministerios de obras públicas, de salud, de agricultura (incluye los temas de pesca), de minería, de energía, y de transporte y telecomunicaciones, entre otros.

En la página web del Ministerio del Medio Ambiente de Chile (www.mma.gob.cl) se señalan 5 ejes temáticos: 1 – Aire, 2 – Recursos Naturales y Biodiversidad, 3 – Residuos Sólidos, 4 – Cambio Climático, y 5 – Agua. Es decir, que lo relacionado con esta investigación, la calidad del aire, es uno de los aspectos que mayor interés ocupa dentro de las labores de este ministerio. Además, el Ministerio de Medio Ambiente plantea que buscará “mejorar la calidad del aire y con ello, la calidad de vida de todos los chilenos”. O sea, que se reconoce que el tema de la calidad del aire es fundamental para el bienestar de las personas, por lo que se deben realizar intervenciones públicas en caso de que el sistema económico y social genere problemas de diversos tipos.

6.3 Las Normas Primarias sobre Calidad del Aire y las Normas de Emisión de los Equipos que usan Leña

En Chile, la Ley de Medio Ambiente señalada especifica claramente lo que se entiende por contaminación. Por lo tanto, una de las políticas básicas respecto a este tema ha sido el establecimiento de normas nacionales primarias sobre calidad del aire, las que se deben respetar en todo el territorio y buscan preservar la salud de las personas (Matus y Lucero, 2002). En el establecimiento de estas normas en Chile participan varios servicios públicos, los que están vinculados a este problema ambiental: dirigidos por la autoridad ambiental participan el Ministerio de Salud (a nivel central y con los servicios regionales), el de Obras Públicas, de Transporte y Telecomunicaciones, de Energía, de Minería, y el de Economía, junto a otras organizaciones sociales (Colegio Médico, Colegio de Ingenieros, varias universidades, agrupaciones empresariales, ONGs ambientales, entre otras). La lógica es que se busquen normas que estén en concordancia con una visión costo – beneficio adecuada para toda la sociedad, aunque los problemas de salud de las personas tengan un carácter prioritario.

Como se señaló en el capítulo de caracterización de la contaminación de Temuco y Padre Las Casas, los problemas se reflejan en los contaminantes MP_{10} y $MP_{2,5}$, dado que se asocian más a las emisiones por el uso de leña en los hogares. Aunque ya se comentaron los valores de las normas primarias de Chile y la propuesta por la OMS, en la tabla siguiente se muestran nuevamente los valores:

Tabla 6.1: Comparación de Normas sobre Calidad del Aire: Chile y OMS

Contaminante	Período	Norma Chile $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Norma OMS $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Material Particulado menor a 10 micrones (MP₁₀)	Promedio Diario	150	50
	Promedio Anual	50	20
Material Particulado menor a 2,5 micrones (MP_{2,5})	Promedio Diario	50	25
	Promedio Anual	20	10

Fuente: MMA⁶⁷ y OMS (2006)

Estos valores se entienden como los máximos permitidos para asegurar niveles básicos de salud de las personas. En los contaminantes señalados, que son los relevantes para el caso de estudio, se puede apreciar que la norma chilena resulta mucho más débil que la propuesta por la OMS, de Naciones Unidas. Esto refleja que la política ambiental en Chile en relación a la calidad del aire es menos estricta que las mejores propuestas internacionales⁶⁸, pues tiene un punto de partida más blando en cuanto a los impactos en la salud de las personas de los principales contaminantes. En general, las normas de la OMS no están pensadas tanto en la lógica de costo – beneficio, sino que buscan que los daños en la salud sean los menores posibles (The World Bank, 1992). De hecho, la OMS (2006) señala que diversos estudios han encontrado impactos significativos en la salud aun cuando ha habido niveles relativamente bajos de esos contaminantes. En Estados Unidos esto ha sido un tema de fuerte debate, dado que no hay un claro nivel umbral (mínimo) donde el material particulado no genere daños a la salud (Pope y Dockery, 2006).

Sin embargo, los valores anteriores no son estáticos, pues en Chile la ley establece que cada 5 años deben revisarse los valores máximos permitidos que establecen esas normas. Además, a nivel internacional (la OMS) se han ido variando esos valores, en dependencia de los avances de los estudios científicos sobre los impactos en la salud de las personas. En Chile se estableció la norma primaria de MP₁₀ a finales de los años 90's, lo que en la actualidad se encuentra en revisión. En cambio, la norma primaria de MP_{2,5} entró en vigencia en Enero de 2012.

Como es lógico, estas normas requieren de estaciones de monitoreo para verificar su cumplimiento o incumplimiento, lo que significa un gasto del Estado para vigilar la calidad del aire en las principales ciudades y en otras áreas con problemas. Además de los recursos financieros, se requiere de tecnologías adecuadas y modernas y de funcionarios capacitados en estas labores.

Cuando en ciertas ciudades o zonas se sobrepasan las normas primarias de calidad del aire (o se acercan a ellas), tanto por su frecuencia (en cantidad de días al año) como por su nivel promedio en el año, determinando situaciones de alertas ambientales, preemergencias y emergencias, entonces las autoridades ambientales deben elaborar planes de descontaminación que se deben ajustar a las realidades de cada caso, tal como sucedió con

⁶⁷ Sitio web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

⁶⁸ En el caso de Estados Unidos, las normas primarias de MP_{2,5} presentan niveles intermedios entre las chilenas y las de la OMS. Ver en <http://www.epa.gov/air/criteria.html>

la conurbación de Temuco y Padre Las Casas, a partir del Decreto 35 de 2005 mencionado arriba, con la declaración de zona saturada por el contaminante MP₁₀. Con la reciente declaración de zona saturada por MP_{2,5} se comenzará pronto el plan de descontaminación para este contaminante.

Por otra parte, en Julio de 2012 se promulgó el decreto 39 (BCN, 2012b), que establece las normas de emisión para los equipos nuevos que usan leña como combustible de uso en los hogares. Ello permitirá que en el largo plazo el stock de equipos que usan leña en los hogares de Chile genere menos emisiones contaminantes que dañan a la salud de la población. Según diferentes estimaciones, esta medida tiene una elevada rentabilidad social, pues los beneficios superan en 4 veces a los costos en las variantes más conservadoras. Tal como indican Shortle y Horan (2001), una alternativa para corregir problemas de contaminación difusa, como es este de contaminación por leña, es regular el origen de la misma (en este caso, la calidad de los equipos ayuda a explicar parte del problema, pero no todo, tal como se explicará más abajo), pues es mucho más fácil aplicar medidas a pocas empresas productoras o importadoras de equipos nuevos que regular a muchas viviendas.

Los equipos nuevos que se comercializan, sean nacionales o importados, deben cumplir con las normas establecidas. En caso de que no las cumplan, de acuerdo a organismos de certificación autorizados, los equipos no podrán venderse. Los equipos antiguos ya instalados no tienen que cumplir esas normas, por lo que se espera un recambio natural que tendrá efectos a largo plazo, pues los equipos nuevos serán comprados por las viviendas nuevas y/o por reemplazo de los equipos antiguos que ya no funcionan bien o sean muy ineficientes para los hogares (con alto consumo de leña). Las cocinas a leña, aunque son equipos que generan muchas emisiones contaminantes, están exceptuadas de cumplir con esos límites, básicamente porque son equipos que por su diseño es muy difícil lograr que emitan menos. Pero se sigue permitiendo su venta porque básicamente se compra en las zonas rurales y en las zonas urbanas ha tenido una reducción importante de forma natural, según información de los Censos de Población (que más abajo se comentará).

Esta medida de normas de emisión para los nuevos equipos a leña es un tipo de regulación de comando y control, dado que prohíbe ventas de equipos nuevos que generan muchas emisiones contaminantes. De esta forma se ayuda a corregir las diversas fallas de mercado presentes en este problema, pues si se dejara al mercado funcionar libremente, las empresas productoras e importadoras no les interesaría vender equipos con tecnologías menos contaminantes y posiblemente a una gran parte de la población tampoco le interesaría, dado que pueden ser equipos más costosos (aunque con el ahorro de combustibles de los equipos más eficientes podrían tener una elevada rentabilidad a largo plazo). Esta medida en la práctica encarecerá a los nuevos equipos, lo que podría ser negativo para los grupos de menos ingresos que los compran en el futuro. Por otro lado, si los nuevos equipos son más caros, se puede incentivar el comercio de equipos usados que son más contaminantes, lo que retrasaría el proceso de reducción total de emisiones (Helfand *et al.*, 2003).

6.4 Las Medidas en Temuco y Padre Las Casas

El Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de Temuco y Padre Las Casas (BCN, 2010b) establece claramente que el foco de las medidas estará en las emisiones residenciales por uso de leña para calefacción y cocción de alimentos, pues son las fuentes mayoritarias, sin dejar de considerar las otras fuentes de menor relevancia, como las quemadas agrícolas, las industrias y el transporte. En cuanto a la intervención pública es importante señalar que la autoridad ambiental regional (Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente) es la encargada de coordinar las diversas medidas donde participan otros organismos públicos con carácter territorial (Gobierno Regional de La Araucanía, Secretaría Regional Ministerial de Salud, Servicio de Vivienda y Urbanización, Municipalidades de Temuco y Padre Las Casas, Secretaría Regional Ministerial de Educación, Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, Secretaría Regional Ministerial de Transporte y Telecomunicaciones, Secretaría Regional Ministerial de Economía, Fomento y Turismo, entre otros).

La meta de este plan es reducir en torno al 30% las emisiones totales en un plazo de 10 años. Con ello se espera mantener los niveles de contaminación por MP₁₀ por debajo de las normas primarias señaladas arriba. De forma específica, la verificación de que las metas se cumplen o no se asociará a 3 indicadores asociados al MP₁₀:

- Reducción de las concentraciones promedio anual.
- Reducción de las máximas concentraciones por hora entre las 18:00 y 24:00 horas en el período de otoño a invierno de cada año.
- Disminución de la cantidad de horas en los días con episodios de elevada contaminación.

El PDA ha tenido una evaluación preliminar en cuanto a los beneficios y costos estimados (a partir de CENMA, 2007), con 66,5 millones de USD de beneficios y con 17,7 millones de USD de costos en un período de 10 años de aplicación de las diferentes medidas. En esos beneficios y costos estimados se hizo una separación de acuerdo a los emisores, al Estado y a la población. Por tanto, se considera que desde el punto de vista social, el conjunto de medidas propuestas en este plan tienen una rentabilidad social elevada.

Los beneficios fundamentales del plan se asocian a la salud de la población, considerando los efectos de la contaminación en la mortalidad y la morbilidad⁶⁹. Pero también hay estimaciones de beneficios por reducción de costos privados en cuanto al uso de leña si se aplica un conjunto de medidas que aumentan la eficiencia del proceso de calefacción y/o cocción de alimentos.

⁶⁹ Las autoridades a nivel nacional señalan que las políticas para reducir este tipo de contaminación tienen otros beneficios colaterales, como son la mayor protección al bosque nativo, la reducción de incendios en las viviendas provocados por calefactores en mal estado y el aumento de la recaudación tributaria debido a la formalización del mercado de leña, entre otros (MMA, 2012).

Los costos del PDA se asocian a la aplicación de medidas enmarcadas en las siguientes líneas estratégicas que se consideraron básicas para reducir las emisiones en 10 años (BCN, 2010b):

- Regulación para un mejor uso de la leña y para el mejoramiento de la calidad de la leña.
- Regulación que busca un mejor uso de artefactos a leña ya instalados, así como al mejoramiento de la calidad de los nuevos artefactos que se instalen.
- Programas para mejorar la eficiencia o aislamiento térmico de las viviendas.
- Programas tendientes a incrementar la conciencia ciudadana respecto al problema ambiental que afecta a esta población.

O sea, estas líneas estratégicas buscan generar las mayores reducciones de contaminantes, que son las provenientes de la combustión en artefactos que usan leña en los hogares. Es importante destacar que a nivel nacional la perspectiva de cómo solucionar este problema es similar (CCTP, 2011; MMA, 2012). A continuación se analizarán estas políticas para el caso de Temuco y Padre Las Casas con mayor detalle. Más abajo se comentarán otras medidas que se consideran en el PDA, pero que no están en estos lineamientos fundamentales.

En cuanto al combustible sólido que explica este problema de contaminación, la leña, la primera línea estratégica busca mejorar lo que sucede con este insumo. Como esta contaminación es de carácter difuso, dada la cantidad de viviendas emitiendo cantidades muy pequeñas, una alternativa de política más fácil es la que va a uno de los orígenes del problema, que en este caso es el combustible. Son menos productores y comerciantes de leña que viviendas contaminantes, por lo que resulta más fácil regular ese lado, además de que la calidad de la leña se relaciona directamente con la cantidad de emisiones contaminantes (Eskeland y Jimenez, 1992; Shortle y Horan, 2001; Gunningham y Sinclair, 2005; Xepapadeas, 2011). Sin embargo, es importante destacar que no es sólo la calidad y cantidad de leña lo que se relaciona directamente con las emisiones, pues los tipos de equipos que se usen y la forma en que se usen son aspectos que también resultan relevantes (lo que está en el lado de las viviendas), por lo que regular la leña no es un sustituto perfecto de la regulación de las emisiones. Es importante destacar que en este caso no debiera aparecer el problema derivado de este tipo de políticas indirectas, como es el que los hogares busquen otra alternativa de combustible que sea más dañina para la calidad del aire, pues las otras alternativas conocidas son mucho más caras y más limpias.

Una medida fundamental se asocia a la regulación de ese mercado, que como se comentó en el capítulo 2, opera en un marco de gran informalidad en estas zonas. Lo fundamental en este caso es tratar que toda la leña que se comercialice en la conurbación de Temuco y Padre Las Casas cumpla con la condición de leña seca, que es la que tiene un contenido de humedad igual o inferior al 25%, según normas chilenas del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (normas oficiales 2907/2005 y 2965/2005). Según diversos estudios (CCL, 2009 y CCTP, 2011), la leña seca produce muchas menos emisiones de material particulado que la leña húmeda cuando se usa en equipos de combustión de los hogares.

Las Municipalidades de Temuco y Padre Las Casas establecieron ordenanzas para regular este ámbito (BCN, 2009 y BCN, 2010c), de forma tal que fiscalizadores municipales y carabineros de Chile (policía local) puedan poner multas o incluso quitar licencias comerciales a aquellos comerciantes de leña que no cumplan con los requisitos básicos, tanto respecto a la leña seca, como a una correcta situación tributaria y certificados de adecuado manejo forestal. Es importante destacar que esta medida se considera de alta efectividad (elevada reducción de emisiones contaminantes respecto al costo de fiscalización) en comparación con otras, como las que entregan subsidios a los productores para el secado de leña (Chávez *et al.*, 2009).

Adicionalmente, se fomentará la producción y comercialización de leña seca con el apoyo de diversos organismos asociados a las Secretarías Regionales Ministeriales de Economía, Fomento y Turismo y de Agricultura y también con la intervención de las Municipalidades de Temuco y Padre Las Casas. Ello significará subsidios a productores de leña, aunque no es una de las medidas más fuertes en este ámbito. Un problema con medidas como éstas es que ayudan a que el precio de la leña se mantenga bajo, lo que es favorable para los grupos de menos ingresos, pero no tiende a reducir situaciones de uso excesivo de leña (en general, tanto leña seca como húmeda).

Por otra parte, la Secretaría Regional Ministerial de Salud debe fiscalizar y sancionar el uso en los hogares de la leña según el código sanitario. Aquellos hogares donde se detecte que no se usa leña seca o que no tiene registrado equipos a leña podrán ser sancionados. Sin embargo, esta medida será más efectiva en la medida que exista un mercado de leña seca mucho mayor y bien establecido, a la vez que es necesario que la población esté más informada. Además, esta medida implica cierto gasto de los hogares para guardar la leña en un lugar con poca humedad.

O sea, además de que se busca que el combustible básico de los hogares para calefacción y para cocción de alimentos esté con buenas condiciones para que se contamine menos, también se controla la evasión de impuestos y se fomenta el adecuado manejo de los bosques nativos para que no ocurran problemas asociados a la deforestación y se realicen prácticas sustentables respecto a este recurso.

En la práctica, estas medidas se reflejan en un mayor precio de la leña (salvo la de subsidios y apoyo para la leña seca a los productores), lo que debe incidir en un menor consumo y, por tanto, en menos emisiones contaminantes. Observe que el conjunto de medidas anteriores busca regularizar el mercado de este insumo, no encarecerlo hasta el nivel necesario para reducir suficientemente la contaminación. Pero aunque no varíe el precio de la leña, el hecho de que se utilice con bajo contenido de humedad provoca que se necesite menos leña para generar la misma cantidad de calor al interior de los hogares (Sanhueza *et al.*, 2006; CCL, 2009). Por lo tanto, esta medida ayuda a reducir la contaminación por la menor cantidad de leña consumida y por la mejor calidad de la que se consume. El correcto funcionamiento del mercado de la leña, tal como se propone con lo explicado arriba, es vital en este problema de contaminación, dado el uso masivo de este combustible en la población y la inviabilidad a corto plazo de considerar a otras alternativas, dado que son mucho más caras. Además, la abundancia de recursos forestales en la zona es una presión de gran oferta de este producto que se mantendrá por muchos años.

Respecto a la segunda línea estratégica de medidas, se partió con un registro de todos los equipos que usan leña como combustible en los hogares de estas zonas, lo que estuvo a cargo de la Secretaría Regional Ministerial de Salud. Además, este registro deberá mantenerse actualizado a fin de poder tomar decisiones de manera oportuna (incluida el registro obligatorio de las nuevas instalaciones de equipos). Esta medida permitirá disponer de información sobre la cantidad y características de los equipos, lo que es fundamental, dado que los tipos de equipos que usa la población explican en buena medida las diferencias en emisiones contaminantes de los hogares (DICTUC, 2008).

Pero lo más importante en este ámbito es que la autoridad ambiental regional tuvo que diseñar y comenzar a realizar el recambio voluntario de equipos que usan leña en los hogares. Lo que se busca es sustituir aquellos equipos más contaminantes por equipos nuevos que generen menos emisiones contaminantes, lo que se aplicará de acuerdo a criterios técnicos, pero debe ser aceptado voluntariamente por los hogares, aunque no signifique costos para ellos. Los nuevos equipos, al ser más eficientes, deberían reducir el consumo de leña, por lo que por esa vía también se deben reducir las emisiones totales (y los costos privados para los hogares). Los equipos viejos que son sustituidos son retirados por el gobierno para que se conviertan en chatarra y así evitar que se vuelvan a usar por otros hogares.

Por ejemplo, en Sanhueza *et al.* (2005) se destacaron las diferencias en los factores de emisión⁷⁰ de MP₁₀ de los principales equipos que usan leña como combustible en Temuco y Padre Las Casas:

Tabla 6.2: Diferencias en Emisiones Contaminantes por Tipo de Equipos según grado de humedad de la leña

Factores de Emisión de MP₁₀ por tipo de artefacto (g/kg)		
	Humedad de la leña	
	Seca	Húmeda
Tipo de Artefacto		
Chimenea	16,6	17,3
Cocina a Leña	15,3	17,3
Salamandra	8,5	15,9
Estufa simple	8,1	15,3
Estufa doble cámara	8,1	10,2

Fuente: Elaboración propia en base a Sanhueza *et al.* (2005)

En ese estudio no sólo se consideraban las diferencias de emisiones por tipo de equipo, sino que también se destacaban las diferencias que surgen por el uso de leña seca o húmeda en cada tipo de equipo. Como ya se comentó arriba, el uso de leña húmeda aumenta las emisiones contaminantes (gramos de MP₁₀ por kg de leña) en comparación al uso de leña

⁷⁰ En este caso se usan factores de emisión, que son estimaciones debido a que las emisiones reales no es posible de observar en la realidad, dado que son muchas las fuentes contaminantes (Gingrich y Macfarlane, 2002).

seca (con humedad de 25% o menos) en todos los tipos de equipos. Asimismo, hay diferencias importantes entre equipos, sobre todo cuando se usa leña seca. Las chimeneas y las cocinas a leña aparecen con emisiones mucho mayores a las estufas (calefactores) que están diseñadas para tener una mayor eficiencia en cuanto a la generación de calor.

Más tarde, en el estudio de Gómez *et al.* (2009) se hacen otras distinciones útiles y con actualizaciones en los factores de emisión⁷¹, tal como se muestra a continuación:

Tabla 6.3: Diferencias en Emisiones Contaminantes por Tipo de Equipos según condiciones de medición

Factores de Emisión de MP₁₀ por tipo de artefacto (g/kg)		
	Condiciones de medición	
	Laboratorio	Reales
Tipo de Artefacto		
Salamandra	16	80
Cocina a Leña	20	32
Chimenea	17	28
Estufa entre 27 y 15 años de Antigüedad	10	50
Estufa entre 14 y 4 años de Antigüedad	6	30
Estufa con menos de 4 años de Antigüedad	3,5	18
Estufa doble cámara eficiente	1	2
Estufa a pellets de madera	0,25*	0,25*

Fuente: Elaboración propia en base a Gómez *et al.* (2009)

* Son valores imputados, pues las estufas a pellets no usan leña.

En este estudio no sólo aparecen los equipos mayoritarios en Temuco y Padre Las Casas, sino que también se analizan otros equipos de más eficiencia (los 2 últimos de la tabla) a fin de simular el impacto que tendría un programa de recambio.

Como se puede apreciar, en la tabla se consideran dos condiciones, las de laboratorio y las reales, a diferencia de la anterior, que consideraba el uso de leña húmeda y de leña seca. Las condiciones de laboratorio son las más eficientes posibles, con el uso de leña seca, con un buen manejo de los equipos y un adecuado mantenimiento de ellos en el tiempo. En cambio, las estimaciones de las condiciones reales (las de los hogares) son con un porcentaje elevado de consumo de leña húmeda, con un mal manejo de los equipos por parte de las personas y con escaso mantenimiento de ellos. Entonces, como es obvio, las condiciones de laboratorio brindan menores emisiones de MP₁₀ que las condiciones más cercanas a la realidad cotidiana.

Por otro lado, nuevamente aparecen las salamandras, las chimeneas y las cocinas a leña entre los equipos que más emisiones contaminantes generan, junto a las estufas (calefactores)

⁷¹ Al igual que en los factores de emisión anteriores, en este caso se trata de estimaciones, dada la imposibilidad de observar lo que ocurre con tantos agentes contaminantes. Los llamados factores de emisión reales son estimaciones en base a las condiciones típicas de la población, que en promedio resultan bastante distintas de las condiciones ideales de los laboratorios.

más antiguas. Las estufas a leña más modernas, pero sobre todo, las estufas a leña con sistema de doble cámara y las estufas a pellets, son los equipos menos contaminantes, por lo que el programa de recambio debería enfocarse en esas alternativas tecnológicas.

En el PDA se establecen condiciones mínimas que deben tener los equipos nuevos que se instalen en el programa de recambio, como por ejemplo, que sean nuevos, que generen una cantidad máxima de emisiones contaminantes que es bastante baja y que sean eficientes en cuanto a la generación de calor en relación a la cantidad de leña usada (o pellets de madera).

Una medida adicional que se plantea, también relacionada con los tipos de equipos, es la de la prohibición al uso de chimeneas de hogar abierto en las viviendas y en establecimientos públicos y privados, dado que se consideraban como equipos muy contaminantes y con una baja presencia en estas zonas, más presentes en los hogares de ingresos elevados y medios (Sanhueza *et al.*, 2004). O sea, no es una restricción que afecta a los grupos de menores ingresos, por lo que es factible de realizar y así los privados asumen parte de los costos de descontaminar.

El programa de recambio se combina con el efecto de las normas de emisión de equipos a leña comentadas anteriormente. El cumplimiento de dichas normas para los equipos nuevos significará un cambio de largo plazo en el stock total de equipos, lo que tendrá un costo fundamentalmente para el sector privado (hogares y empresas productoras).

Finalmente, en cuanto a las medidas relacionadas con los equipos, en el PDA se establece que el Gobierno Regional de La Araucanía debe apoyar el esfuerzo público y privado en investigación y desarrollo (I + D) para el mejoramiento tecnológico de los artefactos que usan leña, para el diseño de sistemas de calefacción que generen bajas emisiones contaminantes y con elevada eficiencia energética. Asimismo, la Secretaría Regional Ministerial de Economía, Fomento y Turismo⁷² deberá fomentar las mejoras tecnológicas en los fabricantes nacionales (y especialmente en los locales) de artefactos que usan leña como combustible a fin de lograr una mayor eficiencia y menores emisiones contaminantes.

Es importante destacar que la medida de recambio voluntario de equipos que usan leña no es de tipo de comando y control, pues no es algo obligatorio a cumplir por parte de los hogares, sino que es una medida de subsidios (pueden ser monetarios parciales o totales respecto al precio de los equipos o pueden ser en especie, o sea, con la entrega directa de los equipos). Los subsidios para cambiar comportamientos a favor del medio ambiente también han sido utilizados con frecuencia en el mundo en casos de contaminación difusa (Shortle y Horan, 2001; Gunningham y Sinclair, 2005). O sea, es toda la sociedad (de estas zonas y del resto del país) la que asume los costos de medidas de subsidios para reducir la contaminación, pues con los pagos de impuestos se tienen que financiar estos proyectos. Según Chávez *et al.* (2010), los montos de subsidios para estimular una cantidad suficiente de cambios voluntarios de equipos no son menores, aunque de todas formas es una medida muy rentable desde el punto de vista social (Gómez *et al.*, 2009). Además, debe haber una clara diferenciación de estos incentivos según los grupos de ingresos, pues a los hogares de

⁷² A través de su organismo CORFO (Corporación de Fomento de la Producción).

bajos ingresos habrá que otorgarles ayudas mayores para que participen del programa (Chávez *et al.*, 2010; AECOM, 2011).

Un problema básico de este instrumento es que podría significar esfuerzos (gastos) públicos innecesarios si los privados de todas formas modernizan sus equipos en el mediano y largo plazo de forma voluntaria (CENMA, 2007; AECOM, 2011). Por ejemplo, en Temuco y Padre Las Casas la cantidad de hogares que usaban leña o carbón para cocinar se redujo de un 29,1% del total en 1992 a un 13,3% del total en 2002⁷³, lo que ocurrió de forma voluntaria, pues no había ninguna medida al respecto, lo que ocurrió fundamentalmente por la comodidad y rapidez del uso de gas para la cocción de alimentos.

Por otra parte, esta forma de subsidios, a diferencia de los impuestos a los agentes contaminantes, implica gastos para el Estado, lo que en un país subdesarrollado no deja de ser un problema menor (dada la restricción de recursos), lo que se puede unir al hecho de que no brinda las señales adecuadas (Oates y Baumol, 1975; Eskeland y Jimenez, 1992), pues los hogares pueden adquirir equipos muy contaminantes para que el gobierno los ayude con el cambio⁷⁴ (incluido el hecho de que no se estimula la compra de equipos que no usen leña, pues ello no implica beneficios por subsidios) o sencillamente se estimula aún más el crecimiento urbano (básicamente por emigración desde el campo) al bajar los daños asociados a la contaminación. Un aspecto algo chocante de esta medida es que va en sentido opuesto al criterio de que “el que contamina paga” señalado arriba y que está presente de forma clara en la legislación chilena. Es más, como en la práctica se está otorgando el derecho a contaminar, el subsidio es una penalización directa para toda la sociedad, pues se financia con recaudación de impuestos que pagan todos, contaminen o no (Bovenberg y Goulder, 2002)⁷⁵. Como se comentará más abajo y también en otro capítulo de esta investigación, la aplicación de impuestos se hace difícil en este contexto donde hay muchos contaminantes y es difícil y costoso monitorear lo que sucede, y donde un significativo porcentaje de la población es de bajos ingresos o de ingresos medios bajos. En el caso de Chile, los subsidios para mejorar la calidad ambiental se han tenido que aplicar en varias situaciones ya sea por la urgencia de las políticas o por los bajos niveles de ingresos de los agentes involucrados (Borregaard y Leal, 2002). Por tanto, los subsidios asociados a formas que reducen la contaminación pueden ser más factibles, además de que políticamente son más fáciles de introducir que los impuestos u otras medidas restrictivas (Helfand *et al.*, 2003).

El tercer grupo de medidas básicas se relaciona con las condiciones térmicas de las viviendas. Si se mejoran el aislamiento térmico de las viviendas, sobre todo en los techos y paredes, el consumo de leña se reduciría, pues con menos leña se puede generar el mismo calor que antes de esta medida (se estima en un 35% la reducción en el consumo de leña, según CENMA (2007)).

⁷³ Según estadísticas de los Censos de Población y Viviendas de 1992 y 2002 elaborados por el Instituto Nacional de Estadísticas. La contrapartida es que aumentó muchísimo el uso de gas para cocinar.

⁷⁴ Ello se puede evitar con una regulación fuerte sobre los tipos de equipos que se venden en el mercado.

⁷⁵ Además, estos autores señalan que los impuestos necesarios para financiar estos programas de subsidios generan distorsiones en los mercados de bienes y de factores, lo que es dañino para la eficiencia económica.

El programa de aislamiento térmico de las viviendas se divide en 2 formas: primero, la intervención en las viviendas ya construidas que están con malas condiciones, y segundo, certificar las viviendas nuevas que se construyan en la zona, para que las empresas constructoras realicen ese acondicionamiento (lo que se refleja en el precio final de las viviendas, por lo que los hogares asumen ese costo de forma privada). Las labores fundamentales de estas medidas están a cargo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (a nivel regional es el Servicio de Vivienda y Urbanización). Esta medida será también de forma voluntaria en los hogares que sean escogidos desde un punto de vista técnico. Lo habitual es que los hogares de menos ingresos son también los que tienen sus viviendas en peores condiciones, incluyendo un mal aislamiento térmico.

Como tiene un carácter voluntario en cuanto a la aceptación de los hogares, esta medida tampoco es del tipo comando y control, sino que es otra forma de subsidio (no monetario). Aunque las viviendas con mal aislamiento térmico no son la causa directa de la contaminación, obviamente es un componente básico en la interacción con el uso de leña. Por tanto, en este caso tampoco se aplica el criterio de “el que contamina paga” y se pueden generar todas las dificultades mencionadas anteriormente para el caso del programa de recambio de equipos, lo que se debe a las condiciones específicas del problema. Es importante destacar que esta medida es la más costosa de todas las consideradas en el PDA, sobre todo por el esfuerzo del sector público (CENMA, 2007).

Y el cuarto ámbito de medidas básicas se refiere a la educación ambiental, la participación ciudadana e involucramiento de la población en las labores de descontaminación. El PDA destaca claramente que resulta imposible confiar en medidas que dependan exclusivamente de la fiscalización o de subsidios en programas de recambio de equipos y de aislamiento térmico, pues son demasiadas viviendas. O sea, la colaboración de la población es fundamental para poder avanzar con medidas públicas que ayuden a reducir el problema ambiental, dado que tanto los hogares como el Estado son agentes responsables (Pol, 2002). Esta visión también es aceptada en otros casos del mundo con situaciones de contaminación difusa (Shortle y Horan, 2001), o cuando hay dificultades con la aplicación de diferentes medidas en el corto plazo (Oates y Baumol, 1975). Si las personas aumentan su conciencia ambiental, incluida la preocupación por su propia salud y una mayor preocupación por los otros, las medidas que realice el Estado, que a veces son coercitivas o de control, se podrán aceptar con mayor facilidad y se generará un ambiente de mayor cooperación (Bonnes y Bonaiuto, 2002).

El suministro de información desde el Estado es fundamental (CEPAL, 2003; The World Bank, 2008; Sartzetakis *et al.*, 2012), dado que es una falla de mercado presente en este problema, tanto por el lado del origen como por el lado de las consecuencias de la contaminación. Además, se debe buscar cambiar ciertas costumbres o tradiciones de los hogares respecto al uso de leña, así como generar una mayor conciencia de los problemas de salud a toda la población que un comportamiento irresponsable genera.

En la práctica se debe asumir que las personas son ignorantes de los problemas asociados a la contaminación, y que sean las autoridades locales las que provean todas las herramientas para aumentar el conocimiento y fomentar el cambio en las actitudes de la población (Bickerstaff y Walker, 2001). Por otro lado, la mayor conciencia ambiental impulsada por

el Estado se considera muy importante para que otras medidas más fuertes puedan ser aplicadas, como aquellas que representan costos para la población (como puede ser mayores impuestos a la leña), pues así generará menos resistencia por parte de la población (Gunningham y Sinclair, 2005).

El impacto de la información ambiental sobre la toma de conciencia y de acciones en la comunidad es más fuerte cuando el problema ambiental se encuentra localizado, en vez de en zonas dispersas. De esta forma es más fácil impulsar acciones de colaboración y que no se caiga continuamente en la tragedia de los comunes (CEPAL, 2003). En este sentido, para que los programas de educación ambiental tengan un efecto mayor se requiere que la mayoría de la población participe activamente, pues unos pocos con información sentirán que no tiene sentido hacer un esfuerzo si ven que la mayoría no hace nada para proteger el medio ambiente (Costanza, 1987).

Es importante destacar que en una encuesta realizada en Temuco y Padre Las Casas las personas señalaron entre las principales medidas que deben tomarse para reducir la contaminación a aquellas relacionadas con la educación, la difusión y la mayor conciencia ambiental (Dimensión, 2007).

Una forma de estas políticas está a cargo de la Secretaría Regional Ministerial de Educación, la que establece la introducción de contenidos ambientales en los programas de estudio de varios niveles de enseñanza (básica y media). Entre esos contenidos, además de la protección de la naturaleza en general, se debe incorporar con fuerza lo relacionado con los problemas de calidad del aire en estas zonas urbanas.

Adicionalmente, las otras medidas de esta línea se han enfocado en una mayor difusión a la población del problema de contaminación, del contenido fundamental de las medidas del PDA que tienen alguna relación con la población (como es el ámbito de la leña húmeda), de los pronósticos de calidad del aire y de los días con episodios críticos de contaminación. Específicamente en el caso de los episodios críticos, la información oportuna (mediante la implementación de un sistema de pronóstico de calidad del aire) es esencial para que los hogares tomen medidas de forma voluntaria, a la vez que se pueden prohibir las actividades físicas y deportivas en los centros educativos. Además, la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente brinda información diaria de la calidad del aire. En el PDA también se hace énfasis en la información a la población sobre las características de los equipos nuevos y de nuevas alternativas de aislamiento térmico de las viviendas. Asimismo, cada año se ha realizado una cuenta pública sobre las metas y avances del PDA. En este grupo de medidas se destaca la labor que deben realizar las Secretarías Regionales Ministeriales de Medio Ambiente, de Salud y de Educación, así como el papel de las Municipalidades de Temuco y Padre Las Casas (BCN, 2009; BCN, 2010c).

Si la población tiene más información sobre este problema podría exponerse menos en períodos (o en horas) de elevada contaminación. Además, podría cambiar sus conductas en cuanto a uso de leña húmeda y en cuanto a la cantidad de leña que se usa (para que sea justo la necesaria para generar la temperatura deseada al interior del hogar). Por el lado de los programas que tienen un carácter de subsidio (no monetario), como el de recambio de equipos y el de aislamiento térmico de las viviendas, si hay más información y educación

ambiental más personas podrían participar en los procesos de postulación y así se podrían localizar los recursos públicos donde fueran más necesarios (más eficientes).

Para el cambio en los patrones de consumo es fundamental la ocurrencia de grandes cambios en el entorno social, como son las noticias alarmantes o crisis ambientales severas (o sea, la información y la educación ambiental son claves), para que así la gente reaccione y cambie sus actividades rutinarias. En este sentido, la presión social y la sensación de urgencia pueden ser muy relevantes en el cambio de conducta de las personas, sobre todo en situaciones de crisis (Oates y Baumol, 1975). Además, los cambios tecnológicos pueden ser insuficientes (como lo del recambio de equipos de calefacción), pues no se pueden buscar soluciones simplemente a partir de la técnica sin considerar lo social o las prácticas sociales. Aunque como es obvio, el cambio en la práctica social se facilita cuando existe una tecnología alternativa disponible relativamente barata, como es el hecho de que se tengan otras formas de calefacción menos contaminantes y no tan caras (Brand, 2010). En otros contextos, se ha encontrado que es muy relevante que los programas de educación estén presentes, dado que otras medidas, incluidas las de incentivos financieros y facilidades de cambio tecnológico, resultan insuficientes por el bajo nivel de involucramiento de las personas (Stern, 2000).

Las medidas asociadas con la mayor oferta de información y educación ambiental en parte son de carácter de comando y control (los cambios de contenidos en las instituciones educativas) y en parte son otra forma de subsidios no monetarios, pues el Estado tiene que hacerse cargo de muchos elementos de la información como bien público y ello implica gastos del sector público en diferentes modalidades y por parte de diferentes instituciones mencionadas anteriormente.

En cuanto a las medidas que se aplican sobre fuentes que no tienen tanto peso dentro de las emisiones totales de MP_{10} en estas comunas (DICTUC, 2008), de todas formas resultan complementarias a las que se indicaron en las líneas estratégicas y se comentan a continuación (BCN, 2010b):

- Prohibición de emisiones de material particulado respirable (no sólo las causadas por leña) por encima de ciertas normas de emisión en fuentes industriales, comerciales y en calderas de calefacción grupal. En este caso los agentes contaminantes deben medir sus emisiones según equipos permitidos por Resoluciones del Ministerio de Salud. La Secretaría Regional Ministerial de Salud hará fiscalizaciones para que se cumplan estas medidas.
- Prohibición de quemas agrícolas y forestales (en las zonas rurales de estas comunas) entre el 1 de Abril y el 30 de Septiembre de cada año. Además, la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura tuvo que generar un programa para mejorar las prácticas agrícolas que brinden alternativas mejores a las quemas. Finalmente, se prohíbe la quema de hojas secas, restos de podas y todo tipo de desperdicios en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas.
- Programa de control de las emisiones totales generadas por el sector de transporte público (buses), que deberá ser llevado a cabo por la Secretaría Regional Ministerial de Transporte y Telecomunicaciones. En la práctica esto significa una restricción en la cantidad de años que deben tener los buses que operan en estas zonas urbanas, lo

que lleva a que las empresas privadas asuman costos de cambio por equipos nuevos que cumplan normas de emisión más estrictas, según regulaciones a nivel nacional (tanto para buses nacionales como para los importados).

- Programa de arborización urbana, pues una mayor cantidad de árboles en la ciudad ayudará a que parte del material particulado respirable quede atrapado en los árboles y no permanezca más tiempo en la atmósfera. Sin embargo, esta medida se estima que no tiene mucha efectividad respecto a los costos que conlleva (CENMA, 2007).
- Obligación de aplicación del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental a aquellos proyectos inmobiliarios e industriales de cierto tamaño en estas zonas urbanas y que utilicen equipos que emitan material particulado respirable al menos en ciertos niveles mínimos. Además, se exige que estos proyectos deben generar medidas, en el marco de un sistema de compensación de emisiones, que sean de al menos un 120% de su situación base.

Es importante destacar que el Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas está presentado de forma flexible, pues puede ser modificado en los años de vigencia, en dependencia de cómo se vayan dando los avances de las diferentes medidas y cómo vaya evolucionando la calidad del aire. Además, todos los organismos públicos de la región que están involucrados en este proceso deben presentar avances periódicos y verificación del cumplimiento de diversas metas establecidas. Esta posición de apertura hacia cambios en las medidas parte de que en la realidad resulta difícil saber por anticipado los efectos reales de las políticas y las condiciones reales también están cambiando constantemente, por lo que siempre es positiva cierta flexibilidad en planes de estos tipos, pues para conseguir las metas en ocasiones se necesita aplicar medidas más agresivas que las inicialmente planteadas (Gunningham y Sinclair, 2005) y aprender de los problemas de implementación que se van produciendo (Del Matto *et al.*, 2004).

Finalmente, hay que destacar que en el invierno de 2013 se comenzó a aplicar un nuevo tipo de medida que no estaba contemplada en la visión anterior. Esta medida fue la prohibición de uso de equipos a leña en estas zonas, que constituye una forma algo extrema de intervención que no se había considerado previamente. De acuerdo al Decreto No. 34 de la Subsecretaría de Salud Pública (MINSAL, 2013a) esta medida se justifica por los elevados niveles de contaminación por material particulado que ya estaban generando serios problemas de salud de la población a inicios de Junio. Además de la medida respecto al uso de equipos a leña, se prohibió la realización de actividades deportivas masivas y de las que se realizan en los centros de educación, así como que se empezó a exigir el uso de mascarillas a grupos más vulnerables de la población (pacientes crónicos, adultos mayores, niños y embarazadas) en las horas de mayor contaminación.

En la Resolución Exenta No. J1 – 009469 de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de La Araucanía (MINSAL, 2013b), que se elaboró posterior al anterior Decreto, se estableció con más precisión el alcance de la medida. Por ejemplo, se estableció el área específica de la ciudad de Temuco donde se prohibía el uso de equipos a leña (que no hubieran participado en programas de recambio). Básicamente se ha considerado la zona de hogares con mayores ingresos, pues se asume que pueden financiar otras fuentes de calefacción. En caso de no cumplimiento de esta norma se aplican multas algo elevadas. Asimismo, se establecieron los días en que se considerarían esas medidas (de condiciones

para una elevada contaminación), para lo que se utiliza un modelo de estimación y se avisa a toda la población un día antes por los principales medios de comunicación. La restricción de uso de leña es para los horarios de mayor uso habitual, no es para todo el día, aunque en días continuos de emergencia ambiental la prohibición puede ser para todo el día.

La prohibición parcial de uso de leña se ha aplicado en algunas ciudades de Estados Unidos (EPA, 2009), sobre todo a los hogares que tienen equipos más contaminantes, aunque eso claramente es algo más difícil de monitorear. Pero en el caso chileno, la opción de prohibir el uso de equipos más contaminantes, aunque tendría una justificación claramente técnica, se tiene el problema de que muchas veces los equipos que generan más emisiones son los que tienen los pobres, por lo que esta medida empeoraría el bienestar de los grupos que ya están con bajos niveles de ingreso y consumo.

Se podría aplicar a todos los grupos si a la vez se le entregan fuertes subsidios a los grupos de menores ingresos para que instalen equipos más modernos. Esta opción tendría más sentido, pues los grupos de elevados ingresos podrían buscar alternativas más caras y más limpias, pero el problema es que no es un porcentaje elevado de la población, además de que el Estado no tiene información perfecta sobre la situación económica de esos grupos. Una forma aproximada es lo que se ha hecho en Temuco, prohibiendo en los lugares de mayores ingresos (aunque unos pueden estar mucho mejor que otros). Sin embargo, en el mediano o largo plazo esas personas pueden irse a vivir a otras zonas de la ciudad, por lo que perdería efecto esa medida.

Por último, hay que destacar que la opción de prohibición del uso de leña en días críticos (por ejemplo, por condiciones atmosféricas negativas), sobre todo en las horas de mayor exposición (Oates y Baumol, 1975), significa un esfuerzo grande de monitoreo por parte de las autoridades. Esta última forma de restricción de leña se mantiene desde hace algunos años en las zonas urbanas de la región Metropolitana (el Gran Santiago) (Sanhueza *et al.*, 2006), lo que ha llevado a que la situación de la contaminación en invierno no sea mucho peor. Sin embargo, dada la gran cantidad de población que usa este combustible durante 5 o 6 meses al año en Temuco y Padre Las Casas, la cantidad de días al año con elevados niveles de contaminación y el elevado costo de las energías alternativas, esta posibilidad puede representar un elevado costo para la sociedad, sobre todo para los grupos de ingresos medios que quieren generar calor al interior del hogar. Hay que tener en cuenta que en Santiago no hay tanto frío de forma prolongada y en promedio la población cuenta con ingresos algo más elevados. Además, hay que mencionar que en Santiago a las autoridades se les hace muy difícil hacer cumplir lo establecido a los relativamente pocos hogares que utilizan la leña, lo que obviamente se hace quizás más complejo en Temuco y Padre Las Casas por la gran cantidad de viviendas que emiten contaminantes. En Estados Unidos también algunas ciudades han aplicado medidas similares ante la ocurrencia de episodios críticos (EPA, 2009), pero hay que tener en cuenta que en general las personas en ese país cuentan con ingresos elevados, por lo que pueden recurrir a otras alternativas de calefacción más caras sin verse muy afectados en su bienestar general.

6.5 Las Medidas que NO se han considerado y las Acciones Voluntarias

Resulta interesante discutir otras medidas de control de contaminación atmosférica en zonas urbanas que no se consideran en el PDA de Temuco y Padre Las Casas. En la práctica, la naturaleza de este problema (de contaminación difusa, ver Segerson, 1988; Shortle y Horan, 2001; Gunningham y Sinclair, 2005; Xepapadeas, 2011; Chávez *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2013) lleva a que las opciones de política sean algo limitadas en comparación a otras situaciones de contaminación del aire en ciudades, pues resulta muy difícil o costoso el monitoreo de muchas fuentes pequeñas que emiten contaminantes, tal como ha ocurrido tanto en países desarrollados como subdesarrollados con varios problemas ambientales (The World Bank, 1992). Por otro lado, la existencia de grupos de bajos ingresos impone restricciones de carácter social a las posibles medidas de control de la contaminación (Gunningham y Sinclair, 2005; Dimensión, 2007; AECOM, 2011; Gómez *et al.*, 2013). Y los problemas complejos del consumo señalados en el capítulo 4, con situaciones asociadas al hábito o rutinas y otros fallos de comportamientos de las personas, hace que las medidas para modificar la forma de consumo sean más difíciles de diseñar y de llevar a la práctica que las habituales en el ámbito de la economía ambiental (Jackson, 2007).

A continuación se comentan algunas medidas que no aparecen en el plan para descontaminar estas zonas urbanas, pero que se han considerado en otros contextos:

- **Prohibición total de uso de leña:** La posibilidad de prohibir de forma total (las medidas más recientes han sido de prohibición parcial) el combustible que origina la mayor parte de la contaminación atmosférica sería una solución técnica con una lógica básica, tal como ha ocurrido en casos de contaminantes extremadamente dañinos a la salud (como en el caso de los desechos de plantas de energía nuclear) que se mantienen generando problemas en el largo plazo (Oates y Baumol, 1975), pero no parece ser el caso del tipo de contaminación por leña en el sur de Chile. Como es lógico, esta medida implicaría un esfuerzo no menor de control de cumplimiento por parte de las autoridades. Por otra parte, una medida tan drástica obligaría a los consumidores a buscar otras alternativas de combustibles para la calefacción y la cocción de alimentos, lo que llevaría a un aumento considerable de los costos (no sólo asociados a los otros combustibles, sino también a los equipos que usan esos combustibles), afectando a los grupos de menos ingresos, por lo que no es una medida socialmente viable (CNE, 2008). Se podría pensar en subsidiar combustibles alternativos en caso de que se aplique una prohibición al uso de leña, como ocurre con el subsidio al consumo de gas en el extremo sur de Chile, pero más abajo se analizarán las dificultades de esta opción.
- **Impuesto específico a la leña y/o a equipos a leña:** Tal como ocurre en Chile con los combustibles, que tienen impuestos adicionales al IVA (OCDE y CEPAL, 2005), se podría pensar en impuestos específicos a la producción de leña, lo que en definitiva es una forma típica de controlar la contaminación difusa (Gunningham y Sinclair, 2005)⁷⁶. De esta forma se estaría incrementando su costo para los hogares,

⁷⁶ Esos autores se refieren a contaminación del agua generada por insumos como fertilizantes y pesticidas usados en las actividades de agricultores.

lo que llevaría a una reducción de su uso y a la generación de menos emisiones contaminantes, en parte por el mayor incentivo al uso de otros combustibles alternativos (AECOM, 2011). Por otro lado, se podría considerar usar la recaudación tributaria que se obtenga por esa vía para subsidiar otras alternativas de calefacción más limpias, ya sea con mejores equipos a leña o con otros combustibles (Del Matto *et al.*, 2004). Adicionalmente se podrían poner impuestos mayores a la venta de equipos a leña, para que así se refleje en el precio el costo externo que genera su uso (AECOM, 2011; Bresnan, 2012). Poner impuestos a los insumos es algo bastante usado en casos de contaminación difusa, dada la dificultad de poner impuestos a las emisiones de los agentes contaminantes, tal como se explicará abajo. El problema fundamental con esta medida es que se tendría que encarecer mucho la leña para que tenga efectos significativos, dado el alto precio de los combustibles alternativos, además de que los grupos de menos ingresos verían muy afectados su bienestar al no poder pagar los elevados precios de la leña. Además, lo ideal sería poner un impuesto diferente a cada hogar de acuerdo a la contaminación que genera, pues una misma cantidad de leña usada puede tener diferentes niveles de emisión, en dependencia del tipo de equipos y de la forma en que se usen (Helfand *et al.*, 2003), lo que claramente resulta muy difícil de aplicar, tal como se destacará a continuación. Por otro lado, un impuesto de este tipo afectaría a todos los hogares, incluso aquellos que no generan problemas de contaminación (Gunningham y Sinclair, 2005), como los de las zonas rurales, donde no hay problemas de contaminación, dada la baja densidad de viviendas. La vía de los mayores impuestos a los equipos nuevos a leña no es tan problemática, puesto que los equipos que usan otros combustibles (como gas o electricidad) no tienden a ser mucho más caros, pero se estaría afectando negativamente a los grupos de bajos ingresos que de todas formas comprarían los equipos a leña, por lo que es recomendable que se combine con subsidios a otras formas de calefacción (AECOM, 2011).

- **Impuestos a emisiones contaminantes:** Los impuestos por generar emisiones contaminantes a la atmósfera buscarían que los agentes internalicen los costos externos que generan con sus acciones y así reducir sus emisiones, los que resultan bastante eficientes en comparación con otras medidas. Tal como ocurre con ciertas industrias, podría pensarse en un sistema donde aquellos agentes que más emisiones generen paguen más impuestos (impuesto pigouviano), lo que estaría más acorde con el principio de “el que contamina paga”, además de que estaría relacionado directamente con el problema, no genera algunos incentivos indeseables de los subsidios y se podrían reducir otros impuestos que generan distorsión (se logra “doble dividendo”) (Bovenberg y Goulder, 2002⁷⁷) o se podría incrementar la recaudación fiscal, tan necesaria en los países subdesarrollados (Eskeland y Jimenez, 1992). Lo que se buscaría con una medida como esta sería la reducción de las emisiones, que se lograría con menos uso de leña, ya sea por menor generación de calor, uso de equipos más eficientes o cambio hacia otros combustibles, pero en la práctica dependerá de la reacción de los agentes y no necesariamente se llegará a

⁷⁷ Estos autores hacen énfasis en los efectos colaterales de los impuestos ambientales, sobre todo en otros mercados de bienes, en los mercados de factores y en la decisión entre trabajo y ocio por parte de los hogares. Llegan a la conclusión que el efecto de “doble dividendo” no es tan fácil que ocurra en la realidad.

bajar el nivel total de emisiones para que no genere daños indeseados en la salud de las personas (Oates y Baumol, 1975). Por otro lado, tal como se comentó anteriormente, los ingresos tributarios que se obtienen por esta vía se podrían utilizar para subsidiar medidas que ayuden a reducir la contaminación, como puede ser lo del recambio de equipos a leña, el aislamiento térmico de las viviendas o el apoyo para el uso de otros combustibles más limpios (Del Matto *et al.*, 2004). El problema en este caso es que resulta muy difícil y costoso implementar y mantener un sistema de medición de emisiones contaminantes en todas las viviendas (más de 100.000), a fin de que paguen las que más emiten, lo que significa un elevado costo de control de monitoreo y de hacer cumplir lo establecido que es típico de los casos de contaminación difusa (Gunningham y Sinclair, 2005), aunque en otros ámbitos tampoco resulta fácil aplicar este tipo de medidas (Bovenberg y Goulder, 2002). Por otro lado, dado el elevado costo de los combustibles alternativos, la reducción de las emisiones contaminantes tendrá un límite asociado a la máxima eficiencia que se pueda lograr con los equipos que se dispongan. Adicionalmente, el problema de la pobreza hay que considerarlo, dado que si los pobres tienen que pagar impuestos porque generan mucha contaminación, su bienestar se verá perjudicado. La otra posibilidad de aplicar una medida de este tipo es que sencillamente paguen impuestos todos los que tengan equipos que usen leña sin considerar las diferencias en emisiones contaminantes, como una forma indirecta de considerar la contaminación, pero como esto tiene un carácter masivo, los grupos de menos ingresos se verían afectados, que en muchos casos son grupos que generan elevadas emisiones, dada la mala calidad de los equipos y el uso de leña húmeda. Además, este impuesto buscaría que los hogares se cambien a otras formas de calefacción, lo que resultará muy difícil, dada la baja elasticidad (por los elevados precios de los combustibles alternativos y de los equipos a leña más eficientes). Asimismo, un impuesto igual para todos los hogares no sería eficiente, pues debería ser mayor para los que más emisiones generan, pero entonces aparece el mismo problema del monitoreo a tantos agentes.

- **Multas por emisiones excesivas:** En el PDA hay medidas que controlan la contaminación en forma de multas, pero de manera indirecta, como ocurre con el comercio ilegal de leña o el comercio de leña húmeda, así como el almacenamiento y uso de leña húmeda en los hogares. Sin embargo, no se controlan las emisiones contaminantes de forma directa, pues la leña seca igualmente puede generar muchas emisiones en dependencia de los equipos y de la forma en que estos se usen. Por ejemplo, se podrían poner multas a aquellos hogares que generen emisiones más allá de ciertas normas establecidas. Tal como en el caso anterior, el problema básico es que hay que medir las emisiones de cada vivienda para identificar a aquellas que sobrepasan las normas de emisión que se consideren. En ese sentido, está claro que no es fácil ni barato tener sistemas de medición y fiscalización a tantas fuentes contaminantes, tal como se planteó en la opción anterior. Otro problema estaría en el hecho de que no sería eficiente poner normas iguales para todas las viviendas, dado que difieren en tamaño y en cantidad de integrantes, lo que dificulta aún más esta opción. Adicionalmente, si los grupos de bajos ingresos generan muchas emisiones y tienen que pagar multas cuando se pasan de ciertas normas, pueden ocurrir situaciones que afectan seriamente el bienestar de esos grupos, lo que va en contra de los objetivos y las políticas sociales del Estado.

- **Mercado de permisos de emisiones:** La otra posibilidad es que las autoridades ambientales definan una cantidad total de emisiones contaminantes que no generen daños importantes a la salud (lo ideal es con niveles eficientes, considerando tanto la parte de los daños externos como la parte de los costos de abatimiento) y en base a ello entregar permisos de emisión a los agentes que puedan ser negociados. En Santiago de Chile se ha aplicado un mecanismo como éste para cierto grupo de industrias, pero no ha sido importante en el control total de las emisiones contaminantes, pues otros sectores son más difíciles de incorporar (Palacios y Chávez, 2002). Aquellos que generen menos emisiones que las permitidas podrán vender parte de sus permisos a aquellos que generen más emisiones que las que tienen permitidas (Helfand *et al.*, 2003). Con ello se lograría el objetivo de cumplir con una meta de emisiones de una forma más eficiente (con mejores indicadores de costo – efectividad), sobre todo en comparación con las medidas tradicionales de comando y control (Tietenberg y Lewis, 2012). Además, con los impuestos por contaminar no se llegaría necesariamente a cumplir con niveles bajos de emisiones, pues ello depende de la reacción de los agentes ante las tasas impositivas. Sin embargo, la alternativa de los permisos de emisiones tampoco es factible de aplicar en un caso como este. En primer lugar, hay que controlar y fiscalizar a muchas viviendas para saber cómo son sus emisiones en relación a las permitidas, lo que no es sencillo ni barato con tantos hogares contaminantes. Lo otro es que también hay una dificultad con los grupos de menos ingresos, pues si ellos contaminan mucho tendrían que comprar permisos a los que contaminan menos, lo que afectará mucho su bienestar.
- **Impuestos por contaminación atmosférica:** A diferencia de las medidas anteriores, basadas en la cantidad de emisiones de los agentes involucrados, se podrían poner impuestos por el nivel de contaminación del aire de un área a todos los agentes contaminantes en general, sin considerar su contribución específica, que se considera un esquema más apropiado para problemas de contaminación difusa (Segerson, 1988; Xepapadeas, 2011). De esta forma, se estaría regulando una variable relacionada más directamente con los daños a la salud de las personas, que es el principal objetivo de estas políticas ambientales (Helfand *et al.*, 2003). Por ejemplo, las autoridades municipales pueden establecer impuestos a las viviendas que usen leña si en un período (un trimestre o un año, o más específicamente en los meses más fríos) la ciudad sobrepasa los niveles de MP₁₀ o MP_{2,5} establecidos en las normas primarias chilenas. En caso de que se generen niveles de contaminación por debajo de esas normas entonces los hogares (todos, usen leña o no) reciben un subsidio. A diferencia de las medidas anteriores, los hogares contaminantes tratarán de bajar sus emisiones (ya sea con leña seca, buen manejo de los equipos o cambio de equipos o de combustibles) más allá de las normas, para evitar los impuestos, pues no se sabe cómo será el comportamiento del resto (con las multas, por ejemplo, se tratará de llegar solamente a cumplir la norma individual). Una ventaja importante de esta forma de intervención es que no requiere vigilancia sobre las fuentes contaminantes, que es el gran problema con la contaminación difusa, además de que cada hogar hará el esfuerzo por reducir sus emisiones que le genere el menor costo posible y así será una medida eficiente, incluido el hecho de que se reduce el efecto de *free rider* o del polizón. Sin embargo, no resulta fácil determinar las tasas de impuestos y subsidios que se requieren para alcanzar las metas, además

de que dada la heterogeneidad de los hogares en cuanto a ingreso, uso de leña y las emisiones que generan resulta complicado establecer un sistema apropiado de impuestos y subsidios que tome en cuenta esas realidades.

- **Inducción al esfuerzo propio en monitoreo:** En relación con lo anterior y en dependencia de la disponibilidad de tecnología a un costo razonable, las personas pueden estar interesadas en instalar equipos de medición de sus emisiones, a fin de evitar el pago de multas o impuestos (Xepapadeas, 2011). Obviamente el grupo que sabe que emite menos y que tiene poder adquisitivo suficiente para adquirir los equipos de medición serán los que participarán de este esquema. De esta forma, el problema de contaminación difusa va desapareciendo y se va convirtiendo en un problema con fuentes claramente determinadas, que resulta más fácil de regular, y que puede resultar mejor que regular los insumos u otras formas indirectas del daño ambiental.
- **Subsidios a combustibles alternativos más limpios:** Los subsidios al uso de alternativas que contaminan menos tienen efectos positivos, al igual que los impuestos a las alternativas más contaminantes (Eskeland y Jimenez, 1992; Bovenberg y Goulder, 2002). Esta es una opción técnicamente posible, como puede ser el subsidio al gas o a la electricidad (incluida la opción de subsidios a los equipos que usan esos combustibles), siempre y cuando se pueda verificar que se usan esos combustibles para calefacción o para cocción de alimentos y no para otros usos (mientras los hogares siguen usando leña). En la región de Magallanes, en el extremo sur, la calefacción de todos los hogares es en base a gas producido localmente, y con un fuerte subsidio (hay que considerar que no hay abundancia de recursos forestales como en la zona sur donde se encuentra Temuco y Padre Las Casas). Sin embargo, aplicar esa opción al resto de Chile (desde Santiago hasta Aysén) sería muy costosa dada la diferencia en el precio de mercado de la leña y el gas, la cantidad de personas en estas zonas frías (hay que tener en cuenta que la región de Magallanes apenas sobrepasa los 160.000 habitantes, por lo que para el país como un todo no resulta tan caro aplicar esa medida) y teniendo en cuenta además que la mayor parte del gas que se utiliza en el país en la actualidad es importado. Un argumento similar se puede plantear con las otras alternativas, como el petróleo o la electricidad. Por otro lado, hay que considerar que el uso de esos otros combustibles se puede asociar a otros problemas ambientales, como el agotamiento de recursos naturales no renovables y el calentamiento global, entre otros, que no dejan de ser muy relevantes.
- **Reclamos legales por daños:** Una alternativa sería la de que las personas dañadas por la contaminación del aire puedan llevar a juicio a los culpables, para de esa forma estimular la reducción de emisiones en las fuentes contaminantes, tal como plantea el Teorema de Coase, asumiendo que los derechos de propiedad se otorguen a los que desean respirar aire limpio, como es lógico (Helfand *et al.*, 2003). Esta medida no requiere una intervención directa del Estado, pero se basa en sus instituciones, como es el funcionamiento del sistema legal (Eskeland y Jimenez, 1992), por lo que en la práctica puede funcionar de forma voluntaria, de acuerdo a los reclamos de los agentes involucrados. Pero como ya se indicó, con el tema de la calidad del aire, que significa que es un bien de libre acceso de forma natural, es imposible establecer derechos de propiedad privados y hacerlos cumplir. Un problema con este tipo de contaminación difusa es que no se puede detectar con

claridad a los culpables de forma específica, además de que son muchos los involucrados, lo que incrementa mucho los costos de transacción. En primer lugar, la mayoría de la población está generando esas emisiones contaminantes, incluidos los mismos hogares afectados y que quieren buscar culpables. En segundo lugar, resulta imposible o muy costoso desde el punto de vista técnico determinar en qué medida cada hogar contribuye al daño social. Y en último lugar, los procesos legales implican costos, los que no siempre pueden solventar los litigantes y tampoco los acusados (en caso de que se exijan compensaciones).

- **Control al crecimiento urbano:** Como es obvio, medidas más fuertes que limiten el crecimiento de estas zonas urbanas (con un fuerte proceso de inmigración desde las zonas rurales) al menos ayudarían a frenar el problema de contaminación atmosférica⁷⁸, pues como medida que por sí sola genere una reducción de las emisiones no es válida. Por ejemplo, una forma de aplicar una medida de este tipo sería por los pagos de contribuciones (impuestos vinculados al valor de las viviendas), que podrían ser más elevados en ciudades con mucha contaminación, para así hacer más costoso el vivir en ellas y desestimular su crecimiento (The World Bank, 2003). O también se podrían limitar los permisos a empresas constructoras para la realización de nuevos proyectos, o solamente permitir aquellas nuevas viviendas con sistemas de calefacción diferentes al uso de leña (por ejemplo, permitir sólo edificios, donde no es posible que todos los hogares usen calefacción a leña). Sin duda, en el caso de Temuco y Padre Las Casas se requiere de un mayor esfuerzo en cuanto a ordenamiento territorial que permita un desarrollo armónico de estas zonas urbanas, realizando acciones preventivas y aplicando medidas con eficiencia y con participación de la ciudadanía, tal como se requiere en general en América Latina (Montes, 2001). Muchas medidas del PDA pueden resultar insuficientes en pocos años si no hay un control al crecimiento de estas zonas. Además, si las medidas del PDA mejoran la calidad del aire ello es un incentivo adicional para que más personas emigren hacia estas ciudades, lo que dificulta el éxito de ese plan (Bovenberg y Goulder, 2002). Es importante destacar que desde hace décadas se viene planteando la necesidad de políticas más fuertes en relación al crecimiento de las ciudades en Chile (Braun, 1990), pero hasta el momento los avances son escasos o nulos, tal como ocurren en general en América Latina (Gligo, 2006) y en otras partes del mundo (McGranahan y Satterthwaite, 2003).

Tomando en cuenta otra perspectiva, en cuanto a las medidas voluntarias para reducir las emisiones contaminantes, si bien en las empresas puede ser conveniente por el aumento en la eficiencia, la atracción de fondos para inversión y por la imagen en los consumidores (Markandya *et al.*, 2002), en el caso de los hogares de Temuco y Padre Las Casas obviamente es difícil considerar esa perspectiva.

En primer lugar, como los hogares no venden nada al mercado (no hay marcas que defender), sino que la contaminación se asocia a una actividad de consumo, no tienen la

⁷⁸ Gunningham y Sinclair (2005) señalan que en algunos casos internacionales de contaminación difusa por las actividades agrícolas que dañan la calidad de las aguas se han aplicado medidas de regulación territorial para controlar la cantidad de agentes contaminantes, pero con resultados muchas veces insuficientes en los distintos países.

presión de la imagen en los consumidores para poder vender más si contaminan menos. Tampoco interesa atraer inversionistas, pues no se realiza una actividad productiva. En el ámbito de la eficiencia sí podría ser un aspecto importante, pues los hogares por su cuenta podrían cambiar sus equipos más viejos por los más nuevos, que tienden a ser más eficientes y menos contaminantes a la vez. Sin embargo, hay que tener en cuenta que esta opción tiene la dificultad asociada al costo de los equipos nuevos, que muchos hogares no pueden financiar fácilmente, lo que se une a que los equipos viejos significan costos hundidos que se tratan de aprovechar durante el mayor tiempo posible (Chávez *et al.*, 2010). Por tanto, esta opción de carácter voluntario no parece tener mucha relevancia en el corto y mediano plazo. Incluso, en otras experiencias a nivel internacional con problemas de contaminación difusa (principalmente de contaminación del agua por actividades de productores agrícolas) las medidas voluntarias alentadas por los gobiernos no han tenido buenos resultados (Gunningham y Sinclair, 2005).

CAPÍTULO 7: OTROS CASOS DE CONTAMINACIÓN POR LEÑA EN EL MUNDO

El uso de leña como combustible por parte de los hogares ha sido importante en muchas partes del mundo, sobre todo en aquellas zonas con recursos forestales cercanos, aunque con una fuerte tendencia a disminuir su importancia frente a otras fuentes de energía (Smith y Pillarisetti, 2012). Sin embargo, la contaminación debido a la leña se ha manifestado en dos formas bien claras de acuerdo al grado de desarrollo. Mientras que en los países desarrollados, el uso de leña es fundamentalmente para calefacción de las viviendas y se refleja en la contaminación atmosférica (*outdoor*) de ciudades relativamente pequeñas, en los países subdesarrollados la leña se usa fundamentalmente para cocinar y tienden a ocurrir más los problemas de contaminación intradomiciliaria (*indoor*), fundamentalmente en las zonas rurales con condiciones de mucha pobreza (Smith, 1993; PNUD, 1998; The World Bank, 2003). Los problemas de salud que se generan por la contaminación al interior de las viviendas en los países subdesarrollados se estima que son variados (en el sistema respiratorio, en el sistema cardiovascular, en los ojos y un mayor riesgo de varios tipos de cáncer, entre otros) y muy importantes, provocando mucha mortalidad y morbilidad (The World Bank, 1992; PNUD, 1998; Bruce *et al.*, 2000).

Como es conocido, el caso de Chile (CNE, 2008; Smith y Pillarisetti, 2012) es fundamentalmente de una contaminación externa a las viviendas (también en las zonas rurales ocurre así), por lo que la experiencia de los países subdesarrollados no resulta de mucha utilidad, siendo un caso atípico para su nivel de desarrollo económico.

A continuación se analizará de forma resumida la experiencia de varios países: Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y los países nórdicos (Dinamarca, Noruega, Suecia y Finlandia) donde los problemas de contaminación atmosférica debido al uso de leña por los hogares han sido significativos en períodos recientes y en la literatura internacional son los casos más nombrados. Todos son países desarrollados y la preocupación que han mostrado por este tema se debe, al parecer, porque ha sido un problema realmente relevante en ellos. El que todos sean países desarrollados tiene de positivo que brindan la posibilidad de observar cómo se resuelve este problema en condiciones de abundancia relativa de recursos (públicos y privados), pues ello indica lo máximo que se está haciendo en ese sentido. Pero el no encontrar países subdesarrollados resulta negativo al no contar con miradas más innovadoras a este problema ante una situación de restricción de recursos en la sociedad.

7.1 Estados Unidos

En la actualidad, en Estados Unidos las autoridades han establecido a la combustión de leña en los hogares como una fuente contaminante de cierta relevancia, sobre todo para el caso del material particulado, además de los problemas de visibilidad que se genera (EPA, 2008). Sin embargo, no es algo generalizado, sino que es un problema que se encuentra localizado en zonas específicas del país, sobre todo en regiones frías, siendo una contaminación que ocurre fundamentalmente en los meses más fríos, cuando las emisiones

de los hogares se unen a ciertas condiciones climáticas y topográficas (como es el caso de las inversiones térmicas) para generar malos indicadores de calidad del aire.

Es importante destacar que desde los años 70`s este problema volvió a ser relevante en Estados Unidos (luego que en el siglo XIX y antes fuera bastante generalizado el uso de carbón y leña para calefacción), pues con las crisis del petróleo, la leña se convirtió en una fuente de energía más barata y de carácter renovable, por lo que muchos hogares comenzaron a utilizarla fundamentalmente para la calefacción. Esto ocurrió principalmente en las zonas más frías con abundantes recursos forestales cercanos. En muchas localidades las emisiones por el uso de leña en los hogares superaba al 50% del total de emisiones de material particulado. Desde finales de los años 70`s se detectaron importantes problemas de contaminación atmosféricas en las ciudades, aun cuando un porcentaje pequeño de hogares usara esa fuente de energía, lo que ocurría fundamentalmente en el invierno y con condiciones climatológicas de inversión térmica y poca ventilación, con indudables impactos negativos en la salud de las personas (Cooper, 1980).

En la década de los 90`s se estimaba que en torno al 10% de las necesidades de calefacción de las viviendas se cubría con el consumo de leña, que no es un número menor en términos absolutos (considerando la elevada cantidad de población de ese país), sobre todo teniendo en cuenta que se ubican de forma más o menos concentrada en ciertas zonas del país (Larson y Koenig, 1994; Houck *et al.*, 1998). El problema de las elevadas emisiones de material particulado por la combustión de leña en los hogares se asocia en buena medida a la calidad de los equipos, por lo que un cambio hacia tecnologías más modernas podría tener un impacto considerable en la reducción de la contaminación atmosférica.

Una muestra de que este es un problema que sigue presente hasta nuestros días es que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) tiene un programa en la actualidad llamado “*Burn Wise*”⁷⁹, que está enfocado al uso correcto de la leña como combustible a fin de mejorar la calidad del aire (y la salud de las personas), adicionalmente al incremento de la seguridad en los hogares. En su sitio web se brinda información para los consumidores para que hagan un mejor uso de sus equipos y adquieran leña de mejor calidad. Asimismo, las autoridades ambientales locales de todo el país pueden encontrar vías para mejorar la calidad del aire a través de programas de cambio de equipos y de educación de la población. Finalmente, los productores de equipos que usan leña como combustible pueden encontrar información sobre las regulaciones públicas a fin de que puedan mejorar su inserción en el mercado.

En Estados Unidos se han llevado a cabo múltiples programas de reducción de contaminación atmosférica por uso de leña en los hogares. Existen diferentes zonas de este país donde la contaminación del aire debido al uso de leña en el invierno es muy relevante⁸⁰. Al igual que en el caso chileno, las diferentes ciudades y pueblos de Estados Unidos deben mantener niveles de calidad del aire de acuerdo a normas primarias

⁷⁹ www.epa.gov/burnwise/index.html

⁸⁰ Por ejemplo, en el sur de California, la emisiones contaminantes (medidas por MP_{2,5}) por uso de leña en los hogares es 4 veces mayor que las emisiones de todas las plantas de energía eléctrica de la zona. Ver en http://aqmd.gov/healthyhearts/Why_HH.htm

establecidas por las autoridades, que son más estrictas que en el caso chileno (sobre todo para el MP_{2,5}). Una vez que se sobrepasan esas normas se deben aplicar medidas para reducir la contaminación, teniendo en cuenta que las emisiones por combustión residencial de leña generan efectos dañinos en la salud que son muy importantes, tanto en el corto plazo como en el largo plazo (Cooper, 1980; EPA, 2009). Para ello el Estado cuenta con estaciones de monitoreo en más de 350 ciudades, con información en línea para todas las comunidades.

Respecto a los beneficios en salud, en EPA (2009) se indica que si en Estados Unidos se cambian todas las viejas estufas por equipos más modernos y menos contaminantes, los beneficios por reducción de daños en salud son de USD 35.000 millones, los que se consideran significativos, por lo que hay razones para que el Estado intervenga y se logre reducir la contaminación por esta razón. Al parecer dicho valor se ha obtenido de la aplicación del método de función de daño.

Para tratar el problema específico de la contaminación generada por leña, la EPA recomienda realizar una evaluación de la calidad del aire, determinar la naturaleza y magnitud de las contribuciones producidas por la quema de leña y además un estudio local para determinar información relevante respecto a la cantidad de madera que se quema, el porcentaje de hogares con equipos a leña (que permita realizar un inventario de emisiones) y encuestas a los hogares que reflejen su comportamiento al respecto. Todo esto se hace necesario para la creación de un programa de reducción más asertivo y consecuente con las necesidades específicas de cada localidad.

Es interesante destacar que en los últimos años en Estados Unidos se ha incrementado mucho la demanda de equipos a leña para calefacción, dado que los costos de otras energías, como la basada en petróleo o en gas, se han ido incrementando en el largo plazo, así como hay cierta dependencia de esos recursos importados desde el resto del mundo. De hecho, a nivel federal y en algunos estados se han ofrecido importantes incentivos para dejar el uso de recursos no renovables (como el petróleo y el gas) e incrementar el uso de recursos renovables para calefacción (como la leña), pero a partir de estufas certificadas por la EPA (EPA, 2009). No obstante, la política de la EPA es ser neutra en cuanto al combustible que usan las personas, sólo que lo que elijan debería adecuarse a las medidas para que genere el menor daño posible.

Desde 1992 en Estados Unidos todas las estufas y otros equipos a la venta que usen leña deben tener una certificación estricta para que generen bajas emisiones a la atmósfera (Houck *et al.*, 1998). La EPA lleva a cabo ese proceso con laboratorios especialmente autorizados, buscando que los equipos generen pocas emisiones contaminantes, a la vez que sean más eficientes en el uso de leña⁸¹. Sin embargo, aún se reconoce el uso de muchos equipos antiguos muy contaminantes, por lo que los programas públicos que aceleren el cambio son relevantes para mejorar la calidad del aire. Por otro lado, algunos estados han aplicado normas más estrictas sobre los equipos nuevos, a fin de reducir las emisiones totales en mayor proporción.

⁸¹ En el sitio web <http://www.epa.gov/oecaerth/monitoring/programs/caa/whcert.html> se puede encontrar información de los tipos de equipos certificados hasta la actualidad.

Asimismo, la EPA recomienda que los programas de reducción de emisiones contaminantes por combustión residencial de leña tengan los siguientes aspectos básicos (EPA, 2009)⁸²:

- **Programas de educación pública para estimular a las personas a quemar sólo leña seca o pellets** (la leña seca es más eficiente en la generación de calor y genera menos emisiones contaminantes que la leña húmeda), e incluir mensajes de ahorro de costos a través de una menor quema de leña. Se plantea que incluso con estufas viejas, el uso de leña seca y el correcto manejo de esos equipos provocará que las emisiones contaminantes se reduzcan. Una vez que se utilicen equipos modernos, el buen manejo de los mismos es fundamental para que emitan lo mínimo posible. Por tanto, un componente importante de esos programas educativos se refiere al buen uso de los insumos (la leña) y de los equipos. Además, es importante resaltar los problemas de salud cuando las personas se exponen a elevados niveles de contaminación, así como la necesidad de tomar medidas para que el proceso de combustión sea más seguro (con menos riesgos de incendios).
- **Cambio y eliminación de estufas y chimeneas a través de incentivos económicos (subsidios o desgravación de impuestos).** Esta es una medida de carácter voluntaria que se considera esencial para lograr bajar la contaminación en muchas localidades. Se estima que los equipos certificados por la EPA generan 70% menos de emisiones contaminantes y son capaces de aumentar en un 50% la eficiencia en el uso de leña para generar la misma energía que las estufas tradicionales. Para aplicar esta medida con mejores resultados se considera que se debe exigir el retiro y destrucción de las estufas antiguas (se pueden usar para reciclaje de metales) y/o prohibir el uso de las estufas tradicionales más contaminantes.
- **Restringir el uso de leña para combustión en los hogares en los períodos críticos.** Si hay episodios importantes de contaminación se podría prohibir el uso de leña en todos los hogares como una medida algo extrema. En algunos casos se ha prohibido la instalación de equipos a leña en las nuevas viviendas o la instalación de más de un equipo. Una modalidad menos extrema sería la de prohibir solamente el uso de estufas a leña tradicionales no certificadas, en dependencia de las condiciones ambientales. Para ello es importante contar con buenos sistemas de medición y de pronóstico de la calidad del aire. Una medida básica ha sido la de la regulación del tipo de leña, pues se considera que aquella leña con más del 20% de humedad es causante de problemas ambientales. Además, en algunas zonas hay implementados reglamentos sobre la cantidad de emisiones visibles, prohibiendo dichas emisiones en ciertos períodos. Sin embargo, estas medidas no tienden a ser muy populares, a no ser que los problemas de contaminación sean muy elevados y exista buena conciencia ambiental de las personas sobre los daños a la salud que ello genera.
- **Reducir el uso de calefactores hidrónicos**⁸³, pues sus niveles de contaminación pueden resultar muy altos sobre todo si los calentadores no se encuentran en la

⁸² También se consideran las enseñanzas de los diversos programas llevados a cabo, indicados en la página web de EPA: <http://www.epa.gov/burnwise/casestudies.html> .

⁸³ Son tipos de calefactores que generalmente se colocan al exterior de las viviendas y que tradicionalmente han generado muchas emisiones contaminantes. En la actualidad, la EPA está aplicando un programa voluntario con los productores de dichos equipos para mejorar su eficiencia y para que reduzcan las emisiones contaminantes. Información disponible en <http://www.epa.gov/burnwise/woodboilers.html> .

situación óptima de limpieza y cuidado y no se usa leña seca. Varias localidades han establecido restricciones para este tipo de equipos.

Es importante destacar que estas medidas se deben tomar en conjunto para que generen mejores resultados.

En especial, los programas de educación se consideran la partida para aplicar lo demás. Por ejemplo, entre los programas de educación se deben incluir los que brinden información sobre las ventajas de los equipos nuevos, tanto en eficiencia como en emisiones contaminantes (por los daños en la salud). También se debe brindar información clara sobre los incentivos monetarios asociados a los cambios de equipos. Asimismo, en caso de la restricción temporal del uso de leña se requiere mantener informada a la población sobre las condiciones de la calidad del aire y la necesidad de esfuerzos para contaminar menos.

Los programas de educación deben abarcar diferentes aspectos, desde la clave participación de las autoridades locales de zonas muy contaminadas, la entrega de información por escrito (como folletos y carteles), la participación de medios de comunicación tradicionales (periódicos y emisoras de radio y televisión), hasta el uso de herramientas tecnológicas modernas: Internet (páginas web y correos electrónicos) y realización de DVDs, entre otros. Es importante que los programas educativos se ejecuten antes, durante y después de los programas de cambio de equipos.

En cuanto a los programas de cambios de equipos, los subsidios o ayudas de diferente forma han sido más fuertes para los grupos de menos ingresos que para los de más ingresos. Además, hay descuentos de impuestos por compras de equipos más eficientes y menos contaminantes, tanto de programas nacionales (federales) como de programas más locales (estatales o de territorios menores). Y también se han considerado realizar préstamos de largo plazo y con bajas tasas de interés para estimular la compra de esos equipos que no son baratos. En algunos casos se ha encontrado que es necesario aplicar elevados subsidios o grandes descuentos tributarios para que las personas sustituyan sus equipos antiguos, pues presentan una alta durabilidad. Además, la época del año en que se realizan estos programas es relevante, considerándose el final del invierno y la primavera como las mejores épocas, dado que se puede contar con mayor disponibilidad de los productores y comercializadores de las nuevas estufas.

Un caso muy estudiado ha sido el de la pequeña ciudad de Libby, en el estado de Montana, donde se realizó un cambio total en todas las estufas de la ciudad, con un total de 1.130 equipos en 2 años (HPBA, 2008). Libby es una ciudad pequeña, con menos de 3.000 habitantes, pero ubicada cerca de la frontera de Canadá, con mucho frío en el invierno. A pesar de que a inicios de los 90's ya estaban vigentes las regulaciones de la EPA sobre los equipos nuevos, la gran mayoría de los equipos en uso habían sido comprados en años anteriores y eran los responsables de la mayor parte de la contaminación atmosférica. A partir de 2005 se comenzó el programa de cambio de equipos, con entrega gratuita de equipos nuevos a los grupos de menos ingresos y el resto con importantes montos de subsidios. Junto a ello se llevaron a cabo programas claves de educación para aumentar la conciencia ambiental de las personas, enseñar cómo funcionaban las nuevas estufas y así poder acelerar el cambio, además de que se aplicó una medida restrictiva para el uso de

equipos no certificados por parte de los hogares (adicionalmente a la imposibilidad de comprar equipos nuevos no certificados). Se consideró muy relevante la participación de varios agentes relevantes: distintos niveles de gobierno, el sector privado, universidades, los medios de comunicación, entre otros, además de que se tuvieron que tener en cuenta las características socioeconómicas, culturales y demográficas de la población para poder hacer que los cambios fueran más efectivos. En la actualidad, en Libby se ha logrado bajar de forma considerable los niveles de contaminación, tanto atmosférica (externa) como intradomiciliaria (interna). En el caso de la contaminación atmosférica, se estima que se logró reducir los niveles de $MP_{2,5}$ en torno al 30% debido a la aplicación de las diferentes medidas, de $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aproximadamente como promedio en los meses de invierno (obsérvese que los niveles antes y después eran mucho más bajos que los observados en Temuco y Padre Las Casas, tanto en invierno como en el promedio anual). No obstante, tal como señalan Bergauff *et al.* (2009), la composición química de la contaminación ha cambiado con las nuevas estufas instaladas, lo que no siempre tiene que ser positivo para la salud de las personas.

En muchos programas de recambio, la EPA ha buscado la participación y colaboración de socios estratégicos de otras áreas (EPA, 2009). Por ejemplo, las autoridades locales deben tener una participación muy activa, pues los ciudadanos sienten una mayor cercanía y confianza con ellos que con autoridades ambientales de niveles más elevados, además de que generalmente han trabajado con los grupos de menos ingresos, que han sido prioritarios en muchos programas de cambios de equipos. También es relevante la participación de los productores y comercializadores de las nuevas estufas, que ha permitido una mejor implementación de programas de recambio de equipos con descuentos de diferentes formas, así como un mayor esfuerzo en el ámbito de la educación ambiental y en el uso de los nuevos equipos. También, las asociaciones de salud han sido relevantes para incrementar la preocupación de la sociedad por los problemas ambientales, dados los daños que se pueden generar en la salud de las personas. Y en el caso de los bomberos, su cercanía con la comunidad es importante para incentivar el buen manejo de los equipos a leña para reducir los riesgos de incendios a la vez que se puedan reducir las emisiones contaminantes.

Además, del famoso caso de Libby en Montana, la HPBA (Hearth, Patio & Barbecue Association, que es una organización privada) en su página web dedicada a los programas de cambios de estufas (<http://www.woodstovechangeout.org/index.php>), así como la EPA (<http://www.epa.gov/burnwise/casestudies.html>) en su programa “*Burn Wise*”, señalan la realización en varias zonas del país de programas similares (incluidos programas de educación y de restricción en el uso de leña en episodios de elevada contaminación), la mayoría desde mediados de la década de los 90`s (lo que indica que es un problema que ha tenido la mayor atención de las autoridades ambientales de Estados Unidos fundamentalmente en los últimos años): California (Bay Area, Sacramento, Shasta, San Joaquin, Butte, Placer, South Coast, Feather River, Northern Sierra, Truckee, Marin, Yolo), Idaho (Pinehurst, Preten), Michigan, Montana (Missoula, Ravalli, Lincoln), Ohio (Dayton, Marietta, Clarke, Darke, Greene, Montgomery, Preble), Oregon (Pendleton, Oakridge, Klamath Falls), Pennsylvania (Pittsburg), Vermont (Rutland), Washington State (Darrington, Spokane, Yakima, Pierce, Marysville, La Conner, Colville), Nevada (Washoe), Arizona, New Hampshire (Keene), Colorado (Delta, Mesa) y la zona de los Grandes Lagos (con la participación de los estados de Illinois, Indiana, Michigan,

Minnesota, New York, Ohio, Pennsylvania y Wisconsin, que fue de los primeros en aplicar medidas de cambios de equipos y de programas de educación entre los años 2000 y 2001 en pequeñas localidades). También en el caso de varias zonas de Alaska se han presentado estos problemas (Davies *et al.*, 2009). Algo común a muchas de las localidades afectadas con este problema es que se encuentran alejadas de las costas, lo que hace que en invierno haya problemas de ventilación y de inversiones térmicas, por lo que los contaminantes no se dispersan rápidamente.

Es decir, que el problema en Estados Unidos no resulta menor, afectando a muchas localidades, fundamentalmente pequeñas, pero con climas muy fríos. En muchas de ellas, tal como en Temuco y Padre Las Casas, se ha detectado que la fuente fundamental de las emisiones de material particulado se debe a la combustión residencial de leña para calefacción, lo que se combina con aspectos climáticos desfavorables para producir situaciones de elevada concentración atmosférica. Sin embargo, llama la atención que en muchas de esas localidades se tengan niveles de población mucho menores a los de Temuco y Padre Las Casas, habitualmente menor a los 50.000 habitantes, lo que refuerza el hecho de que para que aparezca este tipo de contaminación del aire no se requiere la existencia de grandes ciudades, dadas las grandes emisiones de los equipos de combustión a leña.

Dado que es un problema ambiental relativamente reciente en cuanto a las políticas públicas en Estados Unidos, de los casos destacados aún se aprovechan las experiencias – positivas y negativas – para seguir mejorando los programas de reducción de la contaminación del aire. Es por ello que se indica la importancia de que exista un grado importante de flexibilidad por parte de las autoridades, dado que es necesario hacer ajustes antes las condiciones específicas de cada localidad, incluidas las características de la población afectada.

7.2 Canadá

Canadá es un país con muy bajas temperaturas promedio, lo que hace que los hogares requieran del uso de calefacción para mantener un bienestar adecuado. Se estima que 3 millones de viviendas usan leña como fuente de energía, fundamentalmente para la calefacción⁸⁴, lo que significa cerca del 25% de todos los hogares del país⁸⁵. El uso de leña se encuentra más o menos generalizado en todo el territorio del país, dado que en la mayoría de las provincias ha habido programas de reducción de contaminación atmosférica debido al uso de leña (Del Matto *et al.*, 2004). Se estima que un 25% del MP_{2,5} en Canadá proviene de la calefacción por leña en los hogares, pero el problema es más relevante en las pequeñas ciudades y en zonas rurales, donde hay cercanos y abundantes recursos forestales (Xue y Wakelin, 2006).

⁸⁴ Ver en <http://www.ec.gc.ca/residentiel-residential/default.asp?lang=En&n=E9FE1750-1> de Environment Canada.

⁸⁵ Ver en <http://www.statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l01/cst01/famil53a-eng.htm> de Statistics Canada el número total de hogares del país.

En especial, la provincia de British Columbia (en el extremo occidental, donde se encuentra la ciudad de Vancouver, es la tercera provincia del país con más población, luego de Ontario y Québec) ha sido una donde más atención se le ha dado al problema de contaminación del aire por uso de leña en los hogares. En British Columbia tienen más problemas con $MP_{2,5}$ en zonas al interior, pues en las costas las condiciones climáticas son mejores (Xue y Wakelin, 2006; Jeong *et al.*, 2008). Sin embargo, la mayoría de las poblaciones no sobrepasan la norma canadiense para el promedio de 24 horas de $MP_{2,5}$ ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es más baja que la norma chilena), por lo que no es un gran problema para ellos (BCMOE, 2007).

En la ciudad de Toronto no es tanto el peso de la calefacción a leña de los hogares dentro de las fuentes totales de contaminación atmosférica, pero en la provincia de Ontario (donde se encuentra Toronto) la contribución de esa fuente es mayor debido a que es más usual en pequeñas localidades de zonas rurales (Gingrich y Macfarlene, 2002). Y algo similar ocurría en Montreal (ubicada en Québec), donde incluso se ha encontrado que en las zonas residenciales la contaminación por uso de leña es mucho más elevada que en el centro de la ciudad, donde las emisiones generadas por el transporte son muy grandes (Environment Canada *et al.*, 2000).

Muchas personas en Canadá han preferido la calefacción por leña debido a que desean usar recursos renovables, dados los problemas que generan los recursos no renovables (petróleo y gas) en cuanto a cambio climático global y a problemas de agotamiento en el mediano o largo plazo (Gingrich y Macfarlene, 2002). Las personas que usan leña indican que es por su bajo precio. Además, en algunos lugares rurales no llega el sistema de gas. También indican que el gas siempre va subiendo sus precios. Adicionalmente, la gran abundancia de recursos forestales cercanos facilita que muchas personas se mantengan usando la leña como combustible para calefacción (Xue y Wakelin, 2006).

Varios estudios sobre el problema de contaminación atmosférica causada por el uso de leña para calefacción en los hogares parten por reconocer los impactos negativos en la salud, especialmente por las concentraciones de $MP_{2,5}$, por lo que las políticas de descontaminación generan amplios beneficios por reducción de daños en la salud (Gingrich y Macfarlene, 2002 y BCMOE, 2007). Aunque no se reconocen niveles muy elevados en las distintas localidades, se hace énfasis en que no hay un claro umbral sobre los impactos en la salud, por lo que niveles bajos de $MP_{2,5}$ pueden generar problemas a la población, tanto en morbilidad como en mortalidad (Del Matto *et al.*, 2004).

Como los impactos en la salud por el uso de leña pueden ser importantes, se plantea que puede existir un problema de información imperfecta por parte de los agentes sobre los costos y beneficios de las diferentes alternativas de calefacción, sobre todo cuando se usan equipos que combustionan leña con tecnologías atrasadas y poco seguras (Gingrich y Macfarlene, 2002).

En el año 2000 el Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente (en cada provincia hay un ministro encargado del área) de Canadá consideró comenzar con un esfuerzo serio para reducir este tipo de contaminación, considerando tres aspectos fundamentales a considerar por la intervención pública (Gingrich y Macfarlene, 2002):

- Actualización y nuevas regulaciones en torno a las normas relacionadas con los equipos de combustión a leña, tanto en la forma en que combustionan la leña como en la forma en que emiten contaminantes a la atmósfera.
- Programas nacionales de educación al respecto para cambiar la conducta de las personas sobre este problema, tanto en lo relativo a las emisiones que generan como a la exposición que reciben.
- Aplicación de programas de cambios de estufas y de modernización del stock de equipos existente.

Como se puede apreciar, hay varios puntos de contacto con lo presentado sobre Estados Unidos. Una diferencia importante está en que en Estados Unidos se ha considerado la prohibición temporal del uso de leña o de equipos no certificados, pero en Canadá ese tipo de intervención no ha estado muy presente en la discusión. Una razón puede estar asociada a la menor densidad de población que en general tienen las provincias canadienses, a la vez que las condiciones de temperatura son más extremas en este país, por lo que ese tipo de políticas significarían costos bastante elevados por el uso de combustibles alternativos.

En Canadá todos los equipos que se venden y que usan leña para calefacción deben estar certificados para que sean seguros (por ejemplo, para que no generen incendios o para que no haya emisiones al interior de las viviendas). Sólo en la provincia de British Columbia se exige a los equipos que se venden que cumplan con normas de bajas emisiones a la atmósfera. En esa provincia se estableció una norma en 1994 sobre todos los equipos nuevos a leña, que deben ser certificados, dado que se considera que en esa provincia los problemas por este tipo de contaminación han sido más importantes (BCMOE, 2007).

En general, en Canadá se han guiado bastante por las orientaciones de la EPA de Estados Unidos en lo que respecta a la certificación de equipos. De hecho, en British Columbia la norma establecía que los equipos nuevos tenían que ser aquellos certificados por la EPA de Estados Unidos. Sin esa medida, los programas de recambio no se llevarían a cabo. Sobre todo, si las estufas tradicionales siguen estando disponibles, y a mucho menor precio, el cambio hacia equipos más modernos se hace más difícil (Del Matto *et al.*, 2004).

En la provincia de British Columbia, en algunas zonas específicas las autoridades locales han establecido normas sobre uso de equipos no certificados (no solamente sobre los equipos nuevos que se venden). Establecen fechas específicas para que toda la comunidad tenga equipos certificados y así obligar a que los agentes contaminantes asuman los costos de forma privada (BCMOE, 2007). Obviamente, este tipo de medida se puede aplicar en aquellas zonas donde los hogares tienen ingresos suficientes para asumir los cambios de equipos.

Los programas de educación que se han realizado en Canadá se han enfocado en promocionar las ventajas en términos de salud de las personas (por las menores emisiones), en términos de seguridad (por los incendios), en cuanto a ahorro de leña (por ser más eficientes), así como en el manejo correcto de los equipos (y su mantenimiento) y el uso de leña seca (Del Matto *et al.*, 2004; Xue y Wakelin, 2006).

Además, los programas de educación deben indicar las mejoras de eficiencia con los programas de cambio de equipo, ya que se usa menos leña, además de los beneficios por mejoras en la salud de la población gracias a las menores emisiones contaminantes de los nuevos equipos (Xue y Wakelin, 2006). Por otro lado, los programas de cambio de equipos deben ir acompañados de programas de educación para el manejo de los nuevos equipos y su forma de mantenimiento, a fin de que puedan efectivamente reducir las emisiones contaminantes. En aquellos casos que no haya sido posible el cambio de equipos, por problemas de presupuesto, los programas de educación han estado dirigidos a un mejor manejo de los equipos existentes para que generen menos emisiones, incluida la educación sobre la importancia del grado de humedad de la leña (Del Matto *et al.*, 2004). En el caso de Ontario se menciona el esfuerzo que hacen para que se use leña seca. Pero indican que sólo pueden avanzar en ese sentido mediante programas educativos de la población, dada la dificultad de regular ese aspecto (Gingrich y Macfarlene, 2002).

También los programas de educación deben estar enfocados en aumentar la conciencia o preocupación de la sociedad por la mala calidad del aire. Respecto a la información a la población, en el año 2006, el Ministerio de Medio Ambiente de British Columbia empezó a publicar un índice de calidad del aire y su impacto en la salud (no toma en cuenta solamente los indicadores de contaminación, sino que también considera los daños a la salud que ellos generan), a fin de mantener informada a las distintas comunidades y para que las personas puedan realizar algunas medidas al respecto, como tener una menor exposición en los días de peores niveles (BCMOE, 2007).

Se indica que los programas de educación deben hacer comprender a las personas el vínculo entre uso de leña, emisiones y daños a la salud, pues al parecer no hay conciencia clara de ese vínculo (las mismas personas se hacen daño con esas conductas). O sea, hay un claro problema de información imperfecta en el público, incluido el tema de la forma en que se maneja la combustión a leña (Del Matto *et al.*, 2004).

Entre 2002 y 2003 se realizó la campaña *Burn It Smart* (BIS, que significa quemar la leña de forma inteligente), donde se hacían exposiciones informativas para hacer mejores procesos de uso de leña y luego se hicieron encuestas a las personas. El 62% de los que respondieron las encuestas dijeron que harían cambios como resultado de la información obtenida, ya sea respecto al manejo de los equipos, a la cantidad y calidad de la leña y al cambio de equipos. O sea, que se considera que esos programas pueden ser efectivos. Sin embargo, la razón de los cambios de equipos es más para buscar la eficiencia (menores costos en uso de leña para generar el mismo calor gracias a los equipos nuevos), mientras que los motivos de salud o aspectos ambientales estaban en un segundo plano (Del Matto *et al.*, 2004).

En British Columbia se aplicó una encuesta, donde se encontró que en general hay conciencia de que hay un problema con la mala calidad del aire. Las mujeres y los que no usan leña en general tienden a estar más preocupados por la mala calidad del aire. La principal preocupación de las personas está asociada a los problemas de salud que se generan. Sin embargo, las razones que indicaban las personas para cambiar los equipos en los programas públicos son por mayor eficiencia en el uso de leña, precios más elevados de otras alternativas y por fallas en los equipos viejos que tenían. Lo de mejorar la calidad del

aire aparecía con poco peso en las motivaciones de las personas para el recambio. Además, muchas personas no conocían los efectos de menores emisiones contaminantes de los nuevos equipos (Xue y Wakelin, 2006).

Se señala que en los programas de educación es importante que participen agentes claves de las comunidades locales, como municipalidades, bomberos, asociaciones de productores, entre otros, de forma tal que el mensaje llegue de forma más fácil y así sea más fácil generar cambios de actitud en la población. Además, deberían hacerse esfuerzos por utilizarse los medios de comunicación masivos, como la TV, además de elaborar videos u otras formas que hagan más fácil influir en las personas. También se considera promocionar entre la población aquellos casos exitosos de comunidades que han logrado reducir la contaminación. Plantean que debe haber una organización nacional que se ocupe de algunas cosas (como los programas de educación y difusión general), mientras que las autoridades locales deberían atender más al contexto específico, con la implementación de los programas de recambio y educación directa a la comunidad (Del Matto *et al.*, 2004).

En cuanto a los programas de cambio de equipos, es importante destacar que ya se han llevado a cabo en varias provincias canadienses desde inicios de los años 90`s (Del Matto *et al.*, 2004). Se estima que el cambio de equipos puede tener un impacto significativo, ya que los modernos consumen menos leña y emiten mucho menos contaminantes.

Por ejemplo, en 1995 se comenzó un programa de cambio de equipos en British Columbia con incentivos monetarios a los que desearan cambiarlos (o sea, de carácter voluntario). Sin embargo, en 2005 sólo el 1% de las estufas viejas habían sido cambiadas, lo que se debió a los altos costos de las estufas nuevas y de los combustibles alternativos, y a problemas con la percepción de las personas acerca de la contaminación por leña y el uso de leña como combustible (BCMOE, 2007). Últimamente se han hecho esfuerzos para acelerar ese proceso, por lo que autoridades de distintos niveles (incluidas las autoridades locales) han abordado el tema con una combinación de educación sobre la operación de los nuevos equipos junto a incentivos monetarios mayores para incentivar el cambio.

En British Columbia el enfoque fundamental ha estado en el cambio de equipos de calefacción y en la educación de las personas para que minimicen las emisiones que realizan con sus equipos. Pero un problema que tenían en esta provincia es que con los programas de cambio que se implementaron al inicio, las estufas viejas podían ser vendidas por sus dueños, lo que hacía más difícil poder avanzar en solucionar este problema. Además, tampoco se considera el caso de aquellos que no usan leña que se quieran cambiar a leña, por lo que deben considerarse incentivos para que se mantengan con energías más limpias (como el gas y la electricidad) (Xue y Wakelin, 2006).

Los programas de cambios de estufas necesitan de incentivos a la población, pues los nuevos equipos son significativamente más caros. Sin embargo, esos nuevos equipos pueden ahorrar costos a largo plazo, pues son más eficientes en el uso de leña, además de los menores costos en salud que generan a toda la sociedad (Gingrich y Macfarlene, 2002), por lo que resulta rentable socialmente acelerar el proceso de cambio.

Del Matto *et al.* (2004) encontraron que los cambios efectivos de equipos para reducir las emisiones no eran de la forma esperada. Su lentitud se debía al elevado costo de los equipos nuevos (junto a que son bajos los subsidios o descuentos que el gobierno ha ofrecido respecto al valor de esos equipos), el tiempo limitado de los programas de cambio y la elevada duración de los equipos tradicionales instalados previamente. Mencionan que las estrategias para reducir las emisiones se basan en 3 líneas técnicas posibles: 1 – cambio de estufas a leña por otras más eficientes y menos contaminantes, 2 – cambio del combustible, de la leña por pellets, gas, electricidad u otro, y 3 – instalación de otros métodos de calefacción (por energía eólica, solar, por bombas del calor de la tierra, entre otros).

Asimismo, destacan que diversos programas de cambio de equipos en el mundo han tenido 2 componentes fundamentales: 1 – algún grado de subsidio o desgravación impositiva para hacer más fácil el acceso de las personas a los equipos nuevos, y 2 – una fuerte relación de los diferentes niveles de gobierno con los actores privados por el lado de la oferta (como los productores y comerciantes).

Importante es incluir mucho más a los productores y vendedores de estufas nuevas, pues si ellos participan en los programas educativos y de promoción junto al Estado, tienden a vender más, que es finalmente lo que se necesita para reducir las emisiones. O sea, el interés privado de vender debe aprovecharse para que los privados hagan más publicidad compatible con los objetivos públicos.

Por otro lado, los equipos sustituidos deben ser reciclados y no usados nuevamente. Asimismo, hay que perfeccionar el mecanismo de destrucción y reciclaje de las estufas viejas, posiblemente entregando los subsidios o descontando impuestos por los equipos nuevos una vez que las personas se deshacen de los viejos. Y los programas de educación deben incluir la necesidad de reciclar los equipos viejos para que no sigan contaminando.

El informe de Del Matto *et al.* (2004) señala claramente que en muchos casos se deben aumentar los montos de subsidios para estimular la compra de los equipos más modernos. Similares consideraciones son hechas por otros estudios, como el de Xue y Wakelin (2006), quienes indican la importancia de incentivos monetarios a aquellos que participen en el programa de cambio de equipos, pues muchos no lo harían de forma voluntaria y sin una compensación. Incluso, en una encuesta realizada en British Columbia se obtuvo que las políticas que la población prefiere son: los incentivos monetarios (para el cambio de equipos) y la suspensión de la combustión de leña de forma condicional (en dependencia de los tipos de equipos, de la contaminación que haya en ciertos períodos, entre otros aspectos)

Una política que consideran posible es poner impuestos a la compra de estufas tradicionales y utilizar esos recursos para subsidiar las estufas modernas que cumplen con los requerimientos de EPA o para la compra de otros sistemas de calefacción limpios (Del Matto *et al.*, 2004). Por otro lado, mencionan lo de la época del año para hacer los programas públicos. Dicen que es mejor en el invierno y en la primavera, pues en esa época la gente tiene fresca la situación con la contaminación y con los problemas de eficiencia de las estufas tradicionales. Además, los programas deben hacerse durante varios años seguidos para que las personas sientan la relevancia del tema y vayan tomando conciencia.

Entre otras medidas, se menciona que a nivel municipal los vecinos pueden acusar a otros por emitir mucho humo desde sus casas, con malos olores y daño a la salud. Las autoridades municipales pueden fiscalizar esos casos y aplicar algunas medidas (Gingrich y Macfarlene, 2002). Según BCMOE (2007), para reducir este tipo de contaminación se menciona que los hogares pueden realizar algunas medidas de forma voluntaria: el uso de leña de mejor calidad (debe ser limpia y seca), la conveniencia de mantener el calor elevado e incluir grandes piezas de leña, aislar las viviendas, no usar las estufas en los días con baja calidad del aire y usar equipos del tamaño apropiado para el espacio a calentar que se tenga.

7.3 Australia

En las zonas del sur de Australia, donde se concentra la mayoría de la población, también hay temperaturas muy frías en invierno. En muchas de esas zonas, sobre todo en pequeñas localidades de carácter rural algo alejadas de las costas y de las grandes ciudades, se han presentado problemas de contaminación atmosférica por uso de leña para calefacción en los hogares en los meses de invierno. En esas zonas hay una fuerte tradición de uso de leña para calefacción, pero en muchas áreas ya hay problemas de agotamiento del recurso forestal, debido al manejo insostenible que ha tenido (Parsons, 2010).

Se estima que en este país más de 1,5 millones de hogares usan leña para calefacción, lo que significa que cerca del 20% de todos los hogares del país utilizan esta fuente de energía⁸⁶. El uso de leña para calefacción creció mucho a finales de los 70's debido al incremento en los precios de los combustibles fósiles, pero ya en la década de los 90's presentaba cierto estancamiento sin tendencia a caer de forma relevante dentro del total de energía usada para ese fin. Pero hay que tener en cuenta que estas fuentes se encuentran más localizadas en ciertos lugares, donde pueden generar muchos problemas, tal como en Canberra (la capital del país), Launceston (en la isla de Tasmania), Armidale (al interior, entre Sydney y Brisbane), Albury (entre Sydney y Melbourne), la región de la bahía de Port Phillip (cerca de Melbourne), Sydney⁸⁷ y en Perth (Todd, 2003; DECCW, 2009; Bresnan, 2012). Algunas de estas zonas tienen niveles pequeños de población, como es el caso de Armidale (aproximadamente unas 25.000 personas), pero otras tienen una población bastante elevada, como es Perth (con más de 1,5 millones) o Sydney (con más de 4 millones).

En el sur de Australia ha crecido mucho el uso de la electricidad y el gas como fuentes de energía para la calefacción de los hogares en los últimos años. Pero esas alternativas generan muchos problemas de emisiones de dióxido de carbono y de otros contaminantes del aire que dañan la salud, como el óxido de nitrógeno y de azufre (la electricidad se genera en su gran mayoría en base a carbón y el uso de gas también genera algunas emisiones de las anteriores) y de problemas de oxígeno y emisiones contaminantes al

⁸⁶ Se consideraron las cifras de Todd (2003) y del Buró de Estadísticas de Australia (ABS): <http://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Lookup/by%20Subject/1301.0~2012~Main%20Features~Households%20and%20families~56> .

⁸⁷ Aunque sólo una pequeña parte de la población en Sydney (la ciudad más grande de Australia) utiliza calefacción en base a leña, entre el 50% y el 60% de todo el material particulado de la ciudad se debe a esa fuente (AECOM, 2011).

interior de los hogares (como ocurre con varias estufas a gas). Sin embargo, el uso de leña para calefacción se ha mantenido como una importante alternativa, dado su bajo costo relativo y porque genera una atmósfera agradable al interior de los hogares (Parsons, 2010). Además, se considera que la producción de leña genera muchos empleos rurales, es un recurso sustentable si se maneja bien y no genera emisiones de gases de efecto invernadero de forma significativa (Todd, 2003). Esta alternativa se hace más relevante en aquellas zonas donde no hay sistemas disponibles de redes de gas, los que generalmente sí se encuentran en las zonas centrales de las grandes ciudades, además de que para los grupos de bajos ingresos es una alternativa básica para calentar las viviendas (AECOM, 2011).

La principal desventaja del uso de leña para calefacción se encuentra en las emisiones contaminantes a la atmósfera que generan problemas de salud, por efectos dañinos en el sistema respiratorio y por aumentar la probabilidad de varios tipos de cáncer, aunque también contribuye con emisiones de dióxido de carbono (Parsons, 2010; Bresnan, 2012). En base a ello, varios estudios de análisis económico de diferentes medidas para descontaminar consideran los daños por el lado de la salud en el análisis costo – beneficio (utilizan la función de daño para morbilidad y mortalidad), tal como se hizo para Perth (Todd, 2006) y para la región de Nueva Gales del Sur, que es donde se encuentra Sydney (AECOM, 2011).

Se reconoce que las emisiones contaminantes de leña por parte de los hogares técnicamente se pueden reducir a un 25% de lo que habitualmente ocurre sin necesidad de reducir la cantidad de hogares que usa este combustible, pues con mejores equipos, con buen manejo de ellos y una mejor calidad de la leña se puede generar el mismo calor al interior de los hogares pero con muchas menos emisiones. Pero hay una dificultad con los hogares para que asuman su responsabilidad, en parte porque muchos son ignorantes de los problemas que generan, mientras que a otros no les importa o no creen que nadie les deba indicar cómo calefaccionar sus hogares (Todd, 2003).

En Australia hay normas de calidad del aire mucho más estrictas que las chilenas, tanto para el MP_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio diario) como para el $MP_{2,5}$ ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio diario y $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio anual)⁸⁸. Tal como ocurre en otros lugares, una vez que alguna zona sobrepasa esas normas primarias se deben elaborar programas de reducción de la contaminación.

Respecto a las normas que establecen las autoridades australianas relacionadas con los equipos a leña, están las asociadas con la seguridad (para que los equipos no generen incendios y otros daños a las viviendas), con la calidad de los equipos (para que tengan una elevada durabilidad), con la eficiencia de los equipos (para que generen el calor necesario con cierta cantidad de leña) y con las emisiones contaminantes (para que se reduzcan los riesgos de daños a la salud de las personas que se exponen en el exterior y en el interior de las viviendas). Es importante destacar que muchas de estas normas ya estaban establecidas desde inicios de la década de los 90's, por lo que llevan tiempo preocupados por estos aspectos (Todd, 2003). Sin embargo, respecto a las emisiones de los equipos a leña, se cree que la regulación aún es insuficiente para resolver los problemas de contaminación, dado

⁸⁸ Ver en <http://www.environment.gov.au/atmosphere/airquality/standards.html> .

que muchos equipos no cumplen con lo establecido (Todd, 2006; DEC, 2007; AECOM, 2011; Bresnan, 2012) y las autoridades deben impulsar mejoras en los productores de esos equipos (DECCW, 2009).

Tal como ha sido habitual en varios países con este problema de contaminación, las medidas fundamentales han estado relacionadas con programas de educación y con cambios de equipos. Además, se han aplicado prohibiciones de ventas a equipos de combustión a leña no certificados por las normas australianas, e incluso algunos gobiernos locales han aplicado normas más estrictas que las nacionales. Finalmente, hay que mencionar que se ha considerado la aplicación de multas a aquellos hogares que habiendo recibido información para el buen manejo de los equipos siguen teniendo muchas emisiones contaminantes. Por último, es interesante que en el caso de Australia se pone énfasis en los impactos de las medidas de descontaminar sobre los grupos de menos ingresos (Todd, 2006; DECCW, 2009; AECOM, 2011; Bresnan, 2012).

Los programas de educación se justifican por resultados de estudios que han encontrado mucho desconocimiento por parte de las personas en cuanto al manejo adecuado de los equipos (incluido lo relacionado con la humedad de la leña) y respecto a los daños a la salud que generan los niveles elevados de contaminación atmosférica. El cambio en el comportamiento de las personas ocurre a través del mejor manejo de los equipos, o sea, de forma indirecta. Por otro lado, los programas de cambios de equipos no requieren un cambio en el comportamiento de las personas para reducir las emisiones contaminantes, pues tienen un carácter tecnológico independiente del manejo humano. O sea, en este caso, el efecto sobre la reducción de las emisiones es directo, que se considera una aproximación más adecuada cuando los programas de educación no son tan efectivos, ya sea por causas humanas (como la resistencia al cambio) o por causas técnicas (equipos viejos poco eficientes y muy contaminantes) (Todd, 2006; Hine *et al.*, 2011).

Respecto a los programas de educación se señala además la importancia de mantenerlos durante un bien tiempo, para reforzar el comportamiento de las personas, pues si se hace por poco tiempo se podrían lograr solamente resultados a corto plazo, pues a largo plazo se puede volver a realizar un mal manejo de los equipos. Los programas de educación no son sólo para mejorar el manejo de los equipos existentes, sino que también sirven para acelerar el cambio a los equipos nuevos a leña (con información sobre las mejoras en cuanto a emisiones contaminantes y la mayor eficiencia en el uso de leña) o para cambiarse a otras formas de energía más limpias, por lo que se considera que pueden tener mucha efectividad social (Todd, 2006; Bresnan, 2012). Por otro lado, en períodos críticos de contaminación del aire, la información pública puede ser relevante para que las personas tomen medidas, además de que la información sobre los problemas asociados a la calidad del aire debe mantenerse de forma estable como parte de la educación en las escuelas (DEC, 2007). Además, deben enfocarse hacia los grupos de la población con mayor uso de equipos a leña y deben complementarse con otras medidas más restrictivas, como son las de cumplimiento de las normas de emisiones de los equipos y el cambio de equipos, pues por sí solos los programas de educación no resuelven este problema de contaminación (AECOM, 2011). Una alternativa para mejorar la información hacia el público es mediante la publicación diaria de indicadores de calidad del aire (incluida la disponibilidad de páginas web

actualizadas) y el riesgo potencial sobre la salud en los medios de comunicación más relevantes (DECCW, 2009; Bresnan, 2012).

En cuanto a los programas de cambio, lo que buscan es acelerar la tendencia natural que va teniendo de forma privada por parte de la población. Por ejemplo, en Perth (Todd, 2006) se han aplicado programas para incentivar el cambio hacia otras fuentes de energía (como gas o electricidad), además de hacia equipos modernos a leña. Se considera con fuerza lo del cambio hacia el gas y la electricidad debido a que los equipos modernos que se encuentran disponibles en Australia no han logrado tener tan bajas emisiones. Además, tal como se planteó arriba, en varias zonas de este país ya hay problemas de deforestación, por lo que no resulta muy viable a largo plazo seguir estimulando el consumo de leña como combustible (Parsons, 2010). Para ello se han considerado subsidios para los equipos nuevos (o por retirar los antiguos), además de medidas para asegurarse la destrucción de los equipos antiguos. Adicionalmente se han dado subsidios para retirar aquellos equipos a leña antiguos que los hogares usan muy poco, a fin de que no se vuelvan a usar en el futuro, básicamente porque una encuesta detectó que un porcentaje importante de equipos apenas se usaba (DEC, 2007).

En el caso de la ciudad de Perth se ha planteado la medida de retirar todos los equipos que no cumplen con las normas de emisiones en el momento en que se venden las viviendas. Las autoridades tienen controles sobre los movimientos de compra – venta de viviendas, por lo que pueden supervisarlas y dejar para los nuevos ocupantes sólo aquellos equipos que generan bajas emisiones. Como es obvio, ello implicará un costo para las nuevas familias, que deben comprar nuevos equipos (si es que no lo traen de viviendas anteriores). Dentro de las políticas en esta ciudad no se ha considerado la prohibición del uso de leña, por los beneficios que tiene este recurso, tal como se señaló arriba: bajo costo relativo, es un recurso renovable y no contribuye mucho al calentamiento global (Todd, 2006). Adicionalmente, en Perth se han aplicado regulaciones para reducir el uso de leña húmeda, considerando un máximo de 20% de humedad (DEC, 2007).

En otras ciudades, como en Canberra y en Sydney, los programas de cambio de equipos también han estado presentes, pero se considera que para que tengan mayores efectos se deben combinar con prohibiciones a la instalación de nuevos equipos, impuestos mayores al uso de equipos a leña o a la leña como combustible y una normativa más estricta respecto a las emisiones de los nuevos equipos a leña (AECOM, 2011; Bresnan, 2012). Además, en una encuesta aplicada en Canberra se encontró que los incentivos monetarios para acelerar el cambio eran considerados bajos por una parte importante de la población, lo que puede resolverse tanto incrementando los recursos públicos para ello así como con otras medidas complementarias, como es la de prohibir el uso (no sólo las ventas nuevas) de equipos a leña no certificados en un futuro más o menos cercano (Bresnan, 2012).

Es interesante destacar que han surgido productos novedosos que ayudan a reducir este problema de contaminación. Por ejemplo, en Australia se encuentra disponible una aplicación de carácter tecnológico que es el producto llamado *SmartBurn*⁸⁹, ganador de premios ambientales, que es un catalizador de la combustión (con componentes químicos)

⁸⁹ Página web del producto: <http://www.smartburn.com.au/>.

que permite generar cerca de un 17% de más calor en los equipos de calefacción a leña, reduce las emisiones contaminantes en un 50% y limpia la chimenea (para evitar incendios), entre otros efectos, sin necesidad de cambiar las estufas ya instaladas, pues se coloca donde se prende fuego a la leña. Es un producto que dura aproximadamente 3 meses y cuesta en torno a los 50 USD.

7.4 Nueva Zelanda

En Nueva Zelanda bajan mucho las temperaturas durante el invierno, por lo que la mayoría de los hogares necesitan algún sistema de calefacción. Sin embargo, hay diferencias importantes en el tipo de energía que se usa para calefacción entre las dos islas principales. Mientras en la isla del norte, que es donde se encuentran las grandes ciudades (Auckland y Wellington), se tiende a usar más el gas natural, en la isla del sur (con ciudades medianas, como Christchurch) se tiende a usar más la leña y la electricidad, aunque en todas las regiones la leña está presente con cierta fuerza, especialmente en las zonas rurales. En todas las regiones del país el porcentaje de hogares que usa leña está por encima del 30%, con algunas llegando a cerca del 75% y con el promedio nacional cerca del 40%. Se considera que el uso de la leña es un elemento positivo para el sistema de electricidad, dado que en invierno el sistema no podría satisfacer las necesidades de todos los hogares si los que utilizan leña en la actualidad demandaran electricidad para calefacción (Scott, 2005; MFE, 2005a).

El uso de leña se debe fundamentalmente a los bajos costos relativos respecto a otros combustibles, aunque se destaca en este aspecto que hay algo de bajos costos “percibidos” por las personas, dado que aquellas que recolectan de forma directa (libre) la leña en los bosques no consideran algunos costos de oportunidad (principalmente en zonas rurales y en pequeños centros urbanos cercanos a bosques). Además, en muchos lugares el sistema de redes de gas no se encuentra disponible tal como sí es habitual en las grandes ciudades. También se indica que hay un hábito histórico por parte de muchos hogares, que hace más difícil el cambio. Por otra parte, el sistema de calefacción a leña puede generar altas temperaturas y calentar grandes espacios en las viviendas en comparación a otros sistemas de calefacción, además de que muchas veces se utiliza para calentar agua. Por último, se menciona que hay una especie de “afecto o cariño” hacia el sistema de calefacción a leña, por la vista del fuego y el bienestar que genera al interior de la vivienda (MFE, 2005a, 2005b).

En la mayoría de las zonas urbanas de Nueva Zelanda las concentraciones de MP₁₀ se explican fundamentalmente por el uso de leña para calefacción en los hogares (MFE, 2011a). En muchas localidades se han presentado problemas de contaminación atmosférica (incluida Auckland), pero uno de los peores casos es el de la ciudad de Christchurch (en la región de Canterbury), con una población en torno a los 360.000 habitantes (similar a Temuco y Padre Las Casas), siendo el uso de leña la principal fuente de emisiones de material particulado, problema que se encontraba reconocido desde el año 1935. En la mayoría de los casos, las situaciones de contaminación se dan en el invierno, con condiciones de poca ventilación e inversiones térmicas (Scott, 2005). En Christchurch se estima que en 2009 cerca del 70% de las emisiones de MP₁₀ tenían como fuente el uso de

leña para calefacción en los hogares (Scott y Scarrot, 2011), mientras que en toda la región de Canterbury ese valor llega al 80%, con problemas de contaminación incluso en localidades pequeñas (ECRC, 2012).

En Nueva Zelanda las normas primarias de calidad del aire son bastante más estrictas que las chilenas, pues en el MP_{10} se establecen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio diario (y sólo se permite un día de exceso al año) y $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio anual (similar a lo propuesto por la OMS). Si se sobrepasa esa norma, las autoridades deben aplicar medidas para reducir la contaminación, dado que los problemas de salud pueden ser muy relevantes (MFE, 2011a). Sin embargo, se plantea revisar esa norma tan estricta, dado que muchas ciudades la han sobrepasado ampliamente en los últimos años (Scott y Scarrot, 2011). Por otro lado, otros autores (Richardson *et al.*, 2011) indican que se encuentran efectos importantes en la salud de las personas expuestas a niveles bajos de MP_{10} , por lo que señalan que deben revisarse las normas primarias establecidas y bajarlas aún más.

Es interesante destacar que ya desde la década de los 70's en Christchurch se están aplicando medidas. Por ejemplo, se establecieron límites máximos a las emisiones contaminantes de los nuevos equipos a leña que se instalaban, e incluso se prohibieron varios tipos de equipos que no tenían forma de reducir sus emisiones (como es el caso de las chimeneas de fuego abierto, que son muy ineficientes para calefaccionar las viviendas). Desde entonces, las autoridades de la región de Canterbury han estado aumentando las restricciones en ese sentido, reduciendo las emisiones máximas de los nuevos equipos y aumentando la eficiencia que deben tener en cuanto al uso de leña. También han prohibido la instalación de más equipos en ciertas áreas (sin importar qué tan modernos sean) y el uso de equipos con más de ciertos años de antigüedad. Tal como ha ocurrido en otras partes del mundo, se han brindado incentivos para estimular el cambio hacia las tecnologías más modernas (Scott, 2005).

A nivel nacional también se han aplicado regulaciones en ese sentido. Por ejemplo, desde 2005 todos los equipos a leña nuevos que se instalen en propiedades menores a 2 hectáreas (tal como ocurre en las zonas urbanas)⁹⁰ deben cumplir con un máximo de emisiones y un mínimo de eficiencia en cuanto al uso de leña para generar un nivel de calor determinado. En el caso de ciertos equipos, como las chimeneas, se prohíben totalmente en las zonas urbanas (donde más problemas de contaminación hay), dadas sus elevadas emisiones y su baja eficiencia para calefaccionar las viviendas. Pero las autoridades regionales pueden aplicar medidas más estrictas que las nacionales en este sentido, en dependencia de las condiciones territoriales, tal como ha sucedido con Canterbury para la ciudad de Christchurch y otras ciudades menores. Asimismo, la calidad de la leña ha sido un tema de preocupación, sobre todo en lo relacionado con su humedad (MFE, 2011a).

Sin embargo, autores como Scott (2005) llaman la atención sobre las diferencias entre los factores de emisión de los equipos cuando se hacen en los laboratorios y cuando se hacen en las condiciones reales de los hogares. Las personas no tienden a realizar un manejo

⁹⁰ De esta forma las zonas rurales pueden seguir instalando equipos que no cumplen con generar bajas emisiones, pero ello no es un problema, dado que en el campo no se tiende a generar estos problemas de contaminación, dada la baja densidad de población.

óptimo de estos equipos, aun cuando estén diseñados para ser muy eficientes y poco contaminantes. Es por ello que llaman la atención sobre equipos que generen bajas emisiones y que no requieran de tanta intervención humana, como es el caso de los que combustionan pellets de madera.

En Nueva Zelanda también hay programas de cambios de equipos para reducir el uso de aquellos con elevadas emisiones, incentivando el cambio a equipos a leña más modernos (más eficientes y con menos emisiones), pero también hacia el uso de equipos a gas, electricidad y los que usan pellets de madera. Hay financiamiento del gobierno central y también de los gobiernos locales (MFE, 2011a). El monto del incentivo monetario y el tiempo de los programas de cambio han sido variables críticas, que en muchos casos se han aplicado de forma tal que el cambio voluntario ha sido muy lento, sobre todo por ofrecerse bajos niveles de subsidios a la compra de nuevos equipos (MFE, 2005b). Es importante destacar que las autoridades hacen énfasis en ayudar más a los grupos de menores ingresos, pues son los que más gastos tienen en la actualidad en calefacción como proporción de sus ingresos totales y no tienen posibilidades de llevar a cabo los cambios de equipos de forma privada (sin ayuda pública) (MFE, 2005a), además de que generalmente son los que tienen los equipos que generan más emisiones contaminantes (MFE, 2005b)⁹¹.

El aislamiento térmico de las viviendas también ha sido reconocido como un problema relacionado con la contaminación, pues viviendas bien aisladas, aunque de todas formas requieran usar algún sistema de calefacción, lograrán aumentar las temperaturas al interior y ahorrar energía (como es la leña) para calentar los espacios de las viviendas, generando así menos emisiones de forma indirecta. Este problema tiende a estar más presente en las viviendas de los grupos de menores ingresos. El Estado tiene un programa a partir del año 2001 para mejorar las condiciones de medio millón de viviendas que en ese entonces se estimaba estaban insuficientemente aisladas (MFE, 2005a). Las medidas en este sentido contribuyen a varios objetivos relacionados con el bienestar de las personas: mejor calidad del aire, viviendas con mejores temperaturas y menor uso de leña para generar el mismo calor (MFE, 2005b).

En el caso específico de Christchurch, en 2003 se comenzó el proyecto *Clean Heat Project* (CHP), que era básicamente para impulsar el cambio de equipos, pero también se trató de mejorar el aislamiento térmico de las viviendas (ECRC, 2012). Las medidas lograron reducir las emisiones y las concentraciones de MP₁₀ de forma significativa entre 2002 y 2009, pero al parecer han llegado a un límite natural y se estima que en el futuro esta ciudad seguirá sobrepasando la norma nacional de MP₁₀, por lo que más políticas se hacen necesarias (Scott y Scarrot, 2011). Hay que destacar que las concentraciones de MP₁₀ en la atmósfera fueron en promedio bastante menores a lo que ocurre en Temuco y Padre Las Casas, tanto antes como después de esas medidas.

En toda la región de Canterbury (donde se encuentra Christchurch) actualmente se están aplicando medidas más estrictas. Por ejemplo, en las zonas más contaminadas de

⁹¹ Sin embargo, aclaran que si los grupos de bajos ingresos fueran los que tuvieran los equipos más contaminantes entonces las medidas de cambio deberían concentrarse en esos grupos, pues el objetivo fundamental es reducir la contaminación atmosférica.

Christchurch se está privilegiando el cambio de los antiguos equipos a leña por equipos nuevos que no combustiónan leña, como es el caso de los que usan pellets de madera y los que usan gas, dado que los problemas de contaminación siguen por encima de lo establecido por las normas (ECRC, 2012).

En Nueva Zelanda también se han implementado programas de educación e información al público para buscar reducir los problemas de contaminación. De hecho, se considera que la educación debe ser el punto de partida de todas las medidas hasta llegar a las acciones finales, dado que se requiere la participación voluntaria de las personas. Las personas deben estar informadas de los daños sobre la salud que genera la contaminación del aire, así como deben tener toda la información disponible sobre los nuevos equipos a leña (incluidas las emisiones que generan y las ganancias en eficiencia por el menor consumo de leña), las otras alternativas de calefacción y las medidas de prohibición de ciertos equipos o actividades. Se debe reforzar la idea de que hay beneficios privados debido a los cambios propuestos por las autoridades, para así facilitar el proceso. Lo que se busca es un cambio en el comportamiento de las personas, para que tomen iniciativas para mejorar la calidad del aire, pues en algunos casos, como es Christchurch, se ha encontrado que las personas no tienen mucha conciencia ambiental sobre los daños que genera el uso de leña en su salud ni los beneficios por ahorro de energía de cambiarse a otras formas de calefacción, incluidos los equipos a leña más modernos (MFE, 2005b, 2011b).

Se reconoce que hay un tiempo entre la información que reciben las personas y las acciones que toman al respecto, por lo que estos programas tienen un efecto de mediano y largo plazo, por lo que se deben comenzar cuanto antes si se quieren ver resultados en un período establecido como meta. En los programas de educación es muy relevante la participación activa de las autoridades locales (por su mayor cercanía a las personas), aunque con el apoyo técnico y financiero de los gobiernos regionales y del gobierno central (Ministerio para el Ambiente). Además, se deben tener en cuenta las diversas características de los hogares para preparar programas de educación que sean apropiados para cada caso (MFE, 2005b).

Por otro lado, se ha encontrado que hay una mayor conciencia y preocupación por los problemas que generan las viviendas frías (sin calefacción), lo que afecta la salud, sobre todo de las personas más viejas y con bajos ingresos. También los niños, personas con problemas respiratorios y aquellos que se están recuperando en casa después de algunos días en el hospital pueden tener efectos negativos. El Estado tiene programas para evaluar la situación de las viviendas en cuanto a las temperaturas ideales y en cuanto a su sistema de calefacción, indicando las ventajas y desventajas de las diferentes opciones de calefacción para aumentar el calor sin generar muchas emisiones contaminantes a la atmósfera y mediante el mejoramiento del aislamiento térmico de las viviendas, lo que se debe combinar con el apoyo financiero para impulsar el cambio (MFE, 2005b).

7.5 Países Nórdicos

En los países nórdicos – Dinamarca, Noruega, Suecia y Finlandia, todos de muy elevados niveles de ingreso per cápita – también está presente el problema de la contaminación por

el uso de leña para calefacción en los hogares, dadas las bajas temperaturas promedio de todo el año, pero especialmente por los fuertes inviernos. A ello se le suma que varios de ellos, especialmente Finlandia y Suecia, tienen gran abundancia de recursos forestales⁹² (Hellén *et al.*, 2008).

El problema de la combustión residencial a leña se considera más importante en los países nórdicos que en el resto de Europa debido a su peso en las emisiones de material particulado. Y dentro de estos países, la situación de Noruega, Suecia y Finlandia es peor que en Dinamarca (Sternhufvud *et al.*, 2004), en parte por la menor abundancia relativa de recursos forestales de éste país.

El uso de recursos forestales, que son de carácter renovable, se considera positivo ante el agotamiento de recursos como el petróleo y el gas (Karvosenoja *et al.*, 2004). Por otro lado, si bien la combustión de leña en los hogares no contribuye a los problemas de calentamiento global, sí es relevante por los daños a la salud que se generan de forma local (DME, 2008). En varios de estos países se han encontrado localidades relativamente pequeñas con problemas de contaminación similares a lo que ocurre en grandes zonas urbanas con mucho tráfico (Glasius *et al.*, 2006; Hellén *et al.*, 2008).

Diversos estudios destacan que los problemas de contaminación por esta causa dependen de un conjunto de elementos, entre los que se destacan los tipos de equipos instalados en los hogares, la cantidad de leña usada, el tipo de madera usada para leña, el grado de humedad de la leña, los hábitos de manejo de los equipos, entre otros (Karvosenoja *et al.*, 2004 y DME, 2008).

Además, como lo muestran los estudios de Nielsen *et al.* (2008) y FPATL (2008), hay una preocupación en estos países por el efecto dañino en la salud de las personas que tiene la contaminación por el uso de leña en los hogares, con efectos demostrados tanto a corto como a largo plazo en el ámbito respiratorio y cardiovascular, así como el mayor riesgo de cáncer. Estos países tienen las mismas normas primarias de calidad del aire que el resto de la Unión Europea, que estableció un límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio diario y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio anual en cuanto al MP_{10} a cumplirse en 2005, mientras que en las metas para el 2010 y 2020 se han establecido normas para el $\text{MP}_{2,5}$, con un límite de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a cumplirse en 2010 y de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a cumplirse en 2020 (EEA, 2012). Como se puede ver, estas normas son mucho más fuertes que las establecidas en Chile.

En cuanto a las medidas consideradas para reducir la contaminación, se mencionan las de carácter técnico (como las de cambio de equipos) y las de carácter no técnico (como los subsidios, las campañas de información, entre otras). Pero indican que ambos tipos de medidas son complementarias, pues las técnicas no tendrían mucho alcance sin las no técnicas, y viceversa (Sternhufvud *et al.*, 2004; Karvosenoja *et al.*, 2004).

Los subsidios para acelerar el cambio de equipos no han sido muy amplios en estos países (incluidas las rebajas tributarias y los préstamos subsidiados), en parte porque se considera

⁹² Ver porcentaje de área forestal en el total de superficie de cada país, según datos del Banco Mundial: <http://data.worldbank.org/indicador/AG.LND.FRST.ZS>.

que generan distorsiones en el largo plazo. En cuanto a las regulaciones sobre la calidad de los nuevos equipos que se venden, tanto por el tema de la seguridad como por lo de las emisiones máximas permitidas, ha habido algunas diferencias en estos países, pero en todos se ha planteado como un ámbito de relevancia y ha habido avances⁹³.

En cuanto a las prohibiciones, sólo en Suecia se han realizado para situaciones de elevada contaminación, como ha sido la prohibición del uso de equipos a leña por parte de los hogares en lugares y momentos críticos. En Dinamarca también se ha planteado esta posibilidad, donde las decisiones deben ser tomadas por autoridades locales (DME, 2008). Además, también se ha regulado el grado de humedad de la leña comercializada, que no puede exceder el 25%.

Las campañas de información están presentes en todos estos países, buscando que los hogares puedan aumentar la eficiencia en el uso de la leña (para reducir el consumo) haciendo un mejor manejo de los equipos, lo que influye en la reducción de los niveles de emisión de material particulado. Esto se debe a que se asume una situación de información imperfecta y pobre educación de las personas en cuanto al manejo de los equipos y el uso de leña.

Las medidas fundamentales de carácter técnico han sido las relacionadas con el cambio de los equipos antiguos por los más modernos, con especial énfasis en la instalación de estufas a pellets de madera (por su gran impacto en reducción de emisiones), además de lo relacionado con el aislamiento térmico de las viviendas. Algunas estimaciones indican que reducir el material particulado con el recambio de estufas es mucho más barato que reducirlo a través de medidas relacionadas con el sector transporte.

Según un estudio de Nyrud *et al.* (2008), que aplicó encuestas a un grupo de hogares en Oslo (Noruega) que habían participado en programas de cambios de equipos, el hecho de aplicar un sistema de subsidios fue determinante en la decisión de las personas en participar. Por otro lado, si bien se constata una preocupación por los problemas ambientales, fue más en relación a los problemas globales (dado que con la leña o los pellets se reduce el uso de combustibles fósiles, que son no renovables y con impactos negativos en el calentamiento global) que a los problemas locales (donde hay problemas de contaminación urbana debido al uso de leña), aunque también se aprecia cierta preocupación por ello. Finalmente, es importante destacar que en la decisión de cambiar los equipos es fundamental que con los nuevos se pierda poco tiempo en su manipulación y sea un proceso sencillo. O sea, que en la decisión de la participación de las personas en programas de este tipo es tan fundamental el aspecto monetario como el no monetario, incluido el esfuerzo que deben realizar las autoridades sobre los beneficios de los cambios, tanto en términos ambientales como en términos de la mayor eficiencia y la fácil operación de los nuevos equipos.

⁹³ Incluso, se plantea que se deben realizar esfuerzos para que los estándares sean similares en el resto de Europa, dado que se podrían importar equipos de otras partes que no cumplan con los requisitos de bajas emisiones (DME, 2008).

Por otro lado, se han realizado medidas de apoyo financiero para el desarrollo de nuevas tecnologías de combustión de leña o pellets de madera, en estrecha colaboración con los productores de estos equipos (DME, 2007).

7.6 Resumen de los Casos Presentados

Del análisis de la contaminación atmosférica debido al uso de leña en Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y en los países nórdicos se pueden sacar algunas enseñanzas o aspectos relevantes a tomar en cuenta, para considerar tanto en el análisis económico general de estos problemas como para la situación de Temuco y Padre Las Casas. Llama la atención la multitud de aspectos similares con el caso chileno, tanto en la naturaleza del problema en sí como en las medidas que se han considerado para resolverlo.

- ◇ Las condiciones climáticas y geográficas en general son similares a lo que ocurre en Temuco y Padre Las Casas: bajas temperaturas en el invierno, localidades alejadas de las costas, y poca ventilación y procesos de inversión térmica en el invierno.
- ◇ En todos los casos el uso de leña para calefacción es un porcentaje importante del total de viviendas, por lo que las autoridades lo han considerado como uno de los problemas de contaminación del aire más importantes, por los efectos dañinos a la salud. Este problema es más relevante en ciudades pequeñas, donde no hay disponibilidad de redes de gas o de otros combustibles para calefacción.
- ◇ Se destacan las elevadas emisiones generadas por los de equipos de combustión de leña en comparación con otras fuentes, como las del transporte. O sea, que incluso en ciudades pequeñas se pueden encontrar serios problemas de contaminación atmosférica. Sin embargo, los avances tecnológicos han logrado reflejarse en bajas emisiones de los equipos modernos, por lo que muchos problemas se deben al uso de equipos antiguos que en general son poco eficientes respecto a la cantidad de leña que usan y que generan muchas emisiones de material particulado.
- ◇ Sin embargo, en muchas partes se considera positivo el uso de leña para calefacción, dado que es un recurso renovable y con poco impacto en las emisiones asociadas al proceso de cambio climático (bajas emisiones de dióxido de carbono). Con buen manejo forestal, con mejores equipos de combustión en los hogares y un buen uso de esos equipos (incluido el tema del uso de leña seca), los efectos negativos (sobre la salud de las personas y en la deforestación) se pueden reducir bastante.
- ◇ El uso de leña se debe fundamentalmente a su bajo costo relativo respecto a otras fuentes de energía, por lo que tiene un impacto positivo en el presupuesto de los hogares. Esta razón, junto al punto anterior, explica en buena medida por qué no se ha prohibido de forma total el uso de este combustible en los países analizados. Con más razón en el caso de Chile no se espera que ocurra una medida de este tipo, dado su carácter de país subdesarrollado (con un porcentaje significativo de personas viviendo en la pobreza) y con fuerte dependencia externa de otras fuentes de energía.

- ◇ Las normas primarias de calidad del aire en todos estos países son más estrictas que las chilenas. Ello hace que las autoridades tiendan a tomar medidas más fuertes para reducir ese problema.
- ◇ En todos los casos se destacan amplios beneficios de las políticas para descontaminar, fundamentalmente por reducción de problemas de salud, tanto de morbilidad como de mortalidad, y tanto a corto como a largo plazo. Habitualmente se ofrecen valoraciones monetarias de esos posibles beneficios, los que se han estimado fundamentalmente mediante el método de función de daño.
- ◇ En cuanto a las políticas, en general hay un énfasis en la regulación de emisiones en equipos nuevos, programas de educación y programas de cambio voluntario de equipos, aunque con ligeras diferencias en las formas y alcance de cada una de esas medidas. Llama la atención lo limitado de las opciones de las autoridades, lo que se debe fundamentalmente a las dificultades de monitoreo de estas fuentes contaminantes, tal como en otros problemas de contaminación difusa.
- ◇ La regulación sobre los equipos nuevos que combustionan leña ha estado enfocada fundamentalmente sobre la cantidad máxima de emisiones. Sin embargo, como en general estas regulaciones generalmente son recientes, aún se usan muchos equipos antiguos que generan elevadas emisiones. En Chile recientemente se ha aprobado una regulación al respecto, por lo que tendrán que pasar muchos años para que el cambio natural de los equipos por parte de la población se refleje en menores niveles de emisiones contaminantes.
- ◇ En cuanto a los programas de cambio de equipos, se plantea su necesidad para acelerar el proceso de modernización, pues aunque se hayan aplicado regulaciones sobre los tipos de equipos nuevos que se venden, como los equipos antiguos en general tienen una elevada duración, los problemas de contaminación tienden a persistir durante mucho tiempo. En todas partes el monto de ayuda financiera ha sido una variable crítica, que en muchos casos ha hecho que el proceso sea más lento que lo deseado. Estas políticas en la práctica revelan que la visión privada no incluye adecuadamente los beneficios sociales de descontaminar, pues los hogares no asumen los gastos del cambio con la rapidez que se requiere desde el punto de vista social, además de que muchos hogares de ingresos medios o bajos no están en condiciones de realizar gastos en estos equipos que no son baratos.
- ◇ Los programas de educación se consideran de especial relevancia, lo que refleja que las autoridades han detectado problemas de información imperfecta y baja preocupación ambiental de las personas, así como costumbres arraigadas. El énfasis fundamental de estos programas ha estado en informar sobre los problemas de salud asociados y en la educación para el manejo adecuado de los equipos.
- ◇ También se han aplicado medidas más extremas sobre los equipos instalados, como las prohibiciones, tanto de ciertos equipos que usan leña como combustible como de todos los equipos a leña en episodios de elevada contaminación. Sin embargo, es importante destacar que en países desarrollados este tipo de medida no tendría que ser tan problemática, pues las personas pueden tener otras alternativas de calefacción más caras que pueden utilizar (como es el caso de los equipos que utilizan electricidad)
- ◇ El porcentaje de humedad de la leña también ha sido un aspecto relevante en algunos casos, pero en general con limitaciones más estrictas que en el caso chileno.

- ◇ Se han aplicado regulaciones nacionales, pero en todos los casos las autoridades de los territorios donde ha aparecido este problema de contaminación han podido tener la flexibilidad para aplicar medidas más estrictas o innovadoras en caso de que se requieran.
- ◇ Muchas de las medidas pueden tener costos elevados (como ocurre con el cambio de equipos), tanto para el sector público como para el sector privado. Pero esto se puede asumir sin grandes dificultades en países desarrollados, donde además los beneficios por descontaminar pueden ser también muy altos, entre otras cosas, por el elevado valor de la vida en esos países (que se usa para valorar la mortalidad evitada por políticas de reducción de la contaminación).

PARTE II: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA CALIDAD DEL AIRE

CAPÍTULO 8: EL ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO Y LOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS POR DESCONTAMINAR

El objetivo fundamental de este trabajo de investigación está relacionado con la estimación de beneficios por descontaminar el aire en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas. Como se señaló en un capítulo previo, el marco legal chileno establece que se deben tener estimaciones de beneficios y costos sociales de las medidas para reducir la contaminación (BCN, 1995), que aunque no es obligatorio que los programas de descontaminación resulten socialmente rentables, al menos deben considerar esa información para la toma de decisiones.

En general, no es viable que la contaminación del aire se elimine totalmente. En Chile siempre va a existir este problema ambiental en alguna medida, sobre todo porque las autoridades del país no han considerado eliminar el uso de leña, sino que lo que se busca es un mejor uso de este recurso renovable. Entonces, lo que hay es que buscar una relación favorable entre beneficios y costos de las medidas públicas para descontaminar, y es por ello que es importante la valoración económica de los aspectos ambientales (The World Bank, 1992).

8.1 La Lógica del Análisis Costo – Beneficio y los Problemas Ambientales

El análisis costo-beneficio asociado a proyectos del sector público, como es lo que se vincula con esta investigación, lo que busca es que se lleven a cabo aquellos proyectos que logren aumentar el bienestar social, teniendo en cuenta los precios sombra (medida del impacto neto en el bienestar social de un incremento en un bien provisto por el sector público cuando los precios de mercado no reflejan los beneficios y los costos sociales, o lo hacen incorrectamente) (Drèze y Stern, 1987; Hanley y Spash, 1993; Markandya *et al.*, 2002). Este enfoque económico y social considera aspectos diferentes a la visión privada o financiera de la evaluación de proyectos, tanto en el lado de los beneficios, como en el lado de los costos y de la tasa de descuento, además de tener en cuenta la valoración de aquellos bienes y servicios que no tienen mercado (incluidos todos los bienes públicos y donde están presentes las externalidades), como son algunos relacionados con el medio ambiente (calidad del aire) o la vida perdida por la contaminación (Acocella, 1998; Markandya *et al.*, 2002; Just *et al.*, 2004), que son relevantes en esta investigación. Dado que siempre hay limitación en recursos públicos para regular diferentes ámbitos, se requiere contar con un criterio de eficiencia para realizar una asignación correcta de las inversiones sociales (Hanley y Spash, 1993; Arrow *et al.*, 1996).

Aunque el método del análisis costo-beneficio es bastante antiguo, su uso para temas ambientales es algo más reciente, tanto en países desarrollados como en subdesarrollados (Tisdell, 1993), lo que se debe al gran avance en las últimas décadas de las técnicas económicas y estadísticas de valoración para la estimación de impactos ambientales (Cropper, 2000; Pearce *et al.*, 2006; Atkinson y Mourato, 2008). El análisis costo-beneficio en estos casos se hace porque de esa forma el Estado interviene para corregir las fallas de mercado (como el caso de los bienes públicos y las externalidades negativas) con un

instrumento que ayuda a incrementar el bienestar social y que busca restaurar la eficiencia en el sentido de Pareto (O'Neill, 1993; Stiglitz, 2000a; Cropper, 2000; Freeman, 2003; Gowdy, 2004; Mendelsohn y Olmstead, 2009).

El objetivo último del análisis de los métodos de valoración monetaria aplicada a los temas del medio ambiente es estimar los beneficios asociados a la regulación ambiental. Y para ello se considera el bienestar de la sociedad (Freeman, 1985): el problema ambiental genera un cambio en el bienestar, lo que sucede a través de una cadena de eventos. Primero, el contaminante genera un cambio en el ambiente (más allá de su capacidad de absorción sin que genere problemas); luego, el ambiente dañado genera un daño a la sociedad (por ejemplo, a la salud de las personas); y finalmente, ese daño a la sociedad afecta su función de bienestar. La valoración ambiental debe ir desde el contaminante hasta el cambio en la función de bienestar.

Es importante destacar que los problemas de múltiples fallas sociales provocan que muchos recursos naturales y ambientales no reflejen precios adecuados para tomar decisiones eficientes (Hanley y Spash, 1993; Azqueta, 1994; Bishop, y Woodward, 1995; Dasgupta, 1996; Stiglitz, 2000a; Freeman, 2003), por lo que se hace necesario emplear métodos de estimación que valoren correctamente esos recursos tan importantes para la sociedad. Tal como indica Jacobs (1997), la reducción del consumo privado real, tal como se mide (de forma monetaria con corrección por los precios), puede ser necesaria para reducir los problemas ambientales (mediante diferentes políticas). Pero muchas veces ello no significa que las personas estarán peor, pues hay muchos bienes ambientales que no tienen precio y que no se contabilizan de forma monetaria, pero sí influyen en el bienestar de los consumidores, como es lo relativo a la calidad del aire. Asimismo, como plantean Bockstael y Freeman (2006), el incremento en el bienestar de las personas es el fundamento de la economía (según la visión neoclásica), y que en ese bienestar (valorado por cada persona) se incluye al consumo de los bienes y servicios que están en los mercados y también a los bienes y servicios ambientales, que muchas veces no se transan en los mercados. Como las personas tienen variación en el consumo de todos los bienes, y hay cierto grado de sustitución entre esos bienes, entonces es posible valorar en cuánto se reduce un bien cuando se incrementa otro (por ejemplo, un bien ambiental) para mantenerse con el mismo nivel de satisfacción o utilidad. Obviamente el tema de la sustitución no es válido para aquellos bienes esenciales, como los que tienen que ver con la vida o la salud (se podría pensar en la calidad del aire).

En la visión del equilibrio general, donde los bienes y servicios ambientales (incluida la calidad del aire) son parte de todos los bienes y servicios que disfrutan los consumidores, una agencia ambiental (pública) sería la encargada de proveer esos bienes para maximizar el bienestar social. Por tanto, debe "cobrar" por ese servicio, tal como ocurre con cualquier bien público (Mäler, 1985; Mendelsohn y Olmstead, 2009). Esta agencia debe operar con la visión costo-beneficio para optimizar sus procesos. Como en los casos donde aparece el problema del polizón (para situaciones de bienes públicos), la cooperación voluntaria de las personas que se beneficiarían podría ser muy baja o nula, obviamente se hace muy difícil cobrar por servicios ambientales, por lo que la agencia ambiental debe estimar la disposición a pagar para obtener los beneficios por descontaminar y así buscar maximizar el bienestar (con financiamiento por otras vías para poder llevar a cabo las medidas).

Entonces, la lógica de estimación de valores asociados al medio ambiente es buscar estimar precios de bienes y servicios que no tienen mercado para luego poder utilizar el mecanismo de mercado para una correcta asignación de recursos, mediante la internalización de esos precios en la toma de decisiones de los agentes. Además, el precio de los bienes y servicios ambientales estará determinado por su abundancia o escasez relativa. Mientras más escasos (más degradación ambiental), más elevados deben ser sus precios (Daly y Farley, 2004).

La valoración económica de los bienes y servicios ambientales con el método de costo-beneficio se basa en la agregación de preferencias de las personas (Mäler, 1985). Por tanto, la teoría del consumidor es fundamental para ver los beneficios de descontaminar. La calidad del medio ambiente es un bien público que influye en el bienestar de los consumidores individuales, y a partir de ahí se debe considerar la teoría del bienestar social (agregación de todos los consumidores). Por tanto, en el análisis costo-beneficio es fundamental la comparación interpersonal de la utilidad, pues hay algunos que pierden y hay otros que ganan, y no pueden ponderarse de igual forma a todos (Gowdy, 2004).

En general, el análisis costo-beneficio ha tenido un enfoque de eficiencia (beneficios mayores que los costos para poder incrementar el bienestar social), aunque también el enfoque de equidad se ha considerado (con más interés en los países subdesarrollados) (Hanley y Spash, 1993). Si se busca aplicar la lógica de la eficiencia, aplicar el criterio de Pareto (el óptimo social se alcanza cuando es imposible mejorar a alguien sin empeorar a otro) es poco práctico para buscar aumentar el bienestar social, pues en la mayoría de las situaciones de cambio ambiental (con medidas para mejorar la situación) hay grupos de ganadores y grupos de perdedores. Por ello, en la actualidad el criterio más utilizado es el de mejora potencial de Pareto, conocida como el principio de compensación de Kaldor-Hicks. O sea, que una situación es eficiente si las ganancias son mayores que las pérdidas y los ganadores podrían compensar a los perdedores y así estar todos mejor (Pearce *et al.*, 2006), pero ello implica que todas las personas son consideradas de la misma forma (con la misma ponderación), lo que en la práctica significa asumir que hay una distribución del ingreso cercana al ideal o socialmente aceptable (Heal y Kriström, 2007).

Como ninguno de ambos criterios considera la distribución de las ganancias y las pérdidas, en algunos estudios se ha realizado el análisis de costo-beneficio con carácter más social, que considera ponderaciones diferentes para los distintos grupos de ingresos, pues las pérdidas o las ganancias de los ricos no deben ser valoradas de igual forma que las ganancias o las pérdidas de los pobres (O'Neill, 1993; Acocella, 1998; Bockstael y Freeman, 2006; Layard *et al.*, 2008), indicando así que el tema de la distribución del ingreso no es algo que se pueda separar del tema de la eficiencia en la lógica del análisis costo-beneficio (Mäler, 1985), tal como sucede en muchos ámbitos de la economía (Just *et al.*, 2004). Aunque en algunos ejercicios se han usado ponderaciones distintas para diferentes grupos sociales, en la actualidad no hay consenso entre los economistas sobre cómo deben ser esas ponderaciones: no resulta un tema claramente definido (Freeman, 2003; Atkinson y Mourato, 2008). Y aunque sin duda puede ser relevante para un análisis más allá de la simple valoración monetaria de beneficios y costos (Arrow *et al.*, 1996), la consideración de los aspectos de equidad sobre los de eficiencia (cuando se podrían llevar a cabo proyectos que reducen el bienestar global, aunque mejoran a los grupos de menos

ingresos) es muy cuestionada por los economistas (Pearce *et al.*, 2006)⁹⁴. En general tampoco hay consenso sobre las funciones de bienestar social que se deben tener en cuenta al momento de sumar beneficios y costos sociales, por lo que es un aspecto poco preciso y abierto al debate aún (Pearce *et al.*, 2006).

Por otro lado, es importante destacar que en muchos países el análisis costo-beneficio para proyectos sociales (incluidos los de intervención pública para mejorar la calidad ambiental) tiene un carácter legal u obligatorio (Mendelsohn y Olmstead, 2009). Lo que se busca es que los recursos públicos, que son escasos, se inviertan de la forma más eficiente posible. En Chile, como ya se comentó, también existe este requisito (BCN, 1995). Generalmente la medición de los costos (de proyectos que mejoran el medio ambiente) es mucho más simple que la medición de los beneficios (que resultan de esas mejoras), por lo que la literatura económica ha sido mucho más amplia en éste último aspecto.

Los estudios que aplican el análisis costo-beneficio a los problemas ambientales, como los de la contaminación atmosférica, han sido de dos tipos básicos (Voorhees *et al.*, 2001): prospectivos (*ex ante*) o retrospectivos (*ex post*). Además, la perspectiva *ex ante* puede ser de dos tipos: no-control o de control. En el análisis *ex ante* de no-control (sin medidas), los beneficios los tienen los agentes contaminantes porque se ahorran los costos de instalar nuevos equipos y otras medidas, mientras que los costos los tienen los contaminados debido a los gastos en salud. Por otra parte, en la perspectiva *ex ante* de control (con medidas), los beneficios son de los agentes contaminados, pues se ahorran gastos en salud, mientras que los costos se asocian al esfuerzo por reducir la contaminación. En el caso de los estudios retrospectivos (*ex post*), si bien menos frecuentes, resultan de mucha utilidad para contrastar los análisis *ex ante* y verificar si las medidas realizadas en el pasado han sido efectivas para aumentar el bienestar social (Arrow *et al.*, 1996; Freeman, 2003; Pearce *et al.*, 2006).

En esta investigación se tendrá en cuenta la perspectiva *ex ante* (tanto de no-control como de control), pues las medidas que se están aplicando en Temuco y Padre Las Casas llevan poco tiempo (BCN, 2010b) y falta mucho para que se cumplan las metas de reducir la contaminación de acuerdo a las normas primarias de salud chilenas. Sin embargo, el énfasis de esta investigación estará por el lado de la estimación de los beneficios por descontaminar, pues por el lado de los costos (de descontaminar) es otra la lógica de análisis (más relacionada con la ingeniería).

8.2 Críticas Generales al Análisis Costo – Beneficio para Problemas Ambientales

El esquema del análisis costo-beneficio ha tenido críticas generales importantes en las últimas décadas, las que se referirán a continuación de forma resumida.

⁹⁴ Estos autores destacan que habría que considerar el llevar a cabo los proyectos más eficientes y que las políticas redistributivas (impuestos y subsidios) corrijan los problemas de equidad, pero hay que comparar la ineficiencia de esas políticas con la ineficiencia que puede generar la consideración de los aspectos distributivos en el análisis costo-beneficio.

Para partir, tal como señalan Vatn y Bromley (1995) y Helm (1998), muchas decisiones importantes respecto al medio ambiente, como ha sido lo relacionado con la descontaminación del aire en ciudades muy contaminadas, se han tomado sin necesidad del análisis costo-beneficio para ver si es socialmente rentable o no. Las demandas sociales han llevado a la aplicación de medidas sin tener en cuenta estos ejercicios.

Es importante destacar que en la valoración ambiental (y en general en el análisis costo-beneficio) se tiende a asumir que todo incremento en los valores monetarios de la sociedad (incremento en la producción, o en el consumo) es un incremento neto en el bienestar (según el criterio de eficiencia). Pero hay diferentes posturas teóricas y resultados empíricos que señalan que ello no tiene por qué ser así (Gowdy, 2004), incluida la literatura sobre la relación entre ingreso per cápita y felicidad (que se abordará más adelante). O sea, que un incremento en la producción o en el consumo (según los valores monetarios) puede estar acompañado de una caída en el bienestar social (según las preferencias agregadas de las personas).

En cuanto a otros fundamentos del análisis costo-beneficio, que asume que las personas tienen un comportamiento racional, que fundamentalmente buscan sus propios beneficios, y que sus preferencias son claramente conocidas y sin influencia externa, Kahneman y Sugden (2005), Gowdy (2007) y Fujiwara y Campbell (2011) señalan que los experimentos con el comportamiento de las personas, los estudios de neurociencias y los experimentos con la teoría de juegos de los últimos años han demostrado que esos fundamentos son frágiles. O sea, el esquema económico básico, que asume que las personas toman decisiones en base a la lógica de optimización, es puesto en duda, lo que puede restarle validez a los resultados por varios métodos de valoración ambiental que se basan en el comportamiento de las personas, tanto real (en los mercados, como puede ser el método del costo de viaje y el de precios hedónicos) como supuesto (como puede ser con el método de valoración contingente). Además, tal como señala Vatn (2004), el modelo básico de comportamiento racional de las personas que se asume en los ejercicios de valoración ambiental puede fallar bastante cuando las personas tienen información imperfecta, algo que es habitual en la economía en general y también en los problemas ambientales, tal como se destacó en el capítulo 4.

Asimismo, existen problemas de congruencia en la valoración de las personas (Vatn y Bromley, 1995), sobre todo cuando hay aspectos éticos en consideración: en aspectos ambientales que son de mucho valor para las personas hay resistencia a entregar un valor monetario.

Mäler (1985), Vatn y Bromley (1995) y Common y Stagl (2005) señalan que las preferencias de las personas dependen mucho de su niñez, de su nivel de educación y de los patrones culturales, lo que obviamente se verá reflejado en los métodos de estimación de beneficios que se utilizan para valorar lo relacionado con el medio ambiente. O sea, que las preferencias personales en realidad están determinadas por el contexto social en que crecen y viven las personas. En base a ello, O'Neill (1993), Hanley y Spash (1993) y Helm (1998) hacen una crítica a los métodos que están basados en las preferencias de las personas sobre el medio ambiente (que son los dominantes), indicando que se debe considerar lo que debe ser preferido (en base a criterios más objetivos, por ejemplo, de acuerdo a expertos en los

temas), no lo que se prefiere actualmente por las personas, dado que en muchas ocasiones las personas no tienen la educación adecuada ni la información perfecta para que sus preferencias estén acordes a un mayor bienestar personal y social (esto está relacionado con el tema de los bienes preferentes ya mencionado en el capítulo 4).

O'Neill (1993) hace una diferencia entre los subjetivistas y los objetivistas: los primeros atienden a las preferencias de las personas y consideran que cuando obtienen lo que desean aumenta su bienestar, mientras que los segundos indican que las personas aumentan su bienestar en base a cosas concretas, como la cantidad de bienes que poseen, las relaciones de pareja o amistad que tienen, entre otros aspectos objetivos. Indican que las preferencias de las personas se equivocan a veces en lo que son los bienes y lo que es una buena vida, lo que se asocia muchas veces a la insuficiencia de educación y de información.

Siguiendo con la misma lógica, este autor critica las razones que se dan para la aplicación del análisis costo-beneficio con correcciones de temas ambientales, donde el mercado no brinda precios de aspectos ambientales que son útiles para la sociedad. Pero los métodos de valoración basados en las preferencias no garantizan que se vaya a proteger adecuadamente el medio ambiente. Estos métodos contabilizan la fortaleza o la debilidad de las preferencias, pero no la fortaleza o debilidad de las razones de esas preferencias, poniendo precios a aspectos ambientales como a cualquier bien privado de consumo, lo que no tiene por qué dar resultados adecuados. La valoración monetaria que hacen las personas no siempre conduce a cuidar el medio ambiente. Además, no se debe comparar a bienes y servicios que tienen precios de mercado con aspectos ambientales que no tienen precio y que resultan de muy difícil valoración en comparación con los bienes y servicios privados habituales, algo que también destacan Vatn y Bromley (1995) y Daly y Farley (2004).

En este sentido, Hanley y Spash (1993) van mucho más allá y enfatizan el carácter antropocéntrico del análisis costo-beneficio, pues aquello que no afecte a la producción de las empresas o a las preferencias de las personas no tendría valor económico y no se consideraría en el análisis, cuando es obvio que hay aspectos del medio ambiente que tienen un valor intrínseco (por ejemplo, ciertos pájaros, insectos, etc.), aunque las personas no los conozcan. Por otro lado, se debe destacar la crítica a la economía neoclásica que basa la valoración económica en las preferencias atomizadas, pues la complejidad del ecosistema (con relaciones no lineales y con niveles umbrales o críticos para varios aspectos esenciales) muchas veces no se captura sumando las preferencias individuales: va mucho más allá, tal como ocurre con el calentamiento global.

En relación con lo anterior, como señalan Vatn y Bromley (1995), los problemas del conocimiento y de la percepción de las personas se reflejan en lo que ellos llaman "la transparencia funcional", que se trata de que en muchas ocasiones las personas comprenden el funcionamiento de los aspectos ambientales cuando hay algún problema serio que implica que dejen de funcionar los mecanismos básicos. Entonces, sería peligroso esperar a que se presenten graves problemas ambientales (como puede ser una elevada contaminación del aire) para que las personas los perciban y puedan valorarlos económicamente. O en caso de que no se presenten esos problemas, la valoración sería nula o muy baja.

O'Neill (1993) también critica lo de la unidad monetaria común para poder valorar todas las cosas. Si bien es algo útil y que ayuda a simplificar el análisis, cuando todo se valora monetariamente se corre el riesgo de obviar criterios de expertos educados e informados. Como señalan Martínez y Roca (2001), un análisis multicriterio (más allá de la simple valoración monetaria de los proyectos) puede ser útil para situaciones donde hay diversos criterios contradictorios entre sí.

Finalmente, O'Neill (1993) hace críticas a los supuestos implícitos en el esquema de análisis costo-beneficio, pues se asume que la suma de todos los criterios es igualmente válida (expresada en disposición a pagar). Si bien el ideal político contemporáneo implica asumir tolerancia frente a diferentes criterios, la búsqueda de la verdad debe ser el eje central, lo que no siempre coincide con las preferencias agregadas de las personas.

Otro ámbito de críticas generales a los métodos de valoración del medio ambiente que se utilizan para la estimación de los beneficios en el análisis costo-beneficio se asocia al nivel de ingreso de las personas. Al estar varios de esos métodos relacionados con el comportamiento real de los mercados o con las respuestas de las personas en cuanto a disposición a pagar, de todas formas el ingreso de las personas se refleja en esos ejercicios de valoración (Hanley y Spash, 1993; Azqueta, 1994; Azqueta *et al.*, 2007; Randall, 2007). Entonces, si una sociedad tiene bajos ingresos promedio (con alto porcentaje de pobreza) o mucha desigualdad, ello se reflejará directa o indirectamente en los valores monetarios que se asignan a los bienes y servicios ambientales. Si la distribución de ingresos no es óptima (no es socialmente deseable), ello se reflejará en los precios de los bienes y servicios, afectando así los ejercicios de valoración (Hanley y Spash, 1993; Acocella, 1998).

Tal como indican Carson *et al.* (2001), de acuerdo a la lógica de los métodos de estimación de beneficios, si hay mucha disposición a pagar se llevan a cabo programas de descontaminación, lo que dejaría a las zonas pobres con pocas posibilidades de ejecutar esos programas, dada su restricción presupuestaria. Por otro lado, Mendelsohn y Olmstead (2009) indican que como la valoración de la calidad del ambiente depende del nivel de ingreso de las personas, hay que tener en cuenta que los pobres tienen otras necesidades más urgentes y harán una valoración menor por mejorar la calidad del aire, lo que introduce un elemento de injusticia en estos esquemas. Lo anterior se vincula con el hecho de la poca consideración del tema ambiental en el análisis costo-beneficio en países subdesarrollados décadas atrás, pues se estimaba que la demanda por mejoras ambientales era elástica respecto al ingreso, haciendo que fuera un aspecto a considerar fundamentalmente en el contexto de los países desarrollados (Tisdell, 1993).

Respecto a lo anterior, claramente es una preocupación desde el inicio de esta investigación, teniendo en cuenta que las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tienen una población relativamente baja y con ingresos medios, todavía con un porcentaje no menor viviendo en condiciones de pobreza. Es decir, *a priori* no es claro o evidente que se vayan a obtener beneficios suficientemente elevados que permitan justificar los diferentes programas de descontaminación del aire. Los dos métodos de valoración ambiental que se aplicarán en los capítulos siguientes (uno tradicional y uno moderno) dependen en varios aspectos del nivel de ingreso de las personas, incluido lo asociado con el valor de la vida.

De acuerdo a Gowdy (2007), el análisis costo-beneficio es más útil para proyectos de corto plazo y en pequeñas localidades, pues en el largo plazo y a gran escala son muchas las dificultades propias de este análisis, como es lo relacionado con la tasa de descuento, la incertidumbre y el riesgo, así como los problemas asociados a las generaciones futuras (de acuerdo al criterio básico de sostenibilidad), las que no pueden influir en las decisiones de la actualidad. En este sentido, el análisis del caso de Temuco y Padre Las Casas estaría dentro de la lógica ideal de aplicación de este instrumento, dado que es un problema en una escala pequeña con efectos que no son tan a largo plazo como lo relacionado con el calentamiento global.

A pesar de todas las críticas anteriores y las que se expondrán de forma resumida más abajo respecto a los métodos de valoración ambiental, The World Bank (1992), Hanley y Spash (1993), Arrow *et al.* (1996), Freeman (2003), Pearce *et al.* (2006), Randall (2007) y Atkinson y Mourato (2008) indican que es mejor tener ejercicios de valoración que no tener ninguno, pues las políticas deben estar mejor informadas sobre todos los costos y todos los beneficios de sus decisiones (más racionalidad), aunque no sean finalmente determinantes (en caso de que se consideren otros aspectos como más relevantes u otros esquemas para la toma de decisiones). Esos ejercicios son necesarios en un marco donde no están presentes los precios de mercado, como ocurre con múltiples problemas ambientales. Hay que tener en cuenta que el análisis costo-beneficio logra simplificar un conjunto de información compleja en el ámbito ambiental, llevándola a términos monetarios sencillos de interpretar.

Desde el punto de vista del sector público, se deben tomar las mejores decisiones en cuanto a la inversión pública (dado el principio de escasez se debe buscar una correcta asignación de recursos), por lo que se deben tener estimaciones de los costos y los beneficios de todos los proyectos, incluidos los ambientales (Viscusi y Gayer, 2006) y utilizar más el análisis costo-beneficio para elegir entre alternativas (Helm, 1998). Además, tal como señala Freeman (2003), las autoridades toman decisiones que implican costos y de esa forma revelan cuáles son los valores implícitos de beneficios de las medidas, aunque no se tenga o se trate de esconder la información monetaria.

Por otro lado, aunque el análisis costo-beneficio tiene diversos problemas, como los mencionados, los métodos alternativos para la toma de decisiones, como son el análisis costo-efectividad, el análisis de impacto ambiental y el análisis multicriterio igualmente tienen falencias y aspectos complejos en su elaboración (Hanley y Spash, 1993), a veces con desventajas importantes respecto al análisis costo-beneficio (Pearce *et al.*, 2006).

Hay que indicar que a veces las políticas que se llevan a cabo no son las que están en conformidad con un correcto análisis costo-beneficio, sino que son políticas fundadas en patrones culturales de las sociedades (Gowdy, 2004), lo que brinda cierta resistencia a la aplicación de este instrumento útil en la búsqueda de la asignación correcta de los recursos de la economía.

Finalmente, según Mendelsohn y Olmstead (2009), uno de los desafíos para los estudios de valoración del medio ambiente es una mayor aplicación en países subdesarrollados, considerando, con especial atención, sus condiciones locales.

8.3 Los Métodos de Valoración del Medio Ambiente

Desde el punto de vista práctico se han realizado muchos ejercicios que permiten tener estimaciones del valor de los bienes y servicios ambientales, lo que permite disponer de datos de beneficios de programas para descontaminar para poder compararlos con los costos que ello implica (Freeman, 2003). Tal como señalan Bovenberg y Goulder (2002) son muy importantes las buenas estimaciones de beneficios por descontaminar, pues la efectividad de las diferentes políticas es en base a la relación entre beneficios y costos.

Los valores que se obtienen con los diferentes métodos que se comentarán a continuación se pueden dividir entre valores de uso y de no uso (Markandya *et al.*, 2002; Freeman, 2003). En el caso de la calidad del aire en Temuco y Padre Las Casas, se trata fundamentalmente de estimar valores de uso, ya que los beneficios por daños en salud evitados y por bienestar en general se refieren a aspectos que pueden disfrutar las personas.

Los métodos de valoración del ambiente se dividen en dos grandes grupos, que se asocian a la forma en que se obtiene la información (Freeman, 1985, 2003):

- ▶ Los basados en las preferencias reveladas, donde se busca de forma indirecta lo que desean las personas, a través del comportamiento observado y las elecciones tomadas en los diferentes mercados, tanto de bienes y servicios como de factores.
- ▶ Los basados en las preferencias declaradas, donde se busca directamente las respuestas de las personas ante situaciones hipotéticas o simuladas.

Además, los métodos se pueden clasificar en directos e indirectos (Markandya *et al.*, 2002; Tietenberg y Lewis, 2012), según la forma de obtener los beneficios asociados a las mejoras ambientales.

En el primer grupo, el de los basados en las preferencias reveladas de las personas, los más famosos y utilizados han sido el método del costo de viaje y el de los precios hedónicos, mientras que en el segundo grupo, donde están los basados en las preferencias declaradas de las personas, el más famoso ha sido el método de valoración contingente (Hanley y Spash, 1993; Azqueta, 1994; Vásquez *et al.*, 2007; Mendelsohn y Olmstead, 2009).

De forma muy resumida, se puede señalar que el método del costo de viaje se ha usado para valorar áreas públicas, como son los parques naturales, y para ello utiliza los principales costos que tienen las personas para llegar a esos lugares⁹⁵. En cuanto al método de los precios hedónicos, toma como referencia los precios de mercado, fundamentalmente de la vivienda y del trabajo (salarios), asumiendo que esos precios reflejan un conjunto de características, donde se incluye la calidad ambiental. Y finalmente, el método de valoración contingente busca estimar los valores de los bienes y servicios ambientales de

⁹⁵ El método del costo de viaje no es apropiado para valorar la calidad del aire en una zona urbana, pues ese método se basa en el movimiento de las personas para valorar un lugar, pero en las ciudades contaminadas las personas se mantienen viviendo en ellas (Levinson, 2013).

forma directa a través de las respuestas de las personas ante encuestas que establecen situaciones hipotéticas.

Ambos grupos de métodos presentan dificultades, no existiendo una alternativa claramente superior a las otras para todos los problemas (Atkinson y Mourato, 2008). Por un lado, tras décadas de debate y de avances metodológicos, las críticas a los métodos de preferencias declaradas (como el de valoración contingente o experimentos de elección) siguen presentes, como es lo relacionado con los mercados o situaciones hipotéticas (que brindarán respuestas también hipotéticas) y la ausencia de reales compromisos económicos por parte de los encuestados. Por otro lado, los métodos de preferencias reveladas tienen de positivo que infieren valores de acuerdo a comportamientos reales de las personas en los mercados. Pero estos métodos tienen limitaciones, como es el hecho de que no sirven para estimar valores de no uso. Además, los cambios en la calidad del medio ambiente que no son reflejados en los mercados no podrían ser estimados.

Como una alternativa más rápida y menos costosa que las anteriores también se considera a la transferencia de beneficios, que en la práctica es la adaptación o ajuste a las condiciones locales (incluidas las situaciones ambientales y las condiciones socioeconómicas de la población) de resultados de beneficios estimados en otros contextos, lo que obviamente tiene sus desventajas (Azqueta *et al.*, 2007; Atkinson y Mourato, 2008).

Para los problemas de calidad del aire, los enfoques fundamentales a nivel internacional han sido a través del método de precios hedónicos, del método de valoración contingente y del método de función de daño (Voorhees *et al.*, 2001; Delucchi *et al.*, 2002; Mendelsohn y Olmstead, 2009). En el caso de Santiago de Chile, que ha sido el más estudiado en Chile en cuanto a contaminación del aire, también se han aplicado esos métodos (ver Figueroa *et al.*, 1996; Rogat, 1998; Sánchez *et al.*, 1998; Bowland y Beghin, 2002), encontrándose en todos los casos que los programas de reducción de la contaminación generan beneficios muy elevados para la población de la capital chilena.

El método de función de daño en esta investigación se considera muy apropiado para el caso de Temuco y Padre Las Casas, dado que un efecto fundamental de la contaminación del aire por exposición al material particulado es sobre la salud de las personas, por lo dicho método que se expondrá y se aplicará en profundidad en el próximo capítulo.

Además de lo señalado arriba, se han realizado críticas más específicas a los métodos de precios hedónicos (ya sea con el mercado de viviendas o con el mercado de trabajo) y de valoración contingente. En cuanto al método de precios hedónicos, una crítica fundamental es la de que sus supuestos toman como base la visión del equilibrio general walrasiano, el que ha sido cuestionado de forma importante (Gowdy, 2004, 2007). Por ejemplo, en las preferencias de las personas (que son fundamentales para las estimaciones de valores de disposición a pagar) se asume un comportamiento racional, lo que no coincide con muchos resultados de investigaciones sobre el comportamiento humano ante situaciones económicas (lo que se señaló anteriormente, en el capítulo relacionado con las fallas en el funcionamiento social para explicar el problema de contaminación). En vez de preferencias exógenas, las visiones modernas indican que son de carácter endógeno, dependiendo de muchas variables económicas y sociales.

Por otra parte, se reconoce que este método no brinda resultados precisos debido a que la movilidad de las personas (buscando la mejor combinación de ingreso, costo de la vivienda y bienes ambientales) puede ser costosa, además de que la información imperfecta (tanto de las condiciones económicas en otras partes como del efecto de la contaminación en su bienestar, especialmente en la salud) puede incidir en que esa movilidad ideal no se lleve a cabo (Freeman, 1985; Cropper, 2000; Frey *et al.*, 2010)⁹⁶. A ello hay que añadirle que en muchas partes los mercados de vivienda y de trabajo presentan varias regulaciones que hacen que no se muevan fácilmente hacia el equilibrio (Welsch y Kühling, 2009). Por último, en algunos casos no reflejan adecuadamente todos los efectos, pues las diferencias salariales por el riesgo de los trabajadores no tienen por qué reflejar lo que sucede con la salud de los niños y ancianos, muchas veces los grupos más afectados con la contaminación del aire (Cifuentes *et al.*, 2005).

En esta investigación no se aplicará el método de precios hedónicos (considerando el precio de las viviendas) para el caso de Temuco y Padre Las Casas, fundamentalmente debido a la limitación de la información, dado que resulta muy difícil la obtención de toda la información necesaria en este método (tanto de la contaminación en cada área como de las características y precios de las viviendas), además de que al ser una zona urbana pequeña, con pocas diferencias de contaminación a su interior, la aplicación del método pierde sentido, pues los precios de las viviendas no reflejarán diferencias de contaminación del aire.

En cuanto al método de valoración contingente, si bien puede ser muy útil para ciertas situaciones si es correctamente aplicado (Arrow *et al.*, 1993; Carson *et al.*, 2001), en la literatura internacional se encuentran muchas críticas específicas (Freeman, 1985; Whittington, 2002; Welsch y Kühling, 2009; Frey *et al.*, 2010; Fujiwara y Campbell, 2011) debido fundamentalmente a los diferentes problemas de sesgos que se pueden encontrar en las respuestas de las personas sobre los aspectos ambientales cuando se aplica el método de la valoración contingente: por ejemplo, los resultados dependen mucho de cómo se elaboren las preguntas, de cuán abstracto resulta para las personas el bien a evaluar (además de que el aire limpio es un bien público, lo que siempre resulta difícil de evaluar desde la perspectiva individual), de cuánto divergen las respuestas socialmente correctas de los verdaderos deseos o preocupaciones de las personas, de la omisión de las verdaderas preferencias para evitar pagar mucho o para poder recibir mucho en términos monetarios, entre otros aspectos. Aunque los problemas estratégicos en las respuestas se pueden solucionar mediante adecuadas aplicaciones de las encuestas, lo relacionado con la poca familiaridad de las personas con la valoración de bienes ambientales (como es el caso del aire limpio) y la formulación de valores para situaciones hipotéticas, provoca valoraciones monetarias que pueden ser superficiales o simbólicas.

Por tanto, este método, aunque se ha utilizado mucho, incluso para la valoración de la vida, no está exento de dificultades y desventajas. Asimismo, una crítica más profunda a este

⁹⁶ Por ejemplo, Bayer *et al.* (2009) realizan ajustes para considerar los costos de movilidad y encuentran en Estados Unidos que la disposición a pagar para mejorar la calidad del aire es muy superior a lo que se obtiene en los análisis tradicionales de precios hedónicos en el mercado de viviendas.

método tiene que ver con el grado de educación y de información de las personas para responder o expresar sus preferencias sobre problemas ambientales complejos (O'Neill, 1993; Daly y Farley, 2004). Incluso las personas más preparadas no conocen todos los efectos de ciertos bienes y servicios ambientales. Pero aunque todos sepan los beneficios del medio ambiente con buena información, eso no quiere decir que se le asigne un precio correcto, dado lo poco habitual de este ejercicio (sobre todo tratándose de un bien público). Por otra parte, la visión neoclásica asume que las personas conocen bien sus preferencias (Bockstael y Freeman, 2006), lo que es criticado tal como se indicó anteriormente, pues mientras más lejano sea el bien ecológico o ambiental, más difícil será que los individuos comprendan sus preferencias por él. Por último, para bienes ambientales que las personas consideran de su propiedad (el aire limpio es propiedad de todos) la disposición a pagar para descontaminar o "recuperarlos" sería muy baja o nula (pues se considera un derecho) cuando se utiliza la valoración contingente, mientras que la disposición a aceptar por permitir un empeoramiento podría ser excesivamente elevada (Schmid, 1995; Vatn y Bromley, 1995).

En el caso de Temuco y Padre Las Casas tampoco se aplicará este método tradicional, fundamentalmente por razones de costos, asociados a la aplicación de todas las encuestas necesarias. Por otra parte, se presume que en la situación de contaminación de este caso, donde los agentes contaminantes son el mismo grupo de agentes contaminados, además de que pueden tener información imperfecta sobre varios aspectos relacionados con la contaminación, la aplicación del método de valoración contingente puede encontrar dificultades adicionales en cuanto a las respuestas de las personas.

8.4 Consideraciones respecto a esta Investigación

En esta investigación se partirá con el enfoque del método de función de daño, que será explicado con mayor profundidad en el siguiente capítulo. No se realizará una aproximación al caso de Temuco y Padre Las Casas con el método de precios hedónicos ni con el método de valoración contingente, lo que se debe fundamentalmente a limitaciones de información, de recursos financieros y de tiempo, además de los problemas metodológicos de estos métodos tradicionales argumentados anteriormente. Sin embargo, tal como se explicará en el siguiente capítulo, dentro del método de función de daño se pueden necesitar estimaciones de algunos aspectos que generalmente se obtienen mediante los métodos de precios hedónicos y de valoración contingente.

Por otro lado, posteriormente a la aplicación del método de función de daño, en otro capítulo se aplicará un método relativamente reciente en la literatura especializada, que se basa en la percepción de satisfacción con la vida de las personas (también conocido como método de percepción de felicidad).

Los dos métodos que se aplicarán están basados en las preferencias reveladas de las personas, pues no se consulta directamente a las personas cuánto están dispuestas a pagar para reducir la contaminación del aire, sino que es una información que se deriva a partir de otra información sobre el bienestar de las personas, ya sea en el ámbito de la salud o de otro tipo. La aproximación con ambos métodos es consistente con el hecho de que en varios

problemas ambientales las personas muchas veces no están plenamente conscientes de los efectos que sobre su bienestar están ocurriendo (Bonnes y Bonaiuto, 2002).

En los resultados empíricos que se considerarán en los dos capítulos siguientes se estimarán los beneficios considerando diferentes escenarios de reducción de la contaminación en Temuco y Padre Las Casas en comparación con lo que hubiera sucedido de no hacer nada (Markandya *et al.*, 2002; Pearce *et al.*, 2006), o sea, teniendo en cuenta que sin medidas para descontaminar hubiera seguido creciendo la contaminación del aire junto con el crecimiento de la población y otros factores.

En todos los casos se aplicará una tasa social de descuento de 6% (para descontar en el tiempo los beneficios por descontaminar), que es la oficial en Chile según el Ministerio de Desarrollo Social (MDS, 2012). El tema de la aplicación de una tasa de descuento a los aspectos relacionados con la salud ha sido cuestión de debate (Freeman, 2003), con argumentos a favor y en contra. Sin embargo, lo relacionado con las preferencias en el tiempo y los costos de oportunidad son criterios económicos con buen fundamento para aplicar una tasa de descuento, incluso cuando se considera la mortalidad. Además, en los estudios sobre los costos asociados a las políticas para descontaminar Temuco y Padre Las Casas (que se comentan en el siguiente párrafo) se han empleado las tasas sociales de descuento, por lo que en esta investigación sobre los beneficios también corresponde que se haga algo similar. Considerar diferentes tasas de descuento (para observar la variación en los beneficios en dependencia de esas tasas) es muy relevante en temas ambientales de largo plazo (Markandya *et al.*, 2002), como sucede con el cambio climático, pero en este estudio sólo se considerará un horizonte de 10 años, que es relativamente poco.

En esta investigación no se hará un esfuerzo en el análisis de los costos de las medidas de descontaminación, pues varios estudios se han realizado para el caso de Temuco y Padre Las Casas, como son los de Sanhueza *et al.* (2006), CENMA (2007), Gómez *et al.* (2009 y 2013) y Chávez *et al.* (2010), lo que se ha visto en parte reflejado en la elaboración formal del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de estas zonas (BCN, 2010b). Tal como sucede a nivel internacional, la estimación de los costos ha tenido un enfoque de ingeniería (Cropper, 2000), lo que no significa que los resultados no tengan un margen de error importante, sobre todo ante los cambios tecnológicos que suceden en el mediano plazo.

En el PDA de Temuco y Padre Las Casas se estiman costos en torno a los 18 millones de USD por reducción de la contaminación en un 30% aproximadamente, para cumplir con la norma chilena de MP₁₀ (50 µg/m³) y bajar aún más para evitar los días de emergencia en invierno (lo que significa llegar a un nivel de 33 µg/m³ MP₁₀ como promedio anual). Esta información será considerada más tarde para poder comparar los costos con los beneficios por descontaminar (que será el esfuerzo básico de esta investigación), a fin de identificar qué tan rentables son estas medidas desde el punto de vista social.

CAPÍTULO 9: LOS BENEFICIOS EN MORTALIDAD Y MORBILIDAD EVITADAS POR DESCONTAMINAR A PARTIR DEL MÉTODO DE FUNCIÓN DE DAÑO

Como se explicó en el capítulo anterior, el método de la función de daño es muy importante en esta investigación, dado que el principal efecto dañino de la contaminación atmosférica en Temuco y Padre Las Casas es sobre la salud de las personas. El material particulado (MP₁₀ y MP_{2,5}) es, sin ninguna duda, un contaminante que daña la salud de las personas en todo el mundo (en países con condiciones muy diferentes, tanto naturales como socioeconómicas) (Freeman, 2000).

El método de función de daño refleja fundamentalmente el efecto de una reducción de la contaminación del aire en la mejoría de la salud de las personas, o en caso de que no se haga ningún programa para descontaminar, estaría reflejando el mayor costo social por los problemas de salud debido a la contaminación del aire. Se clasifica fundamentalmente dentro del grupo de los métodos preferencias reveladas, aunque con enfoques indirectos, basados fundamentalmente en los costos evitados y en los costos de oportunidad (Hanley y Spash, 1993; Azqueta, 1994; Pearce *et al.*, 2006; Tietenberg y Lewis, 2012). Tal como destacan Cropper (2000), Pearce *et al.* (2006), Scapecchi (2008) y Mendelsohn y Olmstead (2009), para muchos estudios sobre impacto de contaminación del aire, los daños evitados a la salud de las personas significan la gran mayoría de los beneficios por descontaminar, por lo que la aplicación de este método es fundamental si se desea tener valores adecuados que orienten a las políticas de descontaminación y se puedan contrastar sus costos con los beneficios que generan. En el caso de países subdesarrollados, como Chile, la valoración de los aspectos vinculados con el daño a la salud que genera la contaminación es necesario para poder destinar adecuadamente los escasos recursos con que cuenta el Estado (Freeman, 2000).

9.1 Características Generales

Este método considera los daños a la salud de forma objetiva, lo que evita los problemas de otros métodos basados en preferencias (como el de precios hedónicos o el de valoración contingente), pues las personas pueden no ser conscientes sobre ciertos problemas ambientales, lo que no significa que no afecte su salud (Azqueta, 1994; Martínez y Roca, 2001). Además, tal como plantean Viscusi y Gayer (2006) para el análisis costo-beneficio se deben considerar los beneficios y costos estimados por expertos, pues las personas pueden percibir un riesgo mayor o menor al real frente a varios problemas ambientales. Como se argumentó en el capítulo 4 de esta investigación, entre las fallas del funcionamiento social que pueden estar causando el problema de contaminación en Temuco y Padre Las Casas está la información imperfecta, los bienes preferentes y otros problemas de comportamiento de las personas en relación al medio ambiente, lo que hace que el método de función de daño ofrezca una perspectiva más objetiva respecto a la valoración de los beneficios por descontaminar (en comparación con la valoración contingente, por ejemplo).

O sea, esta lógica toma en cuenta la diferencia entre preferencias y necesidades (O'Neill, 1993), pues si los daños en salud se asocian a la necesidad de las personas por un mayor bienestar, es un criterio más objetivo que si se busca reflejar las preferencias de las personas por una mejor salud, pues las personas no necesariamente tienen toda la educación y la información para decidir sobre algo tan relevante como la salud, que a veces tiene sus efectos en el mediano y largo plazo. Sin embargo, ello no significa que el método de función de daño no recurra en cierta medida a la valoración basada en las preferencias, pues no todos los elementos de daños se pueden contabilizar de forma objetiva (Atkinson y Mourato, 2008). Las preferencias están presentes de todas formas en este tipo de análisis, pues los problemas ambientales que afectan a la salud de las personas se ven reflejados en el cambio en el bienestar, ya que la salud es un componente esencial del bienestar (Bockstael y Freeman, 2006).

La estimación de los beneficios por reducir problemas ambientales a través de los daños en salud debe tomar en cuenta el costo de los tratamientos, los ingresos perdidos por estar enfermo, los costos para evitar enfermarse y también la menor utilidad por estar enfermo, pues si no se considera eso último, entonces habrá una subestimación de los beneficios por descontaminar (Freeman, 1985, 2003). En este sentido, Harrington y Portney (1987), Cropper (2000) y Mendelsohn y Olmstead (2009) señalan que los costos por enfermedades y los costos para evitar enfermarse significarán⁹⁷ tener valores base o límite inferiores, pues no se considera el valor del dolor y el sufrimiento que no puede ser evitado una vez que las personas se enferman, entre otros aspectos. Incluso, hay daños en la salud causados por la contaminación que son muy difíciles de estimar, por lo que ello también influye en que en general se obtengan valores totales con cierta subestimación (Graves, 2011). A lo anterior hay que agregar que hay costos que generalmente no se consideran en este método, como son los costos de programas de prevención en salud, costos de investigación médica y de introducción de nuevas tecnologías y métodos en la atención médica, costos de mantenimiento de los centros médicos, entre otros que se relacionan indirectamente con el tratamiento médico que reciben las personas (Pervin *et al.*, 2008).

En este sentido, la metodología de estimación de beneficios del próximo capítulo, donde se relaciona la percepción de felicidad (o satisfacción con la vida) y la percepción del estado de salud para estimar los beneficios por descontaminar el aire, puede ser un complemento de lo obtenido con el método de la función de daño, dado que considera la variación en la utilidad de las personas ante cambios en la contaminación del aire y ello se puede asociar al valor del dolor y el sufrimiento debido a las enfermedades.

⁹⁷ Generalmente en el método de función de daño, en la parte de morbilidad, no se consideran los costos por evitar enfermedades, dada la dificultad para obtener esos valores (Cropper, 2000; Freeman, 2003; Pearce *et al.*, 2006). Ello se debe a que muchos de los productos que sirven para ello brindan otros servicios (los aires acondicionados, los automóviles) o lo complicado que resulta valorar otros (por ejemplo, el costo que implica salir menos a la calle para disfrutar el tiempo libre). De todas formas, este es un tema relevante, pues como indica Freeman (2003), los gastos defensivos pueden alterar los daños en la salud que tiene la contaminación y así alterar la valoración mediante la función de daño. En algunos estudios se han intentado realizar estimaciones de estos aspectos (como la disposición a pagar para evitar el dolor o sufrimiento de las enfermedades), llegando a valores sumamente elevados, en torno al 50% del valor total de los beneficios por descontaminar (Pervin *et al.*, 2008).

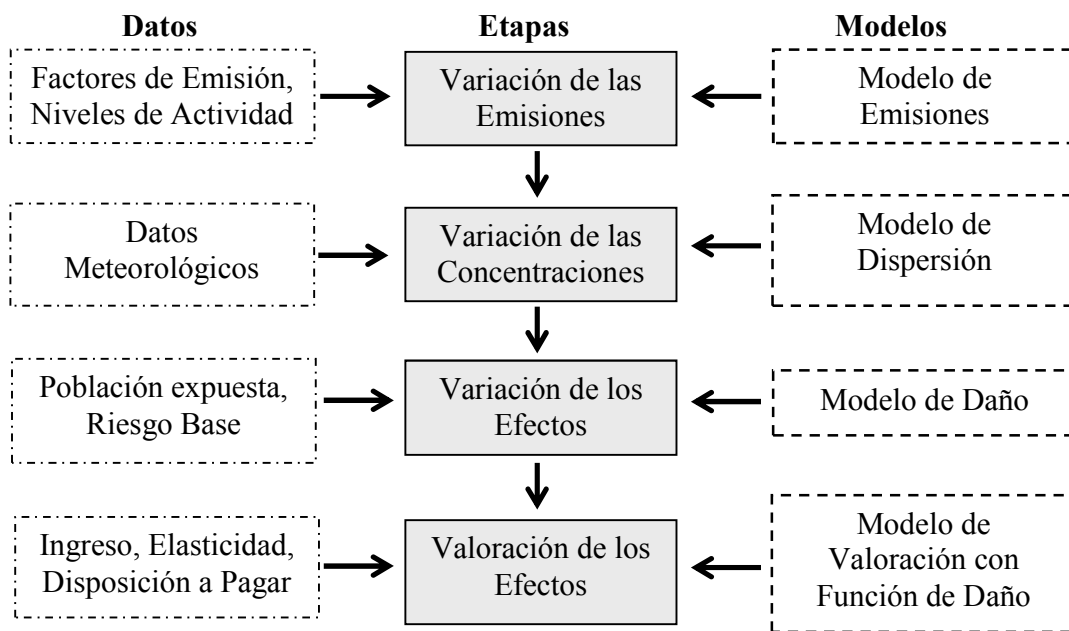
Hay que destacar que en el método de función de daño se asume que las personas enfermas debido a la contaminación reciben tratamiento. Como se trata de valorar los beneficios sociales, da lo mismo si los gastos de ese tratamiento son privados o públicos, pues lo que se busca es la estimación del ahorro de esos gastos debido a la reducción de la contaminación del aire.

Por último, como la salud es un componente del capital humano de la sociedad, la reducción de la contaminación ayuda a mejorar las condiciones del capital humano, lo que tiende a estimular el crecimiento económico de largo plazo. Este efecto generalmente no se considera de forma completa en este método.

9.2 Marco Metodológico

Tal como indica Azqueta *et al.* (2007), el proceso del ejercicio de valorar el medio ambiente (como es la calidad del aire) mediante el método de la función de daño se puede representar de la siguiente forma:

Figura 9.1: Etapas del Método de Función de Daño.



Fuente: Azqueta *et al.* (2007)

El análisis se va haciendo en varias etapas, tomando la información estadística disponible (emisiones de contaminantes, condiciones meteorológicas, población expuesta, ingresos y disposición a pagar, entre otras variables) junto con diferentes modelos (para medir las emisiones de diferentes fuentes, cómo se dispersan los contaminantes en la atmósfera, cómo afectan los contaminantes a las personas y finalmente los modelos para medir de forma económica los daños), para finalmente vincular la contaminación a sus impactos en la sociedad.

Cada etapa puede resultar difícil, dada la cantidad de información requerida y los extensos análisis correspondientes (Cifuentes y Lave, 1993), con mucha más incertidumbre que en la estimación de los costos de proyectos para descontaminar (Sánchez *et al.*, 1998). Es importante destacar que en todo el proceso de este método hay fuertes elementos de incertidumbre, por las dificultades de obtener información detallada de todas las etapas. Por ejemplo, no todas las personas sufren los mismos efectos ante un mismo nivel de contaminación del aire. En cuanto a la exposición, no se tienen mediciones en todos los lugares (donde puede variar la contaminación por razones de la cantidad de fuentes o por razones climáticas, por ejemplo) y tampoco se pueden saber las diferentes formas en que las personas se exponen a la contaminación (Freeman, 2003; Lichtenberg, 2010).

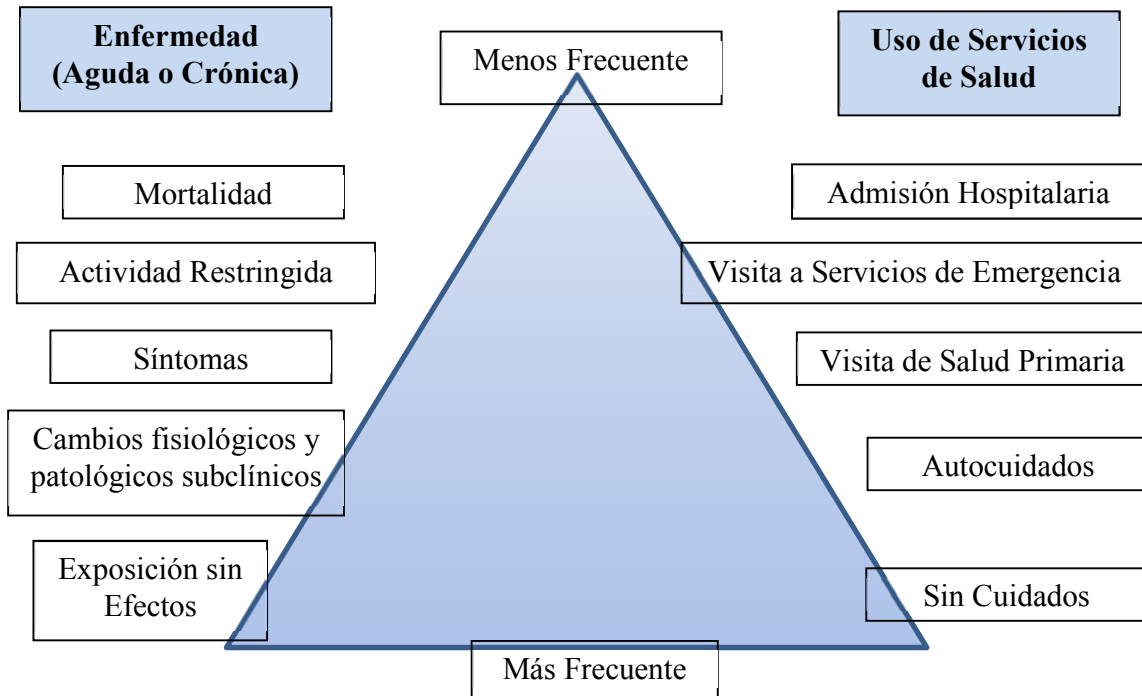
En esta investigación se hará énfasis en las últimas 2 etapas, puesto que los inventarios de emisiones y la medición de la concentración de contaminantes en la atmósfera son aspectos bien medidos y estudiados en el caso de Temuco y Padre Las Casas.

En cuanto a la etapa de variación en los efectos, Viscusi y Gayer (2006) y Lichtenberg (2010) señalan varios aspectos relevantes (que forman el modelo de daño). En primer lugar, se debe estudiar si el contaminante genera un riesgo a la salud y luego determinar la forma de ese daño (la llamada función dosis – respuesta). Otro aspecto relevante es la medición de la exposición, teniendo en cuenta la duración, la frecuencia y la intensidad de la exposición de la población al contaminante. Y finalmente, la caracterización del riesgo del contaminante combina la función dosis – respuesta con la forma de exposición de la población.

Tal como señalan Cohen *et al.* (2004), la contaminación del aire tiene efectos muy diversos en la salud, desde los más leves hasta los más graves, donde se incluye la probabilidad de muerte. Pero los riesgos de muerte tienen una baja probabilidad de ocurrencia, mientras que la morbilidad, sobre todo en el ámbito respiratorio, puede ser muy importante.

En este sentido, hay que destacar que el riesgo en la salud puede ser muy diverso ante cualquier la contaminación atmosférica, tal como se muestra en la siguiente figura (tomada y traducida de Cohen *et al.*, 2004):

Figura 9.2: Frecuencias Relativas de Eventos de Salud asociados con la Exposición a la Contaminación del Aire



Fuente: Cohen *et al.* (2004)

Ambos aspectos, mortalidad y morbilidad, deben considerarse con igual relevancia, pues la mortalidad es muy costosa para la sociedad en términos unitarios, pero ocurren pocos casos, mientras que con la morbilidad ocurre lo contrario, ya que no resulta tan costosa en términos unitarios, pero como más población está afectada, el costo total no es menor.

Por otro lado, en muchos estudios, tal como se hará en éste, se utilizan los valores promedio anual de la contaminación del aire, lo que puede llevar a una subestimación de los efectos en la salud, teniendo en cuenta que la contaminación del aire varía bastante en los diferentes meses del año y en las diferentes horas del día, generando efectos más dañinos en los episodios críticos (Pervin *et al.*, 2008), tal como sucede en el invierno en Temuco y Padre Las Casas.

En relación a la última etapa, tal como se comentó previamente, en los modelos de medición económica (en valores monetarios) del daño en salud que causa la contaminación del aire hay dos visiones básicas (Freeman, 1985): 1 – Los costos directos y los costos de oportunidad de la morbilidad y la mortalidad, y 2 – La disposición a pagar para evitar los daños de la morbilidad y la mortalidad, lo que se puede investigar mediante las preferencias de las personas, sean declaradas o reveladas. O sea, en la práctica, el método de función de daño utiliza diferentes modelos de valoración, aplicados a los impactos de la contaminación en la salud. Como pueden ocurrir muertes y enfermedades, se requiere hacer tanto valoraciones de la vida como valoraciones de las enfermedades, de forma tal que se puedan tener valores de beneficios por reducción en la contaminación que contenga a los dos

aspectos (Viscusi y Gayer, 2006). En el ámbito de la salud (aunque las causas no sean por la contaminación) también se han empleado técnicas de valoración económica, como es el caso de la valoración contingente y los experimentos de elección (Hanley *et al.*, 2003).

Además, hay que considerar los valores sociales, pues no bastan los costos individuales en la salud⁹⁸, dado que pueden existir costos asumidos por el Estado, por las empresas, por los servicios privados de seguro médico o por la familia, que en conjunto con los costos individuales son los reales costos evitados de reducir la contaminación (Azqueta, 1994). En este sentido, el método de función de daño ofrece mejores resultados que otros métodos de valoración, pues si por ejemplo, con la valoración contingente se consulta por disposición a pagar para mejorar la salud y las personas no enfrentan todos los gastos médicos directos o indirectos, entonces se obtendrán niveles de beneficios por descontaminar muy bajos (Freeman, 2003). Sin embargo, es importante considerar que en esta etapa de valoración también puede existir cierto grado de incertidumbre sobre los valores que se otorgan a los casos de mortalidad y morbilidad evitada (Graves, 2011).

Una vez obtenida la valoración monetaria del daño evitado (en caso de que se reduzca la contaminación), ese monto puede comprenderse como lo que se ahorra la sociedad al reducir la contaminación del aire (Azqueta, 1994), dinero que se puede destinar al consumo de otros bienes y servicios (incluida la mejora en la salud por motivos diferentes a problemas causados por la contaminación) o al ahorro (y la inversión).

El método de función de daño en el ámbito de la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud de la población tomó mucha fuerza a partir de los años 90's con la publicación de Ostro (1994) sobre la contaminación del aire en Jakarta, Indonesia (actualizaciones sobre ese caso fueron los trabajos de Syahril *et al.*, 2002 y de Resosudarmo y Napitupulu, 2004), y ha sido aplicado en otros casos y con estudios recientes como los del gobierno de Estados Unidos (EPA, 1997, 1999, 2011), o para zonas específicas de Estados Unidos (Lurmann *et al.*, 1999; Hall *et al.*, 2008, 2010), en Europa (Sommer *et al.*, 1999; Olsthoorn *et al.*, 1999; Nam *et al.*, 2010; Pascal *et al.*, 2013), en América Latina (MAQMT, 2002; Cifuentes *et al.*, 2004, 2005; Bell *et al.*, 2006), en las principales zonas urbanas de China (Kan y Chen, 2004; Wang y Mauzerall, 2006; Zhang *et al.*, 2007; Matus *et al.*, 2012), en Hong Kong (Brajer *et al.*, 2006), en Singapur (Quah y Boon, 2003; Sultan, 2007), en África subsahariana (Robinson y Hammit, 2009) y en países o ciudades de áreas diversas (Voorhees *et al.*, 2008).

En el caso de Chile han existido varios estudios que utilizan el método de función de daño para estimar los beneficios en salud de programas que descontaminen el aire en las ciudades. El caso de Santiago de Chile ha sido el más relevante, como es obvio, tal como se puede apreciar en los estudios de Eskeland (1994) y Sánchez *et al.* (1998). Asimismo, una aproximación al caso de Temuco, junto a Santiago de Chile y Calama (en Chile), además de otras 36 ciudades latinoamericanas, fue realizado por Cifuentes *et al.* (2005). En el Programa de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas (BCN, 2010b) se muestran estimaciones de beneficios y costos, con beneficios asociados

⁹⁸ Por ejemplo, con el método de funciones de producción en salud para estimar los costos por enfermedades se pueden dejar fuera varios costos sociales importantes (Azqueta, 1994).

fundamentalmente a los temas de mortalidad y morbilidad, por lo que se ha considerado la función de daño, pero ello se ha tomado del estudio de CENMA (2007) que a su vez toma los valores estimados por Cifuentes *et al.* (2005) para los beneficios por descontaminar. Adicionalmente, en el trabajo de Sanhueza *et al.* (2006) se utilizó el método de función de daño para estimar los beneficios de distintas medidas de reducción de las emisiones contaminantes en estas zonas.

En la presente investigación se aplicará este método con los datos más actualizados en todas las etapas señaladas, y con escenarios simulados a 10 años, a fin de obtener estimaciones de los beneficios que se obtendrían de aplicar el programa de descontaminación en Temuco y Padre Las Casas. En los estudios internacionales sobresale el hecho de que los beneficios en salud por descontaminar son amplios, lo que justifica políticas de gastos en ese sentido. Pero en la mayoría de esos estudios se analizan ciudades grandes, por lo que un aspecto clave en este análisis es poder apreciar si una situación de contaminación elevada en un centro urbano pequeño y de ingresos medios refleja beneficios potenciales en salud suficientemente elevados para justificar fuertes políticas para descontaminar.

Los siguientes pasos en el texto están dados según la lógica del método de función de daño:

1. Se comienza con la presentación de las funciones dosis – respuesta, tanto para mortalidad como para morbilidad, y tanto para el contaminante MP_{10} como para el $MP_{2,5}$. Con la aplicación de las fórmulas correspondientes se hacen estimaciones para el año del punto de partida (2012) y luego se estiman los casos evitados de mortalidad y morbilidad si la contaminación se reduce de forma lineal hasta 2022 en 3 escenarios: llegar a cumplir con la norma primaria de salud de Chile, con la norma de la OMS y con un nivel intermedio entre esas dos.
2. Luego se pasa a otorgar valor a los casos de mortalidad y morbilidad evitadas. Se ha tratado de buscar valores de Chile o incluso de Temuco para la mayoría de los casos, a fin de obtener resultados que estén acordes con el contexto local.
3. Finalmente se pasa a agregar los resultados de valoración de mortalidad y morbilidad evitada. Los beneficios totales estimados se han considerado en tres perspectivas: una moderada o conservadora, una intermedia y otra con los valores más elevados posibles, a fin de contar con un rango posible de beneficios en dependencia de los criterios que se quiera adoptar.

9.3 Funciones Dosis – Respuesta

Los estudios para determinar de forma concreta el impacto de la contaminación en la salud – las llamadas funciones dosis-respuesta – han sido realizados por científicos del área de la medicina, entre otros, no por los economistas. Los estudios han sido fundamentalmente de tipo epidemiológicos (analizando lo que sucede con la población en su estado habitual), de tipo clínico (analizando lo que sucede con las personas en condiciones de laboratorio) y de tipo toxicológico (analizando lo que sucede con animales y luego transfiriendo esos resultados a lo que sucedería con humanos), aunque para efectos prácticos de valoración son preferidos los de enfoque epidemiológico (Cifuentes y Lave, 1993; Viscusi y Gayer,

2006), los que no están exentos de dificultades, como es lo relacionado con variables que reflejan características inobservables.

A su vez, en los estudios epidemiológicos se han aplicado diferentes metodologías, como de series de tiempo, sección cruzada o corte transversal, y datos panel, con lo que se ha podido estimar el impacto de la contaminación en la salud en el corto y en el largo plazo (Ostro, 2004). Es importante destacar que muchos estudios epidemiológicos y toxicológicos, si bien demuestran vínculos entre contaminación y daños a la salud, pocos estiman formas concretas de funciones dosis – respuesta (Lichtenberg, 2010). Tal como se destacó en el capítulo 3 de esta investigación, el desarrollo de funciones dosis – respuesta para el caso de la contaminación por leña es una de las áreas que aún están pendientes, aunque es claro que hay impactos negativos de ese tipo de contaminación sobre la salud de las personas. Es por ello que en este capítulo se recurrirá a funciones dosis – respuesta que han sido las más recomendadas para la contaminación por material particulado, aunque sin diferencias por los componentes fundamentales de esa contaminación.

Sin embargo, se debe tener presente que muchos estudios de función de daño deben ocupar datos de funciones de dosis-respuesta de Estados Unidos o de otros países desarrollados (pues es donde se han llevado a cabo más estudios), lo que puede incluir un sesgo importante si se quiere aplicar a las condiciones de los países subdesarrollados, donde el nivel de contaminación, el nivel de salud de base de la población, la atención médica y las condiciones laborales, entre otros aspectos, pueden ser muy diferentes (Freeman, 2000; Voorhees *et al.*, 2001; Markandya *et al.*, 2002).

Por otro lado, tal como señalan Markandya *et al.* (2002), en la mayoría de las situaciones se cuenta con información de funciones dosis-respuesta que no varían con el nivel de contaminación proyectado (sobre todo para situaciones de simulación de reducción en un período, tal como se hará en este capítulo para Temuco y Padre Las Casas), por lo que esa rigidez puede no considerar cambios no lineales que se generan en los daños a la salud ante diferentes niveles de contaminación (muy altos o muy bajos).

En sentido general, las funciones dosis – respuesta se pueden expresar de la siguiente forma:

$$CC = f(\beta, CT, PB, TM)$$

Donde:

CC: Cantidad de Casos de mortalidad o morbilidad, que pueden ser expresados en niveles o en variaciones.

β : Coeficiente de impacto del contaminante en la salud de las personas.

CT: Contaminante, que puede ser expresado en niveles o en variaciones.

PB: Población total expuesta al contaminante.

TM: Tasa de Mortalidad o Morbilidad del grupo de población para el tipo de problema de salud analizado.

La información sobre las variables anteriores se obtiene de diferentes fuentes, como son los Censos o estimaciones de población, estadísticas de salud, indicadores de contaminación atmosférica (como son el MP_{10} y el $MP_{2,5}$) y de los resultados de diversos estudios en el ámbito de la medicina (para obtener los valores de β). Es importante destacar que en Temuco se han realizado estudios para analizar de forma cuantitativa el efecto de la contaminación en la salud (como el de Sanhueza *et al.*, 2007), encontrándose efectos en mortalidad y morbilidad a corto plazo. Pero para aplicar el método de función de daño se necesita más información sobre la forma específica de la función dosis – respuesta para un conjunto amplio de efectos sobre la salud, por lo que se emplearán los principales resultados internacionales en este ámbito. Tal como señalan Nam *et al.* (2010), lo ideal es que se tengan coeficientes adaptados para cada lugar, pues por ejemplo, el material particulado generado a partir de la combustión por leña en Temuco y Padre Las Casas no tiene el mismo efecto que un mismo nivel de material particulado en Santiago de Chile o en ciudades norteamericanas y europeas, dado que la estructura de las fuentes de emisiones puede ser bastante diferente.

9.3.1 Funciones para Mortalidad

Para los casos de mortalidad, Ostro (2004) recomienda los siguientes valores y formas de funciones de riesgo relativo en base a los principales estudios epidemiológicos, tanto de efectos a corto como a largo plazo:

Tabla 9.1: Coeficientes y Funciones de Riesgo Relativo recomendados para Casos de Mortalidad

Tipo de Mortalidad	Función de Riesgo Relativo (RR)	Coefficiente β sugerido (IC 95%)	Subgrupo de la Población
Mortalidad por todas las causas por exposición a corto plazo a MP ₁₀	$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$	0,0008 (0,0006 – 0,0010)	Todas las Edades
Mortalidad por causas respiratorias por exposición a corto plazo a MP ₁₀	$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$	0,00166 (0,00034 – 0,0030)	Menores de 5 Años
Mortalidad Cardiopulmonar por exposición a largo plazo a MP _{2,5}	$RR = [(X + 1)/X_0 + 1]^\beta$	0,15515 (0,0562 – 0,2541)	Mayores de 30 Años
	$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$	0,00893 (0,00322 – 0,01464)	Mayores de 30 Años
Mortalidad por Cáncer de Pulmón por exposición a largo plazo a MP _{2,5}	$RR = [(X + 1)/X_0 + 1]^\beta$	0,23218 (0,08563 – 0,37873)	Mayores de 30 Años
	$RR = \exp[\beta(X - X_0)]$	0,01267 (0,00432 – 0,02102)	Mayores de 30 Años

Nota: X se refiere al nivel de contaminación observado o proyectado, mientras que X_0 se refiere al nivel de contaminación base, que puede ser el que existiría sin influencia humana o el nivel meta que desean alcanzar las autoridades, como se establecen con las normas primarias de salud.

Fuente: Ostro (2004)

Hay que tener en cuenta que el primer resultado no se puede sumar a los otros tres, dado que se pueden duplicar algunos casos de mortalidad.

Además, para la mortalidad de largo plazo (en base al contaminante MP_{2,5}) se proponen 2 tipos de funciones de riesgo relativo, aunque en Ostro (2004) y en Cohen *et al.* (2004) se sugiere que se utilice las de tipo log-lineal (las primeras en cada tipo de causa de mortalidad).

En todos los casos se asume que no hay niveles umbrales a partir del cual la contaminación afecta a la salud, pues se han encontrado efectos adversos sobre la salud aún con niveles bajos de contaminación, tal como señala también la OMS (2006).

Además, hay que recordar que si se aplican los coeficientes β para el caso de Temuco y Padre Las Casas, en la práctica se está asumiendo que las condiciones básicas de salud de la población (condiciones previas al daño), la forma en que se expone a los contaminantes, los hábitos de tabaquismo y que la composición química de los contaminantes, entre otras, son similares a las condiciones de las personas en los países en donde se obtuvieron esos resultados, que generalmente han sido países desarrollados, especialmente Estados Unidos y Europa (Sánchez *et al.*, 1998; Voorhees *et al.*, 2001; Viscusi y Gayer, 2006). Sin

embargo, como se ofrecen intervalos de confianza, en la práctica se puede asumir sin mucho riesgo que el caso de Temuco y Padre Las Casas puede estar comprendido en esos rangos (quizás en los niveles más elevados, pues tal como aconseja Ostro (2004), en ciudades de elevada contaminación se deben considerar como más adecuados los valores más elevados de los β). Por otro lado, dada la falta de información, no se considera la contaminación al interior de los hogares por la penetración de la contaminación externa en las viviendas, lo que en otras experiencias internacionales se ha detectado como algo relevante a tener en cuenta en la exposición total de las personas (Cohen *et al.*, 2004).

Una vez que se obtienen los valores de riesgo relativo (RR) se debe calcular la fracción atribuible (FA):

$$FA = \frac{RR - 1}{RR}$$

Esto señala la fracción de casos de muerte o enfermedades atribuible a la contaminación atmosférica en la población según el riesgo relativo calculado previamente.

Finalmente, los casos esperados de mortalidad debido a la contaminación del aire, se calculan como:

$$CC = FA \cdot TM \cdot PB$$

9.3.1.1 Mortalidad Estimada en Temuco y Padre Las Casas en 2012

Considerando las funciones y valores de β sugeridos en Ostro (2004), se aplicó el ejercicio con los datos de Temuco y Padre Las Casas a fin de estimar los casos de muerte de los diferentes grupos. Todas las simulaciones que se muestran se realizaron utilizando el software Excel, de Microsoft Office.

Para ello se tuvo que considerar un nivel de contaminación base o de umbral, que en la práctica es el que está asociado a daños mínimos a la salud de las personas. Se utilizaron los siguientes valores:

Tabla 9.2: Niveles Umbrales de Contaminación por Material Particulado

Criterios	MP ₁₀ (µg/m ³)	MP _{2,5} (µg/m ³)
Norma Chile	50	20
Nivel Intermedio	35	15
Norma OMS	20	10

Fuente: Elaboración propia.

Las normas primarias de salud que fueron consideradas, tanto de Chile como de la OMS, fueron mostradas en capítulos anteriores (valores promedio anuales). El tener en cuenta los valores propuestos por la OMS permite contar con escenarios más conservadores, aunque hay que tener en cuenta que en muchos estudios no se han encontrado valores umbrales para los efectos en la salud debido al material particulado, o sea, que con niveles muy bajos de contaminación se han observado daños en la salud de las personas.

Además, se utilizó un nivel intermedio entre esas 2 normas, para tener una visión de lo que sucede entre esos 2 extremos, dado que hay mucha diferencia entre ellos. Por otro lado, el análisis del caso de Temuco y Padre Las Casas indica que es necesario reducir la contaminación por debajo de la norma de Chile en el largo plazo, pues así se evitan las situaciones de emergencia por los elevados niveles de contaminación en los meses de invierno (CENMA, 2007; BCN, 2010b)

Se comienza con la estimación de casos de muertes por todas las causas y en toda la población debido a exposición a MP₁₀ a corto plazo en el año 2012. Para ello se tiene una población en Temuco y Padre Las Casas de cerca de 350.000 personas⁹⁹, una tasa de mortalidad general de 0,5%¹⁰⁰ y un nivel de contaminación por MP₁₀ de 64,5¹⁰¹ como promedio anual.

Tabla 9.3: Casos de Muerte Estimados en Temuco y Padre Las Casas en 2012, por MP₁₀, todas las causas, toda la población, a corto plazo

Criterios	Cantidad de Muertes Estimadas	
	Estimación Central	IC 95%
Según Norma Chile	20,1	15,1 – 25,1
Según Nivel Intermedio	40,6	30,5 – 50,6
Según Norma OMS	60,8	45,8 – 75,7

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, considerando estas posibilidades, el rango obtenido es bastante amplio (con intervalos de confianza del 95%), desde 15 a 75 muertes aproximadamente en el año 2012, aunque con un valor central según el nivel intermedio de umbral en torno a las 40 muertes, que es en torno al 0,01% de toda la población de estas zonas urbanas.

Luego se estima la cantidad de muertes de niños menores a 5 años por causas respiratorias debido a la exposición a corto plazo. En este caso son cerca de 24.000 niños el total de Temuco y Padre Las Casas, con una tasa de mortalidad debido a problemas respiratorios de 0,02%.

⁹⁹ Los datos de población en todas las estimaciones, ya sea total o por edades, se obtuvieron de las proyecciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (www.ine.cl).

¹⁰⁰ Los datos de tasa de mortalidad que se utilizan en todas las estimaciones se obtuvieron de la página web del Ministerio de Salud de Chile (www.minsal.cl). Cuando se pudo, el dato corresponde a Temuco y Padre Las Casas. En otras ocasiones se consideraron valores del promedio de la región de La Araucanía y en otras ocasiones del promedio nacional.

¹⁰¹ Los datos de los niveles de contaminación, ya sea por MP₁₀ o por MP_{2,5} se obtuvieron del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, con página web del Ministerio de Medio Ambiente de Chile: www.mma.gob.cl.

Tabla 9.4: Casos de Muerte Estimados en Temuco y Padre Las Casas en 2012, por MP₁₀, causas respiratorias, niños menores a 5 años, a corto plazo

Criterios	Cantidad de Muertes Estimadas	
	Estimación Central	IC 95%
Según Norma Chile	0,12	0,03 – 0,22
Según Nivel Intermedio	0,24	0,05 – 0,43
Según Norma OMS	0,36	0,08 – 0,64

Fuente: Elaboración propia.

Las estimaciones realizadas indican que el efecto en este grupo es despreciable, lo que refleja el hecho de que los daños fundamentales en cuanto a mortalidad de la población ocurren en los grupos de mayor edad.

Pasando ahora a los efectos de largo plazo, se considera solamente a la población mayor a 30 años (que es la que lleva más tiempo expuesta a la contaminación del aire), que en el caso de Temuco y Padre Las Casas son cerca de 175.000 personas. En estas estimaciones se usará el nivel de MP_{2,5} de 2012, que fue de 47,7.

Se comienza con las estimaciones de muertes por causas cardiopulmonares (como es el caso del paro cardiorrespiratorio), que en 2012 significó una tasa de mortalidad de 0,16% de ese grupo de la población.

Tabla 9.5: Casos de Muerte Estimados en Temuco y Padre Las Casas en 2012, por MP_{2,5}, causas cardiopulmonares, mayores a 30 años, a largo plazo

Criterios	Cantidad de Muertes Estimadas	
	Estimación Central	IC 95%
Con $RR = [(X + 1)/X_0 + 1]^{\beta}$		
Según Norma Chile	32,9	12,4 – 51,8
Según Nivel Intermedio	42,7	16,3 – 66,3
Según Norma OMS	55,5	21,6 – 84,7
Con $RR = \exp[\beta(X - X_0)]$		
Según Norma Chile	58,9	23,0 – 89,7
Según Nivel Intermedio	68,1	26,9 – 102,4
Según Norma OMS	76,9	30,8 – 114,1

Fuente: Elaboración propia.

En ambas variantes de funciones de riesgo relativo la mayoría de los valores que se obtienen (sobre todo con la segunda forma de la función de riesgo relativo) son mayores a los estimados previamente para todas las causas de mortalidad con MP₁₀ a corto plazo, lo que es normal, pues en el largo plazo se incluyen los daños de corto plazo y otros que son de carácter más acumulativo. Los valores son relativamente elevados, sobre todo cuando se considera la norma de la OMS, con estimaciones en torno a las 100 personas muertas en 2012.

Finalmente, se estima lo que sucede en el largo plazo con las muertes por cáncer de pulmón. En este caso la tasa de mortalidad es de 0,03% para ese grupo de población.

Tabla 9.6: Casos de Muerte Estimados en Temuco y Padre Las Casas en 2012, por MP_{2,5}, cáncer de pulmón, mayores a 30 años, a largo plazo

Criterios	Cantidad de Muertes Estimadas	
	Estimación Central	IC 95%
Con $RR = [(X + 1)/X_0 + 1]^\beta$		
Según Norma Chile	9,2	3,6 – 14,2
Según Nivel Intermedio	11,9	4,7 – 17,9
Según Norma OMS	15,2	6,2 – 22,4
Con $RR = \exp[\beta(X - X_0)]$		
Según Norma Chile	15,4	5,9 – 23,0
Según Nivel Intermedio	17,7	6,9 – 25,9
Según Norma OMS	19,8	7,8 – 28,5

Fuente: Elaboración propia.

Como esta causa de muerte es más específica, se obtienen estimaciones de muertes menores en comparación con el caso anterior, en ningún caso sobrepasando las 30 personas en 2012.

9.3.1.2 Mortalidad Estimada en Temuco y Padre Las Casas, 2012 – 2022

Ahora bien, para aplicar la función de daño al caso de Temuco y Padre Las Casas es más relevante calcular lo que sucede en el mediano plazo, asumiendo que se aplique el Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) en unos 10 años (ver BCN, 2010b). Para ello se tendrán en cuenta 4 escenarios:

- No Reducir las Emisiones (escenario de tendencia actual), que siga elevada la contaminación, y creciendo de acuerdo a la mayor población.
- Reducir las emisiones (y la contaminación) para cumplir con la norma chilena.
- Reducir las emisiones (y la contaminación) para cumplir con un nivel intermedio entre la norma chilena y la de la OMS.
- Reducir las emisiones (y la contaminación) para cumplir con la norma de la OMS.

En el primer escenario se utilizaron las estimaciones del estudio de Gómez *et al.* (2009). Y en los 3 últimos escenarios¹⁰² se asumirá que hay una reducción a partir de 2012 y hasta 2022, la que es lineal (tasa de reducción constante para todo el período). En cada uno de estos casos se consideran niveles umbrales (en las funciones de riesgo relativo) iguales a la norma o meta, por lo que en el último año (2022) no habrá más muertes en ninguno de los 3 escenarios de reducción.

Las muertes evitadas se calculan como la cantidad de muertes que hubieran ocurrido año a año de no aplicar ninguna política de reducción (escenario de No Reducir las Emisiones) menos la cantidad de muertes que ocurren en cada escenario de reducción de la contaminación (año a año). Por tanto, es lógico que ese cálculo se vaya haciendo mayor a medida que pasan los años, pues al final (2022), si se reducen mucho las emisiones también serán muchas las muertes evitadas ese año. Después de 2022, las emisiones se deben

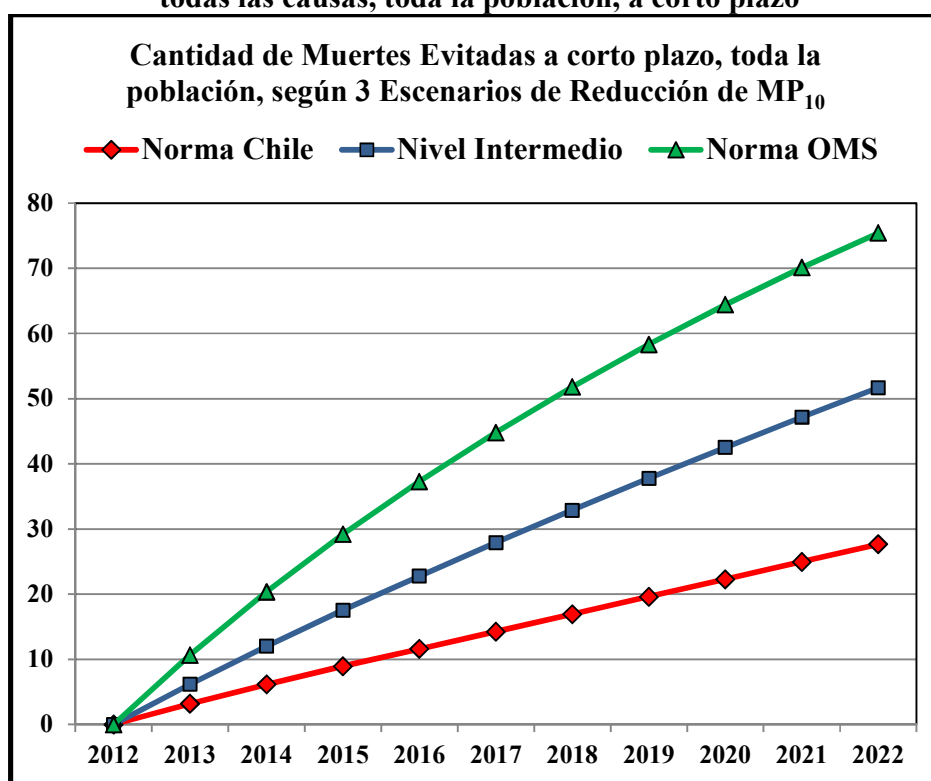
¹⁰² En todos los casos se consideraron las proyecciones de población del INE (en www.ine.cl).

mantener bajas (sobre todo si se instalan nuevos equipos que generen menos emisiones y que tienen una elevada duración) y se seguirán evitando muertes, pero en el siguiente ejercicio sólo se analizará el período indicado, que es de 10 años, tal como el PDA de Temuco y Padre Las Casas.

Se parte con las estimaciones de muertes evitadas de acuerdo a los efectos a corto plazo del MP_{10} por todas las causas en toda la población.

En el siguiente gráfico se muestran las estimaciones, considerando solamente los valores centrales en cada escenario.

Gráfico 9.1: Cantidad de Muertes Evitadas por Reducción de MP_{10} de 2012 a 2022, todas las causas, toda la población, a corto plazo



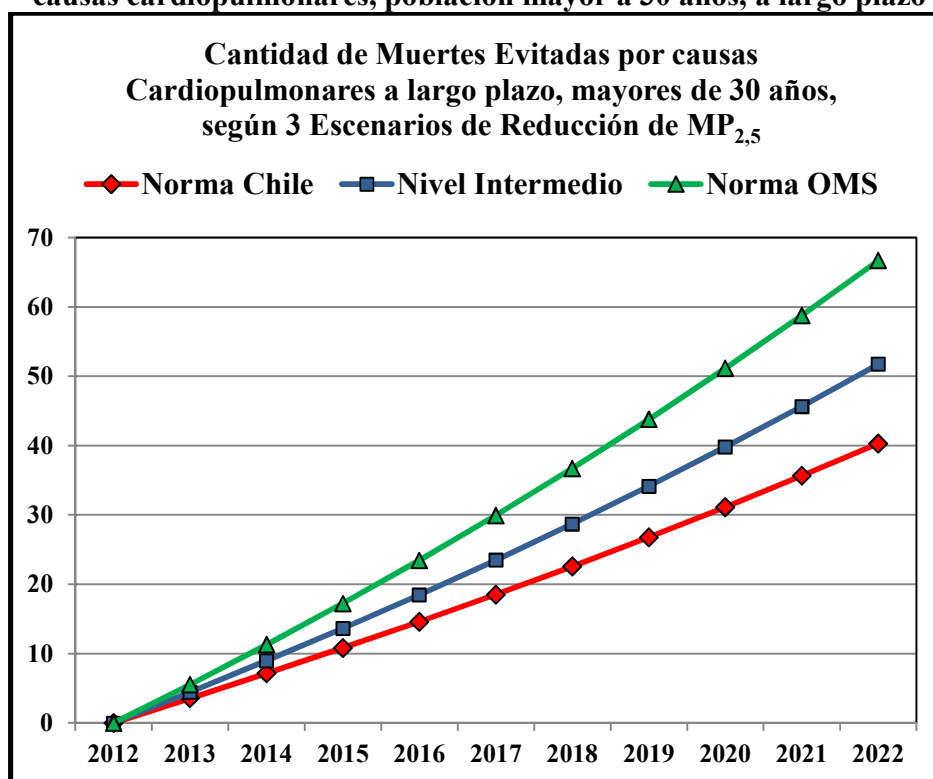
Fuente: Elaboración propia.

Si en 2022 se logra cumplir con la norma de la OMS, que es de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se habrán evitado unas 75 muertes en ese año (IC 95%: 56,8 – 93,9). Pero de forma acumulada (de 2013 a 2022) serán 462 muertes evitadas. Si sólo se cumple con la norma de Chile ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), la cantidad acumulada de muertes evitadas será de 155, mientras que si se logra un nivel intermedio ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) esa cantidad llegará 299.

Los cálculos para la mortalidad de niños menores a 5 años por causas respiratorias se realizaron, pero no se mostrarán en este estudio dado que en todos los casos se obtuvieron valores muy bajos. En la estimación más estricta (según la norma de la OMS) no llega ni a 1 la cantidad de muertes evitadas (0,8 fue el valor máximo, en el año 2012).

En el gráfico a continuación se muestran las estimaciones para la cantidad de muertes evitadas por escenarios de reducción del nivel de $MP_{2,5}$ hasta 2022 debido a causas cardiopulmonares (uno de los problemas a largo plazo, que se reflejan en la población mayor a 30 años). Se muestran solamente los cálculos a partir de la función log-lineal ($RR = [(X + 1)/X_0 + 1]^{\beta}$, dadas las recomendaciones de Ostro (2004) y Cohen *et al.* (2004), aunque con la otra función también se tienen los valores, que son mayores):

Gráfico 9.2: Cantidad de Muertes Evitadas por Reducción de $MP_{2,5}$ de 2012 a 2022, causas cardiopulmonares, población mayor a 30 años, a largo plazo

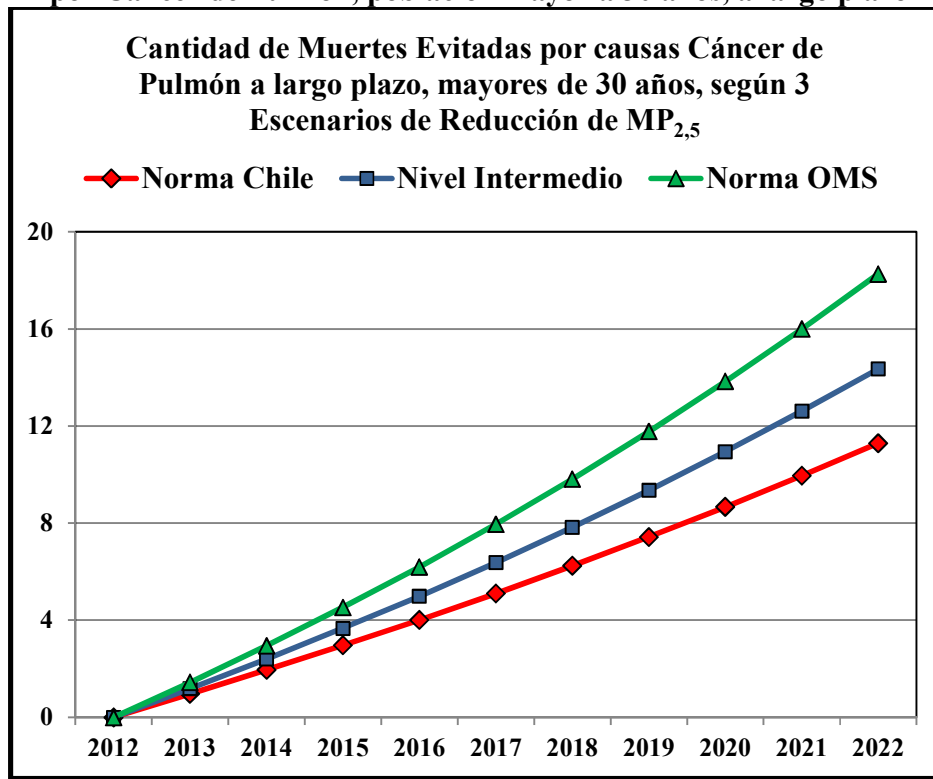


Fuente: Elaboración propia.

En este caso las diferencias en los 3 escenarios son menores que cuando se consideran las muertes evitadas por todas las causas a corto plazo por reducción de MP_{10} . Si se llega a la meta de cumplir con la norma de la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2022, en ese año se evitarían 67 muertes (IC 95%: 26,0 – 101,7). De forma acumulada para todo el período se estarían evitando 345 muertes. Si sólo se cumple con la norma de Chile ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se evitarían un total de 211 muertes en todo el período, mientras que con el nivel intermedio ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se evitarían 269 muertes.

Por último, se hace el mismo ejercicio con las muertes evitadas por reducción de casos de cáncer de pulmón (sólo se muestran los valores a partir de la función tipo log-lineal de riesgo relativo):

Gráfico 9.3: Cantidad de Muertes Evitadas por Reducción de MP_{2,5} de 2012 a 2022, por Cáncer de Pulmón, población mayor a 30 años, a largo plazo



Fuente: Elaboración propia.

En estos cálculos se obtienen valores menores a la causa anterior y también con pocas diferencias entre los 3 escenarios. Con la meta que aspira a tener niveles de contaminación de acuerdo con la norma de la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 2022, en ese año se evitarían 18 muertes (IC 95%: 7,5 – 26,9). De forma acumulada para todo el período se estarían evitando 93 muertes. Si sólo se llega a cumplir con la norma de Chile en 2022 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se evitarían unas 59 muertes entre 2012 y 2022, mientras que con el nivel intermedio ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se evitarían 74 muertes en todo el período.

Los casos de mortalidad evitada en el largo plazo por reducción de la contaminación de MP_{2,5} no se pueden sumar a la mortalidad general por MP₁₀ a corto plazo, dado que puede existir doble contabilización (Ostro, 2004), además de que la reducción en ambos contaminantes no es similar dado su nivel actual respecto a los niveles umbrales considerados.

9.3.2 Funciones para Morbilidad

La contaminación del aire también genera enfermedades en las personas, las que no tienen consecuencias de muerte a corto plazo, pero igualmente significan daños y costos a la sociedad. En esta parte también se utilizará el software Excel para las simulaciones.

En una de las revisiones más amplias, Bickel y Friedrich (2005) ofrecen coeficientes para funciones dosis – respuestas para diferentes problemas de salud (tanto mortalidad¹⁰³ como morbilidad) debido a MP₁₀ y a otros contaminantes. Esos coeficientes se han obtenido a partir de la revisión de una amplia literatura epidemiológica sobre diferentes efectos de la contaminación en la salud. Anteriormente, Holland *et al.* (1999) realizaron un esfuerzo similar, con algunos resultados que siguen válidos hasta la actualidad.

En base a esos resultados, la propuesta (ver Matus *et al.*, 2012) de funciones dosis – respuesta (donde se estiman directamente los casos de enfermedades) es (expresada en las mismas variables definidas previamente):

$$CC = \beta \cdot CT \cdot PB$$

O sea, que directamente se obtienen los casos de enfermedades sin necesidad de utilizar funciones de riesgo relativo, tal como se mostró para el caso de las estimaciones de mortalidad. Se multiplica el coeficiente de impacto por el nivel del contaminante y la cantidad de población afectada.

A continuación se muestran los coeficientes sugeridos por los principales daños a la salud causados por la contaminación por MP₁₀ y de acuerdo a diferentes grupos de edad de la población:

¹⁰³ No se considerarán las funciones dosis – respuesta para mortalidad de ese estudio, dado que están expresadas en variaciones, lo que no permite una adecuada visión de lo que sucede con los niveles (casos estimados de muertes), tal como sí se logró con las funciones y coeficientes recomendadas por Ostro (2004).

Tabla 9.7: Coeficientes recomendados para Casos o Días de Morbilidad debido a MP₁₀

Tipo de Morbilidad	Coeficiente β sugerido (IC 95%)	Subgrupo de la Población
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias	0,00000703 (0,00000383 – 0,0000103)	Todas las Edades
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares	0,00000504 (0,000000388 – 0,00000969)	Todas las Edades
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares	0,00000434 (0,00000217 – 0,00000651)	Todas las Edades
Días con Síntomas Respiratorios	0,186 (0,092 – 0,277)	Niños de 5 a 14 Años
Días con Síntomas Respiratorios	0,130 (0,015 – 0,243)	Adultos mayores a 14 Años
Bronquitis Crónica	0,0000265 (- 0,0000019 – 0,0000541)	Adultos mayores a 27 Años
Días de Uso de Broncodilatador	0,018 (- 0,069 – 0,106)	Niños de 5 a 14 Años (entre el 15 y el 25% de este grupo)
Días de Uso de Broncodilatador	0,0912 (- 0,0912 – 0,277)	Adultos mayores a 20 Años (en torno al 4,5% de este grupo)
Insuficiencia Cardíaca Congestiva	0,0000185 (0,00000142 – 0,0000356)	Ancianos mayores a 65 Años
Días de Menor Actividad Restringida	0,0346 (0,0281 – 0,0412)	Adultos mayores a 14 Años
Días de Trabajo Perdidos	0,0124 (0,0106 – 0,0142)	Adultos ocupados, mayores a 14 Años

Fuente: Matus *et al.* (2012) a partir de Holland *et al.* (1999) y Bickel y Friedrich (2005).

9.3.2.1 Morbilidad Estimada en Temuco y Padre Las Casas en 2012

Aplicando la fórmula y los coeficientes señalados a la situación de Temuco y Padre Las Casas, se obtuvieron los casos estimados para la situación del año 2012 (con el nivel real de contaminación por MP₁₀), tal como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9.8: Casos o Días de Morbilidad Estimados debido a MP₁₀ en Temuco y Padre Las Casas en 2012

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Estimados	
	Estimación Central	IC 95%
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	157,1	85,9 – 231,1
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	113,0	8,7 – 217,3
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	97,3	48,7 – 146,0
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	600.675,0	297.108,1 – 894.553,7
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	690.964,7	79.726,7 – 1.291.572,5
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	11.626,0	- 44.566,2 – 68.464,0
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	61.297,9	- 61.297,9 – 186.179,0
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	326,9	- 23,4 – 667,3
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	47,3	3,6 – 91,0
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	613.009,7	497.848,9 – 729.942,2
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	111.236,1	95.088,9 – 127.383,3

Fuente: Elaboración propia.

En las admisiones hospitalarias se estiman en torno a 100 casos al año para cada causa, aunque con intervalos de confianza que reflejan que en algunas causas se puede llegar a los 200 casos anuales.

En cuanto a los días con síntomas respiratorios que en total son entre 600.000 y 700.000, en la práctica son 12 días promedio al año por niño entre 5 y 14 años, y 8,4 días al año por persona mayor a 15 años. También en relación con los problemas respiratorios están los días de uso de broncodilatador (sobre todo se vincula a los ataques de asma), que resulta en un promedio de 1 día promedio al año para el grupo de los niños, mientras que en los adultos¹⁰⁴ está en torno a los 6 días al año como promedio.

Los adultos afectados con bronquitis crónica y los ancianos afectados con insuficiencia cardíaca congestiva son menos del 0,5% de la población de cada grupo respectivo.

¹⁰⁴ Sólo para el grupo de personas con problemas de asma bien establecida.

Los días de menor actividad restringida reflejan números algo elevados, en torno a los 600.000 al año, pero en la práctica son 2,2 días al año como promedio que cada persona mayor de 15 años y más tiene de menor actividad restringida. Los días de trabajo perdidos son en torno a 0,8 en promedio por cada trabajador al año.

Adicionalmente, en la literatura internacional se encontró otra función dosis – respuesta para el caso del MP₁₀, que refleja problemas de morbilidad en niños debido a bronquitis aguda (Martuzzi *et al.*, 2002, 2006), con una forma de calcular los daños muy similar a la de Ostro (2004) utilizada para la mortalidad.

El Riesgo Relativo (RR) para la bronquitis aguda en niños menores de 15 años tiene un valor de 1,306, con un intervalo de confianza que va de 1,135 a 1,502. La Fracción Atribuible (FA) se calcula tal como se hizo arriba:

$$FA = \frac{RR - 1}{RR}$$

Esto señala la fracción de casos de bronquitis aguda atribuible a la contaminación en la población según el riesgo relativo anteriormente mostrado.

En este caso, los casos esperados (CC) de bronquitis aguda debido a la contaminación del aire, se calculan como:

$$CC = FA \cdot TBP \cdot (CT_{\text{proyectado}} - CT_{\text{umbral}})/10 \cdot PB$$

En el caso del contaminante lo que se mide es la brecha entre el nivel del contaminante proyectado año a año (o real) y el nivel umbral, que puede ser el asociado a las normas primarias de salud. Por otro lado, TBP es la tasa base de población afectada, la que se calcula como:

$$TBP = TBP_0 / [1 + (RR - 1) \cdot ((CT_{\text{proyectado}} - CT_{\text{umbral}})/10)]$$

En este caso, TBP₀ se refiere a la tasa en que la población es afectada por un problema de salud, que en este caso por bronquitis aguda, pero con TBP se obtiene la tasa en que es afectado ese grupo de población debido a la contaminación del aire.

Los resultados para el año 2012 de aplicar las fórmulas anteriores se presentan en la tabla siguiente, considerando los 3 umbrales para el caso del MP₁₀:

Tabla 9.9: Casos de Bronquitis Aguda en Temuco y Padre Las Casas en 2012, por MP₁₀, todas las causas, menores de 15 años

Criterios	Cantidad de Casos Estimados	
	Estimación Central	IC 95%
Según Norma Chile	2.096,5	1.285,4 – 2.498,0
Según Nivel Intermedio	3.232,8	2.233,7 – 3.536,1
Según Norma OMS	3.927,6	2.942,1 – 4.091,1

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de casos es relativamente elevada, siendo en torno al 4% de la población expuesta en ese grupo de edad (usando el nivel intermedio como umbral para el nivel de MP_{10}).

En cuanto a la morbilidad causada por $MP_{2,5}$, se han encontrado pocas funciones dosis – respuesta, las que están relacionadas con los días de actividad restringida y con la bronquitis crónica. Sin embargo, tal como indica OMS (2013), para los otros casos de morbilidad se pueden usar los coeficientes de MP_{10} (de forma preliminar, mientras se obtienen los valores reales de impacto), pero ajustados según el porcentaje de $MP_{2,5}$ respecto a MP_{10} , que en el caso de Temuco y Padre Las Casas ha sido en torno al 67% en los últimos años (los coeficientes de MP_{10} se dividen por 0,67)¹⁰⁵. Entonces, los coeficientes a utilizar en el caso del $MP_{2,5}$ son:

¹⁰⁵ Es importante destacar que el método de convertir los coeficientes de MP_{10} en los de $MP_{2,5}$ tiende a subestimar los efectos, pues los coeficientes directos que se tienen, como los de los días de actividad restringida y para la bronquitis crónica en adultos son relativamente mayores que los de MP_{10} (si se hiciera la conversión planteada).

Tabla 9.10: Coeficientes recomendados para Días de Morbilidad debido a MP_{2,5}

Tipo de Morbilidad	Coefficiente β sugerido (IC 95%)	Subgrupo de la Población
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias	0,00001049 (0,00000572 – 0,00001537)	Todas las Edades
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares	0,00000752 (0,00000058 – 0,00001446)	Todas las Edades
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares	0,00000648 (0,00000324 – 0,00000972)	Todas las Edades
Días con Síntomas Respiratorios	0,2776 (0,1373 – 0,4134)	Niños de 5 a 14 Años
Días con Síntomas Respiratorios	0,194 (0,0224 – 0,3627)	Adultos mayores a 14 Años
Bronquitis Crónica	0,0000533 (- 0,0000017 – 0,0001134)	Adultos mayores a 27 Años
Días de Uso de Broncodilatador	0,0269 (- 0,103 – 0,1582)	Niños de 5 a 14 Años (entre el 15 y el 25% de este grupo)
Días de Uso de Broncodilatador	0,1361 (- 0,1361 – 0,4134)	Adultos mayores a 20 Años (en torno al 4,5% de este grupo)
Insuficiencia Cardíaca Congestiva	0,0000276 (0,00000212 – 0,0000531)	Ancianos mayores a 65 Años
Días de Menor Actividad Restringida	0,0577 (0,0468 – 0,0686)	Adultos mayores a 14 Años
Días de Trabajo Perdidos	0,0207 (0,0176 – 0,0238)	Adultos ocupados, mayores a 14 Años

Fuente: Bickel y Friedrich (2005), Hurley *et al.* (2005) y conversiones sugeridas por OMS (2013).

Usando la fórmula y los coeficientes mostrados a la situación de Temuco y Padre Las Casas, se obtuvieron los días estimados para la situación del año 2012 (con el nivel real de contaminación por MP_{2,5}):

Tabla 9.11: Casos o Días de Morbilidad Estimados debido a MP_{2,5} en Temuco y Padre Las Casas en 2012

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Estimados	
	Estimación Central	IC 95%
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	173,8	93,7 – 254,6
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	124,6	9,6 – 239,5
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	107,3	53,6 – 160,9
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	662.116,4	327.498,5 – 986.055,1
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	761.641,6	87.881,7 – 1.423.683,8
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	12.815,2	- 49.124,8 – 75.467,0
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	67.567,9	- 67.567,9 – 205.222,7
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	485,5	- 15,5 – 1.033,0
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	52,1	4,0 – 100,3
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	754.982,1	612.359,8 – 897.604,3
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	137.140,0	116.602,1 – 157.677,8

Fuente: Elaboración propia.

Los valores son similares a los mostrados para el caso del MP₁₀, pero en este caso hay algunos relativamente mayores debido a los mayores coeficientes de la función dosis – respuesta, como ocurre con la bronquitis crónica y con los días de actividad restringida.

Finalmente, se considera la bronquitis aguda, que tiene otra forma de calcularse, pues los resultados dependen del umbral de contaminación que se considere. Se han tomado los coeficientes de Martuzzi *et al.* (2006), pero con el ajuste para el MP_{2,5} según el criterio de OMS (2013).

Tabla 9.12: Casos de Bronquitis Aguda en Temuco y Padre Las Casas en 2012, por MP_{2,5}, todas las causas, menores de 15 años

Criterios	Cantidad de Casos Estimados	
	Estimación Central	IC 95%
Según Norma Chile	3.407,7	2.649,1 – 4.066,2
Según Nivel Intermedio	3.654,9	2.938,0 – 4.159,7
Según Norma OMS	3.860,6	3.193,5 – 4.228,3

Fuente: Elaboración propia.

9.3.2.2 Morbilidad Estimada en Temuco y Padre Las Casas, 2012 – 2022

A continuación se consideran los 4 escenarios expuestos arriba, de forma tal que se pueda obtener la cantidad de casos evitados de morbilidad por reducción en la contaminación entre 2012 y 2022, en comparación con la situación de no aplicar medidas para reducir el MP₁₀ y que siga incrementándose en los próximos años (fundamentalmente por el incremento de la población y la cantidad de viviendas).

Para una exposición más clara se muestran solamente las estimaciones centrales para las reducciones que logran las diferentes metas en 2022. Para el cálculo se utilizó el software Excel.

Se comienza con los casos o días evitados si en el año 2022 se cumple con la meta de la norma chilena de MP₁₀ (50 µg/m³). Aunque se han calculado todos los valores entre 2012 y 2022, sólo se muestran 3 años para una mejor visualización de los resultados.

Tabla 9.13: Casos o Días de Morbilidad Evitados debido a reducción de MP₁₀ entre 2012 y 2022 en Temuco y Padre Las Casas para cumplir con norma de Chile en 2022

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Evitados		
	2014	2018	2022
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	10,9	30,0	48,9
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	7,8	21,5	35,1
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	6,7	18,5	30,2
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	41.567,1	114.264,5	186.420,5
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	47.815,2	131.440,0	214.442,1
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	804,5	2.211,6	3.608,1
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	4.241,9	11.660,5	19.023,9
Bronquitis Aguda, niños menores a 15 años	467,4	1.460,4	2.743,4
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	22,6	62,2	101,4
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	3,3	9,0	14,7
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	42.420,7	116.610,9	190.248,6
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	7.697,6	21.160,1	34.522,3

Fuente: Elaboración propia.

Si se desea cumplir con un nivel intermedio de MP₁₀ entre la norma chilena y la de la OMS, o sea, de 35 µg/m³ en 2022, entonces los casos o días evitados de morbilidad son los siguientes:

Tabla 9.14: Casos o Días de Morbilidad Evitados debido a reducción de MP₁₀ entre 2012 y 2022 en Temuco y Padre Las Casas para cumplir con nivel intermedio en 2022

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Evitados		
	2014	2018	2022
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	21,6	58,8	92,0
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	15,5	42,1	66,0
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	13,3	36,3	56,8
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	82.249,6	223.982,7	350.553,5
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	94.612,8	257.650,4	403.246,4
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	1.591,9	4.335,1	6.784,9
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	8.393,4	22.857,1	35.773,4
Bronquitis Aguda, niños menores a 15 años	566,9	1.969,1	3.963,4
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	44,8	121,9	190,8
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	6,5	17,6	27,6
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	83.938,5	228.582,1	357.752,0
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	15.231,4	41.478,3	64.917,3

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, si se logra cumplir en 2022 con la norma de MP₁₀ de la OMS (20 µg/m³) entonces los casos y días evitados serían:

Tabla 9.15: Casos o Días de Morbilidad Evitados debido a reducción de MP₁₀ entre 2012 y 2022 en Temuco y Padre Las Casas para cumplir con norma de OMS en 2022

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Evitados		
	2014	2018	2022
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	36,9	93,2	135,1
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	26,4	66,8	96,9
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	22,8	57,5	83,4
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	140.525,7	355.157,3	514.734,6
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	161.648,6	408.542,3	592.106,2
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	2.719,9	6.874,0	9.962,6
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	14.340,4	36.243,2	52.527,8
Bronquitis Aguda, niños menores a 15 años	673,1	2.403,2	4.724,3
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	76,5	193,3	280,1
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	11,1	28,0	40,5
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	143.411,4	362.450,3	525.304,5
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	26.023,3	65.769,9	95.321,2

Fuente: Elaboración propia.

Como es lógico, a través de las 3 tablas anteriores se puede apreciar un incremento de los casos o los días evitados a medida que pasan los años, pues se va reduciendo más la concentración de MP₁₀ respecto a la situación de no hacer nada, pero también se van incrementando los casos o los días evitados a medida que las metas son más fuertes, encontrándose los valores más elevados en caso de que se cumpla con la norma de la OMS en el año 2022.

En el caso de la reducción del MP_{2,5} hasta 2022 según las tres metas propuestas para este contaminante, los resultados se muestran de la misma forma que en el caso del MP₁₀. Se comienza con los casos o días de morbilidad evitados si en 2022 (se muestran sólo 3 años) se llega a cumplir con la norma chilena de MP_{2,5} (20 µg/m³).

Tabla 9.16: Casos o Días de Morbilidad Evitados debido a reducción de MP_{2,5} entre 2012 y 2022 en Temuco y Padre Las Casas para cumplir con norma de Chile en 2022

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Evitados		
	2014	2018	2022
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	31,8	83,8	126,5
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	22,8	60,1	90,7
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	19,6	51,7	78,1
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	175.006,3	362.793,2	481.962,0
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	139.192,4	367.201,2	554.407,5
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	2.342,0	6.178,4	9.328,3
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	12.348,2	32.575,7	49.183,4
Bronquitis Aguda, niños menores a 15 años	550,9	1.994,4	4.120,6
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	88,7	234,1	353,4
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	9,5	25,1	38,0
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	137.975,3	363.990,5	549.559,9
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	25.062,8	66.117,7	99.825,7

Fuente: Elaboración propia.

En cambio, si se busca cumplir con un nivel intermedio de MP_{2,5} entre la norma chilena y la de la OMS, o sea, de 15 µg/m³ en 2022, los casos o días evitados de morbilidad que se pueden lograr son los siguientes:

Tabla 9.17: Casos o Días de Morbilidad Evitados debido a reducción de MP_{2,5} entre 2012 y 2022 en Temuco y Padre Las Casas para cumplir con nivel intermedio en 2022

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Evitados		
	2014	2018	2022
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	40,2	101,9	147,9
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	28,8	73,0	106,1
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	24,8	62,9	91,3
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	153.224,0	388.116,6	563.635,1
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	176.255,6	446.455,8	648.357,1
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	2.965,6	7.511,9	10.909,1
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	15.636,3	39.606,7	57.518,1
Bronquitis Aguda, niños menores a 15 años	595,4	2.171,5	4.391,7
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	112,4	284,6	413,3
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	12,1	30,6	44,4
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	174.714,5	442.552,2	642.688,2
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	31.736,3	80.388,1	116.742,2

Fuente: Elaboración propia.

Por último, si en 2022 se logra cumplir con la norma de MP_{2,5} de la OMS (10 µg/m³) los casos y días evitados serían los siguientes:

Tabla 9.18: Casos o Días de Morbilidad Evitados debido a reducción de MP_{2,5} entre 2012 y 2022 en Temuco y Padre Las Casas para cumplir con norma de OMS en 2022

Tipo de Morbilidad	Cantidad de Casos o Días Evitados		
	2014	2018	2022
Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, toda la población	51,3	122,6	169,4
Admisiones Hospitalarias por Causas Cerebrovasculares, toda la población	36,8	87,9	121,4
Admisiones Hospitalarias por Causas Cardiovasculares, toda la población	31,7	75,7	104,6
Días con Síntomas Respiratorios, niños entre 5 y 14 años	195.599,3	467.086,3	645.306,1
Días con Síntomas Respiratorios, adultos mayores a 14 años	225.000,6	537.295,7	742.304,4
Días de Uso de Broncodilatador, niños entre 5 y 14 años	3.785,8	9.040,4	12.489,8
Días de Uso de Broncodilatador, adultos mayores a 20 años	19.960,6	47.665,4	65.852,4
Bronquitis Aguda, niños menores a 15 años	666,5	2.410,3	4.618,6
Bronquitis Crónica, adultos mayores a 27 años	143,4	342,5	473,2
Insuficiencia Cardíaca Congestiva, ancianos mayores a 65 años	15,4	36,8	50,8
Días de Menor Actividad Restringida, adultos mayores a 14 años	223.033,3	532.597,8	735.814,0
Días de Trabajo Perdidos, adultos ocupados, mayores a 14 años	40.513,3	96.744,6	133.658,2

Fuente: Elaboración propia.

Los valores son más elevados que en el caso de la reducción de MP₁₀ debido a que en Temuco y Padre Las Casas hay una brecha mayor entre los niveles actuales de MP_{2,5} y las diferentes normas o metas, además de que en varios casos los coeficientes de las funciones dosis – respuesta son relativamente mayores.

9.4 Valoración de la Mortalidad Evitada

Anteriormente se mostraron los casos estimados de mortalidad evitada si se reduce la contaminación. El paso siguiente es dar un valor monetario a esos casos, lo que es fundamental dado que en la mayoría de los estudios similares los beneficios por reducir la mortalidad son la mayor proporción dentro de los beneficios totales.

El tema de la valoración de la vida o de las muertes evitadas es algo complejo y sensible, pero necesario, dado que ante la diversidad de proyectos públicos que reducen el riesgo de muerte hay que elegir aquellos que entreguen un mayor beneficio social neto, dada la restricción de recursos con que se cuenta, además de que en la práctica, tanto el Estado

como las personas, toman decisiones que reducen el riesgo de mortalidad y asignan un valor implícito o explícito a la vida (Stiglitz, 2000a; Freeman, 2003). Aunque la vida es inconmensurable en principio, realizar su valoración es importante precisamente para resguardarla mejor (Acocella, 1998).

La valoración de la vida a través de distintos métodos basados en las preferencias de las personas (reveladas o declaradas) no es sobre una vida en concreto, sino que lo que se valora es la reducción de la probabilidad de una muerte, o sea, es el valor de una vida estadística (Viscusi y Gayer, 2006), o también se puede llamar el valor de una muerte estadística evitada (Freeman, 2003).

Los diferentes enfoques para valorar la vida estadística o la muerte estadística evitada brindan enormes diferencias en esa valoración (para un mismo país y en épocas similares) a nivel internacional (Miller, 2000; Viscusi y Aldy, 2003; EPA, 2011), tal como ha ocurrido con los diferentes estudios realizados en el caso chileno, los que se revisarán a continuación. En general se aprecian valores estadístico de la vida relativamente más elevados en los países desarrollados, dado que la valoración del riesgo de morir crece más con el ingreso (Pervin *et al.*, 2008), por lo que es conveniente tener estimaciones propias en cada país en vez de tomar valores externos y adecuarlos según la lógica de la transferencia de beneficios.

Afortunadamente, para el caso chileno se cuenta con varias estimaciones recientes del valor de la vida con diferentes métodos. No obstante, en todos los casos se establecen valores generales, sin diferenciar por edad, lo que puede ser relevante en el ámbito de las medidas de descontaminación, pues los diferentes grupos de edad pueden afectarse de forma muy diferente con un mismo nivel de contaminación del aire (Pearce *et al.*, 2006).

Para comenzar, el Ministerio de Desarrollo Social ha estimado el valor de la vida en Chile a través del enfoque de capital humano (MDS, 2011), que considera los ingresos netos (ingresos generados menos el consumo personal) perdidos por muertes prematuras al no poder participar en el mercado laboral. La estimación está hecha para el año 2010, pero con los ajustes correspondientes (por incremento de precios y de productividad), el valor de 2012 está en torno a los 160.000 USD. Es importante destacar que el método del capital humano ha recibido importantes críticas (Hanley y Spash, 1993; Azqueta, 1994; Freeman, 2003), sobre todo asociadas a que deja fuera a las personas que no están en el mercado laboral, puede otorgar un valor muy pequeño a los niños (debido a que la tasa de descuento puede reducir mucho el valor actual de los ingresos futuros), y a que no considera las preferencias de las personas en cuanto a la reducción del riesgo de muerte (propia o de los demás). Por tanto, el valor estimado por esta vía puede considerarse un nivel base inferior (Markandya *et al.*, 2002), claramente subvalorado¹⁰⁶.

Otra estimación es la realizada por Hojman *et al.* (2005), quienes aplican la técnica de preferencias declaradas con un modelo de elección, donde a través de una encuesta, las personas podían elegir alternativas de uso de carreteras chilenas con diferentes niveles de

¹⁰⁶ El gobierno de Estados Unidos no considera este enfoque para la valoración de la vida en la estimación de los beneficios por reducir la contaminación del aire (EPA, 2011).

riesgo de accidentes fatales o con serios daños, junto a otros atributos, como el tiempo de viaje. A partir de ello estiman un valor de la vida (basado en el valor otorgado a la reducción en el riesgo de muerte por accidente de tránsito) que en 2012 (con los ajustes necesarios) alcanza un monto cercano a los 400.000 USD (IC 95% entre 276.585 y 477.297), que es más del doble de lo alcanzado por el método del capital humano. Sin embargo, como bien señalan Freeman (2003) y Pearce *et al.* (2006), el valor obtenido por esta vía no necesariamente es el más adecuado para los temas ambientales, pues por ejemplo, la muerte por razones de contaminación del aire ocurre en el largo plazo, como cuando es debido al cáncer de pulmón, mientras que las muertes por accidentes pueden ocurrir de un momento a otro.

El método de valoración contingente también ha sido aplicado para la ciudad de Santiago de Chile (Cifuentes *et al.*, 2000b), donde se exploró la disposición a pagar para reducir el riesgo de muerte en los siguientes años para diferentes grupos de edad de la población¹⁰⁷. Según este estudio, los valores de 2012 (ajustados desde 1997) estarían cercanos a 1 millón de USD, pero si se ajusta por la diferencia de ingreso per cápita entre Santiago de Chile y el promedio ponderado de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas¹⁰⁸, el valor es en torno a los 700.000 USD para estas zonas (IC 95% entre 608.059 y 793.794), mucho más elevado que por los métodos anteriores. A pesar de las críticas que ha recibido este método para la valoración estadística de la vida (Cropper, 2000), se considera muy relevante para la estimación de beneficios de las políticas ambientales, tal como sucede en Estados Unidos (EPA, 2011), donde se utiliza un promedio del valor de la vida entre los resultados del método de valoración contingente y los del método de salarios hedónicos.

Por último, en un estudio muy reciente, Parada *et al.* (2013) aplicaron el método de salarios hedónicos para estimar el valor estadístico de la vida a partir del riesgo laboral y las diferencias salariales en relación con ese riesgo. Estos investigadores encontraron que en Chile el valor estadístico de la vida está en más de 4,6 millones de USD para el año 2006, pero con correcciones de la endogeneidad utilizando variables instrumentales para las tasas de riesgo, ese valor llegó a 12,8 millones de USD para ese mismo año. Ambos valores resultan muy superiores (incluso sin corregir para llegar a los valores de 2012) a las anteriores estimaciones. Es importante destacar que los resultados de la valoración estadística de la vida a partir del riesgo en el mercado laboral no se consideran muy apropiados para el contexto de la contaminación atmosférica (Cropper, 2000; Freeman, 2003; Bickel y Friedrich, 2005), pues los grupos de la población que están en el mercado laboral son diferentes a los grupos afectados por la contaminación del aire (y por ejemplo, la aversión al riesgo de los jóvenes y los viejos es muy diferente), y en el mercado laboral las personas eligen las actividades de forma voluntaria¹⁰⁹, mientras que la exposición a la contaminación del aire es más de carácter involuntario. Por otro lado, en el método de salarios hedónicos lo que se mide es la disposición a aceptar, no la disposición a pagar, que como se sabe, en la literatura empírica se encuentran grandes diferencias, siendo la

¹⁰⁷ Es importante destacar que este estudio brindó resultados similares a las estimaciones indirectas (a través de una regresión) que hizo Miller (2000) para Chile, junto a otros países, considerando los resultados de 13 países desarrollados con diferentes métodos de estimación del valor estadístico de la vida.

¹⁰⁸ Según esquema habitual. Por ejemplo, ver Cifuentes *et al.* (2005).

¹⁰⁹ Incluso se considera que existen problemas en esa valoración por el hecho de que las personas con menos aversión al riesgo (amantes del riesgo) tienden a elegir las labores más riesgosas (Pearce *et al.*, 2006).

disposición a aceptar más elevada (Pearce *et al.*, 2006). Todo ello lleva a que se obtengan valores muy elevados por esta vía.

Los valores estimados para Chile (salvo el de Parada *et al.*, 2013) se encuentran por debajo de lo que se ha obtenido en los países desarrollados (por ejemplo, en EPA (2011), el gobierno de Estados Unidos utiliza un valor estadístico de la vida promedio de diferentes estudios, como ya se mencionó, que alcanza un valor en torno a los 8 millones de USD en precios de 2006), lo que está en correspondencia con su nivel de ingreso per cápita (Viscusi y Aldy, 2003). Por tanto, el crecimiento económico del ingreso per cápita en el futuro debe incrementar el valor estadístico de la vida en Chile.

A continuación se utilizarán las distintas estimaciones anteriores, con excepción de la de Parada *et al.* (2013)¹¹⁰, para valorar las muertes evitadas por reducción de la contaminación en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022. En cada una de ellas se asumirán 3 escenarios de incremento del ingreso per cápita en estas zonas, del 1, 2 y 3% anual, lo que incrementará el valor estadístico de la vida hasta 2022, tal como se recomienda en la literatura que se haga con las variables relacionadas con el ingreso de las personas (Pearce *et al.*, 2006)¹¹¹. Como referencia, hay que considerar que en los últimos 10 años, el ingreso per cápita en Chile se ha incrementado en 3,7% como promedio anual¹¹². Por otro lado, la reducción de la contaminación se considerará en 3 escenarios diferentes, tal como se ha mostrado anteriormente con los casos estimados de mortalidad y morbilidad: alcanzar en 2022 la meta de la norma chilena, la norma de la OMS y un nivel intermedio entre ambas.

En todos los casos se utilizará la tasa social de descuento oficial de Chile, que es de 6% (MDS, 2012), para actualizar los beneficios (a valores de 2012).

Se comienza con la valoración de las muertes evitadas en el corto plazo por todas las causas debido a la reducción de MP_{10} considerando a toda la población.

En la tabla siguiente se consideran los valores de beneficios actuales tomando el valor de la vida basado en el método del capital humano (valor en 2012 = 158.654,5 USD). Los valores de beneficios mostrados son considerando las estimaciones centrales en cuanto al riesgo relativo (de la función dosis – respuesta), mientras que los valores entre paréntesis muestran los riesgos bajos y altos de daño a la salud (IC al 95%).

¹¹⁰ Tanto por los problemas mencionados arriba como porque con los valores tan elevados que dan los resultados de beneficios estimados por reducción de la contaminación, cualquier programa se puede llevar a cabo, aunque sea el más costoso que se pueda imaginar.

¹¹¹ En la práctica se asumirá una elasticidad del valor estadístico de la vida respecto al ingreso de 1 (en este capítulo y en el siguiente), teniendo en cuenta que a nivel internacional ese valor ha fluctuado entre 0,5 y 1,7 aproximadamente (Pearce *et al.*, 2006).

¹¹² Cálculos propios a partir de base de datos del Banco Central de Chile: www.bcentral.cl.

Tabla 9.19: Valoración de los Casos de Muertes Evitadas en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, todas las causas, toda la población, a corto plazo, Método de Capital Humano

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Muertes Evitadas por Método de Capital Humano (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	20,3 (15,2–25,3)	19,0 (14,3–23,7)	17,8 (13,4–22,2)
Nivel Intermedio	39,0 (29,3–48,5)	36,5 (27,5–45,4)	34,2 (25,8–42,6)
Norma OMS	60,6 (45,7–75,3)	56,8 (42,9–70,6)	53,3 (40,2–66,2)

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que el valor de la vida por el método del capital humano brinda el menor valor de los estimados en Chile, los beneficios por reducción de la contaminación en todos los escenarios son bastante elevados. Suponiendo un incremento promedio anual del ingreso per cápita de 2% en los próximos años, los beneficios actualizados por muertes evitadas en el corto plazo debido a la reducción de la contaminación de MP₁₀ van de 19 a 56,8 millones de USD (tomando las estimaciones centrales de los coeficientes de la función dosis – respuesta), en dependencia de si se logra la norma chilena, un nivel intermedio o la norma de la OMS. Como es obvio, los beneficios son mayores mientras mayor sea la reducción de la contaminación (norma OMS) y mientras mayor sea la proyección del crecimiento del ingreso per cápita: en torno a los 60 millones de USD (considerando sólo la estimación central con coeficiente de la función dosis – respuesta).

Ahora se mostrarán los beneficios por muertes evitadas considerando el valor de la vida estimado por el modelo de elección con preferencias declaradas a partir del riesgo de accidentes fatales en las carreteras. El valor en 2012 de este valor fue de 392.173,6 USD. Los valores entre paréntesis muestran los riesgos bajos y altos de daño a la salud (IC al 95%) de acuerdo a los datos de las funciones dosis – respuesta.

Tabla 9.20: Valoración de los Casos de Muertes Evitadas en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, todas las causas, toda la población, a corto plazo, Método de Elección con Preferencias Declaradas por Riesgo en Carreteras

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Muertes Evitadas por Método de Elección Riesgo Carreteras (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	50,0 (37,6–62,5)	46,9 (35,3–58,5)	43,9 (33,0–54,8)
Nivel Intermedio	96,3 (72,5–119,9)	90,2 (67,9–112,3)	84,5 (63,7–105,2)
Norma OMS	149,7 (112,9–186,1)	140,4 (105,9–174,5)	131,7 (99,4–163,7)

Fuente: Elaboración propia.

Como es obvio, los beneficios estimados son mucho mayores que lo obtenido por el método del capital humano, entre 46,9 y 140,4 millones de USD si se asume un crecimiento del ingreso per cápita en torno al 2% y con reducciones diferentes de la contaminación. El valor (estimación central) más elevado está en torno a los 150 millones de USD, que es si se reduce la contaminación para cumplir con la norma de la OMS y si el ingreso per cápita crece en 3% anual.

Por último, se utiliza el valor de la vida obtenido por el método de la valoración contingente, que es 701.589,8 USD para 2012. Igualmente, los valores entre paréntesis muestran los riesgos bajos y altos de daño a la salud (IC al 95%) que se obtuvieron por las funciones dosis – respuesta.

Tabla 9.21: Valoración de los Casos de Muertes Evitadas en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, todas las causas, toda la población, a corto plazo, Método de Valoración Contingente

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Muertes Evitadas por Método de Valoración Contingente (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	89,6 (67,3–111,8)	83,9 (63,1–104,7)	78,6 (59,1–98,0)
Nivel Intermedio	172,3 (129,7–214,5)	161,4 (121,5–201,0)	151,2 (113,9–188,3)
Norma OMS	267,8 (202,0–332,8)	251,2 (189,5–312,2)	235,7 (177,8–292,9)

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, los valores estimados son mucho mayores a los 2 anteriores. Si se supone un crecimiento del ingreso per cápita de 2% en los próximos años, los beneficios por muertes evitadas estarían entre 83,9 y 251,2 millones de USD (estimaciones centrales) según la reducción de la contaminación que se logre. Incluso hay valores en torno a los 300 millones de USD, que se obtienen si se logra la reducción para cumplir con la norma de la OMS y si se consideran los coeficientes mayores de la función dosis – respuesta.

A continuación se hace el mismo ejercicio, pero con los casos de muertes evitadas por reducción de MP_{2,5}, considerando sólo las causas cardiopulmonares y cáncer de pulmón a largo plazo para la población mayor a 30 años (se mostrarán los resultados a partir de una función dosis – respuesta log-lineal solamente, que es la más recomendada por Ostro (2004) para casos de elevada contaminación, como es lo que sucede en Temuco y Padre Las Casas). Es importante recordar que estos valores no se deben sumar a los anteriores (aunque haya una relación estrecha entre MP₁₀ y MP_{2,5}), pues los efectos de corto plazo pueden estar incluidos en los de largo plazo (Ostro, 2004), además de que las reducciones de la contaminación que se han simulado tienen puntos iniciales y finales diferentes.

Se comienza con los valores de beneficios actuales tomando el valor de la vida basado en el método del capital humano:

Tabla 9.22: Valoración de los Casos de Muertes Evitadas en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, causas cardiopulmonares y cáncer de pulmón, población mayor a 30 años, a largo plazo, Método de Capital Humano

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Muertes Evitadas por Método de Capital Humano (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	35,0 (13,5–53,9)	32,7 (12,6–50,4)	30,6 (11,8–47,1)
Nivel Intermedio	44,4 (17,5–67,2)	41,5 (16,4–62,8)	38,8 (15,3–58,7)
Norma OMS	56,7 (22,9–83,6)	53,0 (21,4–78,1)	49,5 (20,0–72,9)

Fuente: Elaboración propia.

Los valores son similares a los estimados con la reducción de MP₁₀, sobre todo para las reducciones para llegar a la norma de la OMS y al nivel intermedio, pues para llegar a la norma chilena los beneficios en este caso son mayores. Con un crecimiento del ingreso per cápita del 2% anual, los beneficios estimados por muertes evitadas están entre 30 y 50 millones de USD aproximadamente, en dependencia de la reducción de la contaminación por MP_{2,5}.

Los beneficios estimados por muertes evitadas considerando el valor de la vida estimado por el modelo de elección con preferencias declaradas a partir del riesgo de accidentes fatales en las carreteras son los siguientes:

Tabla 9.23: Valoración de los Casos de Muertes Evitadas en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, causas cardiopulmonares y cáncer de pulmón, población mayor a 30 años, a largo plazo, Método de Elección con Preferencias Declaradas por Riesgo en Carreteras

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Muertes Evitadas por Método de Elección Riesgo Carreteras (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	86,5 (33,4–133,2)	80,8 (31,3–124,5)	75,6 (29,2–116,3)
Nivel Intermedio	109,8 (43,3–166,1)	102,7 (40,5–155,2)	96,0 (37,8–145,0)
Norma OMS	140,1 (56,6–206,7)	130,9 (53,0–193,0)	122,4 (49,5–180,3)

Fuente: Elaboración propia.

Con este mayor valor de la vida, los beneficios estimados están entre 80 y 130 millones de USD aproximadamente para el escenario de crecimiento del ingreso de 2% y para las diferentes reducciones de la contaminación.

Finalmente, cuando se utiliza el valor de la vida según el método de la valoración contingente, los resultados son:

Tabla 9.24: Valoración de los Casos de Muertes Evitadas en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, causas cardiopulmonares y cáncer de pulmón, población mayor a 30 años, a largo plazo, Método de Valoración Contingente

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Muertes Evitadas por Método de Valoración Contingente (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	154,7 (59,8–238,3)	144,6 (55,9–222,7)	135,2 (52,3–208,1)
Nivel Intermedio	196,5 (77,4–297,2)	183,7 (72,4–277,7)	171,7 (67,7–259,4)
Norma OMS	250,6 (101,3–369,7)	234,2 (94,7–345,4)	218,9 (88,6–322,6)

Fuente: Elaboración propia.

Con el supuesto de incremento de 2% en el ingreso per cápita, los beneficios estimados en este caso van de 144,6 a 234,2 millones de USD.

9.5 Valoración de la Morbilidad Evitada

En esta parte se realizará la valoración de los diferentes casos de morbilidad presentados arriba, tanto por reducción de MP₁₀ como de MP_{2,5}. Se buscarán diferentes alternativas para valorar cada caso, a fin de obtener beneficios más ajustados a la realidad de Temuco y Padre Las Casas.

Una de las situaciones más serias de morbilidad se asocia a las hospitalizaciones, pues indica alguna gravedad en el estado de salud de las personas. Se comienza con la valoración de las admisiones hospitalarias por causas respiratorias, para lo cual se han realizado consultas a especialistas locales¹¹³. Considerando un costo de cama por día en hospital de aproximadamente 220 USD, que las personas con estos problemas deben estar un promedio de 5 días hospitalizados, y además en reposo otros 3 a 5 días, también se han contabilizado unos 7 días de trabajo perdidos (más abajo se explica el valor de este componente) y otros gastos médicos, llegando a un total de 1.518 USD de beneficio por cada caso evitado. Este es un valor algo menor, pero cercano al considerado por Holz (2000) para Santiago de Chile, por Octaviano (2011) para México, Costa Rica y Panamá, por Bickel y Friedrich (2005) para Europa, aunque mucho menor al estimado en EPA (2011) para Estados Unidos. En los valores considerados para Temuco y Padre Las Casas no se considera la disposición a pagar para evitar esa situación, pero según Octaviano (2011) ese componente no es tan relevante en este caso.

En cuanto a las admisiones hospitalarias por causas cerebrovasculares y cardiovasculares, por el momento se asumirá el mismo costo por caso que para las causas respiratorias, al no disponer de información local específica al respecto. Es importante indicar que ese mismo procedimiento fue usado por Sánchez *et al.* (1998) para el caso de Santiago de Chile y por Bickel y Friedrich (2005) para Europa. En otros estudios se consideran valores superiores para esas otras hospitalizaciones. Asimismo, los casos de insuficiencia cardiaca congestiva se consideran dentro de las admisiones hospitalarias por causas cardiovasculares (Holland *et al.*, 1999).

Los resultados son los siguientes, considerando el mismo costo por caso para todos los tipos de hospitalizaciones, pero separando por el tipo de contaminante a reducir (MP₁₀ o MP_{2,5}) y por las diferentes metas para cada uno de ellos:

¹¹³ Se consultó a la doctora Myriam Betancourt Astete y al doctor Roberto Reveco Sepúlveda. Myriam Betancourt es Médico Cirujano y Pediatra Broncopulmonar, docente de la Facultad de Medicina de la Universidad de la Frontera, en Temuco, y especialista en el Centro para el Tratamiento de Enfermedades Respiratorias Infantiles (CENTRIS), de Temuco. Roberto Reveco es académico de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Empresariales de la Universidad de la Frontera, Temuco. En la parte de los costos sus comentarios fueron esenciales, así como la consulta directa en farmacias de Temuco y un estudio donde participó Reveco, el de Vallejos *et al.* (2009) para el Ministerio de Salud de Chile, así como de su tesis doctoral (Reveco, 2013).

Tabla 9.25: Valoración de los Casos Evitados de Admisiones Hospitalarias por Causas Respiratorias, Cerebrovasculares y Cardiovasculares en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀ y MP_{2,5}, toda la población

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Casos Evitados de Admisiones Hospitalarias (Millones de USD actualizados a 2012), Estimación Local	
	Por Reducción de MP ₁₀	Por Reducción de MP _{2,5}
Norma Chile	0,659 (0,257–1,1)	1,8 (0,706–2,9)
Nivel Intermedio	1,3 (0,498–2,1)	2,2 (0,855–3,5)
Norma OMS	2,0 (0,782–3,2)	2,6 (1,0–4,3)

Fuente: Elaboración propia.

Si se cumple con la norma chilena de MP₁₀, los beneficios son en torno a los 659.000 USD, mientras que si se alcanza a cumplir con la norma de la OMS pueden estar en torno a los 2 millones de USD. Estos son valores bastante bajos en comparación con la valoración de la mortalidad en sus diversas versiones. En cambio, con la reducción de MP_{2,5} se alcanzan valores mayores de beneficios acumulados, lo que se debe al hecho de que la brecha entre los niveles actuales y las diferentes metas es mayor que lo que ocurre con el MP₁₀.

En cuanto a las enfermedades causadas por la contaminación, una de las más importantes es la bronquitis crónica, que no tiene cura y conlleva importantes costos para la sociedad. Para Chile, Holz (2000) estimó los costos asociados a la bronquitis crónica, que están en torno a los 150.000 USD por caso para Santiago de Chile, lo que incluye tanto los costos directos del tratamiento como los costos indirectos (por ejemplo, los días de trabajo perdidos de los afectados o sus acompañantes y la menor utilidad de las personas enfermas). Es importante destacar que con las estimaciones de EPA (2011) para Estados Unidos y de Bickel y Friedrich (2005) para Europa, y ajustándola al caso chileno de acuerdo a las diferencias de ingreso per cápita (método de transferencia de beneficios), resulta en un valor promedio de 155.050 USD, muy similar a la estimación de Holz (2000) para el caso chileno. Entonces, el valor de Holz (2000) ajustado a Temuco y Padre Las Casas (tal como se hizo con el valor de la vida por el método de la valoración contingente) es de 112.233,7 USD por cada caso de esta enfermedad crónica. Hay que destacar que para inicios de los años 90's se había usado un valor en torno a los 50.000 USD para el caso de Santiago de Chile (Eskeland, 1994; Sánchez *et al.*, 1998).

Adicionalmente a ello, en consulta con especialistas locales¹¹⁴, se ha estimado un costo por caso mucho menor, en torno a los 13.000 USD a lo largo de la vida, que incluye fundamentalmente un tratamiento de aproximadamente 150 USD que se debe repetir unas cuatro veces al año, y unos 4 días de trabajo perdidos al año (la estimación de este caso se explica más abajo). El valor de los 13.000 USD es actualizado a 2012 según una tasa de descuento de 6% y considerando un promedio de casos evitados a diferentes edades. Es importante destacar que dicho valor es cercano a los considerados por Cifuentes *et al.* (2005) para América Latina sin tener en cuenta lo relacionado a la disposición a pagar para evitar la enfermedad, que generalmente es el monto mayor en estos casos (Octaviano, 2011), entre 4 y 5 veces mayor a los costos directos por la enfermedad y por los días de

¹¹⁴ Con la colaboración de la doctora Myriam Betancourt Astete y el doctor Roberto Reveco Sepúlveda.

trabajo perdidos (si se considera ese factor, el valor de Temuco y Padre Las Casas estaría en torno a los 70.000 USD, valor más cercano al de arriba).

En la siguiente tabla se muestran las estimaciones de los beneficios actualizados para este tipo de morbilidad, considerando las diferentes reducciones de la contaminación, tanto de MP₁₀ como de MP_{2,5}, y las dos estimaciones de costos por caso (que en la práctica brindan la visión entre 2 extremos, según la estimación por valores locales de costos de enfermedad y de pérdida de días de trabajo y con la estimación a partir de Holz (2000), que es muy similar a la de transferencia de beneficios desde las estimaciones completas hechas en países desarrollados).

Tabla 9.26: Valoración de los Casos Evitados de Bronquitis Crónica en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀ y MP_{2,5}, población de 27 años y más

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Casos Evitados de Bronquitis Crónica (Millones de USD actualizados a 2012)			
	Por Reducción de MP ₁₀		Por Reducción de MP _{2,5}	
	Estimación Local	A partir de Holz (2000)	Estimación Local	A partir de Holz (2000)
Norma Chile	5,0 (0,0–10,2)	43,3 (0,0–88,3)	18,6 (0,0–39,5)	160,4 (0,0–341,2)
Nivel Intermedio	9,7 (0,0–19,8)	83,9 (0,0–171,3)	22,5 (0,0–47,9)	194,3 (0,0–413,3)
Norma OMS	15,3 (0,0–31,2)	131,9 (0,0–269,3)	27,0 (0,0–57,5)	233,2 (0,0–496,1)

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos son bastante elevados en el caso de las estimaciones a partir de Holz (2000), no tanto por la cantidad de casos evitados, sino por el elevado costo por cada caso, dado que al ser una enfermedad crónica se generan muchos costos a lo largo de la vida. Sin embargo, las estimaciones según datos locales (que no incluyen los daños asociados a la menor utilidad por la enfermedad), aunque son mucho menores que las otras, igualmente brindan valores importantes. Además, con la reducción del MP_{2,5} se logran beneficios mucho mayores a los que se logran con la reducción de MP₁₀, lo que se debe a dos factores: la brecha del MP_{2,5} actual y las diferentes metas es mucho mayor a la que existe en el caso del MP₁₀, y lo otro es que el coeficiente de la función dosis – respuesta es relativamente mayor en el caso del MP_{2,5} que en el del MP₁₀.

La bronquitis aguda para niños menores de 15 años, que son episodios críticos que no son de carácter crónico, también es otra enfermedad respiratoria importante en las situaciones de contaminación atmosférica. Para los costos de tratamiento se ha asumido de 80 USD por cada caso, a partir de consulta con especialistas locales¹¹⁵, tratamiento que dura una semana aproximadamente. Adicionalmente se ha asumido que por cada caso se pierde un día de trabajo (más abajo se explica)¹¹⁶, fundamentalmente asociado al hecho de que los padres tienen que dedicar tiempo a acompañar a sus hijos a la consulta médica y el cuidado posterior. A continuación se muestra la valoración de estos casos:

¹¹⁵ Con la colaboración de la doctora Myriam Betancourt Astete y el doctor Roberto Reveco Sepúlveda.

¹¹⁶ Se asumió un incremento de 1% anual de ese salario, considerando un escenario conservador.

Tabla 9.27: Valoración de los Casos Evitados de Bronquitis Aguda en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, población menor de 15 años

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Casos Evitados de Bronquitis Aguda (Millones de USD actualizados a 2012), Estimación Local	
	Por Reducción de MP ₁₀	Por Reducción de MP _{2,5}
Norma Chile	1,3 (0,9–1,4)	1,8 (1,6–2,0)
Nivel Intermedio	1,8 (1,4–2,1)	2,0 (1,8–2,2)
Norma OMS	2,2 (1,9–2,5)	2,2 (2,0–2,4)

Fuente: Elaboración propia.

En estas estimaciones se obtienen valores menores a los de la bronquitis crónica (con estimaciones locales), en torno a 1,3 millones de USD por beneficios de casos evitados en caso que se cumpla con la norma chilena en 2022, y llegando a más de 2 millones de USD si se logra cumplir con la norma de la OMS.

Para la valoración de los días con síntomas respiratorios se han usado estimaciones locales en consulta con especialistas de este ámbito¹¹⁷. El costo del tratamiento se valora en torno a los 35 USD, que incluye el valor de la consulta y de los medicamentos básicos (no se ha incluido el valor del día de trabajo perdido o la disposición a pagar para evitar la enfermedad, por lo que claramente es una subestimación de lo real). El tratamiento dura unos 10 días, por lo que el valor por día es de 3,5 USD. La estimación de los valores de todos los días evitados en Temuco y Padre Las Casas, tanto para niños como para adultos, tanto para reducción de MP₁₀ como de MP_{2,5}, y para diferentes metas en cada caso, se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 9.28: Valoración de los Días Evitados de Síntomas Respiratorios en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀ y MP_{2,5}, población de 5 años y más

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Días Evitados de Síntomas Respiratorios (Millones de USD actualizados a 2012), Estimación Local	
	Por Reducción de MP ₁₀	Por Reducción de MP _{2,5}
Norma Chile	5,3 (1,6–9,0)	14,7 (4,3–24,8)
Nivel Intermedio	10,3 (3,0–17,5)	17,8 (5,2–30,1)
Norma OMS	16,3 (4,7–27,5)	21,3 (6,2–36,1)

Fuente: Elaboración propia.

Los valores no son bajos, en un rango entre 5 y 16 millones de USD para el MP₁₀, en dependencia de la forma en que se reduzca la contaminación. Con la reducción del MP_{2,5} se logran beneficios mayores, lo que se debe a la mayor brecha existente entre el nivel actual de ese contaminante y las diferentes metas.

¹¹⁷ Con la colaboración de la doctora Myriam Betancourt Astete y el doctor Roberto Reveco Sepúlveda.

Un aspecto relacionado con lo anterior es el de días de uso de broncodilatador. Para ello se hizo una consulta a las farmacias de Temuco, para obtener valores de los medicamentos y su duración en dependencia de las crisis de asma. Un valor promedio del medicamento (como el salbutamol) está en los 4 USD, pero de acuerdo a los días de crisis asmática, se ha considerado un valor de 0,3 USD por día. Este valor es bastante bajo, pero es similar al considerado por Bickel y Friedrich (2005) para Europa.

Tabla 9.29: Valoración de los Días Evitados de Uso de Broncodilatador en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀ y MP_{2,5}, población de 5 años y más

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Días Evitados de Uso de Broncodilatador (Millones de USD actualizados a 2012), Estimación Local	
	Por Reducción de MP ₁₀	Por Reducción de MP _{2,5}
Norma Chile	0,025 (0,0–0,090)	0,071 (0,0–0,248)
Nivel Intermedio	0,050 (0,0–0,175)	0,086 (0,0–0,300)
Norma OMS	0,079 (0,0–0,275)	0,103 (0,0–0,360)

Fuente: Elaboración propia.

Los valores totales son bajos. Por ejemplo, la estimación central de estos beneficios es de 50.000 USD si se logra reducir la contaminación a un nivel intermedio entre la norma chilena y la de la OMS en cuanto al MP₁₀. Para la reducción del MP_{2,5} los valores son un poco mayores, lo que se debe a la mayor reducción que hay que hacer entre los niveles actuales de ese contaminante y las diferentes metas.

Uno de los aspectos más importantes en la valoración de la morbilidad se refiere a los costos evitados asociados a los menores días de trabajo perdidos que puede ocasionar una reducción de la contaminación. Para ello es necesario considerar el salario que se deja de percibir en caso de ausencia al trabajo debido a alguna enfermedad causada por la contaminación del aire. Aunque el trabajador reciba su salario (ya sea por mecanismos internos de las empresas, por los seguros médicos, o algún otro), se debe considerar como perdido en caso de que no trabaje, pues es producción que no se realiza. El salario, como medida asociada a la productividad marginal del trabajo, debe reflejar la producción perdida en caso de que no se trabaje. No obstante, hay algunas críticas al uso del salario como medida de productividad marginal debido a diversas imperfecciones en el mercado laboral¹¹⁸ (Pervin *et al.*, 2008).

En este caso se calculó el salario promedio de los trabajadores de Temuco y Padre Las Casas a partir de la CASEN 2011, que resultó en 940 USD mensuales. Ello se ajustó primero para considerar el ingreso bruto, que incluye las contribuciones a las pensiones y al sistema de salud, lo que se convierte en 1.150 USD mensuales en 2011. Luego se ajusta para el 2012 (por inflación y productividad del trabajo) y se divide entre 21 días, que son los días laborables promedio del mes de Noviembre (cuando se tomó la encuesta). Ello brinda un salario bruto promedio diario de 57,5 USD en 2012. Entre 2012 y 2022 se asumieron 3 escenarios de crecimiento de ese salario, tal como se hizo para los valores

¹¹⁸ Hay que considerar el problema del desempleo, la discriminación en el mercado laboral y la consideración de las personas que no están en el mercado laboral pero que contribuyen a la actividad económica.

estimados de la vida estadística, tomando en cuenta el crecimiento promedio anual del ingreso per cápita de Chile en los próximos años (en base a los resultados pasados). Las tasas de 1, 2 y 3% de crecimiento anual han sido consideradas como alternativas.

En la siguiente tabla aparecen los beneficios actualizados de acuerdo a diferentes criterios de reducción de la contaminación y con diferentes escenarios de incremento del salario en los próximos años. Es importante destacar que se han descontado los valores por días de trabajo perdidos asociados a los diferentes tipos de admisiones hospitalarias y por los diferentes tipos de bronquitis para evitar una doble contabilización.

Tabla 9.30: Valoración de los Días Evitados de Trabajo Perdido en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, población de 15 años y más, ocupada

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Días Evitados de Trabajo Perdido (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	8,2 (7,3–9,2)	7,7 (6,9–8,7)	7,2 (6,4–8,1)
Nivel Intermedio	16,3 (14,4–18,2)	15,3 (13,5–17,1)	14,3 (12,6–16,0)
Norma OMS	25,8 (22,6–29,0)	24,2 (21,2–27,2)	22,7 (19,9–25,6)

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios acumulados por esta causa oscilan entre 7,7 y 24,2 millones de USD en el escenario de crecimiento del salario de 2% y con las diferentes reducciones en la contaminación. Por supuesto, el valor más elevado, en torno a los 26 millones de USD se obtiene cuando se reduce la contaminación para cumplir con la norma de la OMS y si el salario tiene un crecimiento promedio anual de 3% en los próximos años.

En relación con lo anterior está la valoración de los días con menor actividad restringida, que son días en que no se deja de trabajar, pero al estar enfermas, las personas no tienen el mismo rendimiento. Además, en esos días no hay un disfrute de los momentos del ocio como cuando se está sano, lo que también debe considerarse. En este caso no se cuenta con información específica para el caso chileno, por lo que se decidió realizar un simple ejercicio de transferencia de beneficios desde Estados Unidos. Según EPA (2011), el valor del día con menor actividad restringida es de 59 USD para 2006. Considerando la diferencia entre Estados Unidos y Chile en cuanto a ingreso per cápita en ese año¹¹⁹, el valor de Chile estaría en 15,6 USD, pero ajustándolo a 2012 de acuerdo al incremento del ingreso per cápita se llega a un valor de 20 USD. Esto es en torno al 35% del valor considerado para los días de trabajo perdido, lo que está en concordancia con otros casos (Sánchez *et al.*, 1998; Bickel y Friedrich, 2005; EPA, 2011). En este caso también se consideran los 3 escenarios de incremento hasta 2022, de 1, 2 y 3%.

Los resultados son los siguientes:

¹¹⁹ Según datos del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), disponibles en www.undp.org.

Tabla 9.31: Valoración de los Días Evitados de Menor Actividad Restringida en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, población de 15 años y más

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Días Evitados de Menor Actividad Restringida (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	17,6 (14,3–20,9)	16,5 (13,4–19,6)	15,4 (12,5–18,4)
Nivel Intermedio	34,1 (27,7–40,6)	31,9 (25,9–38,0)	29,9 (24,3–35,6)
Norma OMS	53,3 (43,3–63,5)	50,0 (40,6–59,6)	46,9 (38,1–55,9)

Fuente: Elaboración propia.

En este caso los beneficios acumulados son mayores a los estimados con los días de trabajo perdido, pues aunque el valor por día es menor, la cantidad de días son mucho mayores. Los beneficios estimados, si se asume un crecimiento del ingreso per cápita de 2% para el período, están entre 16,5 y 50 millones de USD en dependencia de los niveles de reducción de la contaminación.

Considerando los mismos valores monetarios para los días de trabajo perdidos y para los de menor actividad restringida, a continuación se muestran los valores actualizados de los beneficios por reducción de MP_{2,5} (pues se tenían las funciones dosis – respuesta para este tipo de morbilidad y estos contaminantes) hasta las diferentes metas o normas. Es importante destacar que se han descontado los valores por días de trabajo perdidos asociados a los diferentes tipos de admisiones hospitalarias y por los diferentes tipos de bronquitis para evitar una doble contabilización, tal como se realizó con el MP₁₀.

Tabla 9.32: Valoración de los Días Evitados de Trabajo Perdido en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, población de 15 años y más, ocupada

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Días Evitados de Trabajo Perdido (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	26,3 (22,9–29,6)	24,6 (21,5–27,7)	23,1 (20,1–26,0)
Nivel Intermedio	31,9 (27,7–35,9)	29,9 (26,1–33,7)	28,1 (24,4–31,6)
Norma OMS	38,3 (33,3–43,2)	35,9 (31,3–40,5)	33,8 (29,4–38,1)

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios acumulados en este caso son mucho mayores a los mostrados para el caso de la reducción de MP₁₀, lo que se debe fundamentalmente a que la contaminación actual de MP_{2,5} en Temuco y Padre Las Casas se encuentra muy lejos de cualquiera de las normas, además de que los coeficientes de la función dosis – respuesta son relativamente mayores a los de MP₁₀.

Para el caso de los días evitados de menor actividad restringida por reducción de MP_{2,5}, los resultados son los siguientes:

Tabla 9.33: Valoración de los Días Evitados de Menor Actividad Restringida en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, población de 15 años y más

Criterios de Reducción	Valor Beneficios por Días Evitados de Menor Actividad Restringida (Millones de USD actualizados a 2012)		
	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	53,9 (43,7–64,1)	50,5 (41,0–60,1)	47,4 (38,4–56,3)
Nivel Intermedio	65,1 (52,8–77,5)	61,1 (49,6–72,7)	57,3 (46,5–68,2)
Norma OMS	78,0 (63,2–92,7)	73,2 (59,4–87,0)	68,7 (55,8–81,7)

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se mostró anteriormente, con la reducción de MP_{2,5} hasta las diferentes normas o metas se obtienen valores de beneficios bastante más elevados que para la reducción del MP₁₀, lo que en este caso se explica por la gran brecha existente entre los niveles actuales y los deseados y por los mayores coeficientes de la función dosis – respuesta.

9.6 Algunos Resultados Agregados (Mortalidad + Morbilidad)

En esta última sección se hará la sumatoria de los beneficios por descontaminar, tanto los asociados a la mortalidad como a la morbilidad, y tanto para la reducción de MP₁₀ como de MP_{2,5}, aunque en este último contaminante no se tengan tantas funciones dosis – respuesta como en el caso del MP₁₀.

Como se tienen varios cálculos para cada caso analizado, se brindarán los resultados agregados de acuerdo a varios criterios, lo que de alguna forma es un análisis de sensibilidad respecto a los diferentes aspectos considerados: coeficientes de las funciones dosis – respuesta, valor de la vida, costo de las enfermedades y tasa de crecimiento del ingreso en el mediano plazo. No se considerará la variación en la tasa social de descuento, pues se ha utilizado la oficial en Chile para los diferentes proyectos públicos. En el capítulo 11 se muestran simulaciones más completas en base al método de función de daño.

En todos los casos se muestran las estimaciones centrales y entre paréntesis las estimaciones con coeficientes bajos y altos de las funciones dosis – respuesta.

Se comienza con la agregación de los resultados más conservadores en cuanto a valor de beneficios. Por ejemplo, se considera el valor de la vida por el método del capital humano, los costos más bajos de enfermedades en caso de que haya alternativas (como en la bronquitis crónica) y un crecimiento del 1% en todas las variables relacionadas con el ingreso en el mediano plazo (como el valor de la vida y el valor del día de trabajo perdido). Entonces, estos resultados serían una especie de límite inferior en la valoración total de los beneficios.

Tabla 9.34: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, Valores más Conservadores

Criterios de Reducción	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)
Norma Chile	52,7 (35,0–70,5)
Nivel Intermedio	101,6 (67,6–135,9)
Norma OMS	158,7 (105,6–212,4)

Fuente: Elaboración propia.

Considerando los valores más bajos posibles, tanto en mortalidad como en morbilidad, se tienen beneficios importantes por reducción de la contaminación, que van aproximadamente entre los 50 y 160 millones de USD (tomando los coeficientes centrales de las funciones dosis – respuesta), en dependencia de la meta que se alcance.

Ahora se considerará un escenario intermedio, donde el valor de la vida será algo mayor, de acuerdo a las estimaciones con el modelo de elección con preferencias declaradas a partir del riesgo de accidentes fatales en las carreteras chilenas. También se tomará un crecimiento de 2% en los valores que estén asociados con el incremento del ingreso per cápita en el mediano plazo y se seguirán considerando los valores más bajos en los costos de tratamiento de las enfermedades.

Tabla 9.35: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, Valores Intermedios

Criterios de Reducción	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)
Norma Chile	83,4 (58,2–108,6)
Nivel Intermedio	160,6 (112,2–209,1)
Norma OMS	250,5 (175,2–326,1)

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar un incremento en los valores en torno al 60% respecto a las estimaciones agregadas anteriores, fundamentalmente por el mayor valor de la vida.

Finalmente, se estimarán los beneficios totales considerando los valores más elevados, tanto en mortalidad como en morbilidad. Se tomará el valor de la vida de acuerdo al método de valoración contingente, se tomarán los valores más elevados en los costos de las enfermedades y se considerará el ajuste del incremento del 3% en los valores que se incrementen como lo hace el ingreso per cápita. De esta forma se obtendría una especie de límite máximo de valores de beneficios por reducir la contaminación.

Tabla 9.36: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, Valores Elevados

Criterios de Reducción	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)
Norma Chile	166,0 (91,7–241,9)
Nivel Intermedio	320,0 (176,7–466,5)
Norma OMS	499,4 (275,4–728,2)

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, los beneficios agregados se incrementan en torno al doble de las estimaciones anteriores, lo que se debe básicamente al mayor valor de la vida y al mayor costo asociado a la bronquitis crónica.

Considerando las 3 estimaciones agregadas anteriores, se tienen valores de beneficios por mortalidad y morbilidad evitada entre 10 y 30 USD por persona y por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de reducción de MP₁₀ en 10 años, que está en torno al valor usado por CENMA (2007): alrededor de 15 USD¹²⁰, el que fue considerado para la elaboración del Plan de Descontaminación oficial de estas zonas (BCN, 2010b). Es importante destacar que el valor (per cápita) usado oficialmente es similar al obtenido en esta investigación con los supuestos intermedios, tal como en la Tabla 9.35.

Adicionalmente, solamente por curiosidad se calcularon los beneficios acumulados de cumplir con la norma chilena de MP₁₀ si se consideraba el valor de la vida según el método de precios hedónicos (que aunque recibe críticas igualmente se usa para este tipo de ejercicios, tal como hace EPA en Estados Unidos). Tomando los valores más elevados en todos los casos de morbilidad, al igual que en la tabla anterior, pero con el valor de la vida por precios hedónicos, se obtiene un valor de beneficios totales en torno a los 700 millones de USD, que es más de 4 veces el valor obtenido en la tabla anterior para cumplir con la norma de Chile en 2022.

Ahora se procede a realizar la sumatoria de los beneficios para el caso de reducción de MP_{2,5}, que no puede agregarse a las estimaciones anteriores, pues habría un problema de doble contabilización en gran parte de los resultados (pues son dos mediciones de contaminantes muy relacionadas). En los valores mostrados de beneficios totales por reducción de MP₁₀ se consideraba solamente la mortalidad a corto plazo en toda la población. Ahora para el caso de la reducción de MP_{2,5} se considera a la mortalidad a largo plazo para la población mayor a 30 años. Por otra parte, en el caso del MP_{2,5} sólo se tienen funciones dosis – respuesta de los días de actividad restringida por morbilidad.

¹²⁰ Los beneficios por salud en ese estudio se calcularon considerando valores de Cifuentes *et al.* (2005). Además, CENMA (2007) utilizó una tasa de descuento de 10%. Para hacer los valores comparables a este estudio se recalcularon los beneficios con una tasa de descuento de 6%.

Se comienza con los valores más bajos, considerando al valor de la vida por el método del capital humano y un crecimiento de 1% en todos los valores relacionados con el ingreso, tanto en mortalidad como en morbilidad.

Tabla 9.37: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, Valores más Conservadores

Criterios de Reducción	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)
Norma Chile	138,0 (77,0–198,9)
Nivel Intermedio	168,7 (94,1–242,4)
Norma OMS	205,4 (114,4–293,3)

Fuente: Elaboración propia.

En este caso se pueden apreciar los elevados valores, a pesar de que se han considerado los beneficios más modestos. La mortalidad de largo plazo y la brecha existente entre los niveles actuales y los de las diferentes normas de MP_{2,5} explican esos elevados valores.

Ahora se pasará a la sumatoria de beneficios tomando en cuenta valores intermedios, como es la utilización del valor de la vida basado en el método que utiliza el riesgo en las carreteras, además de considerar un incremento de 2% en todos los valores, pero se mantienen los valores más bajos para la morbilidad en caso que se tengan diferentes opciones, como en el caso de la bronquitis crónica.

Tabla 9.38: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, Valores Intermedios

Criterios de Reducción	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)
Norma Chile	193,0 (100,3–281,8)
Nivel Intermedio	238,2 (124,0–245,6)
Norma OMS	293,3 (152,9–421,2)

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los valores anteriores, en este caso se tienen incrementos de 40% aproximadamente (en los valores centrales), fundamentalmente por el valor de la vida utilizado y por el ajuste de 2% en todos los valores por el incremento del ingreso en el mediano plazo.

Por último, se considera el escenario de valores más elevados, donde se considera el valor de la vida por el método de valoración contingente y un ajuste de 3% en todos los valores por el incremento del ingreso per cápita en el mediano plazo, además del valor más elevado para la morbilidad cuando se tienen diferentes opciones, como es con la bronquitis crónica.

Tabla 9.39: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, Valores Elevados

Criterios de Reducción	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)
Norma Chile	413,6 (133,1–703,2)
Nivel Intermedio	509,8 (165,9–860,0)
Norma OMS	626,3 (207,2–1.044,8)

Fuente: Elaboración propia.

En este caso se obtiene un incremento de los valores de más de un 100% (tomando en cuenta solamente los valores centrales) respecto a la sumatoria anterior, lo que se debe fundamentalmente al tipo de valor de la vida utilizado, al ajuste mayor de las variables relacionadas con el ingreso y por el mayor costo de la bronquitis crónica.

En todos los casos se obtienen mayores beneficios por reducción de MP_{2,5} que por reducción de MP₁₀, que son entre 1,2 y 2,6 veces mayores aproximadamente. Ello se debe fundamentalmente a que muchas de las funciones dosis – respuestas tenían coeficientes relativamente más elevados para el caso del MP_{2,5}, lo que se suma al hecho de que las reducciones que hay que hacer en MP_{2,5} para llegar a las diferentes metas son más elevadas que para el caso del MP₁₀. Hay que tener en cuenta que muchas funciones dosis – respuestas de MP_{2,5} se obtuvieron adaptando las disponibles de MP₁₀, por lo que todos los valores anteriores de beneficios por reducción de MP_{2,5} pueden estar con subestimaciones. Por otra parte, hay que considerar que lo de los daños referidos a la mortalidad por causas de largo plazo (como es lo vinculado al cáncer de pulmón) sólo contabilizó con el contaminante MP_{2,5}, pues para el MP₁₀ se trabajó solamente con los impactos en la mortalidad de corto plazo.

Tal como se hizo con el MP₁₀, con el MP_{2,5} también se estimaron los valores de beneficios totales con los valores más elevados de morbilidad y con el valor de la vida mediante el método de los precios hedónicos, llegando a un total de 1.328,6 millones de USD para cumplir con la norma chilena de MP_{2,5} en 2022, o sea, es un valor en torno a 3 veces el valor de la tabla anterior.

9.7 Conclusiones del Capítulo

El método de función de daño ha sido tradicionalmente utilizado para valorar la calidad del aire en muchos países. La fuerte evidencia desde el ámbito de la medicina de que la contaminación del aire genera diferentes problemas de salud hace que este método tenga una base sólida para hacer valoraciones económicas en este caso de bienes sin mercado.

En esta investigación se aplicó este método al caso de Temuco y Padre Las Casas, con la información más actualizada posible, tanto de las funciones dosis-respuesta (del ámbito de la medicina) como de la información demográfica y económica necesaria para obtener los valores específico de estas zonas.

Los resultados mostrados indican valores elevados de beneficios por descontaminar, los que se asocian a la mortalidad y a la morbilidad evitada si en un período de 10 años se logran bajar los niveles de MP_{10} y $MP_{2,5}$ para poder cumplir con diferentes normas de salud, tanto nacionales como internacionales. Dado que el $MP_{2,5}$ es más dañino que el MP_{10} y que la reducción que hay que lograr es relativamente mayor, los beneficios asociados a la descontaminación del $MP_{2,5}$ son significativamente superiores a los del MP_{10} .

En el capítulo 11 se muestran comparaciones de estos resultados con los del otro método aplicado (basado en la percepción de satisfacción con la vida, del capítulo 10), así como con los costos estimados de las medidas de descontaminación. Por el momento se puede afirmar que con el método de función de daño, si bien no se obtienen los valores más elevados de beneficios, son suficientemente altos como para compensar los costos estimados en diferentes estudios.

Además, hay que tener presente que aunque el método de función de daño tiene una base objetiva (no subjetiva) con evidencia científica (las funciones dosis-respuesta), en la valoración monetaria final se utilizan componentes con otra lógica (más propia de las técnicas económicas), como es en el caso del valor de la vida (por ejemplo, con el método de valoración contingente, que es del grupo de métodos de preferencias declaradas). Como se han brindado diferentes alternativas, sobre todo en el caso del valor de la vida, la decisión del valor final que se va a considerar dependerá de las preferencias de las autoridades ambientales. Como ya se mencionó, en el capítulo 11 se hacen más simulaciones con este método y se tendrán varias alternativas para elegir en base a diferentes elementos.

Finalmente, es importante insistir en que los valores obtenidos con el método de función de daño tienden a considerarse en el límite inferior de los beneficios reales, dado que hay varios aspectos que no se consideran totalmente, como los asociados a la valoración subjetiva tanto de la mortalidad como de la morbilidad. O sea, que los beneficios que se obtienen pueden considerarse con cierta seguridad si se quiere tener una posición conservadora en cuanto a los beneficios por descontaminar.

CAPÍTULO 10: LOS BENEFICIOS DE DESCONTAMINAR A PARTIR DEL MÉTODO DE PERCEPCIÓN DE SATISFACCIÓN CON LA VIDA

En este capítulo se ofrecerá otra visión y otro método de valoración del medio ambiente, que complementa los resultados del método de función de daño. El método de función de daño, sobre todo cuando considera los costos efectivamente evitados, sin considerar la valoración asociada a evitar estar enfermo, brinda el límite inferior de todos los costos asociados a la contaminación (Welsch y Kühling, 2009). Pero el método que se aplica en este capítulo parte de la percepción de felicidad o satisfacción de las personas con su vida, e indirectamente se puede estimar la disposición a pagar (DAP) por mejorar la calidad ambiental, lo que significa, sobre todo, una visión de los costos intangibles de la contaminación, que se basa en las preferencias reveladas de las personas afectadas, aunque no son preferencias que se observan en el comportamiento en los mercados, sino que son en base al bienestar declarado en general (no se debe confundir con lo que sucede con los métodos de preferencias declaradas, como se explicará a continuación). Como una variante de este método se considerará también a la percepción del estado de salud de las personas, que se conecta bien con el tema en análisis, tal como sucedió con el método de función de daño.

El método basado en la satisfacción de las personas con su vida es un método novedoso de valoración económica de bienes sin mercado, aplicado por primera vez a inicios de la década de los 2000's por Heinz Welsch (2002), y no ha sido aún considerado en la literatura tradicional sobre valoración ambiental¹²¹ ni en los documentos oficiales de valoración de programas de contaminación¹²², aunque sí se ha utilizado para otros aspectos en la llamada literatura de la “economía de la felicidad” (Welsch, 2006), la que ha crecido notablemente desde los años 90's (Welsch y Kühling, 2009; Levinson, 2013), tanto en el ámbito teórico como en el empírico (Clark *et al.*, 2006), y con investigaciones de mayor calidad va posicionando al método dentro de las opciones en el ámbito de las decisiones de políticas públicas (Lora, 2008; Fujiwara y Campbell, 2011; Frey y Stutzer, 2012). Todo ello ha estado marcado por el retorno del tema de la felicidad en la economía en los últimos años, considerando que es más importante aumentar la felicidad de las personas que aumentar su ingreso, aunque como es obvio ambas variables están relacionadas (Bruni, 2007).

En el método que se desarrollará en este capítulo se asume que la felicidad o satisfacción con la vida es una variable “proxy” del nivel de utilidad o bienestar de las personas (que no es directamente observable) y ello se relaciona con aspectos individuales y del entorno, incluidas las variables ambientales, y con variables tanto objetivas como subjetivas (Frey *et al.*, 2010). Hay que tener en cuenta que la variable central en esta parte no es una variable objetiva, tal como ocurre con el método de función de daño con la mortalidad y la

¹²¹ Por ejemplo, no se encuentra en Freeman (2003), ni en Pearce *et al.* (2006), ni en Vásquez *et al.* (2007), ni en el Volumen 2 del *Handbook of Environmental Economics* publicado en 2006 y dedicado a los métodos de valoración ambiental.

¹²² Por ejemplo, el método de función de daño, como se comentó en el capítulo anterior, ha sido básico en la valoración oficial de la calidad del aire en Estados Unidos (ver EPA, 2011) y en Chile (específicamente para el caso de Temuco y Padre Las Casas, ver CENMA, 2007).

morbilidad, sino que es una variable subjetiva, donde las personas encuestadas valoran cómo se encuentra su vida en general. Los científicos que estudian el bienestar de las personas asumen que un ingrediente esencial de una buena vida es que las mismas personas perciban que su vida va bien y que es de su agrado (Diener *et al.*, 2002).

Sin embargo, es relevante destacar que las definiciones de felicidad, satisfacción con la vida, bienestar subjetivo y calidad de vida, en la literatura económica y psicológica no han estado claramente diferenciadas y consensuadas por los principales autores (Bruni y Porta, 2007). Los economistas tienden a considerar formas más simples en esas definiciones, mientras que los psicólogos tienden a brindar una visión más amplia. Mientras que algunos han tenido un enfoque más hedonista sobre la felicidad, asociándola a los aspectos del placer y el dolor, otras han tenido un enfoque más “eudaimonista”, que se asocia más a la realización del verdadero potencial de las personas, a las relaciones entre los seres humanos y su participación en la vida política, que tiene una visión más ética (aristotélica). En ocasiones, ambos enfoques tienden a tener resultados contrarios en la “producción” de felicidad, pues si se incrementa el ingreso (el consumo de bienes y servicios) y las relaciones interpersonales se reducen (tal como ocurre en las sociedades más avanzadas), la felicidad puede estancarse o reducirse (Bruni, 2007).

10.1 Características, Ventajas y Desventajas

Es importante hacer énfasis en que el método de valoración ambiental basado en la percepción de felicidad no considera la valoración o respuestas de las personas de su bienestar respecto al medio ambiente ni su disposición a pagar por mejorar el medio ambiente (Welsch, 2006; Levinson, 2009; Frey *et al.*, 2010; Fujiwara y Campbell, 2011). O sea, las personas **declaran** de forma directa sobre su percepción de satisfacción con la vida, pero a través del método de valoración ambiental se **revelan** las preferencias de las personas y su disposición a pagar. O sea, de forma indirecta se vinculan esas respuestas con la exposición a diferentes contaminantes (no se les informa a las personas sobre la calidad del aire, ni se les pregunta sobre ello, ni cómo se sienten respecto a eso), a la vez que se relaciona con el ingreso de las personas para estimar la disposición a pagar por reducir los problemas ambientales (tampoco se les pregunta a las personas su disposición a pagar por el bien ambiental, sino que se toman sus valores de ingreso para hacer las estimaciones). Es decir, puede que incluso las personas no tengan conciencia de que están afectadas por la contaminación del aire, pero el método es capaz de captar ese aspecto (Welsch y Kühling, 2009).

El método parte del hecho que generalmente el bienestar de las personas aumenta con mayor ingreso y con menor daño ambiental, por lo que se puede establecer una relación entre ambas variables (Welsch, 2002).

Otros métodos de preferencias reveladas, como es el caso del costo de viaje y de los precios hedónicos, implican decisiones concretas de las personas (ir a algún lugar, comprar una casa, elegir un trabajo), pero en el caso del método de percepción de satisfacción con la vida las personas no eligen nada para inferir un valor de los bienes ambientales, solamente

se toman las percepciones tal y como se expresan y se vinculan indirectamente con los problemas ambientales, lo que puede ser una debilidad respecto a aquellas metodologías.

Es importante destacar que mediante este método de valoración no se pueden valorar directamente las muertes evitadas por un mejoramiento ambiental, pues considera las percepciones de felicidad de las personas vivas (las que responden las encuestas), y en general, no respecto a los problemas ambientales. Sólo en la medida en que las personas vivas estén afectadas por la muerte prematura de sus familiares y amigos y debida a problemas ambientales (algo difícil de especificar en alguna pregunta), entonces podría estar incluyendo la parte de mortalidad estimada mediante el método de función de daño. Por tanto, el método de función de daño sigue siendo esencial al menos en lo que se refiere a la valoración de la mortalidad.

El método de percepción de felicidad considera beneficios ambientales de reducir la contaminación que se reflejan directamente en el bienestar de las personas, como son las consideraciones estéticas, la recreación, y otros aspectos intangibles, que pueden ser importantes y que se deben añadir a varios aspectos de daño a la salud y de daño a las propiedades (Levinson, 2009). Ello se relaciona también con el hecho de que la reducción de la contaminación ayuda a reducir el malestar psicológico de protegerse de la exposición para evitar enfermarse, lo que conlleva un cambio en el estilo de vida (Edelstein, 2002). Además, hay que tener en cuenta que en la percepción de satisfacción con la vida de las personas podrían estarse reflejando aspectos de la conciencia ambiental en relación a diferentes problemas (Ferrer-i-Carbonell y Gowdy, 2007). Por último, la contaminación puede tener un efecto indirecto sobre la satisfacción con la vida (en este caso un posible vínculo positivo, en contra de lo que se planteó anteriormente), pues si las personas que viven en zonas muy contaminadas disfrutan de viviendas más baratas y menos tiempo de desplazamiento al trabajo o a la escuela, entonces ello contrarresta en alguna medida los efectos dañinos (Fujiwara y Campbell, 2011).

Por otra parte, la percepción de felicidad de las personas puede asociarse más a una utilidad experimentada o realmente vivida, mientras que la respuesta de las personas ante diferentes opciones (como ocurre con el método de valoración contingente) se refleja en una utilidad de decisión, que no necesariamente se reflejará en la felicidad de las personas una vez que suceda el evento (tal como se ha encontrado en varios experimentos), aunque es esperable que así sea. O sea, la utilidad de decisión es más un concepto *ex ante*, mientras que la utilidad experimentada, tal como se refleja en las respuestas sobre la percepción de felicidad, es un concepto *ex post*, conceptos que no tienen por qué coincidir (Kahneman y Sugden, 2005). Un aspecto que contribuye a esa diferencia es el efecto de la adaptación de las personas a los cambios, tanto a los buenos como a los malos, y a que el efecto de la adaptación habitualmente no se considera en la evaluación *ex ante*, tal como sucede en los estudios de valoración contingente, por lo que se tienen a sesgar los resultados. Es por ello que el método de percepción de felicidad, basado en la utilidad experimentada puede ser muy útil en la valoración ambiental.

En relación con ello, Levinson (2013) indica que el método de percepción de felicidad utiliza las respuestas de las personas en cuanto a su felicidad actual respecto a sus circunstancias actuales, que es claramente más atractivo y más confiable que otros métodos

que reflejan las preferencias de las personas sobre aspectos futuros en base a las circunstancias actuales.

Por otra parte, Gowdy (2004) menciona a los métodos basados en la percepción de satisfacción con la vida como alternativas a los métodos tradicionales de medición del bienestar de las personas (donde se mide la variación compensatoria y equivalente) para temas ambientales. Ello corrige varios problemas detectados en esas visiones que han sido básicas en el análisis costo-beneficio durante las últimas décadas.

El método de la valoración ambiental mediante la percepción de felicidad tiene varias ventajas respecto a los métodos tradicionales: costo de viaje, precios hedónicos y valoración contingente (Welsch, 2006; Dolan y Metcalfe, 2008; Welsch y Kühling, 2009; Levinson, 2009; Frey *et al.*, 2010; Fujiwara y Campbell, 2011), lo que lleva a que se debe considerar al menos como un complemento de los resultados mediante los enfoques tradicionales. Por ejemplo, si las personas con más aversión a la contaminación viajan a lugares más limpios o que viven en lugares más limpios, ello llevará a una subestimación de la disposición a pagar por reducir la contaminación. No hay problemas de confusión por efectos del ingreso ni amplias brechas entre la disposición a pagar o a aceptar. Y como no se le pregunta directamente a las personas sobre su disposición a pagar por reducir el daño ambiental, se evitan los múltiples sesgos que ocurren con el método de valoración contingente¹²³, incluido el hecho de que no se hacen preguntas poco familiares a las personas, como ocurre con la valoración de la calidad del aire (un bien público, que es más complejo de valorar) en un mercado hipotético, ni se presentan los problemas de respuestas de las personas ante un bien que consideran de propiedad de todos (la calidad del aire) y que es un derecho su disfrute. Asimismo, en esos métodos se requiere asumir ciertos supuestos de racionalidad, formación de expectativas y disponibilidad de información de las personas sobre el funcionamiento de los mercados y un buen funcionamiento de éstos (incluido el equilibrio general), los que en la práctica generan muchos problemas para las estimaciones de beneficios por reducir la contaminación. Por ejemplo, en el método de precios hedónicos aplicado al mercado de viviendas se requiere que las personas tengan información sobre los daños que genera la contaminación en su salud o en su bienestar en general, aspecto que no es necesario en el método de percepción de satisfacción con la vida, pues se obtiene la valoración de la calidad del aire sin que las personas tengan ni siquiera conciencia del daño generado por la contaminación.

En el caso de Temuco y Padre Las Casas, donde los agentes contaminadores son los mismos afectados, es favorable usar un método como el propuesto, pues las personas no declaran directamente cuánto están dispuestos a pagar por reducir la contaminación que ellos mismos generan, lo que podría claramente ser un problema (por los incentivos a no expresar la verdad o por el conflicto implícito de verse beneficiados por lo que genera las emisiones contaminantes: el calor al interior de las viviendas).

Por otra parte, es un método poco costoso y relativamente rápido de aplicar, dado que se usa una base de datos disponible libremente, como es la encuesta de hogares de Chile. Esta

¹²³ Di Tella y MacCulloch (2006) también señalan esto como una fortaleza de los métodos que utilizan a la felicidad para valorar otros aspectos.

encuesta brinda una cantidad suficiente de observaciones, por lo que los resultados son representativos de la población nacional. Además, como es habitual en este tipo de encuestas, se recoge información relevante sobre las características de las personas para explicar la satisfacción con la vida.

También se presentan algunas desventajas con este método de percepción de felicidad o satisfacción con la vida (Welsch y Kühling, 2009; Levinson, 2009; Fujiwara y Campbell, 2011). Por ejemplo, el hecho de que se usen valores promedio anuales de contaminación, tal como se hará en este estudio, también puede ocasionar problemas de sesgos en la estimación de la disposición a pagar, pues la felicidad de las personas puede estar determinada por características endógenas del lugar donde viven, y ello también influye en la contaminación del aire. También puede resultar un método poco efectivo para contaminantes que hacen daño a la sociedad, pero que no son perceptibles para las personas, como el monóxido de carbono. Otra desventaja de este método es que establece una igualdad entre felicidad y utilidad, y establece comparaciones de felicidad/utilidad entre distintas personas, lo que claramente es problemático. Asimismo, la pregunta sobre la felicidad de las personas puede ser algo ambigua o poco precisa, por lo que las respuestas no siempre pueden reflejar la situación exacta de las personas.

Kahneman y Sugden (2005) señalan que en las respuestas de percepción de felicidad, así como en los cuestionarios que se utilizan para la valoración contingente, el orden de las preguntas puede influir en las respuestas (y generar resultados sesgados), sobre todo si aspectos importantes de la vida, que hace que las personas piensen mucho en ellos, están antes o después de las preguntas de interés en cada caso. También destacan que en ocasiones las personas no saben muy bien cómo se sienten o que no tienden a ser sinceros por varias razones. Y señalan que los métodos de valoración ambiental basados en la percepción de felicidad o satisfacción con la vida no tienden a ser útiles para obtener valores puros de existencia o de no uso (para esto se ha usado mucho el método de valoración contingente), donde están presentes aspectos éticos y de conciencia ambiental más que aspectos hedónicos de la experiencia.

Por otro lado, Dolan y Metcalfe (2008) señalan que tanto la experiencia pasada como las expectativas futuras de mejoras (en cualquier aspecto, como puede ser el ambiental) pueden estar influyendo en la percepción de felicidad actual, no solamente la situación real actual del problema (como la contaminación). Esto puede influir en la valoración ambiental que dé como resultado y es algo de este método que no ha sido muy estudiado.

10.2 Marco Metodológico

10.2.1 La Variable Dependiente

La variable clave de este método parte de las respuestas de las personas a preguntas sobre felicidad o satisfacción con la vida en general. Por ejemplo, en la CASEN (Encuesta enfocada a la situación socioeconómica de los hogares) de 2011, que por primera vez incluyó la pregunta sobre percepción de la felicidad, la pregunta fue de la siguiente forma (CMD, 2011):

“Considerando todas las cosas, ¿Cuán satisfecho está con su vida en este momento?”.

Las respuestas van de 1 a 10, donde 1 es “Completamente Insatisfecho”, mientras que 10 es “Completamente Satisfecho”, y no se establecen definiciones para los números entre 2 y 9. Es importante destacar que sólo podían responder las personas de 15 años y más presentes en el momento de aplicación de la encuesta, como es lógico (dado el grado de subjetividad de esa respuesta), lo que lleva a que haya muchos datos perdidos y sean menos observaciones que las que se obtienen con la encuesta total. Esto puede ser relevante para este estudio, pues puede ser que muchas personas afectadas por la contaminación sean niños, lo que no se reflejará directamente en la valoración final de la calidad del aire (sólo indirectamente a través de las respuestas de los adultos, que pueden estar afectados por el bienestar de los niños).

La forma de la pregunta es similar a como se realiza en otros países (Welsch y Kühling, 2009), aunque las escalas pueden ser diferentes: por ejemplo, de 1 a 3, de 1 a 4, de 1 a 10. Pero es importante destacar que a veces la pregunta busca lo que ocurre con la percepción de las emociones, que tiende a tener un comportamiento de corto plazo, mientras que en el caso chileno se busca que las personas hagan una evaluación más general, por lo que la respuesta se asocia a una situación más estable en el tiempo, considerando el pasado, el presente y las perspectivas futuras (Powdthavee y Van den Berg, 2011), tal como se prefiere en la mayoría de los estudios sobre percepción de satisfacción con la vida (Fleche *et al.*, 2011).

Muchas investigaciones sobre la percepción de felicidad o satisfacción con la vida se han llevado a cabo con este enfoque de la pregunta: se pregunta una vez y las personas reportan sobre su nivel de felicidad de acuerdo a una escala (es una metodología poco costosa en comparación con otras más sofisticadas). Aunque esta respuesta se relaciona con otras variables dentro de la misma encuesta, se dejan de lado muchos aspectos sobre las causas de la menor o mayor felicidad, sobre todo cuando se dejan de considerar aspectos del pasado de las personas. Por otro lado, la circunstancia específica que tenga la persona al momento de la encuesta puede influir, así como la forma y el orden de las preguntas (Diener *et al.*, 1999).

Es importante destacar que hay otra pregunta, que además del año 2011 se ha incluido en años anteriores de aplicación de la CASEN, que es la relacionada con la percepción sobre la salud (CMD, 2011):

“Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿Qué nota le pondría a su estado de salud actual?”.

A diferencia de la pregunta sobre felicidad en general, en este caso las personas que respondían la encuesta podían dar nota al estado de salud de personas del hogar que no estuvieran presentes en el momento de aplicación de la encuesta (de todas las edades), lo que puede generar algunas dificultades en cuanto a precisión de la percepción real de salud (sobre todo si las personas consideran a la salud mental dentro de la evaluación general). Sin embargo, en la encuesta se pueden separar a los que responden al menos alguna

pregunta del módulo de salud y así sacar a los que no estaban presentes o no contestaron (como pueden ser los niños) y que tienen una nota en cuanto al estado de salud.

Hay una relación bien estrecha entre la percepción del estado de salud y la percepción de felicidad (o sea, entre las 2 variables anteriores), a veces más que entre las condiciones objetivas de salud y la felicidad (Diener *et al.*, 1999; Deaton, 2008), lo que puede generar problemas en la utilización de la percepción del estado de salud para análisis de políticas públicas (Sen, 2002). Pero en los casos de problemas serios de salud sí hay un efecto adverso sobre el bienestar general percibido (felicidad y estado de salud). En los casos de problemas leves se cree que la adaptación cumple un papel en reducir su impacto negativo sobre la felicidad.

Aunque hasta el momento en la revisión de la literatura internacional no se reporta el uso de esta pregunta para utilizarla en el método de valoración ambiental que considera la percepción de felicidad, abajo se harán ejercicios de valoración para Temuco y Padre Las Casas a partir de esa pregunta, siguiendo la lógica que el problema fundamental de la contaminación se asocia a los efectos en la salud de las personas.

Una preocupación natural con este tipo de variables es si son confiables (dadas las críticas o debilidades señaladas arriba) para hacer estudios de relevancia para las políticas públicas (Lora, 2008), lo que significaría una debilidad del método de valoración ambiental mediante la percepción de felicidad, tal como se señaló arriba. En especial, los economistas tienden a ser escépticos con las variables subjetivas por la posible falta de vínculo con aspectos objetivos (tal como se ha criticado en el caso del método de valoración contingente), que son los que finalmente determinan el bienestar (Sacks *et al.*, 2010). Por ejemplo, se duda si las respuestas de las personas corresponden con condiciones importantes y de largo plazo, como el ingreso y la contaminación, o las variables del momento (alguna enfermedad, algún disgusto o problemas climáticos de corto plazo) pueden influir mucho en las respuestas de las personas (Clark *et al.*, 2006). En el ámbito de la sociología el estudio de la percepción de felicidad o satisfacción con la vida de las personas tampoco ha sido históricamente muy considerado por varias razones (Veenhoven, 2008), por ejemplo, porque se ha preferido utilizar indicadores más objetivos de los problemas sociales.

Incluso, en el ámbito de la psicología, lo relacionado con las respuestas basadas en la introspección, o en la subjetividad, recibieron críticas históricas, lo que influyó en los métodos de investigación en esa ciencia (Fuchs y Milar, 2003). Sin embargo, en la revisión de varios estudios del ámbito de la psicología de las últimas décadas se considera muy consistente la respuesta de las personas sobre su felicidad o satisfacción con la vida en el tiempo, en relación a otras percepciones del bienestar, y en relación a reacciones físicas o de conducta (por ejemplo, sonrisas, presión arterial, respuesta al estrés, actividad pre frontal del cerebro, y tasas de divorcio y de suicidio), así como el reporte de otras personas sobre la felicidad de los que responden la pregunta (Diener *et al.*, 2002; Common y Stagl, 2005; Clark *et al.*, 2006; Di Tella y MacCulloch, 2006; Welsch y Kühling, 2009; Frey *et al.*, 2010; Fleche *et al.*, 2011; Fujiwara y Campbell, 2011), lo que brinda cierta confianza al uso de estas variables de percepción para analizar el impacto de variables objetivas (como la contaminación) y así realizar valoraciones económicas. En el caso de la percepción sobre el

estado de la salud también se han encontrado resultados que brindan validez a esas respuestas (Shields y Shooshtari, 2001; Prus, 2011) para que puedan ser usadas tal como se pretende en la presente investigación.

Por otro lado, la comparación de los grados de felicidad entre las personas resulta ser menos problemático teniendo en cuenta los resultados de investigaciones psicológicas, donde las personas tienden a reconocer y predecir los resultados de felicidad de las otras personas, y las personas más felices tienden a ser señaladas como más felices por otras personas (Clark *et al.*, 2006). En cuanto a la comparación de la percepción de felicidad y la posible interpretación diferente que hagan las personas, ello no es tan problemático con el método de percepción de felicidad, que busca la relación entre dos variables (ingreso y contaminación) en una tasa marginal de sustitución (que se verá abajo) que por definición es ordinal (Welsch y Kühling, 2009; Frey *et al.*, 2010). Además, el análisis costo-beneficio en general con diferentes metodologías de estimación de beneficios depende de la comparabilidad de la disposición a pagar de las personas, lo que a su vez depende de la variación del bienestar.

Asimismo, se ha encontrado que las personas ante diversas situaciones toman decisiones para aumentar su felicidad, lo que brinda la posibilidad de usar esa medida en la lógica de la maximización u optimización de las personas (Clark *et al.*, 2006), lo que resulta fundamental para la aplicación del método de valoración ambiental basado en esta variable de percepción.

Otro aspecto que hace confiable el uso de la percepción de felicidad o satisfacción con la vida en estudios de valoración económica es que los resultados de las investigaciones sobre los determinantes de la felicidad tienden a mostrar resultados consistentes en muchas partes del mundo y en diferentes períodos (Graham, 2005).

En el Anexo A.1 se muestran las estadísticas básicas de las dos variables analizadas en esta parte, que son las que finalmente van a utilizarse como variables dependientes en las regresiones.

10.2.2 La Tasa Marginal de Sustitución entre Ingreso y Contaminación

En la valoración de la calidad del aire mediante el método de percepción de felicidad se han seguido dos estrategias en cuanto al uso de los datos (Welsch, 2006):

- Enfoque Micro: Utiliza las respuestas individuales de las personas respecto a su felicidad o satisfacción con la vida en algún momento.
- Enfoque Macro: Utiliza el promedio de felicidad de un grupo agregado de personas, como puede ser de un país en un año determinado.

En esta investigación se utilizará el primer enfoque, pues se quiere obtener la disposición a pagar que tienen las personas en Temuco y Padre Las Casas por reducir la elevada contaminación del aire. Para ello se contará con información de individuos en todo Chile, pues se requiere contrastar la reacción de las personas ante distintos niveles de contaminación, teniendo en cuenta que a las personas que viven en una ciudad se le

asignará un mismo valor de contaminación (MP_{10} o $MP_{2,5}$, por ejemplo), pues se asumirá que la exposición al contaminante es similar entre todas las personas de un mismo lugar.

Un problema que tiene en enfoque micro es que existe una gran heterogeneidad entre las personas que resulta muy difícil explicar con las variables usualmente disponibles en las encuestas, básicamente lo asociado a los distintos rasgos de personalidad (Welsch, 2006).

La función de felicidad o satisfacción con la vida apropiada para analizar los datos a nivel micro se puede plantear de la siguiente forma (Welsch y Kühling, 2009):

$$PF_{ij} = f(Y_{ij}, CT_j, P_{ij}, E_j, NO_{ij}) \quad (10.1)$$

Donde:

PF_{ij} : Nivel de Percepción de Satisfacción con la Vida o de Felicidad de la persona encuestada i en el lugar j .

Y_{ij} : Nivel de Ingreso de la persona encuestada i en el lugar j .

CT_j : Nivel de Contaminación del lugar j .

P_{ij} : Conjunto de características observables de la persona i en el lugar j .

E_j : Conjunto de variables externas en el lugar j .

NO_{ij} : Conjunto de características no observables de la persona i en el lugar j .

El nivel de ingreso de cada persona (Y_{ij}) es un componente fundamental, no sólo desde el punto de vista teórico, sino que para poder aplicar el método de valoración de la calidad del aire, se debe combinar con el nivel de contaminación en el lugar donde viven las personas (CT_j). Hay que considerar que como no es posible medir la forma en que cada persona se encuentra expuesta a la contaminación, se le asigna un valor similar a todas las personas que están en un mismo lugar (por ejemplo, en Temuco todas las personas tendrían el mismo valor de MP_{10} o $MP_{2,5}$ asignado en el modelo).

Otras variables son importantes, pues ayudan a explicar la felicidad, además de las dos anteriores, y funcionan como variables de control para evitar regresiones espurias en la valoración de la contaminación. Las características que se pueden observar de las personas (P_{ij}), como el género, la edad, el estado civil y el nivel de educación, son variables claves en este grupo. Por otro lado, están las variables externas (adicionales a la contaminación), que afectan a las personas en cada lugar (E_j), pero que son similares para todas esas personas, como es la tasa de desempleo o de pobreza de la zona, el crecimiento económico de la región, las temperaturas y las precipitaciones, entre otras. Y por último, hay un conjunto de características personales que habitualmente no se pueden detectar en las encuestas de este tipo (NO_{ij}), como son los estilos de crianza que tuvieron las personas, las características innatas de personalidad, cómo se afectan con las situaciones de estrés, entre otras (que sí pueden analizarse en estudios más del ámbito de la psicología, por ejemplo, ver Diener *et al.*, 1999).

Si para simplificar se considera la función anterior de forma limitada a las variables de interés para la valoración, entonces:

$$PF_{ij} = f(Y_{ij}, CT_j)$$

A esta función se le puede aplicar el diferencial total:

$$dPF = \frac{\partial PF}{\partial Y} \cdot dY + \frac{\partial PF}{\partial CT} \cdot dCT$$

Si se asume que $dPF = 0$, que es cuando la felicidad no varía cuando varían el ingreso y la contaminación, o sea, que se mantiene una misma curva de indiferencia (más abajo se mostrará), entonces se pueden presentar los siguientes resultados:

$$-\frac{\partial PF}{\partial Y} \cdot dY = \frac{\partial PF}{\partial CT} \cdot dCT$$

De donde se puede obtener la Tasa Marginal de Sustitución entre el Ingreso y la Contaminación (TMS_{YCT}) para mantener el mismo nivel de percepción de felicidad o satisfacción con la vida¹²⁴:

$$TMS_{YCT} = -\frac{dY}{dCT} = \frac{\partial PF/\partial CT}{\partial PF/\partial Y} \quad (10.2)$$

Los signos esperados son: $\partial PF/\partial CT < 0$ y $\partial PF/\partial Y > 0$, pues un incremento en la contaminación debe reducir el bienestar, mientras que el mayor ingreso debe incidir positivamente. Por tanto, la Tasa Marginal de Sustitución entre el Ingreso y la Contaminación (TMS_{YCT}) debe tener un resultado negativo.

Esta relación señala en cuánto debe variar el ingreso cuando varía la contaminación para no modificar el nivel de percepción de felicidad o satisfacción con la vida (Levinson, 2009). En términos de los métodos de valoración, estaría indicando cuánto es el ingreso necesario que deben recibir las personas para aceptar un empeoramiento en la calidad ambiental (Disposición a Aceptar, DAA). O a la inversa, cuánto ingreso estarían dispuestos a dejar de recibir las personas (a pagar) por lograr una mejoría en la calidad ambiental sin que se afecte la satisfacción con la vida (Disposición a Pagar, DAP). De forma más específica, en la literatura sobre valoración ambiental, estos conceptos de Disposición a Aceptar y de Disposición a Pagar están vinculados a los términos de Excedentes Compensatorios y Excedentes Equivalentes (Azqueta, 1994; Markandya *et al.*, 2002), que es cuando ocurren cambios en bienes ambientales a través de las cantidades, no de los precios, tal como ocurre con la calidad del aire.

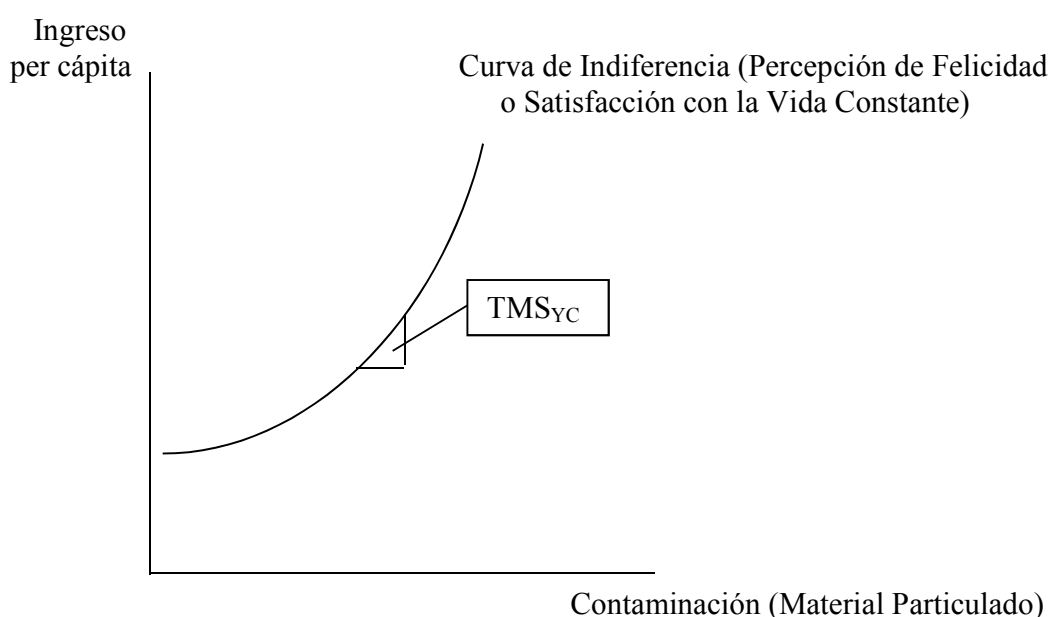
En general, las diferencias entre la Disposición a Aceptar y de Disposición a Pagar para medir un bien ambiental no son elevadas en la mayoría de las circunstancias (Freeman, 2003). Pero en este método a partir de la percepción de satisfacción con la vida a las personas no se les pregunta directamente lo que están dispuestas a aceptar o a pagar por el cambio ambiental (mejora o empeoramiento), por lo que esa discusión no es muy relevante.

¹²⁴ La forma de la fórmula es esencialmente la misma que la planteada para los métodos de preferencias reveladas cuando hay un cambio en una variable ambiental que no tiene precio de mercado (Freeman, 2003).

Es más, las personas ni siquiera se ven impactadas por el cambio ambiental cuando se hace un análisis econométrico de sección cruzada o corte transversal, pues se infiere la disposición a pagar a partir de las diferencias de contaminación de un lugar a otro (a todas las personas en un mismo lugar se les asigna el mismo nivel de contaminación del aire, dada la limitación de la información) y a partir de la influencia del ingreso en la felicidad.

En términos gráficos, la curva de indiferencia se representa con pendiente positiva (En Levinson (2013) se presenta con pendiente negativa y de forma convexa la curva de iso-felicidad debido a que pone a un bien público en contraste con el ingreso, o sea, que coloca a dos bienes en los ejes):

Figura 10.1: Curva de Indiferencia entre Contaminación e Ingreso per cápita



Fuente: Elaboración Propia.

Como la contaminación (como es el caso del MP_{10} o $MP_{2,5}$) es un mal y el ingreso per cápita es un bien, entonces la curva de indiferencia se dibuja de forma positiva. Ello indica que las personas sólo aceptan más contaminación si tienen una compensación en cuanto a ingreso per cápita para mantenerse con el mismo nivel de felicidad. O a la inversa, las personas están dispuestas a tener una reducción en su nivel de ingreso si son compensadas con una menor contaminación. Por otro lado, se ha dibujado la curva de indiferencia de forma convexa debido a que se asume que cuando el mal (la contaminación) es muy elevado, un incremento adicional tiene que ser compensado con un incremento cada vez mayor del bien (el ingreso). Además, indica que las personas con ingreso más elevado (y por tanto, con utilidad marginal menor en el consumo) están dispuestas a reducir mucho su ingreso por una reducción menor en la contaminación (dado que el aire limpio es un bien escaso, con una utilidad marginal elevada), pero cuando ya se ha reducido mucho la contaminación (el aire limpio es abundante, con baja utilidad marginal), entonces se está dispuesto a reducir sólo un poco el ingreso para seguir disminuyendo la contaminación.

De esta forma, el método de percepción de satisfacción con la vida realiza el análisis económico de forma inversa a lo habitual. En los mercados privados se observan los niveles de ingreso de las personas y los precios de los bienes y servicios privados, y a partir de ello se deducen las funciones de utilidad y las relaciones marginales entre los bienes. En el caso de los bienes públicos, como es la calidad del aire, no se tienen precios de mercado, por lo que se parte de la función de utilidad, que utiliza como “proxy” a la felicidad de las personas, y a partir de ello se estima el precio de los bienes públicos en base a la relación que tienen con el ingreso de las personas en un contexto de optimización (Levinson, 2013).

10.2.3 La Disposición a Pagar por Descontaminar

En base a la función 10.1 mostrada previamente, la función básica a estimar econométricamente con este método y de acuerdo a la base de datos que se utilizará en Chile (con datos en forma de sección cruzada según la última encuesta de hogares disponible)¹²⁵ es la siguiente (Welsch y Kühling, 2009; Frey *et al.*, 2010):

$$PF_{ij} = \alpha + \beta_1 \cdot \log(Y_{ij}) + \beta_2 \cdot CT_j + \beta_3 \cdot P_{ij} + \beta_4 \cdot E_j + \varepsilon_{ij} \quad (10.3)$$

Es una versión lineal de la función 10.1, pero como es lógico excluye a las características no observables de los individuos (NO_{ij}). Los errores del modelo (ε_{ij}) estarían reflejando parte de esos efectos. Generalmente los estudios empíricos con el enfoque micro brindan resultados con bajos niveles de ajuste (bajos R^2 o Pseudo R^2 , en dependencia del método econométrico que se utilice), lo que se debe fundamentalmente a las características no observables de los individuos, como los rasgos de personalidad, las variaciones en las emociones, el cumplimiento de los objetivos o metas en la vida, entre otros aspectos psicológicos (Diener *et al.*, 1999; Graham, 2005)¹²⁶. Sin embargo, se cree que ello no afecta mucho a los resultados relevantes en este estudio, pues los aspectos genéticos o de otro tipo que afectan al grado de felicidad de las personas se reflejan sobre todo en el valor promedio de felicidad de las personas, no tanto en el impacto de unas variables (como el ingreso o la contaminación) sobre la satisfacción con la vida (Common y Stagl, 2005).

Aunque muchos estudios sobre este tema usan un mismo enfoque general, hay diferencias metodológicas en varios detalles del procedimiento de estimación y de la forma de las variables consideradas (Welsch y Kühling, 2009).

¹²⁵ La principal encuesta de hogares de Chile, la CASEN, se aplica desde hace varios años a una muestra representativa de la población y se usa fundamentalmente para determinar los indicadores oficiales de pobreza y desigualdad. El Ministerio de Desarrollo Social es el encargado de aplicarla y publicar sus resultados: http://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen_obj.php.

¹²⁶ Sin embargo, la inclusión de rasgos de personalidad y otros aspectos emocionales de las personas no garantiza que se obtengan ajustes elevados en las regresiones, aunque sí se mejoran claramente los resultados en comparación a no incluir esos elementos (por ejemplo, ver Ferrer-i-Carbonell y Gowdy, 2007). Hay que considerar que el estudio de la personalidad es complejo y con muchas visiones o “estrategias” de análisis, lo que hace muy difícil su consideración en forma adecuada en estudios estadísticos de esta naturaleza (Liebert y Spiegler, 1997).

Por la naturaleza de la variable de percepción de felicidad los métodos de estimación de la función 10.3 deben ser de elección discreta, como son los Probit o Logit Ordenados. Pero una desventaja de ese procedimiento se relaciona con la heterogeneidad de las características no observables. Por ejemplo, los rasgos de personalidad se vinculan mucho con la felicidad de las personas, lo que a su vez se vincula con el ingreso, con riesgo de sesgo de simultaneidad (que las personas más felices tengan más éxito debido a su optimismo en cuanto a obtener mayores ingresos, y que los mayores ingresos aumenten su felicidad). Además, varios estudios que utilizan el procedimiento de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) encuentran que entregan resultados adecuados y con menos problemas que con otros métodos (Welsch y Kühling, 2009; Frey *et al.*, 2010), además que no se encuentran diferencias relevantes en los efectos de las variables (Helliwell, 2003; Graham, 2005; Levinson, 2009; Fleche *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013). Sin embargo, los resultados respecto a lo que más importa en este caso, que es el cálculo de la Tasa Marginal de Sustitución, no tienden a ser muy diferentes en las distintas metodologías de estimación.

La variable ingreso (Y) aparece habitualmente en forma logarítmica (log o ln), que indica una utilidad (o felicidad, o satisfacción) marginal decreciente respecto al incremento en el ingreso (Levinson, 2009; Frey *et al.*, 2010). Esto implica que las personas de mayor ingreso aparecerán con mayor disposición a pagar (en términos absolutos) por reducir la contaminación. Tal como indican los resultados econométricos, el mejor ajuste entre la satisfacción con la vida y el ingreso es con el ingreso en forma logarítmica y la satisfacción con la vida de forma lineal, tal como son las respuestas de las encuestas (Sacks *et al.*, 2010).

Debido a la utilización del logaritmo en la variable ingreso para las estimaciones econométricas, la tasa marginal de sustitución promedio debe multiplicarse por el nivel de ingreso para así obtener la Disposición a Pagar (DAP_i) promedio de una persona (Levinson, 2009):

$$DAP_i = TMS_{YCT} \cdot - Y_i = \frac{\partial PF / \partial CT}{\partial PF / \partial Y} \cdot - Y_i = \frac{\beta_2}{\beta_1} \cdot - Y_i \quad (10.4)$$

Como se espera que $\beta_1 > 0$ y $\beta_2 < 0$, entonces la DAP_i , lo que está dispuesto a pagar un individuo promedio por reducir la contaminación, debe ser positivo (observe que se ha multiplicado la TMS_{YCT} por el ingreso promedio de la persona con signo negativo: $- Y_i$). En este trabajo se utilizarán distintas alternativas de la variable ingreso (para el ejercicio de valoración final, luego de obtenidos los resultados microeconómicos), como es el ingreso promedio (simple) y la mediana del ingreso, debido a que hay grandes diferencias entre esas formas de medición en un contexto de mucha desigualdad de ingresos, como ocurre en todo Chile.

Es importante destacar que la $TMS_{YCT} = \beta_2 / \beta_1$ es para el corto plazo, pues no se están considerando los efectos de largo plazo a través de los niveles de ingreso y contaminación del pasado (Menz, 2011). Generalmente la tasa marginal de sustitución, y por tanto, la disposición a pagar es mayor cuando se considera el largo plazo, básicamente porque el efecto del ingreso se va atenuando, mientras que el de la contaminación se va

incrementando (por los efectos en salud, que son más a largo plazo, como el cáncer de pulmón o la bronquitis crónica).

Si se quiere obtener la DAP total de la sociedad, sencillamente se multiplica el DAP_i (promedio individual) por el total de la población (PB):

$$DAP = DAP_i \cdot PB \quad (10.5)$$

El método de valoración mediante la percepción de felicidad o satisfacción con la vida se ha aplicado específicamente al problema de la contaminación del aire en varios contextos y con diversos enfoques y técnicas de estimación. Por ejemplo, Welsch (2002, 2006) aplica un enfoque macro con diferentes países y con diferentes contaminantes. Menz y Welsch (2010) consideran el enfoque macro, pero solamente para los países de la OCDE con datos panel, pero con énfasis en el efecto de la estructura demográfica (porcentaje de jóvenes y viejos), pues el efecto de la contaminación en las personas depende de la vulnerabilidad de la salud cuando pasan los años. Y Menz (2011) también aplica un enfoque macro, con datos panel y en primeras diferencias para países europeos, latinoamericanos y asiáticos, donde se consideran niveles pasados de ingreso y contaminación para ver el efecto de adaptación de las personas a esas variables.

Di Tella y MacCulloch (2006), en un estudio amplio sobre los determinantes de la felicidad con un enfoque micro para Estados Unidos y varios países europeos, encuentran un vínculo entre reducción de la contaminación del aire y su contrapartida monetaria respecto al ingreso. Los estudios específicos sobre el tema de la calidad del aire y su valoración mediante el método de la felicidad han crecido mucho en los últimos años, como por ejemplo: Levinson (2009) aplica un enfoque micro para Estados Unidos, mientras que Luechinger (2009) hace algo similar en Alemania, MacKerron y Mourato (2009) en Inglaterra, Ferreira y Moro (2010) en Irlanda, Smyth *et al.* (2011) en China y Ambrey *et al.* (2014) en Australia. Hasta el momento no se han encontrado estudios para casos de América Latina con el enfoque micro, por lo que este estudio sería pionero en la región.

En todos los estudios señalados se encuentra una relación positiva entre el ingreso y la felicidad y una relación negativa entre la contaminación del aire y la felicidad, por lo que obtienen la Tasa Marginal de Sustitución para poder valorar los beneficios por reducción de la contaminación.

10.3 Los Determinantes de la Felicidad o Satisfacción con la Vida

Los aspectos que inciden en la satisfacción con la vida de las personas son muchos y variados, lo que implica una mirada multidimensional sobre esta variable (Lora, 2008). Tal como señalan Diener *et al.* (1999 y 2002), no hay una respuesta simple sobre qué determina la felicidad. Según estos autores, los determinantes de la felicidad pueden ser de dos tipos básicos:

- Los que vienen de afuera, como el ingreso, la edad, el género, etnia, educación, estado civil y las condiciones ambientales. Hay que tener en cuenta que los deseos y objetivos de las personas muchas veces dependen de aspectos externos.
- Los que vienen de adentro, que tienen que ver con la percepción de las personas ante diferentes sucesos, en lo que son determinantes los rasgos de personalidad para entender la reacción diferente de las personas.

Esta perspectiva es similar a la planteada por el importante filósofo británico Bertrand Russell, quien destacó en 1930 que: “La felicidad, esto es evidente, depende en parte de circunstancias externas y en parte de uno mismo” (Russell, 1930)¹²⁷. En general, esos dos factores ayudan a determinar aspectos enteros de la personalidad de las personas (Liebert y Spiegler, 1997).

Tal como enfatizan Diener *et al.* (1999), la interacción entre aspectos de personalidad y ambientales es lo que produce la felicidad, a veces en vías algo complicadas. La forma en que las personas hacen frente a los problemas puede ser importante. Además, los aspectos de la cultura en que viven las personas también influye. Esto se vincula con una visión amplia en psicología y sociología que entiende a los seres humanos en base a las condiciones internas (biológicas y psicológicas) y externas (contexto social y ambiental) que tengan (Wapner y Demick, 2002; Veenhoven, 2008).

Según Diener *et al.* (1999 y 2002), cuando los rasgos de personalidad y la genética (especialmente lo relacionado con la extraversión y el neuroticismo) son relevantes, entonces los cambios del entorno tienden a subir o a bajar la felicidad, pero con el tiempo las personas vuelven a sentirse de acuerdo a sus condiciones de personalidad. Es la idea de la adaptación a los cambios y la vuelta al mismo nivel de felicidad o infelicidad de largo plazo (de origen). La adaptación o habituación a los eventos, malos y buenos, es bastante normal en los seres humanos. Sin embargo, eso depende del tipo de eventos, unos con mayor duración en sus efectos sobre el bienestar que otros.

Lo otro que puede ser importante son los estándares de comparación: con otras personas, consigo mismo en el pasado, con las expectativas futuras, necesidades y metas. Las personas se pueden sentir más o menos felices de acuerdo a su percepción respecto a los estándares de comparación. Además, las metas u objetivos en la vida y el éxito que se tiene en alcanzarlos determinan la felicidad de las personas.

Los aspectos de adaptación y de estándares de comparación son relevantes para la variable de ingreso de las personas, pero también para otras variables que afectan su bienestar.

Por otra parte, un problema importante en la investigación sobre los determinantes de la felicidad o satisfacción con la vida se refiere a la causalidad. Hay variables claramente exógenas, como la contaminación del aire, pero hay otras relaciones que son dudosas, donde las variables pueden influir en la felicidad y/o la felicidad en dichas variables (Dolan

¹²⁷ Russell planteó una serie de aspectos claves para alcanzar la felicidad que resultan muy difíciles de medir en encuestas, lo que se refleja en la dificultad ya mencionada de encontrar modelos econométricos con buenos ajustes.

et al., 2008). Por tanto, en los resultados empíricos sobre los determinantes de la felicidad se deja claro que no se establecen relaciones de causalidad, aunque intuitivamente respecto a muchas variables se puede pensar que sí existe causalidad para explicar la felicidad (por ejemplo, ver Helliwell, 2003; Pairó, 2007; Fleche *et al.*, 2011).

En general, aún hay muchas interrogantes en la explicación de la satisfacción con la vida, pues hay aspectos que constituyen una “caja negra”, pues no se sabe bien cómo interactúan los diferentes insumos (ingreso, relaciones interpersonales, variables externas) para generar la mejor combinación para las personas (Bruni, 2007).

A continuación se seguirá el orden de variables explicativas de la satisfacción con la vida tal como se planteó en la fórmula 10.3, que es la que se estimará más abajo para aplicar el método de valoración de la calidad del aire. Se comienza con el ingreso y la contaminación, porque son las dos variables claves para este método, pero también se comenta de forma breve el resto de las variables, que van a ser las variables de control en las regresiones. Al final, dado que la literatura no ha sido tan amplia como respecto a la satisfacción con la vida, se harán breves comentarios sobre los determinantes de la percepción del estado de salud.

10.3.1 El Ingreso

Como se pudo apreciar anteriormente, la variable de ingreso de las personas o el promedio nacional es fundamental dentro del método de valoración ambiental basado en la percepción de satisfacción de las personas. Precisamente, la relación entre el nivel de ingreso y la felicidad ha sido muy estudiada en las últimas décadas. A pesar del supuesto económico tradicional de que más ingreso puede significar un mayor consumo, y por tanto un mayor bienestar o utilidad (que se hizo más claro en la escuela utilitarista y en la teoría de la elección racional), los estudios sobre los determinantes empíricos de la felicidad han encontrado que esta relación es compleja, pues no hay una sola forma en que el ingreso pueda influir en la felicidad (Clark *et al.*, 2006), aunque es importante destacar que mucha de la literatura clásica en economía reconocía que la felicidad (sobre todo el bienestar social) dependía de aspectos más complejos que el simple incremento en el ingreso (Bruni, 2007).

En primer lugar, lo habitual en la actualidad es usar el logaritmo del ingreso más que la variable de ingreso de forma directa (Stevenson y Wolfers, 2008), pues la utilidad marginal del ingreso (o sea, su impacto sobre la felicidad) va disminuyendo a medida que aumenta el ingreso¹²⁸. Esta relación no lineal lleva a que las personas o los países de menores ingresos tengan aumentos importantes en la percepción de felicidad cuando aumenta su ingreso, pero las personas o países de mayores ingresos no muestren muchos avances en esa percepción. Es decir, el ingreso resulta determinante para la felicidad cuando se pueden satisfacer las necesidades básicas, pero más allá de eso la relación se hace más compleja

¹²⁸ El concepto de utilidad marginal fue muy relevante durante el siglo XX en el debate sobre los principios económicos y su relación con los fundamentos psicológicos. Un elemento importante en ese debate era lo referido a las pruebas empíricas de ese concepto (Lewin, 1996), lo que de alguna forma se retoma en la literatura económica moderna sobre la felicidad o satisfacción con la vida.

(Diener *et al.*, 1999; Veenhoven, 2008) o no lineal. No obstante, como señalan Layard *et al.* (2008), adicionalmente al efecto no lineal que se tiene al utilizar el logaritmo del ingreso, existe un efecto adicional de caída en la utilidad marginal (o felicidad marginal) que se aprecia con un coeficiente negativo asociado al logaritmo del ingreso elevado al cuadrado.

Un elemento a considerar es que en el vínculo entre ingreso y satisfacción con la vida no se debe asumir solamente los bienes y servicios que se pueden disfrutar con ese ingreso, sino que también hay que considerar las horas de ocio. Por tanto, si las horas de trabajo reducen el bienestar de las personas, ello hay que considerarlo para que el impacto del ingreso en la felicidad sea el adecuado (Fujiwara y Campbell, 2011), tal como se hará en las aplicaciones econométricas abajo.

Otro aspecto a tener en cuenta es que las personas valoran menos un incremento del ingreso que una pérdida de la misma magnitud (tienen aversión al riesgo) (Layard, 2006), lo que hace que la relación entre el ingreso y la felicidad dependa de los movimientos del ingreso, aunque en general las economías muestran crecimiento económico, y por tanto, un aumento en el ingreso per cápita. Asimismo, como señala Graham (2005) las medidas de ingreso pueden ser engañosas en su efecto sobre la felicidad si no tienen en cuenta el grado de inseguridad o vulnerabilidad de esos ingresos (por ejemplo, si está latente el peligro de volver a la pobreza) o en dependencia del grado de desigualdad social y el funcionamiento de las instituciones para proteger a la gente o para facilitar la movilidad social.

Uno de los aspectos que más influyó en el estudio de esta variable como determinante de la felicidad fue la conocida paradoja de Easterlin (Easterlin, 1995), que indica que en un país en un momento determinado las personas de más ingresos son más felices que las que tienen menos ingresos, pero cuando sube el ingreso de todos (crecimiento económico nacional) no sube el promedio de felicidad.

Ello dio paso a una concepción de impacto del ingreso sobre la felicidad que consideraba dos aspectos: el ingreso absoluto y el ingreso relativo (Myers, 2003; Clark *et al.*, 2006; Layard, 2006). Por un lado, un aumento del ingreso permite un mayor nivel de consumo, lo que aumenta el bienestar de las personas. Pero el ingreso relativo, que puede considerar el ingreso de ciertos grupos de referencia, ya sea en el mismo país o en el exterior, el ingreso del pasado, o las expectativas que se tenían para el futuro, también puede determinar el bienestar de las personas, de forma adicional al impacto del ingreso en forma absoluta. O sea, se considera el efecto de comparación que hacen las personas, lo que puede hacerse de diferentes formas. Además, ello puede ir cambiando, como sucede con las aspiraciones: si cuando crece el ingreso también crecen las aspiraciones, entonces el incremento en el ingreso no tendrá mucho efecto en la felicidad en el mediano y largo plazo. Otro aspecto que influye en la explicación de la paradoja de Easterlin es el proceso de adaptación que tienen las personas. Pues el incremento del ingreso absoluto puede tener un impacto inicial en la felicidad, pero cuando las personas se acostumbran a esas condiciones, su nivel de felicidad baja nuevamente hasta su nivel habitual.

No obstante, lo anterior sucede sobre todo con aquellos bienes relacionados con el confort (consumo defensivo), que satisfacen ciertas necesidades de consumo (como alimentos, ropa, vivienda, transporte) para mantener la vida y hacerla más fácil (evitan el dolor), no

tanto con el consumo de bienes relacionados con el placer (consumo creativo), que son actividades de búsqueda de bienestar (como la lectura y la realización de actividades artísticas, los viajes, la realización de deportes, pasar tiempo con los amigos), que requieren esfuerzos de las personas y que no son de primera necesidad (Bianchi, 2007).

Sin embargo, Sacks *et al.* (2010) indican que las teorías del ingreso relativo, de la adaptación y de la situación de saciedad son de importancia secundaria, pues un hecho está claro según los datos: la felicidad aumenta con el ingreso absoluto (siempre utilizando el ingreso en forma logarítmica, indicando que la relación no es lineal). Esto ocurre al interior de un país entre individuos con diferentes niveles de ingreso, tal como señalaba Easterlin, pero también entre países con diferentes niveles de ingreso, y la felicidad aumenta con el crecimiento económico. Estos hallazgos recientes son gracias a una gran cantidad de información, de muchos países y períodos, con grandes diferencias entre ellos, información con la que no se contaba hasta hace pocos años.

En el análisis econométrico de abajo se utilizará la variable de ingreso per cápita (siempre en forma logarítmica), la que se calculará de la siguiente forma (considerando las siglas de la encuesta CASEN):

$$\text{Ingreso per cápita} = \frac{(\text{YAUTHAJ} + \text{YSUBHAJ} + \text{YAIMHAJ})}{\text{NUMPER}}$$

Donde YAUTHAJ = Ingreso Autónomo del Hogar (donde se encuentran los ingresos por el trabajo, las pensiones, ganancias de capital, entre otros), YSUBHAJ = Subsidios Monetarios del Hogar, YAIMHAJ = Alquiler Imputado del Hogar, y NUMPER = Número de Personas en el Hogar. O sea, a cada persona dentro del hogar se le asigna un ingreso promedio simple, que asume una situación solidaria en cuanto a las posibilidades de disfrutar ese ingreso, aunque claramente la forma de obtenerlo puede ser muy desigual.

Con ese cálculo del ingreso se eliminaron los casos extremos (0,5% de menores ingresos y 0,5% de mayores ingresos), tal como se propone en Layard *et al.* (2008) (aunque ellos eliminan el 5% de menores ingresos y el 5% de mayores ingresos), para eliminar problemas de errores de medición y el efecto de ingresos temporales que no son los habituales, pues la encuesta se toma una vez al año y se consulta por el ingreso mensual.

Finalmente, se realizó un ajuste para tener una visión del ingreso real, es decir, deflactado por un índice de precios diferente por regiones¹²⁹. En Chile el INE (Instituto Nacional de Estadísticas) no publica el IPC (Índice de Precios al Consumidor) por regiones, sino que a nivel nacional (aunque hace levantamiento de información en todas las regiones). Sin embargo, el Centro de Estudios en Economía y Negocios, de la Universidad del Desarrollo, publica todos los años un Índice de Costo de la Vida en las ciudades del país (todas las capitales regionales), lo que se usó para deflactar el ingreso per cápita de las personas en cada región (se utilizó el informe que tomó los precios en 2011: UDD, 2012).

¹²⁹ Layard *et al.* (2008) y otros estudios internacionales hacen ajustes del ingreso, por ejemplo, a través de la paridad del poder adquisitivo.

10.3.2 La Contaminación del Aire

Las variables relacionadas con la contaminación atmosférica son esenciales, como es lógico, en este método de valoración ambiental, en su interacción con el ingreso.

En varios estudios internacionales, como los que se mencionaron anteriormente que aplican el método de percepción de felicidad, se encuentra un impacto negativo de varios tipos de contaminantes sobre el bienestar percibido de las personas. Además, como indica Menz (2011), el efecto de la contaminación del aire (de MP_{10}) sobre la felicidad de las personas no parece irse con el tiempo (tal como ocurre con otras variables, como el ingreso, pues hay un proceso de adaptación), pues los efectos sobre la salud tienden a ser graduales, como ocurre con muchas enfermedades respiratorias, que aparecen y a veces se mantienen en el mediano y largo plazo. En general, según estudios psicológicos, la adaptación con varios aspectos no ocurre, pues además de la contaminación, también sucede con el estrés de los traslados largos diarios entre la vivienda y el trabajo o la escuela, el ruido elevado, la soledad, entre otros (Bianchi, 2007). Pero tal como señala Edelstein (2002), la adaptación a la contaminación puede depender de los niveles que tenga, pues a niveles elevados es más difícil que las personas se mantengan con su vida habitual inalterada.

La contaminación atmosférica influye en la salud y en otros aspectos del bienestar de las personas¹³⁰, incluido el bienestar psicológico (Edelstein, 2002), pero para poder relacionarlo con la felicidad o satisfacción con la vida el tipo de contaminante analizado resulta conveniente que sea percibido de alguna forma por las personas (sobre todo por sus impactos en el corto plazo en la salud y en el bienestar psicológico), aunque no se refieran directamente a eso cuando responden sobre su grado de felicidad. Es por ello que variables objetivas, como es la medición del material particulado (ya sea MP_{10} o $MP_{2,5}$), que es el de interés en esta investigación, se pueden usar mejor en este tipo de análisis (Ferreira *et al.*, 2013), pues hay otros tipos de contaminantes que no son percibidos directamente por las personas, tal como ocurre con el monóxido de carbono y el óxido de nitrógeno. Este aspecto es similar a lo que ocurre con otros métodos de valoración basados en las preferencias reveladas, donde se necesita que la variable ambiental sea percibida por las personas y afecte a su comportamiento (Freeman, 2003).

Tal como indican Brereton *et al.* (2008) el enfoque microeconómico en los determinantes de la felicidad permite una mejor aproximación al impacto de las variables ambientales, pues la contaminación del aire, por ejemplo, es un fenómeno local. Por tanto, si se usan valores promedios nacionales (como en el enfoque macro) no se estaría reflejando adecuadamente el impacto de la contaminación en la felicidad.

Lo ideal es que el dato de contaminación varíe de individuo a individuo, de acuerdo al grado de exposición de cada cual, pero ello es imposible con la información disponible en

¹³⁰ También se ha encontrado evidencia de la conciencia ambiental sobre diferentes aspectos en la percepción de satisfacción con la vida (Ferrer-i-Carbonell y Gowdy, 2007), o sea, que los problemas ambientales se reflejan también en el bienestar de las personas en dependencia de la preocupación ambiental que tengan, no únicamente a través de variables objetivas.

Chile en la actualidad, por lo que aquí se asumirá, tal como en otros estudios, que la contaminación atmosférica de la localidad o ciudad es la misma para todas las personas de esa localidad o ciudad.

Para esta parte de la investigación se recurrió a la información de MP_{10} y $MP_{2,5}$ que brinda el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA)¹³¹, del Ministerio de Medio Ambiente de Chile (tal como se ha mostrado previamente para otras partes). En la actualidad hay información de los principales centros urbanos, aunque la cobertura temporal y los contaminantes considerados son diferentes en la mayoría de los casos. En total, se reunió información de estos contaminantes para 70 centros urbanos (comunas), incluidas todas las capitales regionales.

En algunos casos se asignaron valores de esos contaminantes a zonas urbanas sin información, lo que se hizo fundamentalmente para varias comunas de la Región Metropolitana de Santiago. Como en esa región hay información de varias comunas, a las comunas sin información se le asignó el valor de la comuna más cercana, teniendo en cuenta que la distancia entre comunas es muy pequeña, por lo que es lógico asumir que los niveles de contaminación son similares. Una razón adicional para hacer este procedimiento es que en muchas comunas sin estaciones de monitoreo se tienen grandes cantidades de personas (observaciones), lo que es fundamental para contar con más información en los modelos de regresión.

Otra información faltante que se completó de forma manual fue la de MP_{10} o $MP_{2,5}$ cuando estaba disponible una de las dos y faltaba la otra (ocurrió para pocos casos). Para ello se consideró la conversión entre estos dos contaminantes, tal como se ha hecho en otros estudios importantes (por ejemplo, en Cohen *et al.*, 2004 y en la información más reciente de la contaminación del aire en las ciudades de la Organización Mundial de la Salud¹³²), considerando la variación de esa relación entre el norte, el centro y el sur del país, donde las fuentes contaminantes varían bastante. En Temuco y Padre Las Casas los niveles de $MP_{2,5}$ son cercanos al 70% de los niveles de MP_{10} (en Osorno y Coyhaique, también con mucho uso de leña, ese porcentaje está en torno al 80%), mientras que en las comunas de la Región Metropolitana ese porcentaje está en torno al 37% y en las comunas del norte (zonas desérticas con mucha actividad minera) esos porcentajes varían entre el 30% y el 40% aproximadamente. Por ejemplo, en la ciudad de Arica (en el extremo norte, frontera con Perú) se tenía un valor de $MP_{2,5}$ de $17,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pero como no se tenía el valor de MP_{10} , se aplicó el porcentaje de 0,45 ($MP_{2,5}/MP_{10}$), tal como en Antofagasta (otra ciudad del norte), llegando a un valor de $38,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10} : $17,5/0,45$. O a la inversa, en la ciudad de Coronel, al sur, se tenía el valor de MP_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero no el de $MP_{2,5}$, por lo que se aplicó el porcentaje de 0,57, similar a lo que ocurre en Concepción y Chiguayante (ciudades cercanas), llegando a $28,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $MP_{2,5}$: $50 \cdot 0,57$.

No se pudo probar la hipótesis del efecto de adaptación de la contaminación, pues muchas ciudades tienen datos recientes de los contaminantes MP_{10} y $MP_{2,5}$.

¹³¹ Página web: sinca.mma.gob.cl.

¹³² http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

10.3.3 Características Observables de las Personas

En esta parte se agrupa un conjunto de características de las personas que pueden ser fácilmente observables y que se refleja en las diferentes encuestas, tal como en la CASEN en Chile. Una revisión amplia de la literatura internacional de las últimas décadas sobre estos determinantes se puede encontrar en Diener *et al.* (1999), Helliwell (2003), Pairó (2007), Veenhoven (2008) y Dolan *et al.* (2008).

Un primer grupo de características se asocia a las que son innatas de las personas (no pueden ser modificadas por políticas públicas). En primer lugar está la edad, que habitualmente tiene un efecto en forma de U, pues con la edad primero va disminuyendo la felicidad, pero luego comienza a aumentar (efecto que se observa con la variable edad elevada al cuadrado). En cuanto al género, aunque muchos estudios encuentran que ser mujer aumenta la probabilidad de tener una mayor felicidad, en otros estudios no se encuentran muchas diferencias por género. En el ámbito étnico también se han encontrado diferencias entre los diferentes grupos de la población de un país. Y en este grupo también están las características de personalidad (por ejemplo, el optimismo y un nivel elevado de auto estima), pero que habitualmente la información al respecto no está disponible en encuestas grandes, como ocurre con la CASEN (lo que lleva a que en la práctica estos aspectos se consideren en las características no observables).

Un segundo grupo de características de las personas se refiere a las que son desarrolladas socialmente (donde las políticas públicas tienen un claro papel). En primer lugar se encuentra la educación de las personas, que en general tiene un efecto positivo, aunque no claramente lineal, además de que puede estar relacionada con el ingreso y la salud, lo que hace difícil estimar su impacto de forma más precisa. Con respecto a la salud, varios estudios encuentran una relación estrecha y positiva entre el estado de salud de las personas (percepción), tanto en el ámbito físico como en el psicológico, y la satisfacción general con la vida. En cuanto al hecho de que una persona se encuentre desempleada, de forma consistente muchos estudios encuentran que reduce la felicidad.

Un tercer grupo de características tiene que ver con la forma en que las personas ocupan su tiempo (en esto hay también espacio para realizar políticas públicas). Por ejemplo, están las horas dedicadas al trabajo, donde en general se encuentra una relación positiva, aunque al parecer cuando son excesivas se reduce la felicidad. También se encuentra un efecto adverso entre el tiempo dedicado a moverse de la vivienda a la escuela o al trabajo y la felicidad. Las personas que tienen que cuidar de otros, sobre todo de enfermos, tienen una reducción en su felicidad. Un importante aspecto que aumenta la felicidad de las personas es la participación en actividades comunitarias, religiosas y no religiosas. Y finalmente, las personas que realizan ejercicios físicos habitualmente tienen un incremento en su percepción de felicidad.

Un cuarto grupo de características son las referidas a las actitudes y creencias que tienen las personas respecto a diversos aspectos que las afectan. Por ejemplo, la percepción sobre la situación financiera (más allá del nivel objetivo de ingreso que tenga) de cada persona y su evolución en el tiempo influye en la felicidad. Creer en otras personas cercanas incrementa la felicidad, así como en las principales instituciones públicas. Y en varios estudios se

encuentra que las creencias religiosas (diferente a la participación en actividades religiosas), de cualquier tipo, aumentan la felicidad.

Por último, un quinto grupo de características son las que tienen que ver con las relaciones que se establecen entre las personas. Entre lo más importante se destaca el estado civil, con la situación de casado o conviviendo de forma estable brindando la mayor felicidad. Respecto a la cantidad de hijos, el impacto sobre la felicidad depende de las circunstancias de la familia. Y en cuanto a las relaciones con la familia y con los amigos, mientras más cercanas y positivas, mayor felicidad sienten las personas.

10.3.4 Variables Externas

En este grupo de variables se consideran aquellas que afectan a las personas, pero que son completamente exógenas, asociadas a todo un lugar, no a una persona en específico. Una de esas variables es la contaminación del aire, que se puso arriba por separada porque es clave para el método que se aplicará. A continuación se resumirá el resto de las variables de este tipo.

En un primer grupo están las variables de un ámbito más social y macroeconómico (Di Tella y MacCulloch, 2006; Veenhoven, 2008; Dolan *et al.*, 2008). Por ejemplo, la desigualdad de ingresos se ha encontrado que influye en la desigualdad, pero de distinta forma en los distintos países, en dependencia de ciertos factores. Con la tasa de desocupación los resultados también son diversos, aunque en varios casos se encuentra un impacto negativo (diferente al impacto de que la persona encuestada esté desempleada). La tasa de inflación también ha resultado con una influencia negativa sobre la felicidad. Los sistemas democráticos y la mayor participación ciudadana en los asuntos públicos aumentan la felicidad. Vivir en zonas inseguras, con mucho delito o violencia reduce la felicidad. Y vivir en zonas urbanas tiende a reducir la felicidad respecto a las zonas rurales.

Y un segundo grupo de variables son las climáticas y geográficas (ver Rehdanz y Maddison, 2005; Brereton *et al.*, 2008). Por ejemplo, se ha encontrado que más precipitaciones aumentan la felicidad, mientras que en cuanto a las temperaturas, los extremos (mucho frío o mucho calor) reducen la felicidad. También vivir en zonas cercanas a las costas aumenta la felicidad.

10.3.5 Los Determinantes de la Percepción del Estado de Salud

La literatura en este caso no es tan amplia (o atractiva para los economistas) como para la percepción de satisfacción con la vida. Ante todo, es importante destacar que en los estudios de los determinantes de la salud se ha ido pasando en las últimas décadas desde una visión puramente biomédica hacia una visión más amplia, donde se incluyen también varios factores de carácter socioeconómico (House, 2002). Asimismo, hay que señalar que los rasgos de personalidad también pueden influir en los resultados de salud, por lo que los niveles de ajustes de las regresiones pueden ser bajos debido a ello, al igual que en el caso de la satisfacción con la vida.

Algunos estudios con enfoque macro o micro (Shields y Shooshtari, 2001; Deaton, 2008; Prus, 2011) analizan los determinantes empíricos de la percepción del estado de salud de las personas, donde se consideran variables muy similares a las de los estudios sobre percepción de la satisfacción con la vida.

En primer lugar, las condiciones socioeconómicas, donde se incluye al ingreso y al nivel de educación, influyen positivamente en la percepción de la situación de salud de las personas. La consideración del nivel de ingresos posibilita la aplicación del método de valoración ambiental propuesto en este capítulo. En este grupo también se ha considerado la condición laboral de las personas.

Las características de las personas, como el género, la edad, raza o etnia y el estado civil también pueden influir, pero en general de forma diferente a como lo hacen en la satisfacción con la vida o felicidad. Por ejemplo, con la edad generalmente se plantea, como era de esperar que el efecto es negativo todo el tiempo (con la satisfacción con la vida era no lineal), mientras que las mujeres tienden a tener una peor percepción de salud que los hombres (por diferencias biológicas y psicológicas).

Finalmente, los indicadores objetivos de salud, aunque en algunas ocasiones no resultan con el impacto esperado, en otros estudios sí presentan los impactos positivos o negativos lógicos. Por ejemplo, las enfermedades de larga duración, incluidas las diferentes discapacidades físicas, afectan negativamente a la percepción de salud. O los malos hábitos, como el fumar, tener sobrepeso y el no hacer ejercicios con frecuencia, llevan a una mala percepción del estado de salud. Los aspectos psicológicos también influyen, como es el caso de la mala autoestima, sentimientos de angustia y poco apoyo emocional (relacionado con el estado civil y con la participación en organizaciones sociales), los que disminuyen la percepción del estado de salud. Y por último, el nivel de acceso y la calidad del sistema de salud en el lugar donde viven las personas es fundamental, pues es lo que determina que los problemas objetivos de salud tengan o no una solución satisfactoria.

10.4 Resultados Econométricos

Ahora se procede a realizar las estimaciones econométricas a fin de obtener los coeficientes de las variables de interés – ingreso per cápita y contaminación del aire –, pero como es obvio, se considera una amplia cantidad de variables de control que según la literatura es relevante para explicar los niveles de satisfacción con la vida de las personas. No se consideraron todas las variables comentadas arriba que han sido importantes en otros estudios, fundamentalmente por la no disponibilidad en el caso chileno, pero de todas formas se incluyeron muchas variables importantes, las que también resultaron con los signos esperados.

Se aplicarán dos procedimientos econométricos que se han utilizado en estudios de este tipo: Mínimos Cuadrados Ordinarios y Probit Ordenado, que dependen del supuesto de cardinalidad u ordinalidad que se considere para la variable dependiente, aunque en los estudios revisados arriba no se encuentran diferencias significativas entre los resultados con ambos procedimientos.

Primero se usará la respuesta sobre satisfacción con la vida como variable dependiente, y luego se utilizará la respuesta sobre percepción del estado de salud.

En cada resultado econométrico básico (con diferentes variables dependientes y con diferentes procedimientos econométricos) se presentan 4 resultados básicos:

- **Modelo 1:** Las variables explicativas se obtienen en su totalidad de la CASEN a partir de las observaciones directas, como son las variables personales.
- **Modelo 2:** A lo anterior se le añaden variables externas, con promedios regionales, que se obtienen de estadísticas externas (como las precipitaciones y temperaturas de las capitales regionales) o de la misma CASEN (tasa de pobreza regional o índice de desigualdad regional).
- **Modelo 3:** Este modelo sólo considera a las zonas urbanas con valores de MP₁₀. Toma en cuenta variables de la CASEN y otras variables externas, pero a nivel de comunas.
- **Modelo 4:** Similar al anterior, pero en vez de MP₁₀ se introduce el nivel de MP_{2,5} en zonas urbanas.

Los modelos de interés para valorar la calidad del aire son el 3 y el 4, pero se muestran los dos anteriores para poder apreciar las diferencias en los coeficientes y en el nivel de ajuste cuando se incluyen las variables de contaminación.

10.4.1 Determinantes de la Percepción de Satisfacción con la Vida en Chile, 2011

En la tabla 10.1 se muestran los resultados de las regresiones con Mínimos Cuadrados Ordinarios (modelos lineales). Para ello se ha usado el software SPSS, y en todos los casos se han usado los factores de expansión de la satisfacción con la vida. Además, sólo se han dejado las variables explicativas que han resultado estadísticamente significativas al 5% (aunque en realidad todas resultaron estadísticamente significativas al 1%). En el anexo A.2 se exponen cómo son las variables explicativas consideradas. Además, en el anexo A.3 se presentan los coeficientes de correlación de Pearson entre todas las variables utilizadas en esta parte, lo que también sirve para detectar posibles problemas de multicolinealidad. Finalmente, en el anexo A.7 se muestran las típicas pruebas sobre los residuos, pero solamente tomando el Modelo 3 de la siguiente tabla, que incluye al MP₁₀.

Tabla 10.1: Estimaciones con Mínimos Cuadrados Ordinarios

Variable Dependiente: Percepción de Satisfacción con la Vida				
Variables Explicativas	Modelo 1, Sin Variables Externas	Modelo 2, Con Variables Externas, sin Contaminación	Modelo 3, Con Variables Externas, con MP ₁₀	Modelo 4, Con Variables Externas, con MP _{2,5}
Log(Ingreso per cápita Real)	0,9514588	0,9543341	1,1163717	1,1148733
Edad	-0,0403923	-0,0409910	-0,0587482	-0,0588015
Edad ^ 2	0,0004204	0,0004268	0,0005477	0,0005484
Dummy Mujer	0,0697494	0,0707403	0,0128632	0,0132283
Dummy Casado	0,5350611	0,5412593	0,5547465	0,5544391
Dummy Conviviente	0,0113036	0,0169767	-0,1322671	-0,1322806

Dummy Etnia	-0,1349847	-0,0790890	-0,1182142	-0,1153080
Dummy Extranjero	-0,0504858	-0,0246294		
Número Personas en Hogar	0,0817873	0,0795146	0,0220849	0,0231496
Número Personas en Hogar ^ 2	-0,0100302	-0,0097100	-0,0039174	-0,0040122
Dummy Pobre	-0,0334179	-0,0135799		
Dummy 10% Mayores Ingresos	-0,0877876	-0,0806829	-0,1002419	-0,0987807
Dummy Zona Urbana	0,0082175	0,0135119		
Dummy Estudia	0,2125283	0,2139367	0,2307903	0,2312330
Dummy Educación Media alcanzada	0,1318585	0,1280264	0,1658055	0,1660207
Dummy Educación Superior alcanzada	0,1400171	0,1367266	0,1667696	0,1676848
Nota Percepción Salud	0,3954523	0,3971665		
Dummy Mala Percep Salud, Notas 1 y 2			-1,3184718	-1,3182890
Dummy Enfermedad Larga Duración	-0,1563042	-0,1596695	-0,3945042	-0,3933982
Dummy Desocupado	-0,5225625	-0,5133455	-0,5190423	-0,5196905
Dummy Horas trabaj. por debajo de 11	0,1754978	0,1773488	0,2336463	0,2340785
Dummy Horas trabaj. entre 11 y 22	-0,0948925	-0,0950151	-0,0699545	-0,0711849
Dummy Horas trabajadas mayor a 45	-0,0044753		-0,0245546	-0,0233099
Dummy Patrón o Empleador	-0,3089380	-0,2870689	-0,2949727	-0,2920158
Dummy Cuenta Propia	-0,1566030	-0,1425923	-0,2258462	-0,2237461
Dummy Ahorra	0,2471930	0,2463802	0,2916032	0,2910849
Dummy Vivienda Aceptable	0,0863940	0,0927161	0,0915958	0,0901777
Dummy Sin Hacinamiento	0,1382649	0,1451243		
Dummy Particip. Actividades Religiosas	0,3967577	0,4107298	0,4232373	0,4236031
Dummy Particip. Otras Activ. de Grupo	0,1767494	0,1827391	0,1380690	0,1394836
Dummy Regiones Norte	0,1868105	0,0531332		
Dummy Reg. Valparaíso	0,0126604	0,1991387	-0,1945054	-0,2043606
Dummy Regiones Sur	-0,1869316	0,3930978	-0,2387390	-0,2221163
Dummy Regiones Australes	0,3433792	1,0260333	0,8820527	0,8359435
Tasa de Desempleo Regional		0,0263006		
Tasa de Pobreza Regional			-0,0392242	-0,0398289
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regiones		-0,0118982		
Tasa de Violencia Regional		-0,0149488		
Tasa de Delito			-0,0180970	-0,0192557
Precipitaciones en Capitales Regiones		-0,0022396		
Precipitaciones Capitales Regiones ^ 2		0,0000010		
Temperatura Media en Capit. Regiones		0,3190631		
Temperatura Media Cap. Regiones ^ 2		-0,0138944		
Precipitaciones			0,0006397	0,0007027
Precipitaciones ^ 2			-0,0000001	-0,0000001
Temperatura Media			0,5178225	0,5017286
Temperatura Media ^ 2			-0,0153713	-0,0148567
MP ₁₀			-0,0016372	
MP _{2,5}				-0,0038450
R² Corregido	0,1369777	0,1391952	0,1054289	0,1054917
Número de Observaciones	77.729	77.729	37.447	37.447

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CASEN, MMA, INE y DMC.

En los dos primeros resultados se trabaja con 77.729 observaciones, que son las personas en todo el país que respondieron a la pregunta sobre satisfacción con la vida (la muestra completa de la encuesta CASEN es de más de 200 mil). Pero en los dos últimos resultados se reduce bastante la cantidad de observaciones (llega a 37.447) debido a que se están incluyendo los valores de contaminación del aire (MP₁₀ y MP_{2,5}), los que estaban disponibles sólo para las principales zonas urbanas del país.

En todos los casos se obtienen niveles de ajuste bajos, entre el 10% y el 14%, tal como es habitual en estos estudios, lo que refleja la importancia de las características no observables de las personas, que habitualmente no se pueden detectar en este tipo de encuestas de carácter socioeconómico.

Los coeficientes de las variables consideradas en las cuatro alternativas resultan con los signos esperados según la literatura, tal como se señaló arriba. Además, las variables claves para el modelo de valoración ambiental, que son el ingreso per cápita y las variables de contaminación del aire, resultan como en otros estudios, lo que permite obtener la tasa marginal de sustitución entre ambas variables para mantener el mismo nivel de satisfacción con la vida. Sin embargo, es importante destacar que el coeficiente asociado al ingreso resultó muy elevado, lo que puede asociarse al nivel de ingresos medios de Chile, pues en los países más desarrollados en general ese coeficiente es positivo, pero más bajo (Fleche *et al.*, 2011).

Una variable muy importante en los modelos 1 y 2 es la de percepción de salud, la que no se pudo considerar en los modelos 3 y 4 (ello influyó bastante en la reducción del R^2), pues la variable de contaminación (MP_{10} o $MP_{2,5}$) daba con problemas, lo que señala que un vínculo importante entre contaminación y satisfacción con la vida es a través de la situación con la salud de las personas, como es de esperar y tal como ocurrió también en el estudio de Ferreira *et al.* (2013). Algo similar ocurrió con otras variables, como la relacionada con el grado de hacinamiento en los hogares, algunas variables dummy regionales y otras dummy que no aparecen pero que se probaron, como las de ciudades costeras, que al parecer tienen un vínculo con los niveles de contaminación y su efecto en las personas.

A continuación, en la Tabla 10.2, se muestran los resultados econométricos utilizando Probit Ordenado, pues tal como se indica en la literatura internacional, es la otra forma en que pueden buscarse las determinantes para la variable de satisfacción con la vida (que va de 1 a 10, pero que el salto de 2 a 3 no tiene que significar lo mismo que de 8 a 9). Se muestran todas las covariables con nivel de significancia al 5% (aunque la mayoría resultó al 1%).

Tabla 10.2: Estimaciones con Probit Ordenado

Variable Dependiente: Percepción de Satisfacción con la Vida				
Covariables	Modelo 1, Sin Variables Externas	Modelo 2, Con Variables Externas, sin Contaminación	Modelo 3, Con Variables Externas, con MP_{10}	Modelo 4, Con Variables Externas, con $MP_{2,5}$
Log(Ingreso per cápita Real)	0,4841372	0,4855864	0,5550175	0,5546147
Edad	-0,0203535	-0,0207122	-0,0294150	-0,0294523
Edad ^ 2	0,0002135	0,0002174	0,0002758	0,0002763
Dummy Mujer	0,0390731	0,0396866	0,0084076	0,0085076
Dummy Casado	0,2677684	0,2713703	0,2736575	0,2734939
Dummy Conviviente	0,0045824	0,0077221	-0,0669925	-0,0668717
Dummy Etnia	-0,0722666	-0,0422837	-0,0657019	-0,0645627
Dummy Extranjero	-0,0368124	-0,0228934		
Número Personas en Hogar	0,0424430	0,0412808	0,0132238	0,0137970
Número Personas en Hogar ^ 2	-0,0049490	-0,0047821	-0,0020057	-0,0020472

Dummy Pobre	-0,0095023			
Dummy 10% Mayores Ingresos	-0,0320168	-0,0281904	-0,0360816	-0,0351835
Dummy Zona Urbana	0,0072928	0,0109980		
Dummy Estudia	0,1105008	0,1113061	0,1206167	0,1208381
Dummy Educación Media alcanzada	0,0554373	0,0534848	0,0707973	0,0709219
Dummy Educación Superior alcanzada	0,0506200	0,0491956	0,0578097	0,0583294
Nota Percepción Salud	0,1979233	0,1992034		
Dummy Mala Percep Salud, Notas 1 y 2			-0,6023170	-0,6027172
Dummy Enfermedad Larga Duración	-0,0699259	-0,0719639	-0,1913050	-0,1908458
Dummy Desocupado	-0,2577538	-0,2526781	-0,2505869	-0,2506935
Dummy Horas trabaj. por debajo de 11	0,0967442	0,0980144	0,1250623	0,1254560
Dummy Horas trabaj. entre 11 y 22	-0,0489987	-0,0488156	-0,0349057	-0,0357398
Dummy Horas trabajadas mayor a 45	0,0027614	0,0063265	-0,0067392	-0,0059931
Dummy Patrón o Empleador	-0,1657048	-0,1542902	-0,1508621	-0,1495731
Dummy Cuenta Propia	-0,0809389	-0,0736981	-0,1111236	-0,1100404
Dummy Ahorra	0,1283032	0,1277725	0,1480789	0,1480276
Dummy Vivienda Aceptable	0,0386104	0,0423843	0,0428660	0,0422392
Dummy Sin Hacinamiento	0,0716081	0,0760165		
Dummy Particip. Actividades Religiosas	0,2062050	0,2138277	0,2181360	0,2183662
Dummy Particip. Otras Activ. de Grupo	0,0882588	0,0915637	0,0665134	0,0674756
Dummy Regiones Norte	0,1040128	0,0582082		
Dummy Reg. Valparaíso	0,0144013	0,1094004	-0,0939877	-0,0949000
Dummy Regiones Sur	-0,0916603	0,1929948	-0,1082513	-0,0938035
Dummy Regiones Australes	0,1916664	0,5236353	0,4734427	0,4501459
Tasa de Desempleo Regional		0,0130406		
Tasa de Pobreza Regional		-0,0030430		
Tasa de Pobreza Urbana Comunas			-0,0203521	-0,0201260
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regiones		-0,0051349		
Tasa de Violencia Regional		-0,0083179		
Tasa de Delito			-0,0089145	-0,0098512
Precipitaciones en Capitales Regiones		-0,0010217		
Precipitaciones Capitales Regiones ^ 2		0,0000004		
Temperatura Media en Capit. Regiones		0,1751778		
Temperatura Media Cap. Regiones ^ 2		-0,0074698		
Precipitaciones			0,0003060	0,0003163
Precipitaciones ^ 2			-0,0000001	-0,0000001
Temperatura Media			0,2743677	0,2624250
Temperatura Media ^ 2			-0,0082284	-0,0078588
MP₁₀			-0,0011461	
MP_{2,5}				-0,0021611
Pseudo R²				
Cox y Snell	0,1318965	0,1342220	0,0997239	0,0997626
Nagelkerke	0,1341903	0,1365562	0,1014935	0,1015328
Número de Observaciones	77.729	77.729	37.447	37.447

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CASEN, MMA, INE y DMC.

Como se puede apreciar, los resultados no varían mucho en cuanto a los signos de los coeficientes y a su importancia relativa, tal como ha ocurrido en otros resultados de la literatura internacional. Sin embargo, los valores de los coeficientes pueden variar algo, tal como sucedió con el logaritmo del ingreso per cápita real, que con el Probit Ordenado se tiene un nivel más bajo que con Mínimos Cuadrados Ordinarios, al igual que la mayoría de

las demás variables, incluidas las de contaminación del aire. Y los niveles de Pseudo R^2 resultan similares a los niveles de R^2 de los obtenidos con Mínimos Cuadrados Ordinarios.

En el Anexo A.4 se muestran los resultados completos (tal como aparece en SPSS) de todas las regresiones de las dos tablas anteriores, donde se muestra que todas las variables explicativas que se han dejado han resultado estadísticamente significativas al 1%.

Además de los resultados mostrados, se hicieron pruebas por grupos de la población, fundamentalmente separando por grupos de ingresos (pobres, clase media, ricos) para poder obtener valores diferenciados de disposición a pagar, pero las variables de contaminación no resultaron estadísticamente significativas.

Por último, es importante mencionar que adicionalmente a las regresiones con Mínimos Cuadrados Ordinarios y con Probit Ordenado se hicieron otras regresiones utilizando otros dos métodos: Logit Ordenado y Poisson. Los resultados aparecen en el Anexo A.5, donde sólo se hicieron las regresiones con la presencia de los contaminantes (MP_{10} y $MP_{2,5}$). En esos resultados las variables en general mantienen los mismos signos, incluidas el logaritmo del ingreso per cápita real (positivo) y los contaminantes (negativos). Además, el $MP_{2,5}$ aparece con un impacto negativo más fuerte que el MP_{10} sobre la satisfacción con la vida. O sea, en esencia se ratifican los resultados fundamentales de las dos tablas anteriores, lo que ayuda a que brinden una mayor validez o confianza. Más abajo se volverá sobre estas regresiones alternativas, en la parte del cálculo de la tasa marginal de sustitución.

10.4.2 Determinantes de la Percepción del Estado de Salud en Chile, 2011

A continuación se aplica Mínimos Cuadrados Ordinarios, pero con la variable de percepción del estado de salud como variable dependiente. Se han considerado a las mismas personas que respondieron sobre la satisfacción con la vida, para que sean comparables los resultados y para excluir aquellos que tienen nota en el estado de salud pero que no respondieron directamente (pues en esta variable la persona que respondía la encuesta podía valorar el estado de salud de otros integrantes del hogar no presentes al momento de hacer la encuesta, imposibilitados de responder o con edad inapropiada). Se han incluido variables explicativas similares a las de los resultados anteriores, pero también se han agregado otras más apropiadas para el tema de la salud.

Tabla 10.3: Estimaciones con Mínimos Cuadrados Ordinarios

Variable Dependiente: Percepción del Estado de Salud				
Variables Explicativas	Modelo 1, Sin Variables Externas	Modelo 2, Con Variables Externas, sin Contaminación	Modelo 3, Con Variables Externas, con MP_{10}	Modelo 4, Con Variables Externas, con $MP_{2,5}$
Log(Ingreso per cápita Real)	0,3027913	0,3064116	0,3281232	0,3276434
Edad	-0,0075998	-0,0076401	-0,0065640	-0,0065576
Dummy Mujer	-0,1511446	-0,1503472	-0,1670545	-0,1672572
Dummy Casado	-0,1489043	-0,1484617	-0,1625806	-0,1634424
Dummy Conviviente	-0,0958120	-0,0961961	-0,1378250	-0,1388257
Dummy Etnia	-0,0499588	-0,0526801	-0,0399911	-0,0343768
Dummy Extranjero			0,0595970	0,0532563

Número Personas en Hogar	0,0141603	0,0128382	0,0170951	0,0172347
Dummy Enfermedad 3 últimos meses	-0,6381929	-0,6413554	-0,6396670	-0,6382676
Dummy Tratamiento Médico último año	-0,6767389	-0,6767665	-0,6741340	-0,6765314
Dummy Enfermedad Larga Duración	-0,7674452	-0,7641446	-0,8175931	-0,8168971
Dummy Baja Percep. Felicidad, 1,2 y 3	-0,7366392	-0,7357569	-0,7017245	-0,7010196
Dummy Zona Urbana		-0,0087466		
Dummy Educación Media alcanzada	0,0472201	0,0480450	0,0378916	0,0376434
Dummy Educación Superior alcanzada	0,1460197	0,1457232	0,1232102	0,1253178
Dummy Desocupado	0,0706939	0,0636326	0,0855517	0,0857121
Dummy Horas trabaj. por debajo de 11	-0,0082108	-0,0103326	0,0147100	0,0139491
Dummy Horas trabaj. entre 11 y 22	0,0708729	0,0718894	0,0827559	0,0798831
Dummy Horas trabajadas mayor a 45	-0,0513886	-0,0498880	-0,0637243	-0,0620256
Dummy Patrón o Empleador	0,0384633	0,0354322	0,0856465	0,0909250
Dummy Cuenta Propia	-0,1399067	-0,1433429	-0,1522887	-0,1479943
Dummy Ahorra	0,0465685	0,0444943	0,0412090	0,0404408
Dummy Vivienda Aceptable	0,0994541	0,0922973	0,1078728	0,1042664
Dummy Sin Hacinamiento	0,0754831	0,0710679	0,1363701	0,1393309
Dummy Particip. Actividades Religiosas		-0,0039714		
Dummy Particip. Otras Activ. de Grupo	0,0233240	0,0227042	0,0138348	0,0166868
Dummy Regiones Norte	-0,0092909	-0,2395784		
Dummy Reg. Valparaíso	0,0193234	-0,2347229	-0,3209892	-0,3229128
Dummy Regiones Sur	0,0175153	-0,1526373	-0,3332269	-0,2838915
Dummy Regiones Australes	0,1483444	-0,1314484	-0,4108235	-0,4323607
Precipitaciones en Capitales Regiones		0,0002339		
Precipitaciones Capitales Regiones ^ 2		-0,0000001		
Temperatura Máxima en Capit. Reg.		-0,0289056		
Temperatura Mínima en Capit. Reg.		0,0293951		
Precipitaciones			0,0006467	0,0007954
Precipitaciones ^ 2			-0,0000003	-0,0000004
Temperatura Máxima			-0,0180428	-0,0274524
MP₁₀			-0,0058664	
MP_{2,5}				-0,0095400
R² Corregido	0,2784691	0,2798675	0,2810551	0,2813603
Número de Observaciones	77.729	77.729	37.447	37.447

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CASEN, MMA, INE y DMC.

Hay muchas variables explicativas similares y otras nuevas (como las dummy para personas con enfermedades de corto plazo y para los niveles más bajos de felicidad, también explicadas en el Anexo A.2). Un resultado positivo de este caso es el mayor ajuste del modelo, pues los R^2 en todos los casos superan el 0,27 (prácticamente el doble de lo que se obtuvo con la mejor regresión con la satisfacción con la vida como variable dependiente). Lo otro importante a destacar es que los coeficientes de los contaminantes MP_{10} y $MP_{2,5}$ resultaron bastante mayores (negativos, pero mayores en términos absolutos) que en los modelos con satisfacción con la vida, lo que refleja el mayor vínculo que tiene la contaminación con las variables de salud que con la felicidad en general. En cuanto al ingreso, el coeficiente en este caso resulta menor que en el caso de la satisfacción con la vida, dado que esa variable parece estar más relacionada con el bienestar general que con otros aspectos específicos del bienestar (Fujiwara y Campbell, 2011). Esto se va a reflejar, como se mostrará más abajo, en las grandes diferencias de Tasas Marginales de Sustitución respecto a cuando se usa la variable de percepción de satisfacción con la vida.

Lo otro interesante es que muchas variables resultaron con signos diferentes cuando se compara con la regresión con la satisfacción con la vida como variable dependiente, lo que se debe a que en el área de la salud la función de utilidad se explica de otra forma. Por ejemplo, en este caso las mujeres aparecen con signos negativos, al igual que las personas casadas y conviviendo. Además, las variables objetivas de salud resultaron con los signos esperados, de acuerdo a algunos estudios internacionales (Shields y Shooshtari, 2001; Prus, 2011), pero al contrario de lo encontrado en otros (Deaton, 2008).

Los resultados con Probit Ordenado fueron:

Tabla 10.4: Estimaciones con Probit Ordenado

Variable Dependiente: Percepción del Estado de Salud				
Covariables	Modelo 1, Sin Variables Externas	Modelo 2, Con Variables Externas, sin Contaminación	Modelo 3, Con Variables Externas, con MP ₁₀	Modelo 4, Con Variables Externas, con MP _{2,5}
Log(Ingreso per cápita Real)	0,3010776	0,3045915	0,3441713	0,3426730
Edad	-0,0078888	-0,0079340	-0,0068809	-0,0068714
Dummy Mujer	-0,1505879	-0,1498567	-0,1695034	-0,1693429
Dummy Casado	-0,1513134	-0,1509274	-0,1670346	-0,1679396
Dummy Conviviente	-0,0987725	-0,0989615	-0,1546660	-0,1561213
Dummy Etnia	-0,0638117	-0,0631320	-0,0686564	-0,0611989
Dummy Extranjero			0,0294743	0,0247767
Número Personas en Hogar	0,0152454	0,0140881	0,0124560	0,0122373
Dummy Enfermedad 3 últimos meses	-0,5639345	-0,5681549	-0,5721905	-0,5705934
Dummy Tratamiento Médico último año	-0,6048684	-0,6052937	-0,6000184	-0,6022258
Dummy Enfermedad Larga Duración	-0,5962740	-0,5943614	-0,6354091	-0,6341548
Dummy Baja Percep. Felicidad, 1,2 y 3	-0,5658980	-0,5657262	-0,5388653	-0,5390212
Dummy Zona Urbana	0,0157920	0,0068456		
Dummy Educación Media alcanzada	0,0301955	0,0307292	0,0151129	0,0154609
Dummy Educación Superior alcanzada	0,1233131	0,1229244	0,1010063	0,1035294
Dummy Desocupado	0,0801165	0,0744168	0,1120891	0,1106043
Dummy Horas trabaj. por debajo de 11	0,0053434	0,0037861	0,0241325	0,0240901
Dummy Horas trabaj. entre 11 y 22	0,0652776	0,0666914	0,0662249	0,0638102
Dummy Horas trabajadas mayor a 45	-0,0659880	-0,0643879	-0,0865293	-0,0842305
Dummy Patrón o Empleador	0,0139542	0,0120006	0,0602836	0,0665251
Dummy Cuenta Propia	-0,1536708	-0,1564576	-0,1640495	-0,1600571
Dummy Ahorra	0,0410201	0,0388603	0,0345863	0,0331484
Dummy Vivienda Aceptable	0,0867449	0,0810717	0,1020865	0,0981717
Dummy Sin Hacinamiento	0,0621760	0,0590319		
Dummy Particip. Actividades Religiosas	-0,0081783	-0,0130216	-0,0169073	-0,0162956
Dummy Particip. Otras Activ. de Grupo	0,0113298	0,0106971		
Dummy Regiones Norte	-0,0048051	-0,2175018		
Dummy Reg. Valparaíso	0,0169791	-0,2069307	-0,3002953	-0,3106426
Dummy Regiones Sur	0,0136382	-0,1169847	-0,3678386	-0,3095968
Dummy Regiones Australes	0,1446092	-0,1091492	-0,3558961	-0,3773081
Precipitaciones en Capitales Regiones		0,0001542		
Precipitaciones Capitales Regiones ^ 2		-0,0000001		
Temperatura Máxima en Capit. Reg.		-0,0275971		
Temperatura Mínima en Capit. Reg.		0,0256006		
Precipitaciones			0,0009013	0,0009823

Precipitaciones ^ 2			-0,0000004	-0,0000005
Temperatura Máxima			-0,0104820	-0,01870429
MP₁₀			-0,0047058	
MP_{2,5}				-0,0088695
Pseudo R²				
Cox y Snell	0,2536286	0,2548875	0,2516497	0,2522690
Nagelkerke	0,2655190	0,2668370	0,2638301	0,2644794
Número de Observaciones	77.729	77.729	37.447	37.447

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CASEN, MMA, INE y DMC.

Tal como ocurrió en el caso de la satisfacción con la vida, los signos de los coeficientes en general no varían con los resultados mediante Probit Ordenado en comparación con los resultados mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios. Además, los valores de los coeficientes tampoco varían mucho con las dos técnicas econométricas. Pero en comparación con la satisfacción con la vida usando Probit Ordenado, en este caso el impacto del ingreso es menor y el impacto de la contaminación es mayor, lo que necesariamente se reflejará en importantes diferencias de las Tasas Marginales de Sustitución. Por último, los niveles de Pseudo R² también son similares al R² mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios, entre 0,25 y 0,27.

En el Anexo A.6 se muestran los resultados completos asociados a las dos tablas anteriores.

10.5 Valoración de la Calidad del Aire

Los resultados econométricos anteriores son el punto de partida para obtener estimaciones de beneficios por descontaminar el aire en las zonas urbanas de interés. Primero se parte por obtener las tasas marginales de sustitución entre el ingreso per cápita y la contaminación del aire. Luego se estima la disposición a pagar, tanto individual como social, por reducir una unidad de contaminación en un año. Y finalmente se estiman los beneficios acumulados (y actualizados) para el período de interés, que serán los beneficios que tengan las políticas que reduzcan la contaminación atmosférica en Temuco y Padre Las Casas.

10.5.1 Las Tasas Marginales de Sustitución (TMS)

A partir de los resultados econométricos se puede obtener la tasa marginal de sustitución entre el nivel de ingreso y el nivel de contaminación para mantener constante el nivel de satisfacción con la vida (o el nivel de percepción del estado de salud) en Chile. Aunque los resultados mediante Probit Ordenado ofrecen coeficientes difíciles de interpretar (no ocurre así con los Mínimos Cuadrados Ordinarios), la relación entre ellos (la Tasa Marginal de Sustitución) igual sirve para este método de valoración (Frey *et al.*, 2010).

Es importante destacar que este valor de Tasa Marginal de Sustitución es igual para todas las personas en Chile, pues los métodos econométricos han obtenido los coeficientes necesarios a partir de la variación de esas dos variables entre las personas de todo el país, fundamentalmente porque los datos de contaminación son los mismos para todas las

personas en cada comuna. Es decir, que no se dispone de información de la Tasa Marginal de Sustitución específicamente para Temuco y Padre Las Casas.

Recuérdese que la tasa marginal de sustitución se planteó anteriormente como:

$$TMS_{YCT} = \frac{\partial PF/\partial CT}{\partial PF/\partial Y} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$$

Por tanto, considerando los resultados anteriores, se tienen 8 Tasas, 4 para el caso de la satisfacción con la vida (que es el enfoque internacional habitual) y 4 para el caso de la percepción del estado de salud:

Tabla 10.5: Tasas Marginales de Sustitución entre Ingreso y Contaminación

	Contaminante	
Variable Dependiente: Percepción de Satisfacción con la Vida		
Procedimiento Económico	MP₁₀	MP_{2,5}
Mínimos Cuadrados Ordinarios	- 0,0014666	- 0,0034488
Probit Ordenado	- 0,0020649	- 0,0038966
Variable Dependiente: Percepción del Estado de Salud		
Procedimiento Económico	MP₁₀	MP_{2,5}
Mínimos Cuadrados Ordinarios	- 0,0178787	- 0,0291170
Probit Ordenado	- 0,0136729	- 0,0258833

Fuente: Elaboración Propia.

Estos valores expresan, tal como se mencionó anteriormente, en cuánto debe variar el ingreso cuando varía la contaminación para no modificar el nivel de percepción de felicidad o satisfacción con la vida.

En la tabla se puede apreciar claramente que la tasa marginal de sustitución cuando se considera el MP_{2,5} es mayor que cuando se considera el MP₁₀, tanto en el caso de la satisfacción con la vida como en la percepción del estado de salud, lo que se debe al efecto más dañino del contaminante más fino.

Por otra parte, cuando se utiliza Probit Ordenado se obtienen tasas mayores que cuando se utiliza Mínimos Cuadrados Ordinarios en las regresiones con la satisfacción con la vida, pero lo contrario ocurre cuando se consideran las regresiones con la percepción del estado de salud.

Pero lo más relevante es que las tasas marginales de sustitución que se obtienen con la percepción del estado de salud son bastante mayores (entre 6 y 12 veces aproximadamente) que las que se obtienen con la satisfacción con la vida. Ello se explica por dos factores: 1 – el coeficiente asociado al ingreso es menor en el caso de la percepción del estado de salud que en el caso de la satisfacción con la vida; y 2 – el coeficiente asociado a la contaminación es mucho mayor (en términos absolutos) en el caso de la percepción del estado de salud que en el caso de la satisfacción con la vida.

Es importante destacar que se hicieron pruebas con la variable de percepción de felicidad, reagrupándola (dado que la escala original va de 1 a 10) en una escala de 1 a 7 (tal como se presenta lo de percepción del estado de salud), pero los resultados de la tasa marginal de sustitución no varían mucho respecto a lo presentado anteriormente (los valores resultaron un poco más elevados), por lo que es posible afirmar que las diferencias no se deben tanto a la escala específica de cada medición, sino que a efectos muy diferentes de la contaminación sobre ambas mediciones.

Como se mencionó anteriormente, también se probaron regresiones con otros métodos, como Logit Ordenado y Poisson. En la tabla a continuación se muestran las tasas marginales de sustitución que se obtuvieron por esas vías, pero sólo para el caso de la percepción de satisfacción con la vida, que es la variable fundamental en esta parte.

Tabla 10.6: Tasas Marginales de Sustitución entre Ingreso y Contaminación, Otros Procedimientos Econométricos

	Contaminante	
	Variable Dependiente: Percepción de Satisfacción con la Vida	
Procedimiento Económico	MP ₁₀	MP _{2,5}
Logit Ordenado	- 0,0027120	- 0,0049522
Regresión Poisson	- 0,0012800	- 0,0032934

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores son similares a los mostrados previamente (los del Logit Ordenado más parecidos a los del Probit Ordenado y los de Poisson más parecidos a los de Mínimos Cuadrados Ordinarios). Todos resultan negativos, dado que el coeficiente del ingreso fue positivo y el de la contaminación negativo, tal como ocurrió con las regresiones principales mostradas (ver tablas completas en Anexo A.5). Además, para el contaminante MP_{2,5} los valores son significativamente más elevados que para el MP₁₀. Todo ello confirma los resultados previos y le brinda mayor validez y confianza a los valores que se han obtenido para poder realizar los ejercicios de valoración que se muestran abajo.

Para que se puedan comparar estos resultados con otros a nivel internacional, en la tabla a continuación se muestran las tasas marginales de sustitución de tres estudios que han considerado el MP₁₀ basándose en el método de percepción de satisfacción con la vida, fundamentalmente en países desarrollados. Hasta el momento ningún estudio publicado ha considerado al MP_{2,5}.

Tabla 10.7: Tasas Marginales de Sustitución para MP₁₀ en Otros Estudios

Variables	Estudios Internacionales		
	Levinson (2009)	Ferreira y Moro (2010)	Menz y Welsch (2010)
Enfoque	Micro	Micro	Macro
Coefficiente Log(Ing)	0,0660	0,807	0,283
Coefficiente MP ₁₀	- 0,0016	- 0,033	- 0,009
TMS	- 0,0242	- 0,041	- 0,032

Fuente: Levinson (2009), Ferreira y Moro (2010) y Menz y Welsch (2010)

No se han mostrado todos los resultados de esos estudios (pues utilizan varios modelos econométricos, tanto de Mínimos Cuadrados Ordinarios como de Probit Ordenado), sino los más relevantes.

En el estudio de Ferreira y Moro (2010), para Irlanda, se obtiene un valor elevado del coeficiente asociado al ingreso per cápita, similar a lo obtenido en Chile. Pero el coeficiente asociado al MP₁₀ resultó mucho más elevado que lo obtenido en Chile. Por otro lado, el estudio de Levinson (2009), para Estados Unidos, se obtiene un valor bajo del coeficiente de MP₁₀, similar al caso chileno, pero el coeficiente asociado al ingreso per cápita es mucho más bajo que lo obtenido para Chile. En el estudio macro de Menz y Welsch (2010) para países de la OCDE se obtienen valores intermedios entre esos dos.

La consecuencia de lo anterior es que el cálculo de la Tasa Marginal de Sustitución para el contaminante MP₁₀ resulta más elevado en esos estudios que en el caso de Chile, entre 10 y 20 veces más aproximadamente, lo que es una gran diferencia. Esta diferencia se reflejará en la gran distancia que existe entre Chile y esos países desarrollados en cuanto a Disposición a Pagar (DAP) de forma individual, tal como se observará a continuación.

Es interesante destacar que los valores de esos estudios internacionales son más cercanos a los que se obtuvieron en esta investigación con la percepción del estado de salud como variable dependiente.

10.5.2 Disposición a Pagar (DAP) Individual

A continuación se muestra la disposición a pagar de forma individual, que se calcula como: $DAP_i = TMS_{YCT} \cdot - Y_i$, o sea, la Tasa Marginal de Sustitución mostrada arriba multiplicada por el ingreso de una persona. Para esa medición de ingreso se considerará tanto el ingreso per cápita (promedio o media simple) como la mediana del ingreso, dado que en sociedades tan desiguales como las latinoamericanas hay diferencias grandes entre esas mediciones, tal como se mostró en el Capítulo 2 de esta investigación. El promedio simple (media) del ingreso en Temuco y Padre Las Casas es de 5.728 USD en el año 2011, mientras que la mediana del ingreso era de 3.158 USD, en torno al 55% de la media¹³³.

¹³³ Valores tomados de la CASEN, que están originalmente en pesos chilenos y de forma mensual. Ello se ha multiplicado por 12 para tener una aproximación al valor anual, y ello se divide por el tipo de cambio nominal (pesos chilenos por USD) promedio del año 2011.

O sea, aunque la Tasa Marginal de Sustitución es la misma para todo el país, la disposición a pagar sí puede ser distinta entre las diferentes ciudades, pues sí se cuenta con información sobre el ingreso en cada lugar. Esto permite que los resultados econométricos puedan ser fácilmente utilizados para valorar la calidad del aire en las principales ciudades de Chile.

En la tabla a continuación se muestran los valores de disposición a pagar en las zonas urbanas Temuco y Padre Las Casas.

Tabla 10.8: Disposición a Pagar Individual (USD) por reducir una unidad de Contaminación al año en Temuco y Padre Las Casas en 2011

	Contaminante			
Variable Dependiente: Percepción de Satisfacción con la Vida				
	MP₁₀		MP_{2,5}	
Procedimiento Econométrico	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso
Mínimos Cuadrados Ordinarios	8,4	4,6	19,8	10,9
Probit Ordenado	11,8	6,5	22,3	12,3
Variable Dependiente: Percepción del Estado de Salud				
	MP₁₀		MP_{2,5}	
Procedimiento Econométrico	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso
Mínimos Cuadrados Ordinarios	102,4	56,5	166,8	92,0
Probit Ordenado	78,3	43,2	148,3	81,7

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores de DAP son tanto para reducir una unidad de MP₁₀ al año como para reducir una de MP_{2,5}, tanto para mantener constante la satisfacción con la vida o la percepción del estado de salud, en dependencia de la variable que se considere. También se separan los resultados por la variable de ingreso (media o mediana) y por el procedimiento econométrico para obtener la tasa marginal de sustitución.

Como se puede apreciar, los valores son muy diferentes, en dependencia de si los resultados son con la satisfacción con la vida o con la percepción del estado de salud. Con la percepción del estado de salud se obtienen valores bastante mayores por la diferencia en las tasas marginales de sustitución, tal como se mostró arriba.

Tomando el primer valor, de 8,4, ello significa que una persona de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas en promedio está dispuesta a pagar 8,4 USD al año por reducir una unidad de MP₁₀ en la atmósfera y mantenerse con el mismo nivel de satisfacción con la vida.

Como es lógico, en cada caso los valores que se obtienen con la media (el promedio simple) del ingreso es mayor que cuando se utiliza la mediana del ingreso, lo que se debe al elevado grado de desigualdad de ingresos en estas zonas, tal como en todo Chile. Además, los resultados con Probit Ordenado son mayores que con Mínimos Cuadrados Ordinarios en el caso de la satisfacción con la vida, pero lo contrario ocurre con la percepción del

estado de salud. Y por último, para reducir el $MP_{2,5}$ se obtienen valores mayores que para reducir el MP_{10} en todos los casos, lo que también se debe a las tasas marginales de sustitución (por el mayor impacto adverso del $MP_{2,5}$, tanto en la satisfacción con la vida como en la percepción del estado de salud).

Es importante destacar que los valores de DAP individual obtenidos para el caso de Temuco y Padre Las Casas mediante la satisfacción con la vida son bastante más bajos que en otros estudios internacionales similares (considerando solamente al contaminante MP_{10} , pues no se ha encontrado literatura sobre valoración de la calidad del aire en base a la satisfacción con la vida que considere al $MP_{2,5}$), como el de Levinson (2009) en Estados Unidos, Ferreira y Moro (2010) en Irlanda, Ambrey *et al.* (2014) en Australia, y Menz y Welsch (2010) para los países de la OCDE (este estudio es con enfoque macro). La diferencia con los resultados de Temuco y Padre Las Casas se debe a 2 factores básicos:

- La Tasa Marginal de Sustitución es mucho mayor en esos estudios, a veces por un impacto menor del ingreso, y otras por un impacto mayor de la contaminación sobre la satisfacción con la vida, tal como se mostró anteriormente.
- En todos esos estudios se trata de países de ingresos bastante mayores a los de Chile (hasta 3 y 4 veces más cuando se considera la paridad del poder adquisitivo, PPA). Y en este caso, Temuco y Padre Las Casas están con niveles por debajo del promedio nacional, además de que no se ha hecho la corrección de PPA.

Por ejemplo, en Levinson (2009) y en Ferreira y Moro (2010) se obtienen valores en torno a los 900 USD, en Ambrey *et al.* (2014) se obtienen valores mucho más elevados (para una zona del este de Australia), en torno a los 5.000 USD (pero no es comparable a los valores anteriores, pues lo que se valora es evitar un día de exceso de MP_{10} sobre la norma nacional), mientras que en el estudio de Menz y Welsch (2010) se obtienen valores en torno a los 150 USD de disposición a pagar de forma individual para reducir una unidad de MP_{10} . Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se ha hecho la corrección del nivel de ingreso en Temuco y Padre Las Casas de acuerdo a la paridad del poder adquisitivo (PPA a los precios de Estados Unidos) ni otras correcciones relacionadas con la subvaloración típica de los ingresos en este tipo de encuestas¹³⁴. Por ejemplo, si se utiliza el Ingreso Nacional Disponible Bruto per cápita a PPA de Chile en 2011 (de 19.030 según el Banco Mundial)¹³⁵, multiplicado por la TMS de la Satisfacción con la Vida y Mínimos Cuadrados Ordinarios, se obtiene un valor de disposición a pagar individual nacional de 27,9 USD (a PPA) por reducir una unidad de MP_{10} , lo que sigue siendo bastante bajo. Como las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tienen un ingreso en torno al 93% del nivel nacional (según CASEN 2011), entonces por esa vía se obtendría un valor de 26 USD (a PPA) por reducir una unidad de MP_{10} (cerca de 3 veces el valor de la tabla).

De todas formas, hay que tener en cuenta, tal como señalan Fujiwara y Campbell (2011), que en muchos estudios internacionales de este tipo se obtienen valores de bienes sin

¹³⁴ La idea es que se obtengan valores de beneficios con parámetros locales a fin de poder comparar con los costos locales de reducción de la contaminación. Si lo que se busca es la comparación internacional, entonces esos ajustes serían necesarios.

¹³⁵ Ver en data.worldbank.org.

mercado (como la calidad del aire) muy elevados en comparación con otros métodos, fundamentalmente por un bajo coeficiente de impacto del ingreso (con logaritmo) en la satisfacción con la vida, debido principalmente a aspectos metodológicos de los modelos econométricos. Desde ese punto de vista, los resultados para Chile estarían siendo más realistas, posiblemente por el conjunto amplio de variables que se pudieron considerar en las diferentes estimaciones: por ejemplo, variables *dummy* para los grupos de altos ingresos y para los pobres (considerando el efecto del ingreso relativo), la cantidad de horas trabajadas y diferentes niveles de educación, entre otras.

Pero los resultados de los valores mayores que se obtienen con el método de percepción del estado de salud son más parecidos a los valores hallados por Menz y Welsch (2010), aunque estos autores usan como variable dependiente la percepción sobre la satisfacción con la vida (pues como se ha indicado, no se han encontrado estudios de valoración de la calidad del aire que usen la percepción del estado de salud como variable dependiente). De todas formas, los valores por esta alternativa se mantienen bastante por debajo de los resultados de Levinson (2009) y Ferreira y Moro (2010) para Estados Unidos e Irlanda respectivamente. No hay muchos estudios que comparan los resultados con ambas variables dependientes, pero se destaca el de Powdthavee y Van den Berg (2011) (aunque en ese estudio no se valora la contaminación u otro aspecto ambiental, sino que se valoran diferentes enfermedades), quienes encontraron algo similar a lo hallado anteriormente, con Tasas Marginales de Sustitución más bajas en el caso de la satisfacción con la vida en comparación con la percepción del estado de la salud, fundamentalmente porque el coeficiente asociado al ingreso de las personas resultó más elevado cuando se utilizaba la variable de percepción de satisfacción con la vida. Estos autores destacan que la variable ingreso (y las relacionadas con las enfermedades de su estudio) tienen un vínculo diferente con la satisfacción con la vida o con la percepción de salud, que muchas veces se debe al distinto razonamiento que hacen las personas ante las diferentes preguntas.

Las diferencias mostradas llevan a la pregunta de cuál es la variable dependiente que se debería usar para valorar la calidad del aire en este caso (Powdthavee y Van den Berg, 2011). Si el enfoque es sobre el aspecto ordinal, entonces por ambos métodos se obtienen resultados adecuados y una conclusión básica: reducir una unidad de $MP_{2,5}$ es más beneficioso que reducir una unidad de MP_{10} , lo que confirma también los resultados con el método de función de daño (en el próximo capítulo se compararán de mejor forma esos resultados). Pero si el enfoque es cardinal (tomando en cuenta los valores monetarios específicos), entonces la balanza debería inclinarse a usar la percepción de satisfacción con la vida, dado que considera aspectos más amplios en lo relacionado con la contaminación del aire (incluido lo de la salud) y la variable ingreso, que es fundamental en este método, se vincula más estrechamente con ella (teórica y empíricamente) que con la de percepción del estado de salud. A ello hay que agregarle, tal como se mostrará más abajo, que los valores de beneficios totales por descontaminar Temuco y Padre Las Casas que se obtienen con el método de percepción de satisfacción con la vida son mucho más cercanos a lo obtenido con el método de función de daño, mientras que con la percepción del estado de salud los valores parecen exageradamente elevados, fundamentalmente por un menor impacto del ingreso, aunque también por un mayor impacto de la contaminación.

10.5.3 Disposición a Pagar (DAP) Colectiva o Social

Como se indicó previamente, si se quería llegar a tener el valor de la disposición a pagar de la sociedad, sencillamente se debía multiplicar el DAP individual mostrado previamente por la cantidad de población de estas zonas urbanas: $DAP = DAP_i \cdot PB$. En la tabla siguiente se muestran los valores para 2011, considerando la población urbana de Temuco y Padre Las Casas:

Tabla 10.9: Disposición a Pagar de la Sociedad (Millones de USD) por reducir una unidad de Contaminación al año en Temuco y Padre Las Casas en 2011

	Contaminante			
Variable Dependiente: Percepción de Satisfacción con la Vida				
	MP ₁₀		MP _{2,5}	
Procedimiento Econométrico	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso
Mínimos Cuadrados Ordinarios	2,7	1,5	6,4	3,6
Probit Ordenado	3,9	2,1	7,3	4,0
Variable Dependiente: Percepción del Estado de Salud				
	MP ₁₀		MP _{2,5}	
Procedimiento Econométrico	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso	Media del Ingreso	Mediana del Ingreso
Mínimos Cuadrados Ordinarios	33,4	18,4	54,5	30,0
Probit Ordenado	25,6	14,1	48,4	26,7

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando el primer valor, ello significa que en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas la sociedad está dispuesta a pagar 2,7 millones de USD al año para reducir una unidad de MP₁₀ y así mantenerse con el mismo nivel de satisfacción con la vida.

Como es lógico, se mantiene la misma estructura que con los valores de DAP individuales, con valores mucho más elevados en el caso de la percepción del estado de salud en comparación con la percepción de satisfacción con la vida. Los resultados con Probit Ordenado son mayores que con Mínimos Cuadrados Ordinarios en el caso de la satisfacción con la vida, pero lo contrario ocurre con la percepción del estado de salud. Y en todos los casos los valores para reducir una unidad de MP_{2,5} son mayores que para reducir una unidad de MP₁₀.

10.5.4 Beneficios por Descontaminar entre 2012 y 2022

Con los datos anteriores se harán los cálculos de los beneficios por descontaminar las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022. Para ello se tomarán los mismos 4 escenarios considerados en el capítulo anterior, cuando se aplicó el método de Función de Daño:

- No Reducir las Emisiones (escenario de tendencia actual), que siga elevada la contaminación, y creciendo de acuerdo a la mayor población.
- Reducir las emisiones (y la contaminación) para cumplir con la norma chilena.
- Reducir las emisiones (y la contaminación) para cumplir con un nivel intermedio entre la norma chilena y la de la OMS.
- Reducir las emisiones (y la contaminación) para cumplir con la norma de la OMS.

O sea, los beneficios por descontaminar serán de acuerdo a los 3 últimos casos en comparación con la situación de tendencia (si no se aplican políticas para reducir la contaminación), que es el primer caso. Estas simulaciones se harán tanto respecto al MP_{10} como al $MP_{2,5}$.

Entonces, los beneficios en cada año se calcularán de la siguiente forma (se hace el ejemplo solamente con el MP_{10}):

$$BPF = (MP_{10}^{Tendencia} - MP_{10}^{Norma}) \cdot TMS_{YCT} \cdot - Y_i \cdot PB$$

Los beneficios por descontaminar de acuerdo al método de percepción de satisfacción con la vida o de felicidad (MPF) en un año en específico es igual a la Disposición a Pagar de la Sociedad por reducir una unidad de contaminación ($DAP = DAP_i \cdot PB = TMS_{YCT} \cdot - Y_i \cdot PB$) multiplicada por la cantidad de contaminación que se reduce en un año específico cuando se quiere llegar a cierta norma respecto a la contaminación que hubiera existido si no se aplica ninguna medida ($MP_{10}^{Tendencia} - MP_{10}^{Norma}$). Con esta fórmula se obtendrán mayores beneficios a medida que se reduce más la contaminación respecto al escenario de tendencia.

Hay que destacar que implícitamente se está asumiendo que las relaciones entre el ingreso y la satisfacción con la vida, y entre la contaminación y la satisfacción con la vida, que determinan la Tasa Marginal de Sustitución, se mantienen constantes para el período proyectado en las simulaciones.

En los cálculos se utilizarán las dos variantes del ingreso antes señaladas: el ingreso per cápita medio (o promedio simple) y la mediana del ingreso per cápita. Además, cada una de esas mediciones se incrementará en el período de análisis, considerando tres posibilidades: incrementos de 3%, 2% y 1% de forma anual, tal como se hizo para el valor de la vida y la valoración de los días de trabajo perdidos en el método de función de daño, que es lo que se recomienda en ejercicios de valoración que dependen en alguna medida del ingreso de las personas (Pearce *et al.*, 2006).

La sumatoria de beneficios para todo el período 2012 – 2022 se actualizará de acuerdo a la tasa de descuento social de 6%, que es la oficial para los proyectos sociales de Chile en la actualidad, tal como también se aplicó en el capítulo anterior con el método de función de daño.

Por último, se mostrarán los resultados con los dos métodos econométricos utilizados previamente: Mínimos Cuadrados Ordinarios y Probit Ordenado.

10.5.4.1 Beneficios por Reducción de MP₁₀

La reducción del contaminante MP₁₀ entre 2012 y 2022 brinda los siguientes beneficios acumulados y actualizados de acuerdo a los resultados con el método de satisfacción con la vida:

Tabla 10.10: Valoración de Beneficios en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, Método de Percepción de Satisfacción con la Vida

	Valor Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)		
Utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	273,6	256,2	240,0
Nivel Intermedio	529,9	496,5	465,2
Norma OMS	829,7	778,3	730,2
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	150,8	141,3	132,3
Nivel Intermedio	292,2	273,8	256,5
Norma OMS	457,5	429,1	402,6
Utilizando Probit Ordenado			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	385,2	360,8	337,9
Nivel Intermedio	746,2	699,1	655,1
Norma OMS	1.168,2	1.095,9	1028,1
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	212,4	198,9	186,3
Nivel Intermedio	411,4	385,5	361,2
Norma OMS	644,1	604,2	566,9

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, los valores son bastante elevados, a pesar de que las zonas de Temuco y Padre Las Casas tienen poca población, con ingresos medios o medios bajos, y la Tasa Marginal de Sustitución resultó bastante baja en comparación con otros estudios. Un aspecto importante es que las reducciones que hay que realizar de la contaminación son muy grandes, dado el alto nivel de MP₁₀ de partida (en 2012 en esta simulación).

Es importante destacar que los valores más bajos de la tabla anterior: reducción de contaminación para cumplir con norma de Chile en 2022, utilizando la mediana del ingreso, y asumiendo un incremento del 1% anual en el ingreso, brindan beneficios entre 130 y 190 millones de USD aproximadamente, que son similares al beneficio total que se obtuvo con el método de función de daño con los valores más elevados posibles en todos los componentes (de mortalidad y morbilidad) para cumplir con la norma chilena de MP₁₀ en

2022 (que se estimó en 166 millones de USD)¹³⁶. Es importante destacar que el método de percepción de satisfacción con la vida se basa, como es obvio, en las respuestas de los vivos, por lo que la mortalidad, al menos directamente, no está incluida en los valores de beneficios mostrados.

Cuando se toman los valores obtenidos mediante la percepción del estado de salud, los beneficios acumulados entre 2012 y 2022 para las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas son los siguientes:

Tabla 10.11: Valoración de Beneficios en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀, Método de Percepción del Estado de Salud

Valor Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)			
Utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	3.335,0	3.123,5	2.925,3
Nivel Intermedio	6.460,4	6.053,3	5.671,7
Norma OMS	10.114,5	9.488,7	8.901,6
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	1.838,8	1.722,2	1.612,9
Nivel Intermedio	3.562,0	3.337,5	3.127,1
Norma OMS	5.576,7	5.231,7	4.908,0
Utilizando Probit Ordenado			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	2.550,5	2.388,7	2.237,2
Nivel Intermedio	4.940,7	4.629,3	4.337,5
Norma OMS	7.735,2	7.256,6	6.807,6
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	1.406,3	1.317,0	1.233,5
Nivel Intermedio	2.724,1	2.552,4	2.391,5
Norma OMS	4.264,9	4.001,0	3.753,4

Fuente: Elaboración propia.

Como era de esperar, los valores son sumamente elevados, muy por encima de los obtenidos cuando se usa la percepción de satisfacción con la vida (aproximadamente entre 6 y 12 veces más altos) y la función de daño en el capítulo anterior.

¹³⁶ Este resultado comparativo entre ambos métodos brinda validez de convergencia, tal como indican Hanley y Spash (1993).

10.5.4.2 Beneficios por Reducción de MP_{2,5}

Con la reducción de MP_{2,5} hasta 2022, los resultados de beneficios estimados totales del período para las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, utilizando la percepción de la satisfacción con la vida, son los siguientes:

Tabla 10.12: Valoración de Beneficios en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, Método de Percepción de Satisfacción con la Vida

Valor Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)			
Utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	1.182,1	1.108,2	1.038,9
Nivel Intermedio	1.428,9	1.340,4	1.257,5
Norma OMS	1.710,4	1.605,9	1.507,9
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	651,7	611,0	572,8
Nivel Intermedio	787,8	739,1	693,3
Norma OMS	943,1	885,5	831,4
Utilizando Probit Ordenado			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	1.335,5	1.252,0	1.173,8
Nivel Intermedio	1.614,4	1.514,5	1.420,7
Norma OMS	1.932,5	1.814,5	1.703,7
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	736,4	690,3	647,2
Nivel Intermedio	890,1	835,0	783,3
Norma OMS	1.065,5	1.000,4	939,3

Fuente: Elaboración propia.

Como es lógico, los valores estimados de beneficios por reducción de MP_{2,5} son mayores a los asociados al MP₁₀, lo que se debe a dos factores claves: 1 – La brecha que hay entre la situación de tendencia y los escenarios de reducción es mayor con MP_{2,5}, dado que las normas son más estrictas; y 2 – La Tasa Marginal de Sustitución que se obtuvo con el MP_{2,5} fue mayor a la del MP₁₀, fundamentalmente por el mayor daño que genera el MP_{2,5} en la satisfacción con la vida.

En estos resultados se obtienen valores que están entre 1,5 y 4 veces aproximadamente el valor total de beneficios que se obtienen en el caso del MP₁₀. En el capítulo anterior, con el método de función de daño, también se obtenían valores mayores de beneficios por reducción de MP_{2,5} que por reducción de MP₁₀, aunque la diferencia era entre 1,2 y 2,6 veces aproximadamente.

Si se toman los valores menores de la tabla anterior: reducción de contaminación para cumplir con norma de Chile en 2022, utilizando la mediana del ingreso, y asumiendo un incremento del 1% anual en el ingreso, brindan beneficios entre 570 y 650 millones de USD aproximadamente, los que son algo mayores al beneficio total que se obtuvo con el método de función de daño cuando se consideraron los valores más elevados posibles en todos los componentes para cumplir con la norma chilena de MP_{2,5} en 2022, que fue en torno a los 410 USD¹³⁷.

Ahora se muestran los resultados de beneficios acumulados cuando se utiliza la percepción sobre el estado de salud:

Tabla 10.13: Valoración de Beneficios en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP_{2,5}, Método de Percepción del Estado de Salud

Valor Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)			
Utilizando Mínimos Cuadrados Ordinarios			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	9.979,7	9.355,9	8.771,0
Nivel Intermedio	12.063,9	11.137,0	10.616,4
Norma OMS	14.440,6	13.558,5	12.730,1
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	5.502,4	5.158,4	4.836,0
Nivel Intermedio	6.651,5	6.239,7	5.853,5
Norma OMS	7.962,0	7.475,6	7.019,1
Utilizando Probit Ordenado			
Utilizando la Media del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	8.871,4	8.316,8	7.796,9
Nivel Intermedio	10.724,1	10.060,2	9.437,4
Norma OMS	12.836,9	12.052,8	11.316,8
Utilizando la Mediana del Ingreso			
Criterios de Reducción	Con Crec. 3%	Con Crec. 2%	Con Crec. 1%
Norma Chile	4.891,3	4.585,6	4.298,9
Nivel Intermedio	5.912,8	5.546,8	5.203,4
Norma OMS	7.077,7	6.645,4	6.239,6

Fuente: Elaboración propia.

¹³⁷ Hay que tener presente que en algunos casos de morbilidad se usaron funciones dosis – respuesta de MP₁₀ adaptadas para MP_{2,5}, por lo que puede haber una subestimación en esos valores. De todas formas, tal como indican Hanley y Spash (1993), estos resultados similares entre ambos métodos brinda validez de convergencia.

Tal como se esperaba, los valores por esta vía son mucho más elevados que los que se obtienen con la percepción de satisfacción con la vida para el $MP_{2,5}$ (entre 6,5 y 8,5 veces aproximadamente).

10.6 Conclusiones del Capítulo

En este capítulo se ha aplicado un método de valoración novedoso para aspectos ambientales, como es el problema de la calidad del aire, que es un bien sin mercado. La percepción de las personas sobre su satisfacción con la vida es utilizada para valorar la contaminación que las afecta, pero el vínculo entre felicidad y contaminación no lo hacen las personas, sino que se obtiene a partir de la introducción de variables externas (los datos de MP_{10} y $MP_{2,5}$) en la encuesta de hogares principal de Chile. A partir de modelos econométricos se obtuvieron las tasas marginales de sustitución entre ingreso y contaminación para mantener constante la satisfacción con la vida y con ello se calcularon los valores de disposición a pagar para reducir la contaminación.

Es importante volver a destacar que este método, al menos con el enfoque micro, es primera vez que se aplica en Chile y en América Latina (según las últimas revisiones bibliográficas), por lo que su carácter pionero acá debe hacer que se tomen con cautela los resultados de valoración.

Un aspecto que llamó mucho la atención fue la gran diferencia encontrada en las tasas marginales de sustitución entre este estudio y otros a nivel internacional (de países desarrollados). En el caso de Chile los valores resultaron mucho más bajos, lo que inevitablemente llevó a bajos niveles de disposición a pagar por descontaminar (de forma individual).

Aun así, los beneficios por descontaminar son sumamente elevados, dado que se considera a toda la población y la reducción de la contaminación debe ser importante para poder cumplir con las diferentes normas de salud propuestas. Resultaron significativamente más elevados que los obtenidos por el método de función de daño, aun cuando en el método de percepción de felicidad no se valora directamente la mortalidad, que es un componente fundamental en la valoración total por daños a la salud.

Tal como en el método de función de daño, con la percepción de satisfacción con la vida se obtuvieron beneficios mayores por la descontaminación de $MP_{2,5}$ que con la de MP_{10} , lo que es un reflejo del hecho objetivo (del ámbito de la medicina) de que el contaminante más fino genera más daño a la salud y al bienestar en general.

Por último, se probó la misma lógica del modelo pero considerando a la percepción del estado de salud como variable dependiente. Los resultados, aunque son más parecidos a los estudios internacionales de percepción de satisfacción con la vida en cuanto a tasas marginales de sustitución, generan beneficios totales (cuando se considera a toda la población) sumamente elevados. Aunque se esperaba que fueran beneficios mayores a los de la percepción de satisfacción con la vida, una diferencia tan grande no es justificable. Dada la nula literatura internacional respecto a esta alternativa se requiere de mayor

investigación a fin de poder disponer o desechar los valores de beneficios que se obtienen así.

CAPÍTULO 11: DISCUSIÓN GENERAL

En este capítulo se resumen varios aspectos del ámbito empírico de esta investigación. Para ello se empezará con una discusión sobre los dos métodos de valoración ambiental utilizados, que tienen una naturaleza bien diferente.

Luego se mostrará un resumen de los resultados empíricos obtenidos en los dos capítulos precedentes, de forma tal que se comparen los valores de beneficios por descontaminar las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas con dos métodos de valoración muy distintos, uno algo tradicional (el método de función de daño) y otro novedoso (el método basado en la percepción con la satisfacción con la vida), ambos dentro de la lógica de las preferencias reveladas. De esta forma se brinda una panorámica general del cumplimiento del objetivo principal de esta investigación. Además, se hará énfasis en las diferencias de beneficios por reducción de MP_{10} y $MP_{2,5}$, que da respuesta a la tercera pregunta de investigación.

Por otra parte, uno de los propósitos fundamentales de los ejercicios de valoración para estimar beneficios por descontaminar el aire en zonas urbanas es poder disponer de información relevante para impulsar medidas que sean socialmente rentables, es decir, que se generen beneficios superiores a los costos para ciertos niveles de reducción de las emisiones contaminantes (Freeman, 2003).

Por tanto, en este capítulo también se hará una comparación de los beneficios estimados en los dos capítulos anteriores con los costos estimados en otros estudios sobre las medidas para reducir la contaminación del aire en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas. Adicionalmente se muestran los beneficios como porcentajes de los ingresos de estas zonas, lo que es un indicador útil para impulsar las medidas de descontaminación.

De forma breve también se harán algunos comentarios sobre los principales aportes de esta investigación. Igualmente, se harán consideraciones sobre aspectos pendientes de esta investigación, que deben esclarecerse en futuros trabajos, las que están relacionadas también con los ejercicios de valoración ambiental realizados.

11.1 Discusión sobre los Métodos de Valoración

El método de función de daño y el método de percepción de satisfacción con la vida tienen características muy diferentes, como se pudo apreciar en los capítulos anteriores. El primero valora la mortalidad y la morbilidad evitada cuando se reduce la contaminación con una base científica, basada en estudios del ámbito de la medicina, aunque en la etapa de valoración económica de esos efectos puede utilizar diferentes perspectivas, desde costos de enfermedades y costos de oportunidad hasta formas muy distintas de valorar la vida (para lo que se pueden emplear métodos de naturaleza muy distinta, como es el caso de los precios hedónicos y la valoración contingente). En cambio, el segundo método se basa en las percepciones subjetivas de las personas sobre su satisfacción con la vida en general, lo que se utiliza para valorar la calidad del aire de forma indirecta: o sea, las personas no emiten sus opiniones sobre cómo afecta la calidad del aire su bienestar. Es importante destacar que el hecho de que la variable central sea de percepción de las personas ello no le

quita validez al método, en primer lugar, porque varios estudios psicológicos encuentran una correspondencia adecuada entre aspectos objetivos del bienestar y la percepción de las personas, y en segundo lugar, porque otros métodos muy utilizados para valorar aspectos ambientales, como es el caso de la valoración contingente, se basan en percepciones u opiniones de las personas.

Es decir, la base del método de función de daño es objetiva, tomando a las funciones dosis – respuesta para la morbilidad y la mortalidad evitada. Por otra parte, la base del método de percepción de satisfacción con la vida es subjetiva, pues se basa en lo que perciben las personas, aunque no son opiniones sobre el bien ambiental, como en el caso de la valoración contingente.

Otra forma de visualizar las diferencias entre estos dos métodos es en relación a la claridad de lo que se está valorando. Por un lado, en el método de función de daño es completamente transparente el daño en la salud de las personas (separando los diferentes aspectos de la morbilidad y la mortalidad) y la forma en que se valoran. O sea, se dispone de información precisa de cada una de las funciones dosis – respuesta y de los valores que se otorgan a todos los casos evitados de mortalidad y morbilidad. Pero en el método de percepción de satisfacción con la vida lo que se valora es algo impreciso o vago llamado bienestar, utilidad o felicidad. **Se supone** (no se puede asegurar, pues las personas responden sobre su percepción en sentido general y en la aplicación del método se vinculan esas respuestas con los datos de contaminación insertados de forma exógena) que en el efecto de la contaminación en el bienestar de las personas están incluidos los daños en la salud, así como otros aspectos, como son los daños psicológicos, el menor disfrute de actividades al aire libre (que pueden influir en los daños psicológicos), la menor visibilidad en las ciudades, el malestar de aquellas personas con mayor conciencia ambiental o con preocupación por los demás (sobre todo por los niños y los ancianos), entre otros.

También se puede destacar el hecho de que en el método de función de daño muchas estimaciones de beneficios se calcularon en base a costos evitados (sobre todo para las enfermedades), ya sea directos o de oportunidad. Ello significa más bien un límite inferior en los beneficios por descontaminar. En cambio, con el método de percepción de satisfacción con la vida se obtienen estimaciones de beneficios basados más en las preferencias reveladas de las personas, considerando el impacto de la contaminación en su utilidad o bienestar, que lógicamente tienden a ser valores mayores que los costos evitados. Ello se refleja en los resultados obtenidos, pues los beneficios totales son mayores con el método de percepción de satisfacción con la vida que con el método de función de daño.

En cuanto a la aplicación práctica de estos métodos en esta investigación hay que destacar una diferencia fundamental. Con el método de función de daño se tuvieron que considerar funciones dosis-respuesta en base a la literatura médica internacional, dada la escasez de información sobre lo que sucede en Chile o en general en países subdesarrollados. El nivel de salud en Chile (medido por la esperanza de vida al nacer)¹³⁸ es bastante cercano a lo que sucede en los países desarrollados, por lo que no sería tan seria esta distorsión, aunque para casos específicos de morbilidad o mortalidad podría haber algunas diferencias relevantes.

¹³⁸ Ver en www.worldbank.org.

En cambio, con el método de percepción de satisfacción con la vida se obtuvieron tasas marginales de sustitución entre la contaminación y el ingreso en base a la realidad chilena. Por tanto, este aspecto hay que tenerlo en cuenta a la hora de comparar los resultados por ambos métodos, tal como se muestra a continuación.

Por otra parte, no se pudieron contabilizar todos los efectos en la salud mediante el método de función de daño, dado que no se cuenta con funciones dosis-respuesta para todos los aspectos involucrados, tanto a corto como a largo plazo. Además, los daños psicológicos tampoco se pudieron considerar en ese esquema de valoración. En cuanto a los resultados con el método de percepción de satisfacción con la vida, aunque son en base al bienestar total de las personas y no quedarían aspectos pendientes o sin información de forma específica o declarada, hay que tener presente un hecho ya destacado, que es que en este método responden las personas vivas y la valoración de la mortalidad evitada no queda claramente reflejada como en el caso del método de función de daño.

11.2 Beneficios por Descontaminar: Resumen en base a los Dos Métodos

Es importante recordar que, tanto con el método de función de daño para valorar la mortalidad y la morbilidad evitada como con el método de percepción de satisfacción con la vida para valorar la calidad del aire manteniéndose con un mismo nivel de bienestar, se aplicaron los mismos criterios generales para obtener los beneficios por descontaminar:

- Diez Años de Simulación de Beneficios, tal como el período de aplicación del PDA de Temuco y Padre Las Casas.
- Tres Metas de Reducción de la Contaminación: Llegar a cumplir con la Norma primaria de Chile en 2022, llegar a cumplir con la Norma de la OMS, y cumplir un nivel intermedio entre esas dos, tanto para MP_{10} como para $MP_{2,5}$.
- Tasa de Descuento Social de 6%.
- Con cada método se obtuvieron estimaciones bajas, medias y altas (para cumplir con cada meta), de acuerdo a diferentes criterios, a fin de tener un rango de posibilidades realistas.

Ello permite que se puedan realizar comparaciones de los beneficios obtenidos por ambos métodos.

Los resultados por ambos métodos no se deben sumar, pues en el caso de los beneficios estimados mediante el método en base a la satisfacción con la vida de alguna forma puede estar reflejando una parte importante de los daños en salud, sobre todo lo relacionado con la morbilidad. O sea, si bien con ambos métodos se obtienen resultados complementarios – uno más vinculado al ámbito científico respecto a los impactos en la salud y otro más vinculado al ámbito subjetivo de las personas – en la práctica algún grado de sustitución existe si se considera que el aspecto subjetivo puede estar reflejando parte del daño en salud que causa la contaminación. Es por ello que se muestran los resultados por separado.

Es importante destacar que por ambos métodos se han obtenido valores de beneficios totales por descontaminar que hay que considerar con cierto cuidado, dado que los

parámetros básicos de ambos métodos – las funciones dosis respuesta en el método de función de daño y las tasas marginales de sustitución en el método de percepción de satisfacción con la vida – se mantienen constantes en las distintas simulaciones de reducción de la contaminación. O sea, se está asumiendo que el impacto de una reducción de la contaminación en la salud o en el bienestar es básicamente la misma cuando se parte de altos niveles de contaminación del aire que cuando se parte de niveles medios o bajos. Este supuesto de linealidad se debe a la limitación de información con que se cuenta hasta el momento en base a los métodos aplicados.

A continuación sólo se muestran algunos de los valores de beneficios obtenidos que permiten tener una visión del rango de posibilidades, tanto con el método de función de daño como con que el método de percepción de satisfacción con la vida. Se han considerado, tanto con MP_{10} como con $MP_{2,5}$, y con ambos métodos de valoración, 3 valores de beneficios: valores bajos o los más conservadores, los valores más elevados posibles, y valores intermedios entre esos dos.

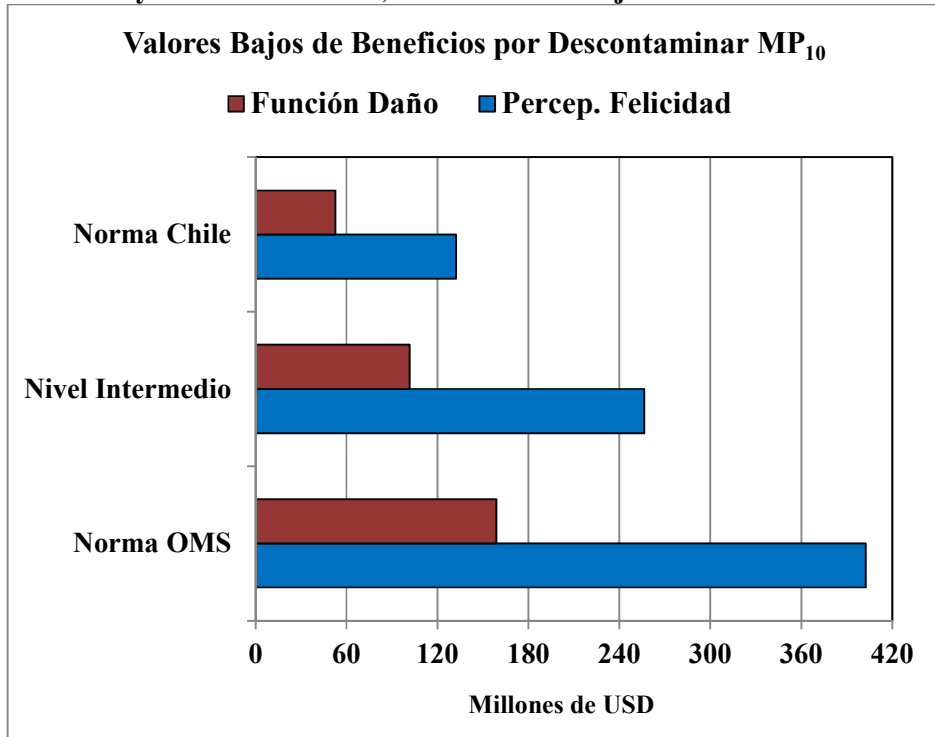
En los valores estimados más bajos se tienen los límites menores de beneficios, donde, por ejemplo, en el método de función de daño se consideró al valor de la vida de acuerdo al método del capital humano y un valor de bajo costo para la bronquitis crónica, mientras que en el método de percepción de felicidad se utilizó la tasa marginal de sustitución que se obtuvo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios y la DAP se calculó en base a la mediana del ingreso. Además, en ambos métodos se supuso un incremento de 1% anual en las variables relacionadas con el ingreso.

En cuanto a los valores medios estimados, en el método de función de daño se utilizó el valor de la vida de acuerdo al modelo de elección con preferencias declaradas a partir del riesgo de accidentes fatales en las carreteras, mientras que en el método de percepción de felicidad se utilizó la tasa marginal de sustitución que se obtuvo mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios y la DAP se calculó en base al promedio del ingreso. Se supuso un incremento anual de 2% en todas las variables relacionadas con el ingreso de ambos métodos.

Finalmente, en los valores mayores estimados se tienen los límites máximos de beneficios con ambos métodos. En este caso, en el método de función de daño se utilizó el valor de la vida por el método de la valoración contingente y un elevado costo para la bronquitis crónica, mientras que en el método de percepción de felicidad se utilizó la tasa marginal de sustitución que se obtuvo mediante Probit Ordenado y la DAP se calculó en base al promedio simple del ingreso. En estos casos se supuso un incremento de 3% anual en las variables relacionadas con el ingreso de ambos métodos.

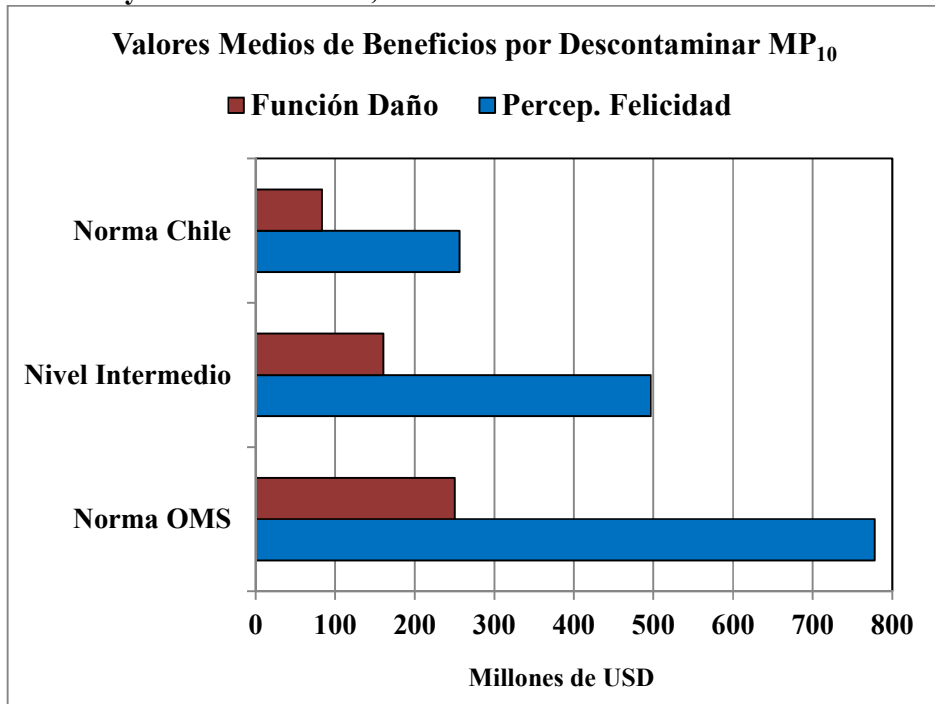
Se comienza mostrando a los beneficios por reducir los niveles de MP_{10} , tal como se muestra en los tres gráficos siguientes:

Gráfico 11.1: Comparación de Beneficios para cumplir Metas de MP₁₀ en 2022 en Temuco y Padre Las Casas, Estimaciones Bajas con Ambos Métodos



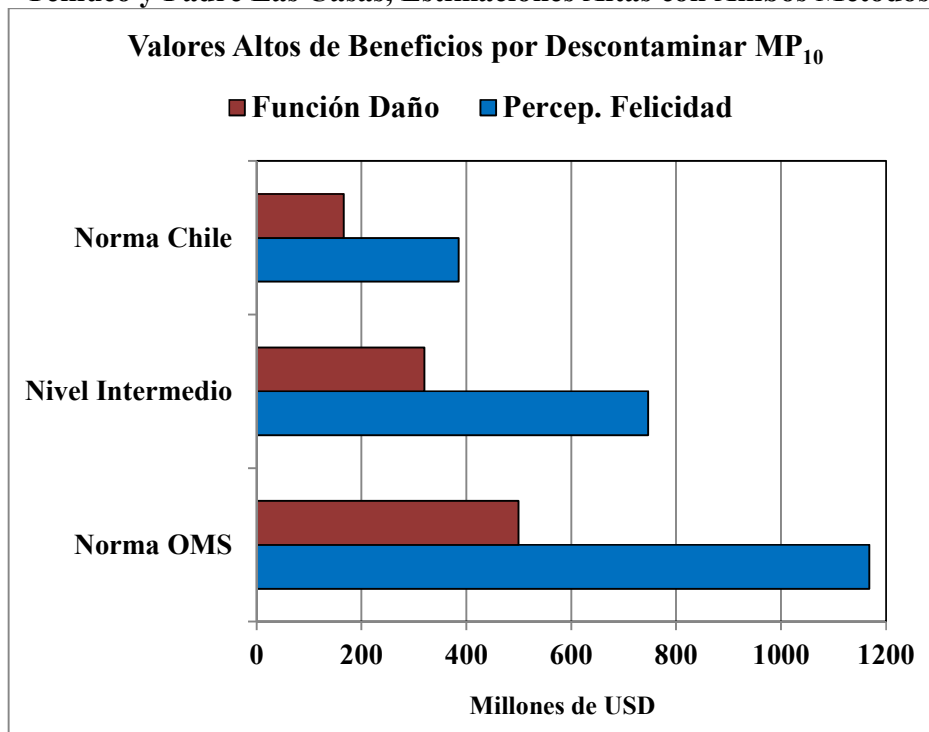
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11.2: Comparación de Beneficios para cumplir Metas de MP₁₀ en 2022 en Temuco y Padre Las Casas, Estimaciones Medias con Ambos Métodos



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11.3: Comparación de Beneficios para cumplir Metas de MP₁₀ en 2022 en Temuco y Padre Las Casas, Estimaciones Altas con Ambos Métodos



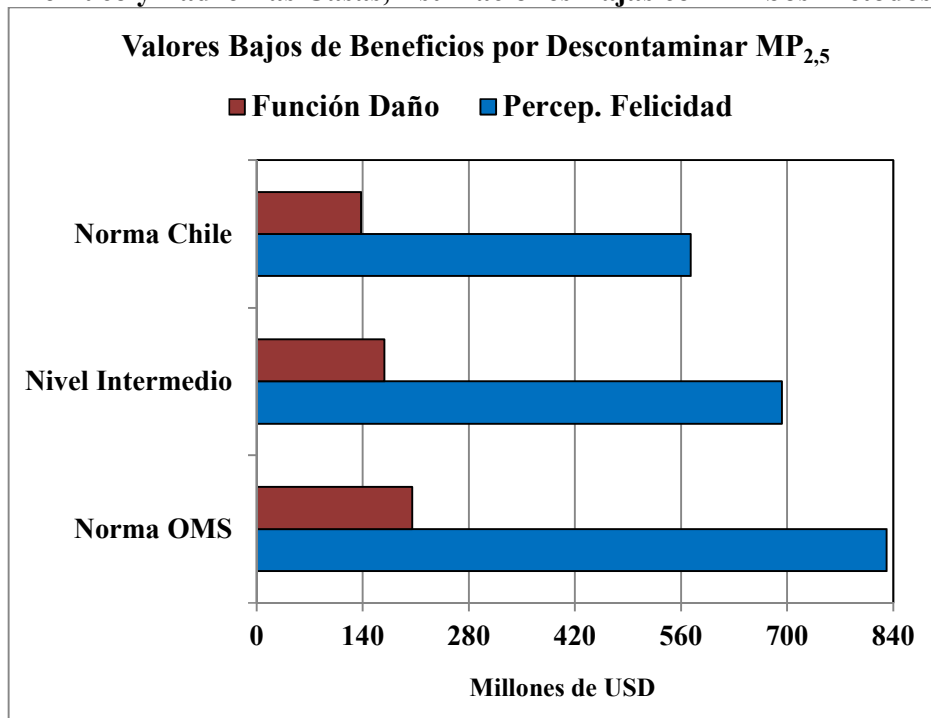
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los tres gráficos, los beneficios estimados mediante el método de percepción de satisfacción con la vida superan ampliamente (entre 2,3 y 3,1 veces aproximadamente) los beneficios estimados mediante el método de función de daño para la reducción de MP₁₀ hasta 2022 en Temuco y Padre Las Casas. Es interesante destacar que en el método de percepción de satisfacción con la vida no se valoran directamente los casos de mortalidad, además de que la DAP obtenida en el caso de Chile (incluido Temuco y Padre Las Casas) es bastante más baja que en estudios similares a nivel internacional que usan el MP₁₀ para valorar la calidad del aire en base a ese método novedoso.

Hay que señalar que no se muestran los resultados de beneficios estimados mediante el método de percepción del estado de salud, que fueron mucho más elevados, entre 6 y 12 veces (aproximadamente) mayores a los beneficios estimados mediante la percepción de la satisfacción con la vida.

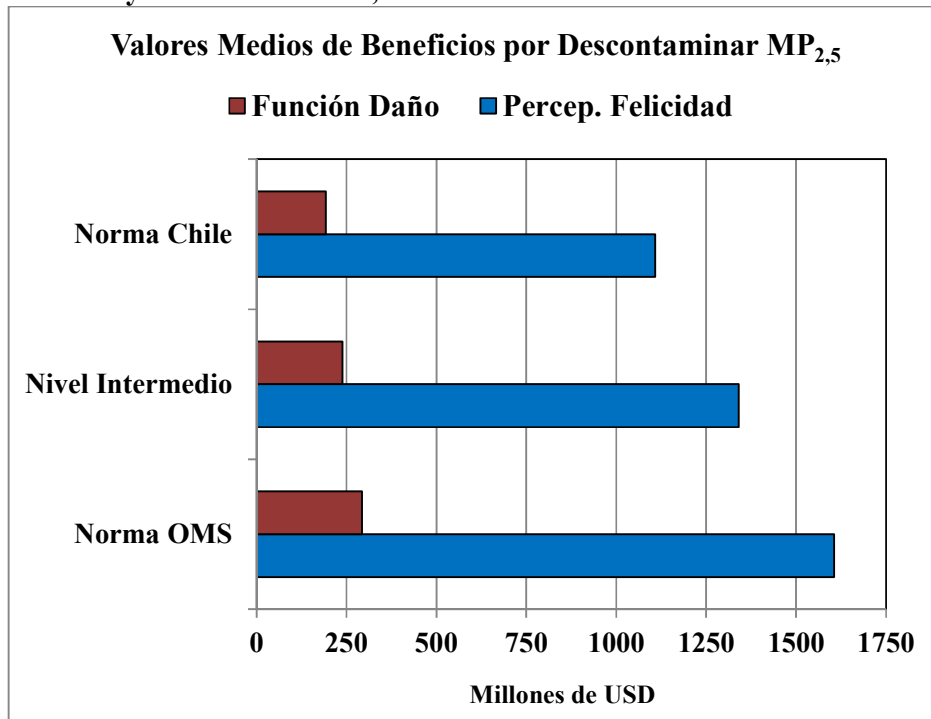
A continuación se muestran los resultados de beneficios estimados con ambos métodos para el caso de la reducción de MP_{2,5}:

Gráfico 11.4: Comparación de Beneficios para cumplir Metas de MP_{2,5} en 2022 en Temuco y Padre Las Casas, Estimaciones Bajas con Ambos Métodos



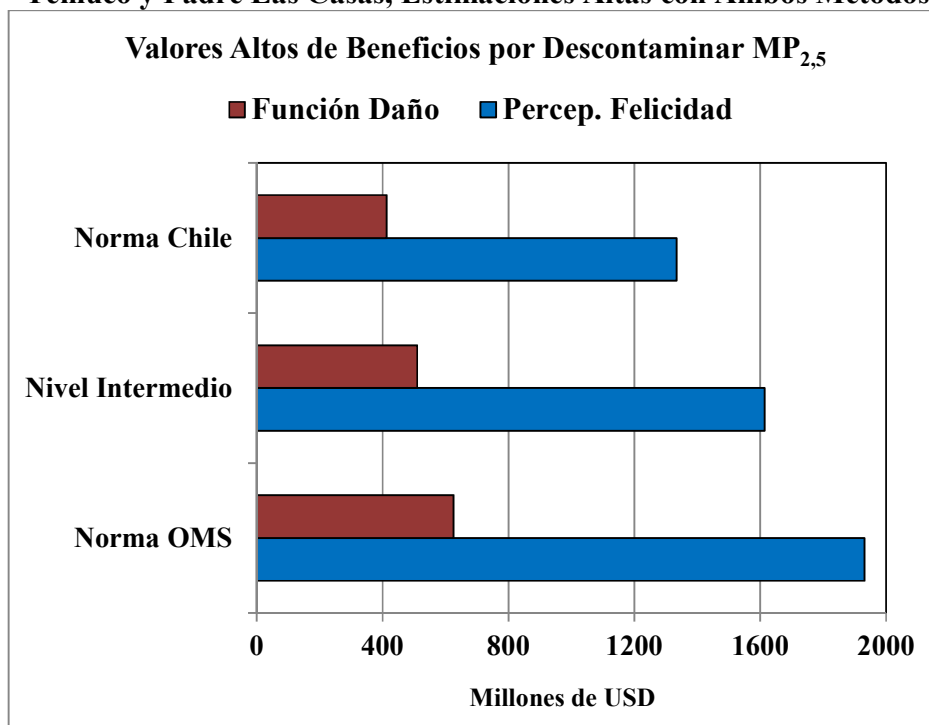
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11.5: Comparación de Beneficios para cumplir Metas de MP_{2,5} en 2022 en Temuco y Padre Las Casas, Estimaciones Medias con Ambos Métodos



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11.6: Comparación de Beneficios para cumplir Metas de MP_{2,5} en 2022 en Temuco y Padre Las Casas, Estimaciones Altas con Ambos Métodos



Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar se debe señalar que la brecha de beneficios entre ambos métodos se amplía (respecto a lo mostrado para el MP₁₀), pues con el método de satisfacción con la vida se obtienen valores entre 3 y 6 veces (aproximadamente) mayores a los valores que se obtienen por el método de la función de daño para los mismos criterios de reducción de MP_{2,5} hasta 2022. En este caso tampoco se muestran los resultados de beneficios estimados mediante el método de percepción del estado de salud, que fueron mucho más elevados, entre 6,5 y 8,5 veces (aproximadamente) mayores a los beneficios estimados mediante la percepción de la satisfacción con la vida.

Lo otro importante a destacar en este caso es que los beneficios por reducción de MP_{2,5} son mucho mayores a los obtenidos para la reducción de MP₁₀. Ello responde a la tercera pregunta de investigación planteada en el capítulo 1: ¿Se obtienen beneficios muy diferentes por reducir MP₁₀ y MP_{2,5}? Aunque son dos contaminantes muy relacionados – por su forma de medición –, el impacto en el bienestar de las personas es diferente, por lo que es importante considerarlos por separado. Además, en Chile hay normas primarias de salud diferentes para estos contaminantes, lo que implica que las políticas de reducción de problemas de contaminación se hacen con visiones y con recursos de forma separada.

Como también se ha destacado en los capítulos anteriores, las grandes diferencias encontradas en los beneficios con ambos contaminantes se debe a dos factores: 1 – Al mayor impacto relativo que tiene el MP_{2,5} tanto en la salud como en la satisfacción con la

vida, y 2 – El esfuerzo de reducción desde los niveles actuales hasta las diferentes metas es mucho mayor en Temuco y Padre Las Casas que en el caso del MP₁₀.

En relación a lo anterior, a continuación se muestra un cálculo sencillo que permite comparar mejor los beneficios entre ambos contaminantes, pues la reducción de MP₁₀ hasta 2022 es diferente a la de MP_{2,5} para las diferentes metas o normas de salud. El procedimiento es la división de los beneficios acumulados entre 2012 y 2022 (en millones de USD actualizados) por la cantidad de reducción de concentración en la atmósfera de material particulado (MP₁₀ o MP_{2,5}) en el mismo período de acuerdo a las diferentes metas o normas primarias de salud consideradas.

La tabla 11.1 muestra esos resultados:

Tabla 11.1: Beneficios Agregados en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por Unidad de reducción de Material Particulado, tanto de MP₁₀ como de MP_{2,5}

Criterios de Reducción de Contaminación y Diferentes Estimaciones de Beneficios	Beneficios (Millones de USD actualizados) por Unidad de Reducción de Material Particulado	
	Método de Función de Daño	Método Percepc. Satisfacción con la Vida
Reducción para cumplir con Normas de Chile		
MP₁₀		
Valores Más Conservadores	3,6	9,1
Valores Intermedios	5,7	17,6
Valores Elevados	11,4	26,5
MP_{2,5}		
Valores Más Conservadores	5,0	20,7
Valores Intermedios	7,0	40,1
Valores Elevados	15,0	48,3
Reducción para cumplir con Nivel Intermedio		
MP₁₀		
Valores Más Conservadores	3,4	8,7
Valores Intermedios	5,4	16,8
Valores Elevados	10,8	25,3
MP_{2,5}		
Valores Más Conservadores	5,2	21,2
Valores Intermedios	7,3	41,0
Valores Elevados	15,6	49,4
Reducción para cumplir con Normas de OMS		
MP₁₀		
Valores Más Conservadores	3,6	9,0
Valores Intermedios	5,6	17,5
Valores Elevados	11,2	26,2
MP_{2,5}		
Valores Más Conservadores	5,5	22,1
Valores Intermedios	7,8	42,6
Valores Elevados	16,6	51,3

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que en todos los casos los beneficios por reducción de una unidad de contaminación resultan mayores en el caso del MP_{2,5} que en el caso del MP₁₀, independiente de las normas que se logre cumplir en el período y del método de estimación de beneficios.

Es importante destacar que todos los beneficios mostrados en esta sección fueron calculados para un período de 10 años, pero eso claramente es una subestimación de los beneficios reales, pues varias medidas de descontaminación en Temuco y Padre Las Casas generan beneficios para más de 10 años. Por ejemplo, el cambio de equipos o la aislación térmica de las viviendas son medidas con consecuencias de largo plazo, pues los equipos de calefacción pueden durar 15, 20 o más años, y las viviendas bien aisladas seguramente mucho más tiempo.

11.3 Comparación de Beneficios y Costos

Esta investigación se ha enfocado solamente en métodos de estimación de beneficios para descontaminar las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas, básicamente por un asunto de tiempo y porque en el ámbito de los costos los conocimientos de ingeniería son más relevantes. Además, la mayoría de los estudios realizados para el caso en estudio han sido de evaluación de las medidas para descontaminar, con varias estimaciones de los costos que ellas implican.

Por tanto, a continuación se hará una comparación entre los beneficios estimados en este estudio y los costos estimados en otros estudios. Es importante destacar que esa comparación no es sencilla, pues los puntos de partida de la contaminación y las medidas para reducirla no coinciden exactamente con los cálculos elaborados en este estudio. Además, hasta el momento no se han publicado estudios sobre los costos asociados a la reducción de $MP_{2,5}$ en estas zonas urbanas.

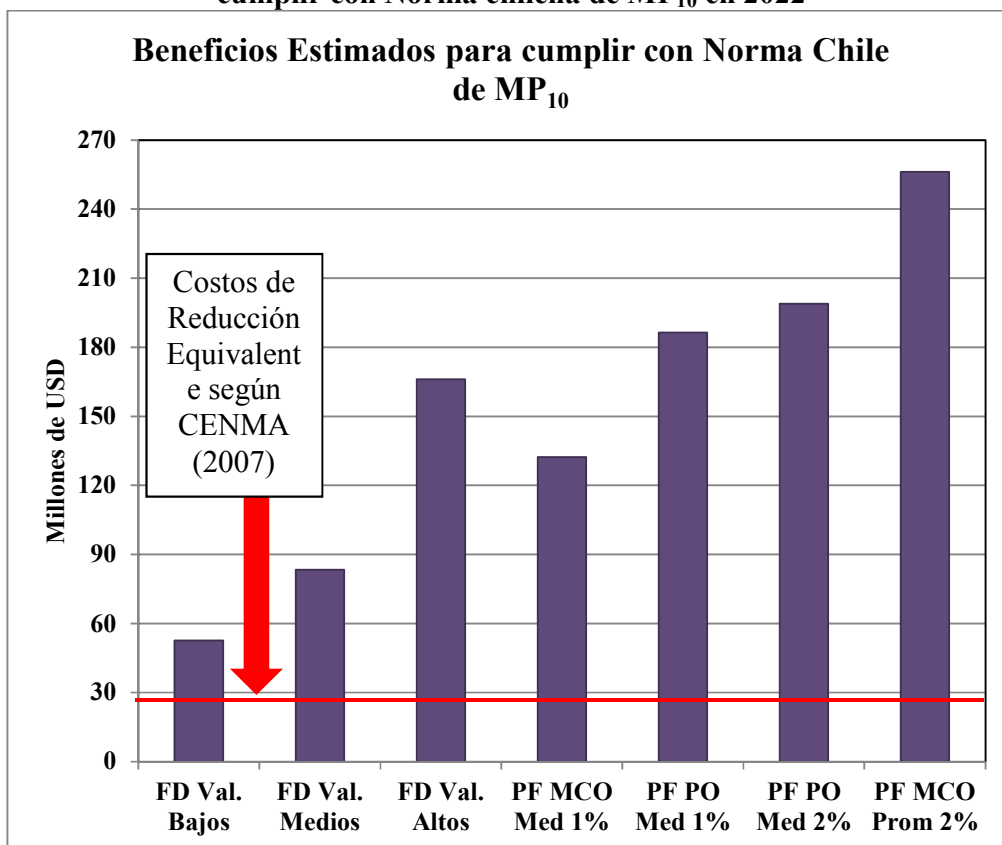
Se comienza con el estudio de CENMA (2007), pues fue el que se consideró de forma oficial en la elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica (PDA) de estas zonas (BCN, 2010b).

En el estudio de CENMA (2007) se estimaban beneficios y costos entre 2008 y 2022, pero partiendo de un nivel de MP_{10} de $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, de donde se simulaba llegar al final del período a un nivel de $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10} como promedio anual, que es menor que la norma de Chile ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y similar al nivel intermedio entre la norma chilena y la de la OMS considerada en las estimaciones de esta investigación, pues con ello se buscaba reducir los días de elevada contaminación en los meses de invierno. Esto es muy diferente al punto de partida del análisis en los capítulos anteriores, pues en 2012 el nivel promedio anual de MP_{10} llegaba a cerca de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muy por encima de la norma de Chile, lo que no ocurría en el punto de partida de CENMA (2007): partían con niveles que cumplían con la norma de Chile.

Sin embargo, la reducción de MP_{10} (en cuanto a $\mu\text{g}/\text{m}^3$) de 47 a 33 en el caso de CENMA (2007) y de 64,5 a 50 en las estimaciones de beneficios en los capítulos anteriores es equivalente (en torno a $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aunque, como es lógico, en términos de porcentaje es algo diferente (cerca de 30% de reducción cuando se parte de $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y cerca de 22,5% cuando se parte de $64,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tomando ello en consideración, en el siguiente gráfico se muestran diferentes estimaciones de beneficios por descontaminar de forma que entre 2012 y 2022 se cumpla con la norma de Chile de MP₁₀. Además, se consideraron costos de 28,6 Millones de USD que según CENMA (2007) se necesitan en unos 10 años para reducir 14 unidades ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de MP₁₀ (se recalcularon esos costos con una tasa de descuento de 6% para que sean más comparables con los beneficios estimados, pues en ese entonces en Chile se usaba una tasa de 10%).

Gráfico 11.7: Comparación de Beneficios con Costos según CENMA (2007) para cumplir con Norma chilena de MP₁₀ en 2022



Fuente: Elaboración propia.

No se han considerado todas las estimaciones de beneficios, sino que solamente las tres agregadas mostradas mediante el método de la función de daño (FD, con valores conservadores o bajos, medios o intermedios y elevados o altos) y cuatro de las más bajas en el caso del método basado en la percepción de satisfacción con la vida o la felicidad (PF, con Mínimos Cuadrados Ordinarios o con Probit Ordenado, usando la mediana del ingreso o el promedio simple del ingreso, y con proyecciones de 1% o 2% en el crecimiento del ingreso).

Como se puede apreciar, en todos los casos se obtienen beneficios mucho mayores que los costos. Incluso, el valor más bajo de beneficios, que es el de Función de Daño con valores más conservadores (donde se tomó al valor de la vida según el método del capital humano), es 84% mayor al valor de los costos. Ese valor es el único que es inferior a los beneficios

estimados por CENMA (2007) y que fueron los que se consideraron oficialmente para la elaboración del PDA.

Si se considera al valor de beneficios más elevado para cumplir con la norma primaria de Chile, que fue de 385,2 Millones de USD según el método de percepción de satisfacción con la vida (con Probit Ordenado, ingreso promedio y crecimiento anual de 3% en ese ingreso), y se compara con los costos, se encuentra una relación beneficios/costos de 13,5, que es bastante alta. Sin embargo, en el caso de Estados Unidos, las estimaciones centrales reflejan una relación de beneficios/costos de 32 (EPA, 2011) con la utilización del método de función de daño, una tres veces más que en Temuco y Padre Las Casas, lo que puede deberse a varios factores: cantidad de población, poder adquisitivo de la población, naturaleza de la contaminación (relativamente más barata de reducir), entre otros. En general, tal como plantea Scapecchi (2008), en los países de la OCDE (incluido México) se han encontrado beneficios superiores a los costos en la valoración de medidas para descontaminar el aire. Para ciudades europeas, Olsthoorn *et al.* (1999) igualmente encontraron beneficios muy elevados en comparación con los costos de descontaminar para varios tipos de contaminantes del aire.

Los resultados mostrados ratifican que, al menos, una reducción de la contaminación para llegar a cumplir con la norma de Chile de MP_{10} (que sigue siendo elevada) es socialmente rentable. Esto responde a la primera pregunta de esta investigación planteada en el capítulo 1: ¿Se obtienen beneficios suficientemente elevados en Temuco y Padre Las Casas que superen los costos de medidas para descontaminar? Por tanto, si esas medidas son rentables desde el punto de vista social, y hay fallas de mercado y de otro tipo que llevan a que el esfuerzo privado por reducir la contaminación sea insuficiente, entonces se justifica plenamente la intervención del Estado para solucionar esta situación de elevada contaminación del aire.

Es importante destacar que a nivel internacional los proyectos de mejoras de las condiciones ambientales, como ocurre con la calidad del aire, presentan elevados niveles de rentabilidad social (López, 2007), lo que está en concordancia con los resultados de este estudio. Sin embargo, en muchas ocasiones esos resultados no llevan a que el Estado intervenga más para aumentar los gastos en ese sentido, al igual que en el ámbito de la educación, lo que se asocia a rigideces de las instituciones políticas de muchos países subdesarrollados.

A continuación se utilizan resultados de otros estudios sobre los costos que implican las diferentes medidas, para que se tenga una visión más amplia sobre este aspecto, sobre todo considerando otras estimaciones de costos y con otros porcentajes de reducción de emisiones contaminantes.

En un estudio previo al de CENMA (2007), donde se analizaron varias medidas para descontaminar a estas zonas, Sanhueza *et al.* (2006) mostraron valores mucho más elevados de costos. Por ejemplo, para reducciones en torno al 30% de emisiones de MP_{10} (las reducciones más bajas en ese estudio), se estimaron valores de costos entre 80 y 120 Millones de USD, con un promedio de 97,2 Millones de USD con diferentes combinaciones de medidas en 10 años (tomando los datos originales se descontó al 6% para

que sea comparable con los resultados de beneficios). Es importante destacar que finalmente los resultados de este estudio no fueron considerados oficialmente por el Ministerio de Medio Ambiente para la elaboración oficial del PDA de Temuco y Padre Las Casas¹³⁹. En ese caso, sólo la estimación con valores elevados mediante la función de daño (que considera el valor de la vida por el método de la valoración contingente y un valor elevado para el caso de la bronquitis crónica, entre otros aspectos)¹⁴⁰ y todas las estimaciones obtenidas mediante el método de percepción de satisfacción con la vida resultaron mayores a esos costos.

Posteriormente, en el estudio de Gómez *et al.* (2009), enfocado fundamentalmente a la medida de cambio de equipos, se estimaron costos para reducir entre un 25% y un 30% las emisiones de MP₁₀. Al contrario del estudio anterior, los montos de costos de las diferentes formas de aplicar esa medida son bastante bajos, entre 7 y 11 Millones de USD aproximadamente. En este caso, todas las estimaciones de beneficios, tanto por el método de función de daño como por el método de percepción de satisfacción con la vida, superan ampliamente los costos estimados en ese estudio. En un estudio más reciente (Gómez *et al.*, 2013), igualmente se obtienen valores algo mayores en términos relativos (costo – efectividad): aproximadamente 11 Millones de USD por reducciones algo menores al 15%, que están en concordancia con los resultados de CENMA (2007).

Para reducciones mayores de emisiones contaminantes en Temuco y Padre Las Casas, sólo se cuenta con las estimaciones de costos de Sanhueza *et al.* (2006), que son de carácter preliminar y no fueron consideradas oficialmente por el Ministerio de Medio Ambiente para la elaboración del PDA, tal como sí se hizo con el estudio de CENMA (2007). Por tanto, sólo se comentarán esos resultados para tenerlos como referencia, pero en ningún caso como estimaciones de costos confiables. Por ejemplo, para reducciones en torno a 45%, que es lo que se necesita para llegar entre 2012 y 2022 al nivel intermedio de MP₁₀ (35 µg/m³: exactamente tiene que haber una reducción de 45,8% en ese período), en Sanhueza *et al.* (2006) se obtiene un valor promedio de costos de 161 Millones de USD (actualizado con 6% de tasa de descuento y considerando diversas medidas). En este caso, las estimaciones de beneficios mediante el método de función de daño, tanto con valores bajos o conservadores como con valores intermedios, son inferiores a los costos. Con los valores elevados mediante el método de función de daño (en torno a 320 Millones de USD) y con todas las estimaciones mostradas mediante el método de percepción con satisfacción con la vida (que no son las más elevadas) se obtienen valores de beneficios bastante superiores a los costos.

Por último, se hará el ejercicio de combinar costos y beneficios para grandes reducciones de la contaminación en Temuco y Padre Las Casas. En este caso también se cuenta solamente con las estimaciones de costos por parte del estudio de Sanhueza *et al.* (2006),

¹³⁹ En conversación con Rocío Toro, la encargada de los problemas de contaminación atmosférica en la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de la Región de La Araucanía, indicó que era preferible utilizar el estudio de CENMA (2007) al de Sanhueza *et al.* (2006) debido a que aquel fue el Análisis General del Impacto Económico y Social (AGIES), documento oficialmente requerido para plantear el PDA de Temuco y Padre Las Casas, el que fue realizado con más rigurosidad en cuanto a los aspectos económicos.

¹⁴⁰ En Sanhueza *et al.* (2006) también calculan los beneficios por la función de daño y en todos los casos la mortalidad es valorada con el estudio de valoración contingente aplicado en Chile.

considerando el conjunto de medidas que logra reducciones de las emisiones en torno al 60%, lo que es similar a la reducción que se requiere para cumplir con la norma de Chile de MP_{2,5} entre 2012 y 2022. En ese estudio se estimó un promedio de costos de 182 Millones de USD (cuando se considera un conjunto de medidas que permiten grandes reducciones de las emisiones de material particulado). Para este caso, la única estimación de beneficios que resultó inferior a los costos fue la que se realizó mediante el método de función de daño con los valores bajos o conservadores (que resultó en 138 Millones de USD). Es importante destacar que hasta el momento no se han publicado estudios para analizar las medidas para reducción del MP_{2,5} (se están realizando en estos momentos)¹⁴¹, que tienen que ser más fuertes y costosas que las consideradas en el PDA para reducir el MP₁₀. Pero en este ejercicio hay que destacar que para grandes reducciones de la contaminación, como es en este caso, los beneficios superan a los elevados costos en la mayoría de las estimaciones, sobre todo cuando se tienen en cuenta los valores elevados con el método de función de daño y todos los valores con el método de percepción de satisfacción con la vida (que no son los más elevados de todas las variantes calculadas).

Hay que destacar que no se muestran comparaciones de costos y beneficios para las reducciones de MP₁₀ para cumplir con la norma de la OMS, ni para las reducciones de MP_{2,5} para cumplir con el nivel intermedio y con la norma de la OMS, pues no se han encontrado estudios con simulaciones de costos para reducciones muy fuertes de material particulado, que oscilan aproximadamente entre 70% y 80%.

De todas formas, hay que tener en cuenta que en muchos estudios internacionales la estimación de costos *ex ante* tiende a ser superior a las estimaciones *ex post* (Scapecchi, 2008).

11.4 Beneficios Estimados como Proporción de los Ingresos de las Comunas

Un análisis que puede ser útil es el que se deriva del cálculo del porcentaje que representan los beneficios estimados por ambos métodos respecto al ingreso total que se genera en estas comunas.

Se consideró a la suma del ingreso total de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas según la encuesta CASEN de 2011, que generalmente es una subestimación del ingreso real, pues se basa en las respuestas voluntarias de las personas a una variable tan sensible como el ingreso total del hogar. De todas formas, al no haber disponible otra fuente de información se utilizó esa medición para mostrar cuánto representan los beneficios estimados por descontaminar en los ingresos de la población.

Tal como en el cálculo de los beneficios por descontaminar, en la variable de ingreso total se estimaron crecimientos anuales de 1%, 2% y 3% entre 2012 y 2022, y se actualizó la suma del ingreso total con una tasa de 6% (tasa social de descuento), para que sean comparables los valores del numerador y del denominador. Por el lado de los beneficios

¹⁴¹ Según conversación en Julio de 2014 con Rocío Toro, encargada de los problemas de contaminación atmosférica en la Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente de la Región de La Araucanía.

estimados, se considerarán sólo algunos de los resultados con ambos métodos (función de daño y percepción de satisfacción con la vida): los más bajos o conservadores, los más elevados y valores intermedios entre esos dos extremos.

A continuación, en la tabla 11.2, se muestran los resultados del porcentaje de beneficios estimados como proporción del ingreso total de las zonas urbanas de estas comunas.

Tabla 11.2: Beneficios Agregados en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de contaminación para cumplir con diferentes normas primarias de salud, como proporción del Ingreso Total generado en estas zonas urbanas

Criterios de Reducción de Contaminación y Diferentes Estimaciones de Beneficios	Beneficios como Porcentaje del Ingreso Total	
	Método de Función de Daño	Método Percepc. Satisfacción con la Vida
Reducción para cumplir con Normas de Chile		
MP₁₀		
Valores Más Conservadores	0,35	0,87
Valores Intermedios	0,52	1,59
Valores Elevados	0,97	2,26
MP_{2,5}		
Valores Más Conservadores	0,90	3,75
Valores Intermedios	1,20	6,87
Valores Elevados	2,43	7,84
Reducción para cumplir con Nivel Intermedio		
MP₁₀		
Valores Más Conservadores	0,67	1,68
Valores Intermedios	1,00	3,08
Valores Elevados	1,88	4,38
MP_{2,5}		
Valores Más Conservadores	1,11	4,54
Valores Intermedios	1,48	8,31
Valores Elevados	2,99	9,47
Reducción para cumplir con Normas de OMS		
MP₁₀		
Valores Más Conservadores	1,04	2,64
Valores Intermedios	1,55	4,83
Valores Elevados	2,93	6,86
MP_{2,5}		
Valores Más Conservadores	1,35	5,45
Valores Intermedios	1,82	9,96
Valores Elevados	3,68	11,34

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de beneficios más bajos o conservadores se dividieron por el ingreso total actualizado que considera un crecimiento anual de 1%; los valores de beneficios intermedios se dividieron por el ingreso total actualizado que considera un crecimiento anual de 2%; y los valores de beneficios más elevados se dividieron por el ingreso total actualizado que considera un crecimiento anual de 3%.

Si solamente se busca cumplir con las normas primarias de MP₁₀ de Chile en 2022, los beneficios estimados representan entre 0,3% y 2,3% del ingreso total. En cambio, si se logra cumplir con la meta propuesta por la OMS, esos porcentajes suben, entre un 1% y un 7% aproximadamente.

Como es lógico, los cálculos que consideran las diferentes metas de reducción de MP_{2,5} brindan valores mucho mayores. Por ejemplo, para cumplir con la norma primaria de Chile en 2022, se obtienen porcentajes entre 0,9% y 8%, mientras que si se busca cumplir con la norma de la OMS se llegaría a un rango de 1,3% y 11,3%.

Estos valores sirven para indicar un límite máximo de un posible gasto público en estas zonas para reducir la contaminación. Por ejemplo, si se busca cumplir con la norma de MP₁₀, entonces los costos no deberían sobrepasar el 0,35% del ingreso total en el escenario más conservador (según el método de función de daño), que es en torno a los 50 millones de USD, bastante más elevado que lo propuesto oficialmente en el PDA. Como se puede apreciar, en la mayoría de los casos, los beneficios son porcentajes bajos del ingreso (por ejemplo, en el caso del MP₁₀, muchos valores están por debajo del 3%), por lo que no significaría un gran esfuerzo aplicar medidas más amplias para reducir la contaminación, dado que los costos para lograr esos resultados en ocasiones resultan bastante menores a los beneficios obtenidos.

En otros estudios, tanto de países desarrollados como de subdesarrollados, los beneficios por descontaminar (o los costos de la contaminación) se encuentran aproximadamente entre el 0,7% y el 5% del PIB (Pervin *et al.*, 2008; Scapecchi, 2008), valores similares a los calculados para Temuco y Padre Las Casas.

11.5 Recomendaciones de Políticas

Toda la información resumida anteriormente resulta útil para la aplicación de políticas públicas. Si las autoridades están informadas de los beneficios monetarios por descontaminar y ello resulta mayor a los costos que esas acciones implican, aunque la búsqueda de eficiencia no sea determinante en la toma final de decisiones, sin dudas es un factor muy relevante que brinda un sustento a ese proceso. Muchos autores importantes (The World Bank, 1992; Hanley y Spash, 1993; Arrow *et al.*, 1996; Freeman, 2003; Pearce *et al.*, 2006; Randall, 2007; Atkinson y Mourato, 2008) insisten sobre el aporte de racionalidad en la toma de decisiones que brindan los ejercicios de valoración económica de aspectos ambientales que no tienen mercado. Por otro lado, la información sobre los problemas que genera la contaminación es compleja y difícil de interpretar en conjunto, por

lo que los ejercicios de valoración ayudan a simplificar todo ello al brindar valores fácilmente comprensibles que reflejan múltiples efectos sobre el bienestar de la sociedad.

Incluso, suponiendo que todos los programas de gobierno en todas las áreas (educación, salud, obras públicas, contaminación del aire, entre otros) resulten socialmente rentables de acuerdo a la aplicación de análisis costo-beneficio, habrá que priorizar entre algunos de ellos si hay escasez de recursos públicos. Para incrementar el bienestar social se deberían utilizar los recursos escasos en los proyectos con mayor rentabilidad social. Si, por ejemplo, en los proyectos de descontaminación del aire se tienen relaciones beneficio/costo de 2 o más, y en otros proyectos sociales se tienen tasas menores, entonces desde el punto de vista racional se debería dar prioridad a los proyectos ambientales.

O quizás, desde una perspectiva más limitada (sin considerar todas las demandas sociales), si el presupuesto del Estado asigna anualmente una cantidad de recursos para aspectos ambientales, entonces se deben realizar aquellos proyectos ambientales más rentables socialmente, pues no se podrán realizar todos los que se desean.

Es probable que desde el punto de vista político se tengan otras prioridades (como puede ser la equidad) y al final se tomen las decisiones sin considerar los aspectos monetarios, pero tomar decisiones **informadas** teniendo en cuenta los resultados del análisis costo-beneficio resulta más conveniente y transparente que no hacerlo.

En base a los resultados cuantitativos de esta investigación se mostrarán en esta parte algunas simulaciones más completas que pueden ser útiles para una planificación de gastos correspondientes a las medidas para descontaminar las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas. Aunque en los dos capítulos anteriores se han mostrado simulaciones de beneficios por descontaminar, a continuación se mostrarán resultados más específicos, con el criterio de que sean más útiles para la toma de decisiones con mayor seguridad.

Para ello se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- **Resultados solamente en base al Método de Función de Daño:** Dado que el método basado en la percepción de satisfacción con la vida es novedoso, incluso es primera vez que se aplica un enfoque micro para el caso chileno, y se encontraron diferencias importantes en la tasa marginal de sustitución respecto a otros estudios¹⁴², es conveniente presentar resultados solamente en base al método de función de daño, que tiene una base sólida en cuanto a los impactos de la contaminación en la salud de las personas. Sin embargo, hay que recordar que los resultados monetarios de este método deben ser considerados como valores límites inferiores, pues hay aspectos de salud no incorporados y, lo más importante, el aspecto subjetivo del malestar evitado no se considera en muchos de los cálculos.

¹⁴² Hay que recordar que si en Chile se hubieran obtenido tasas marginales de sustitución más cercanas a las internacionales, los beneficios por descontaminar hubieran sido más elevados que los mostrados en esta investigación, los cuales fueron mucho más elevados que los obtenidos mediante el método de función de daño.

- ▣ Valores de la Vida intermedios:** Dadas las críticas importantes que ha recibido el cálculo del valor de la vida basado en el método del capital humano, no se considerarán en las simulaciones de esta parte. Tampoco se considerará el cálculo del valor de la vida basado en el método de salarios hedónicos, dado que ha recibido críticas en cuanto a su uso para problemas ambientales, como es en la contaminación del aire. Por tanto, ello hace que queden dos cálculos del valor de la vida intermedios entre esos extremos: el basado en el modelo de elección con preferencias declaradas a partir del riesgo de accidentes fatales en las carreteras chilenas y el basado en el método de valoración contingente.
- ▣ Valor Bajo de Costo de la Bronquitis Crónica:** Dado que el uso de la estimación más alta del costo de la bronquitis crónica eleva considerablemente los beneficios totales por descontaminar (a veces se duplican esos resultados respecto al uso de la estimación baja de costo de esa enfermedad), se ha preferido usar la alternativa de costo más baja. Esto de alguna forma apunta a ser más conservador en los cálculos, a fin de obtener valores más seguros.
- ▣ Aspectos a Simular:** Considerando las simulaciones típicas de otros estudios de este tipo, en esta parte se tomarán en cuenta varios aspectos: **1** – Diferentes Escenarios de Reducción de la Contaminación, **2** – Diferentes Valores de la Vida, **3** – Diferentes escenarios de Crecimiento del Ingreso per Cápita (que afecta a algunos valores, como son los Valores de la Vida, los Días de Trabajo Perdidos, entre otros), **4** – Diferentes Tasas Sociales de Descuento, y **5** – Diferentes Coeficientes asociados a las funciones dosis-respuesta (bajo, medio y alto, con un intervalo de confianza del 95%).

Los anteriores aspectos considerados en las simulaciones que se mostrarán en esta parte han sido pensados para brindar un marco seguro de beneficios totales por descontaminar, recordando siempre que son valores situados más en el límite inferior de los beneficios verdaderos.

En cuanto a los aspectos a simular (último punto), se han considerado los análisis de sensibilidad utilizados por estudios importantes de los últimos años en base al método de función de daño en varias partes del mundo (por ejemplo: MAQMT, 2002; Cifuentes *et al.*, 2005; Voorhees *et al.*, 2008; Nam *et al.*, 2010; EPA, 2011; Matus *et al.*, 2012). Hay que destacar que en esos estudios, y en otros que aplican el método de función de daño, la principal consecuencia para la elaboración de políticas es que los beneficios por descontaminar resultan suficientemente elevados como para justificar los costos que implican las medidas de descontaminación.

Las autoridades ambientales pueden decidir entre las diferentes alternativas que se brindan, ya sea de acuerdo a sus deseos de mejorar las condiciones de contaminación (por ejemplo, tomando algún Escenario de Reducción de la Contaminación), a sus preferencias (por ejemplo, en cuanto al Valor de la Vida, la Tasa Social de Descuento o los coeficientes de las Funciones Dosis-Respuesta), o a las condiciones económicas del país y de estas zonas urbanas (por ejemplo, tomando alguna Tasa de Crecimiento del Ingreso per Cápita). En cuanto a los valores en dependencia de los coeficientes de las funciones dosis-respuesta, en el caso de Temuco y Padre Las Casas se deben considerar con seguridad los valores centrales y los valores mayores, pues las funciones utilizadas se han obtenido de países

desarrollados, donde las condiciones de contaminación son más bajas y las condiciones base de salud de la población son mejores que en Chile.

Se comienza con los beneficios agregados (mortalidad + morbilidad) entre 2012 y 2022, tomando la Tasa Social de Descuento oficial (6%). Se consideran los diferentes escenarios de reducción de la contaminación que han sido utilizados en esta investigación, tanto para MP_{10} como para $MP_{2,5}$ y las estimaciones de beneficios totales diferenciando por el valor de la vida utilizado. Además, se muestran los valores estimados usando los coeficientes centrales de las funciones dosis-respuesta, pero entre paréntesis están los valores bajos y altos del intervalo de confianza al 95%. La tabla siguiente muestra esas alternativas.

Tabla 11.3: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀ y MP_{2,5}, Diferentes Alternativas con Tasa Social de Descuento de 6%

Criterios de Reducción de Contaminación y Diferentes Tasas de Crecimiento del Ingreso per Cápita	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)	
	Usando Valor de Vida Riesgo Carreteras	Usando Valor de Vida Valoración Contingente
Reducción para cumplir con Normas de Chile		
MP₁₀		
Con Crec. Ingreso per Cápita 1%	78,9 (54,7–103,1)	113,6 (80,7–146,4)
Con Crec. Ingreso per Cápita 2%	83,4 (58,2–108,6)	120,4 (86,0–154,8)
Con Crec. Ingreso per Cápita 3%	88,2 (62,0–114,5)	127,8 (91,7–163,8)
MP_{2,5}		
Con Crec. Ingreso per Cápita 1%	182,7 (94,4–268,2)	242,6 (117,5–360,0)
Con Crec. Ingreso per Cápita 2%	193,0 (100,3–281,8)	256,7 (125,0–380,0)
Con Crec. Ingreso per Cápita 3%	203,3 (106,7–296,4)	271,8 (133,1–401,5)
Reducción para cumplir con Nivel Intermedio		
MP₁₀		
Con Crec. Ingreso per Cápita 1%	151,9 (105,5–198,5)	218,6 (155,7–281,6)
Con Crec. Ingreso per Cápita 2%	160,6 (112,2–209,1)	231,8 (165,8–297,7)
Con Crec. Ingreso per Cápita 3%	169,8 (119,4–220,4)	245,8 (176,7–315,0)
MP_{2,5}		
Con Crec. Ingreso per Cápita 1%	225,9 (116,7–328,8)	301,6 (146,5–443,2)
Con Crec. Ingreso per Cápita 2%	238,2 (124,0–345,6)	319,2 (155,9–468,0)
Con Crec. Ingreso per Cápita 3%	251,4 (131,8–363,5)	338,1 (165,9–494,5)
Reducción para cumplir con Normas de OMS		
MP₁₀		
Con Crec. Ingreso per Cápita 1%	237,2 (164,8–309,9)	341,1 (243,2–439,1)
Con Crec. Ingreso per Cápita 2%	250,5 (175,2–326,1)	361,2 (258,8–463,8)
Con Crec. Ingreso per Cápita 3%	264,6 (182,3–343,3)	382,7 (275,4–490,1)
MP_{2,5}		
Con Crec. Ingreso per Cápita 1%	278,1 (144,0–400,7)	374,6 (183,0–542,1)
Con Crec. Ingreso per Cápita 2%	293,3 (152,9–421,2)	396,6 (194,7–573,5)
Con Crec. Ingreso per Cápita 3%	309,6 (162,5–443,1)	420,1 (207,2–606,1)

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, los valores resultan muy elevados, con un rango de 80 a 380 millones aproximadamente para el caso del MP₁₀ y entre 180 y 420 millones para el caso del MP_{2,5}. La decisión de cuáles valores considerar dependerá, como ya se dijo, de los deseos y preferencias de las autoridades ambientales de estas zonas, así como de las condiciones económicas que brindan cierta restricción a los beneficios estimados. Como es lógico, los valores son mayores si se asume una tasa de crecimiento del ingreso per cápita mayor y si se desea reducir más la contaminación. También son mayores los valores si se

utiliza el valor de la vida mediante el método de valoración contingente. Y como ya es sabido, los beneficios son más elevados en el caso de la reducción de $MP_{2,5}$ que en el de reducción de MP_{10} .

Por otro lado, otras simulaciones se hicieron para reflejar el efecto de considerar distintas tasas sociales de descuento. Además de la oficial de 6%, se calcularon los beneficios con otras tasas: 4% y 8%, de forma tal que las autoridades puedan elegir de acuerdo a sus preferencias. Para todos los cálculos se tomó como base el efecto de una tasa de crecimiento promedio anual del ingreso per cápita de 2%. En la siguiente tabla se muestran esos valores, que al igual que en el caso anterior han considerado los diferentes escenarios de reducción de la contaminación, tanto para MP_{10} como para $MP_{2,5}$, y diferentes valores de la vida en el cálculo de los beneficios totales.

Tabla 11.4: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀ y MP_{2,5}, Diferentes Alternativas con Tasa de Crecimiento del Ingreso per Cápita de 2%

Criterios de Reducción de Contaminación y Diferentes Tasas Sociales de Descuento	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)	
	Usando Valor de Vida Riesgo Carreteras	Usando Valor de Vida Valoración Contingente
Reducción para cumplir con Normas de Chile		
MP₁₀		
Con Tasa Social de Descuento 4%	94,8 (66,2–123,5)	136,9 (97,8–176,0)
Con Tasa Social de Descuento 6%	83,4 (58,2–108,6)	120,4 (86,0–154,8)
Con Tasa Social de Descuento 8%	73,7 (51,4–96,0)	106,4 (76,0–136,8)
MP_{2,5}		
Con Tasa Social de Descuento 4%	218,8 (114,0–320,6)	292,2 (142,2–432,7)
Con Tasa Social de Descuento 6%	193,0 (100,3–281,8)	256,7 (125,0–380,0)
Con Tasa Social de Descuento 8%	170,5 (88,7–249,0)	226,7 (110,4–335,4)
Reducción para cumplir con Nivel Intermedio		
MP₁₀		
Con Tasa Social de Descuento 4%	182,4 (127,5–237,5)	263,3 (188,4–338,3)
Con Tasa Social de Descuento 6%	160,6 (112,2–209,1)	231,8 (165,8–297,7)
Con Tasa Social de Descuento 8%	142,0 (99,2–184,9)	205,0 (146,6–263,3)
MP_{2,5}		
Con Tasa Social de Descuento 4%	270,7 (140,8–392,7)	363,2 (177,2–532,6)
Con Tasa Social de Descuento 6%	238,2 (124,0–345,6)	319,2 (155,9–468,0)
Con Tasa Social de Descuento 8%	210,6 (109,7–305,3)	281,9 (137,8–413,0)
Reducción para cumplir con Normas de OMS		
MP₁₀		
Con Tasa Social de Descuento 4%	283,8 (198,6–369,3)	409,4 (293,3–525,4)
Con Tasa Social de Descuento 6%	250,5 (175,2–326,1)	361,2 (258,8–463,8)
Con Tasa Social de Descuento 8%	222,0 (155,3–289,0)	320,2 (229,4–411,0)
MP_{2,5}		
Con Tasa Social de Descuento 4%	333,1 (173,5–478,4)	451,1 (221,2–652,5)
Con Tasa Social de Descuento 6%	293,3 (152,9–421,2)	396,6 (194,7–573,5)
Con Tasa Social de Descuento 8%	259,5 (135,4–372,3)	350,4 (172,2–506,2)

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, como es lógico, si se considera una tasa social de descuento menor, los beneficios aumentan.

Tomando los valores más bajos en el escenario de reducción de MP₁₀ para cumplir con la norma primaria de Chile en 10 años (de las dos tablas anteriores), que están entre 70 y 90 millones de USD (en dependencia de las alternativas que se elijan), y comparándolos con los costos mostrados más arriba, en torno a los 30 millones de USD, entonces se tiene la

convicción de que las medidas planteadas para reducir la contaminación son socialmente rentables.

Un ejemplo de medida extrema (que no se ha considerado en los documentos oficiales) sería la instalación en las cerca de las 100.000 viviendas de las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas de estufas a pellet de madera, las que generan emisiones mínimas (por ejemplo, ver Gómez *et al.*, 2009). Ello garantizaría bajar drásticamente los niveles de contaminación y cumplir con las normas primarias de salud de la OMS. Cada estufa cuesta en torno a los 2.000 USD (mucho más cara que la estufa a leña más eficiente, pero contamina mucho menos), lo que significaría un costo total de 200 millones de USD (sin considerar actualización con tasa social de descuento, lo que haría bajar ese valor si el programa de cambio se hace de forma gradual en 10 años). Si se compara ese valor con los valores de las dos tablas anteriores en la parte correspondiente a la reducción más fuerte de la contaminación (para cumplir con normas de OMS) se puede constatar que en todos los casos se tienen valores por encima de los 200 millones de USD de beneficios, incluso algunos por encima de los 400 millones. O sea, en esta simulación extrema también se obtiene que las medidas para descontaminar resulten socialmente rentables.

Si se proyectan medidas distintas, que logren bajar aún más la contaminación, y se obtienen costos que están en torno a la mitad de esos beneficios (una rentabilidad social de 100% o una razón beneficio / costo de 2), entonces esas medidas tienen una clara justificación para llevarse a cabo.

Especialmente relevantes son los valores de beneficios mostrados para reducir la contaminación por $MP_{2,5}$, pues los esfuerzos más específicos de las autoridades en ese sentido son más recientes y no se cuenta con mucha información aún.

Tomando los valores de las dos tablas anteriores, a continuación se muestran resultados más simplificados, los que consideran los siguientes aspectos:

- Se calcula un promedio simple de los dos valores de la vida utilizados¹⁴³.
- Se considera un crecimiento del ingreso per cápita del 2%, lo que afecta a algunas variables, especialmente el valor de la vida.
- Se toma la tasa social de descuento de 6%, que es la oficial actualmente.

Con ello se pretende brindar escenarios más sencillos con respecto a la reducción de la contaminación, que sean más claros para las autoridades ambientales, los que se muestran en la siguiente tabla:

¹⁴³ Algo similar hace EPA (2011), pero en ese documento se utiliza un promedio simple de varios valores de la vida, tanto basados en el método de valoración contingente como en el de salarios hedónicos.

Tabla 11.5: Beneficios Agregados de Mortalidad y Morbilidad en Temuco y Padre Las Casas entre 2012 y 2022, por reducción de MP₁₀ y MP_{2,5}, Estimaciones más Sencillas: Promedio de Valores de la Vida, Crecimiento Ingreso per cápita de 2% y Tasa Social de Descuento de 6%

Criterios de Reducción de Contaminación	Valor de Beneficios (Millones de USD actualizados a 2012)
Reducción para cumplir con Normas de Chile	
MP ₁₀	101,9 (72,1–131,7)
MP _{2,5}	224,9 (112,7–330,9)
Reducción para cumplir con Nivel Intermedio	
MP ₁₀	196,2 (139,0–253,4)
MP _{2,5}	278,7 (139,9–406,8)
Reducción para cumplir con Normas de OMS	
MP ₁₀	305,9 (217,0–394,9)
MP _{2,5}	345,0 (173,8–497,3)

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores podrían ser considerados con bastante confianza por los tomadores de decisiones. Se puede apreciar que en todos los casos las estimaciones centrales están por encima de los 100 millones de USD. Valores tan elevados en comparación con los costos estimados de los estudios señalados arriba estarían garantizando la rentabilidad social de los proyectos de reducción de la contaminación. Y lo que es más importante, aún con esfuerzos grandes, como los que ayudarían a estar cerca de las normas de la OMS, se tendrían resultados satisfactorios en cuanto a su rentabilidad social, pues se tienen beneficios por encima de los 300 millones de USD, tanto para las metas de MP₁₀ como de MP_{2,5}.

11.6 Aportes de esta Investigación

Un aporte básico de esta investigación tiene que ver con el ámbito aplicado de las políticas públicas, pues los beneficios estimados pueden contribuir a la discusión sobre la intervención del Estado para resolver el problema de contaminación en Temuco y Padre Las Casas. Aunque quizás no deba ser el elemento central, el hecho de conocer que las medidas planteadas son socialmente rentables, dados los elevados beneficios respecto a los costos estimados, le brinda mayor legitimidad a esas medidas y justifica acciones de mayor envergadura.

Asimismo, a partir de la aplicación de los métodos de los capítulos 9 y 10, se pueden transferir y ajustar los resultados para obtener beneficios por descontaminar en todo Chile, especialmente para muchas ciudades pequeñas o medianas con similares problemas de contaminación del aire.

En cuanto al problema de contaminación específico, en esta investigación se contribuyó con entregar una visión formal y amplia del problema, integrando varios aspectos de la literatura actual, pues la mayoría de los documentos que tratan un problema como éste son

más relacionados con la gestión ambiental que hacen los gobiernos de los países o ciudades afectadas. Y entre los artículos científicos sobre contaminación difusa, la mayoría se enfocan en los problemas asociados al uso de fertilizantes en la agricultura. El hecho de ser un problema de contaminación difusa en una ciudad pequeña, con emisiones desproporcionadamente elevadas por parte de cada hogar, con los grupos contaminantes que se afectan a sí mismos, y con cierta relevancia de los grupos de menos ingresos en la generación y en las consecuencias del problema, no es algo frecuente en la literatura internacional, lo que le da cierta complejidad al análisis, tanto para la elaboración de políticas de descontaminación como para el enfoque de valoración económica para medir los beneficios por descontaminar.

El aporte central de esta investigación estuvo en el ámbito aplicado de los métodos de valoración ambiental. Aunque el método de función de daño ha sido ampliamente utilizado en otros casos de contaminación del aire, y también ha sido aplicado en el caso de Temuco y Padre Las Casas en ocasiones anteriores, en esta investigación se hizo este ejercicio considerando los valores más modernos de las funciones dosis–respuesta, tanto para mortalidad como para morbilidad, así como de los valores monetarios de los casos de mortalidad y morbilidad evitada. Ello permitió obtener estimaciones de beneficios por descontaminar con una base científica (de estudios epidemiológicos), que en general se consideran como el límite inferior de los beneficios totales.

Pero sin duda que el aporte más interesante estuvo en la aplicación del método basado en la percepción de la felicidad de las personas con su vida, que está creciendo en los años recientes en la literatura internacional y hasta el momento no se conoce de ningún estudio con un enfoque micro en América Latina. Por tanto, los resultados del capítulo 10 de esta investigación son un aporte a esa literatura creciente en los últimos años. Con ello se respondió a la segunda pregunta de investigación planteada en el capítulo 1: ¿La aplicación del método de percepción de satisfacción con la vida en este caso brinda resultados satisfactorios? La respuesta es positiva en el sentido de que los coeficientes de las variables fundamentales resultaron con los signos correctos y estadísticamente significativos. Además, los beneficios estimados resultaron mucho mayores a los obtenidos con el método de función de daño, aunque en parte son valores sustitutos (más específicamente en lo relacionado con los efectos de la morbilidad), por lo que no podrían sumarse esos valores.

Es importante destacar que los resultados econométricos con este modelo pueden ser fácilmente utilizados para estimar los beneficios por descontaminar a las principales ciudades de Chile, pues la tasa marginal de sustitución es la misma para todo el país (dada la escasez de información sobre contaminación al interior de las zonas urbanas). Lo que se tiene que variar en cada ciudad es el ingreso, la población y los niveles de contaminación de partida y sus diferentes metas de reducción.

Finalmente, otro aporte nuevo a la literatura anterior es el asociado a la aplicación del método con la variante de la percepción del estado de salud como variable dependiente. Se consideró apropiada esta variante, dado que el problema de contaminación del aire se refleja fundamentalmente en la salud de las personas. Los valores fueron más elevados que con la aplicación del método de percepción de satisfacción con la vida, tal como se esperaba, aunque con diferencias demasiado grandes.

11.7 Implicaciones para Futuras Investigaciones

Como es normal, en esta investigación han quedado aspectos incompletos, muchos de los cuales merecen otras investigaciones profundas, dado el tiempo y recursos necesarios para realizarlas.

Un aspecto fundamental que está pendiente en la literatura internacional y que es fundamental para el análisis de casos como el de Temuco y Padre Las Casas es lo relacionado con las funciones dosis–respuesta asociadas específicamente a los daños en salud causados por la contaminación por leña al exterior de las viviendas. Esto es algo complejo, pues se necesita mucha evidencia empírica, además de que se deben tener en cuenta todos los efectos de corto y largo plazo, tanto para el MP_{10} como para el $MP_{2,5}$.

En cuanto al método de percepción con la satisfacción con la vida, como se ha destacado, la mayoría de los que se han realizado con un enfoque micro han sido en los países desarrollados, y no se han encontrado otros estudios en países latinoamericanos. Aunque la aplicación del método brindó resultados esperados en cuanto a los signos de los coeficientes, llamó la atención las grandes diferencias en los valores de disposición a pagar respecto a otros estudios, que en el caso chileno resultaron muy bajos fundamentalmente por las bajas tasas marginales de sustitución entre ingreso y contaminación. Por otro lado, tal como ocurre en otros casos, los niveles de ajuste (R^2 y Pseudo R^2) resultaron bajos, los que pueden ser mayores en dependencia de la encuesta que se utilice, con preguntas más vinculadas a aspectos de la personalidad, de la emoción y de la motivación de las personas.

Por ello se necesita de otros estudios en el contexto latinoamericano, fundamentalmente para contrastar los resultados respecto a las grandes diferencias en las tasas marginales de sustitución, y donde se utilicen otras bases de datos más apropiadas para reflejar el ámbito de la percepción de satisfacción con la vida de las personas y que permitan un mejor ajuste en los modelos econométricos.

Uno de los aspectos quizás sorprendidos de los resultados de esta investigación es lo relacionado con las diferencias en los beneficios estimados con ambos métodos. A pesar de las bajas tasas marginales de sustitución encontradas con el método de percepción de satisfacción con la vida, que significó bajos niveles de disposición a pagar desde una perspectiva internacional, los beneficios por descontaminar que se estimaron con ese método resultaron mucho más elevados que los encontrados con el método de función de daño. Y hay que tener presente que en el método de percepción de la satisfacción con la vida no se valoran los casos de mortalidad, que es el componente fundamental en los beneficios por descontaminar en el método de función de daño. Por tanto, se necesitan más investigaciones que comparen ambos métodos en otros contextos para ver si se mantienen esos resultados, para lo que habría que buscar mejores explicaciones. Asimismo, se requiere la comparación de resultados del método de percepción de la satisfacción con la vida con otros métodos, como el de valoración contingente y precios hedónicos, que aunque ya se hecho en algunos estudios señalados (sobre todo en Europa), en el contexto de América Latina sería interesante.

Como ya se mencionó, en esta investigación se probó la variante de la valoración de la calidad del aire a través de la percepción del estado de salud de las personas, siguiendo la misma metodología de la percepción de la satisfacción con la vida. Aunque se esperaba *a priori* que las tasas marginales de sustitución fueran mayores, dado el claro impacto directo de la contaminación del aire en la salud, los resultados brindaron tasas mucho más altas, lo que significó que se obtuvieran valores demasiado elevados de beneficios por descontaminar Temuco y Padre Las Casas. Tal como indican Powdthavee y Van den Berg (2011)¹⁴⁴, el tipo de variable dependiente a utilizar en este tipo de método de valoración ambiental es algo todavía que debe debatirse más, aunque en esta investigación se considera que cuando se usa la percepción de la satisfacción con la vida se obtienen valores razonables en comparación a los obtenidos con la percepción del estado de salud, que parecen exageradamente elevados.

En general, en los dos métodos utilizados, el análisis de MP_{2,5} es muy relevante, dada la escasa o a veces nula información sobre este contaminante en los ejercicios de valoración ambiental. Por tanto, los resultados de este estudio, sobre todo en lo concerniente al método de percepción de satisfacción con la vida, son un aporte a la discusión sobre este contaminante más fino y más dañino. Estudios posteriores en otros países pueden ser útiles para contrastar lo que se obtuvo en el capítulo 10.

Finalmente, algo que quedó pendiente, fundamentalmente por tiempo y por escasez de literatura internacional al respecto, es la mayor integración de los temas de pobreza y desigualdad de ingresos en los resultados de los métodos de valoración utilizados. Esto es muy relevante en países de América Latina, que como Chile, se encuentran entre los más desiguales del mundo y aún con porcentajes significativos de población viviendo en condiciones de pobreza. En el caso del método de Función de Daño, Ostro (2004) hace referencia a que las personas con menos educación (habitualmente los de menos ingresos) tienden a tener impactos negativos mayores en el largo plazo, pero no se encontró literatura suficiente donde se especificaran diferentes funciones dosis–respuesta para los distintos niveles de ingreso, salvo en Martuzzi *et al.* (2006). Por otra parte, en el caso del método basado en la Percepción de las Personas sobre la Satisfacción con la Vida, sólo se consideró la variable de mediana del ingreso para corregir la distorsión que podía generar el ingreso promedio con tanta desigualdad. Pero se probaron regresiones separando por diferentes grupos de ingreso y no se obtuvieron resultados satisfactorios: la variable de contaminación no era estadísticamente significativa, por lo que no se pudo calcular la tasa marginal de sustitución y la disposición a pagar por los diferentes grupos de ingresos.

En general, la relación entre los aspectos ambientales y los de distribución del ingreso (en uno u otro sentido), y por tanto, la valoración ambiental vinculada a ello, es algo no muy abundante y preciso en la literatura internacional (Heal y Kriström, 2007). Sin embargo, es muy relevante a tener en cuenta, sobre todo en sociedades muy desiguales y con importantes problemas ambientales, como es la chilena. Una explicación de esta escasa literatura internacional (teórica y empírica) puede estar asociado al hecho de que la mayoría

¹⁴⁴ Estos autores no consideraron la contaminación u otro aspecto ambiental, sino que estaban enfocados en la valoración de distintas enfermedades.

se genera en países desarrollados, los que están más preocupados de los problemas ambientales que de los problemas de equidad (Agyeman, 2007).

CAPÍTULO 12: CONCLUSIONES

Chile es el país con peor calidad del air en las ciudades dentro de la OCDE y es uno de los peores países dentro de América Latina. Temuco y Padre Las Casas es una conurbación relativamente pequeña con elevados niveles de contaminación atmosférica, lo que hace atractivo su estudio y contribuir en alguna medida a la solución.

El problema de contaminación atmosférica en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas tiene características que lo hacen complejo desde el punto de vista del análisis económico y de las políticas para descontaminar. Un aspecto que se evidenció en este estudio es la elevada contaminación del aire en zonas urbanas relativamente poco pobladas, con ingresos medios y con pocas actividades industriales.

De forma concreta, llaman la atención, en primer lugar, las elevadas concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ en la atmósfera en estas zonas que tienen una población relativamente pequeña, en torno a los 300.000 habitantes, que es de ingresos medios. En segundo lugar, las fuentes principales de emisiones contaminantes no son las industrias o actividades de transporte, sino que es el uso masivo de leña por parte de los hogares, tanto para calefacción (dada la intensidad y duración de la temporada fría) como para la cocción de alimentos, lo que hace que el grupo causante de la contaminación también sea el más dañado por ella. En tercer lugar, es importante destacar que muchos equipos (sobre todo los más antiguos) que usan leña como combustible en los hogares generan emisiones desproporcionadamente elevadas en comparación con otras fuentes contaminantes, como las industrias o el transporte.

El uso masivo de leña como combustible está determinado fundamentalmente por su muy bajo costo relativo frente a otras alternativas (un aspecto clave para hogares de ingresos bajos o medios), así como a los beneficios de reducción de la humedad en las viviendas que brinda la leña, y también a la tradición de las familias, muchas de las cuales nacieron y crecieron en zonas rurales donde el uso de leña no genera grandes problemas. La elevada disponibilidad de recursos forestales y el bajo precio relativo de la leña son condiciones objetivas que determinan que el uso de leña en los hogares y sus emisiones contaminantes se mantendría en caso de no existir un cambio tecnológico importante en los equipos, entre otras medidas.

Por otra parte, como ocurre en muchos problemas ambientales, en este caso se destacan las fallas de mercado típicas –bienes públicos, el problema de los bienes comunes, las externalidades, la información imperfecta, entre otras– junto a fallas relacionadas con el comportamiento de las personas –como lo asociado a los bienes preferentes, las malas decisiones de las personas, la insuficiente conciencia ambiental– y a las dificultades que genera la pobreza y la elevada desigualdad de ingresos, tanto en la generación de las emisiones contaminantes como en lo relacionado con los daños en salud por la contaminación del aire.

Como es conocido, la elevada contaminación del aire genera daños a la salud de las personas, lo que sin dudas es la principal razón para aplicar medidas que descontaminen estas zonas. Pero la prohibición total del uso de leña, si bien resolvería el problema

planteado, generaría otra dificultad, pues los hogares de menos ingresos que no cuentan con recursos para usar combustibles más limpios podrían tener problemas de salud debido a las bajas temperaturas y a la humedad dentro de las viviendas.

Por otro lado, aunque hay evidencia del impacto específico de la contaminación atmosférica por uso de leña en la salud de las personas (distinto al impacto por la contaminación al interior de las viviendas), aún es un ámbito de investigación abierto, pues falta la precisión suficiente para establecer funciones dosis–respuesta, que son claves en el Método de Función de Daño para valorar los beneficios de descontaminar. Sobre todo, los daños de largo plazo en la salud no están suficientemente determinados.

Dadas las múltiples fallas de mercado y de otro tipo que están en el origen de este problema, el Estado debe intervenir para solucionar esta situación de elevada contaminación, donde los niveles de MP_{10} y $MP_{2,5}$ que se observan en Temuco y Padre Las Casas sobrepasan ampliamente las normas primarias de salud propuestas por el Estado de Chile, y mucho más las propuestas por la Organización Mundial de la Salud. Además, aunque la evidencia internacional es optimista en cuanto al impacto positivo que puede tener el crecimiento económico en la reducción del material particulado en las ciudades, en ello influyen mucho las medidas que puede tomar el Estado.

Hasta el momento, las principales medidas tomadas en estas zonas han sido lo relacionado con la calidad de la leña (para fomentar el comercio de leña seca), el cambio de equipos atrasados por otros más eficientes y menos contaminantes, el aislamiento térmico de las viviendas, la educación ambiental y la prohibición de uso de leña en algunas áreas en los días de elevada contaminación. Estas medidas tienen su fundamento en el tipo de problema – que es de contaminación difusa, donde es muy difícil controlar las múltiples fuentes de emisión – y por las condiciones socioeconómicas de la población, pues en una población de ingresos medios, con un porcentaje importante de pobreza, resulta inviable la aplicación de medidas muy costosas para los hogares. Por ello mismo, varias de las medidas indicadas se realizan con un importante aporte monetario del Estado (en forma de subsidios para descontaminar).

A nivel internacional se hizo una revisión de casos similares al de Temuco y Padre Las Casas, fundamentalmente en Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y los países nórdicos, encontrándose una gran similitud en muchos aspectos, sobre todo la elevada contaminación atmosférica en ciudades pequeñas. Además, el conjunto de medidas ha sido muy parecido a lo planteado en Temuco y Padre Las Casas, especialmente por los problemas asociados a la contaminación difusa y por las fallas de información en la toma de decisiones de las personas. El mayor énfasis de las medidas ha estado en la educación ambiental y en el cambio de equipos. Sin embargo, en esos países desarrollados se pueden aplicar medidas muy fuertes para la reducción de la contaminación, pues los elevados costos de ellas, tanto para los hogares como para el Estado, no significan una gran dificultad, dada sus buenas condiciones económicas.

Como Temuco y Padre Las Casas es una zona de poca población y de ingresos medios, todavía con una proporción no menor de personas viviendo en condiciones de pobreza, era

relevante la cuestión de si los beneficios estimados por descontaminar eran suficientemente elevados para compensar los costos de las medidas impulsadas por el Estado.

Debido a la naturaleza del problema de contaminación y a las restricciones financieras y de tiempo, se realizaron dos métodos de valoración ambiental, uno tradicional – el de función de daño – y uno novedoso – el basado en la percepción de la satisfacción con la vida –, que permitieron estimar los beneficios sociales por reducir la contaminación atmosférica en Temuco y Padre Las Casas en un período de 10 años.

El método de función de daño tiene ventajas importantes respecto a otros métodos, pues no depende de las apreciaciones de las personas respecto a un problema ambiental, sino que tiene como punto de partida a la información científica sobre el impacto de la contaminación del aire en la salud de las personas, tanto en el ámbito de la mortalidad como en el de la morbilidad. Luego, esos efectos hay que valorarlos de forma monetaria, para lo que se usan diferentes valores, muchos de ellos relacionados con información real (y local) de los costos que implican las enfermedades.

Con el método de función de daño se obtuvieron beneficios entre 52,7 y 166,0 millones de USD por reducir los niveles de MP_{10} para cumplir con la norma primaria de Chile, mientras que para reducir los niveles de $MP_{2,5}$ hasta cumplir con la norma primaria de Chile para ese contaminante se obtuvieron beneficios entre 138,0 y 413,6 millones de USD. La gran dispersión de los valores para cada contaminante se debió fundamentalmente a las grandes diferencias en los valores de la mortalidad evitada que se han encontrado en estudios para Chile. En cambio, las grandes diferencias entre los dos contaminantes se debieron a que las funciones dosis–respuesta (medición científica del impacto del contaminante en la salud) indican que el $MP_{2,5}$ es relativamente más dañino que el MP_{10} , además de que el esfuerzo en reducción de la contaminación que se requiere es mucho mayor en el caso del $MP_{2,5}$ que en el MP_{10} . A ello hay que añadirle que sólo se pudieron considerar los efectos de largo plazo en la mortalidad (como con el cáncer de pulmón) para el caso del $MP_{2,5}$, por lo que hay un sesgo hacia mayor valor de los daños con ese contaminante.

Como es lógico, si se hace un esfuerzo para llegar a cumplir en el futuro con las normas primarias de salud propuestas por la OMS – mucho más bajas que las de Chile – o con niveles intermedios entre esas dos, los beneficios estimados son mucho más elevados. Estas estimaciones son muy importantes, sobre todo las que consideran niveles intermedios entre las normas de Chile y la OMS, pues su cumplimiento como promedio anual significa que en los períodos de invierno se tendrá menos probabilidad de días con elevada contaminación.

Los valores de beneficios estimados mediante el método de función de daño son lo suficientemente elevados para justificar los costos asociados al Plan de Descontaminación Atmosférica por MP_{10} de Temuco y Padre Las Casas. Además, se justificaría una reducción mayor en las emisiones contaminantes, con medidas más ambiciosas, por ejemplo con mayor cambio de equipos, incluso con la instalación de equipos a pellets de madera (que son muy caros, pero muy poco contaminantes), y con más recursos para la aislación térmica de las viviendas de los grupos de bajos ingresos.

Hay que considerar que con el método de función de daño hay muchos aspectos que es difícil contabilizar, como ocurre con la disposición a pagar por evitar las enfermedades. Por tanto, generalmente se considera a los beneficios estimados por esa vía como un nivel base, asumiendo que los beneficios reales totales son mayores. Siendo así, entonces sin dudas que son muy relevantes los resultados de elevados beneficios obtenidos en esa parte de la investigación, dada la poca población de las zonas urbanas en estudio y su nivel medio de ingresos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que las funciones dosis–respuesta utilizadas no han sido específicas para el caso de los efectos en la salud de la contaminación por leña al exterior de las viviendas, aunque igualmente son muy útiles y recomendadas en caso de ausencia de información. Esto es un aspecto pendiente en la literatura médica, que sin duda permitiría estimaciones más precisas con el método de función de daño para casos como éste.

Como complemento de este método tradicional se aplicó el novedoso método de valoración ambiental que considera la percepción de satisfacción con la vida de las personas como medida proxy de utilidad o bienestar. Este método se encuentra en pleno desarrollo, con algunas aplicaciones en los últimos años, sobre todo en países desarrollados.

El método basado en la percepción de las personas sobre su satisfacción con la vida (que a veces se llama de forma abreviada como método de percepción de felicidad, aunque son conceptos distintos), genera resultados a partir de ejercicios econométricos con variables que explican el grado de satisfacción con la vida de las personas (enfoque micro). Es importante destacar que con este método las personas responden sobre su satisfacción con la vida en general y no están informadas de que esas respuestas serán usadas para valorar el medio ambiente o para otros aspectos de interés público. Los datos de contaminación se introducen en la base de datos como una variable externa, que es además totalmente exógena entre los determinantes de la satisfacción con la vida.

Para aplicar este método se requiere que en las regresiones se introduzcan dos variables claves: el ingreso de las personas y el nivel de contaminación del aire (tanto por MP_{10} como por $MP_{2,5}$), junto a otras variables de control, que son típicas de la literatura psicológica sobre estos temas. Con los coeficientes del ingreso y de la contaminación se formó una tasa marginal de sustitución para mantener constante el nivel de satisfacción con la vida, que multiplicado por el nivel de ingreso promedio permite obtener la disposición a pagar para reducir la contaminación. Como no se cuenta con información de la contaminación del aire que afecta a cada persona, se utilizaron los valores de las principales ciudades de Chile y se asumió que todas las personas en cada ciudad estaban recibiendo el mismo grado de contaminación. Ello determinó que la tasa marginal de sustitución entre ingreso y contaminación para mantener constante el nivel de satisfacción con la vida fuera la misma para todo Chile. Lo que sí puede variar es la disposición a pagar, pues ello depende del ingreso promedio (o la mediana) de cada ciudad.

En base a ello se obtuvo la disposición a pagar en las zonas urbanas de Temuco y Padre Las Casas para reducir una unidad de MP_{10} o de $MP_{2,5}$. Los valores obtenidos son bastante bajos en comparación con los valores hallados por estudios internacionales,

fundamentalmente de países desarrollados. Ello se debió fundamentalmente a la baja tasa marginal de sustitución, que depende de los coeficientes obtenidos en las regresiones, pero también está influyendo el relativamente bajo nivel de ingreso de estas zonas. Ello ponía en duda la posibilidad de obtener beneficios elevados por descontaminar el aire en estas zonas.

Sin embargo, al aplicar la relativamente baja disposición a pagar a la situación concreta de Temuco y Padre Las Casas, o sea, a toda la población, y para reducir los niveles de contaminación hasta alcanzar las diferentes metas en 10 años (tal como se hizo con el método de función de daño), se obtuvieron beneficios sumamente elevados. Por ejemplo, por reducir los niveles de MP_{10} para cumplir con la norma primaria de Chile se obtuvieron beneficios entre 132,3 y 385,2 millones de USD, mientras que para reducir los niveles de $MP_{2,5}$ hasta cumplir con la norma primaria de Chile para ese contaminante se obtuvieron beneficios entre 572,8 y 1.335,5 millones de USD. Son valores mucho más elevados que los que se obtuvieron mediante el método de función de daño, y hay que destacar al respecto que con el método de satisfacción con la vida no se valora directamente la mortalidad evitada, que es generalmente el principal componente en los beneficios por el método de función de daño.

Como es el primer ejercicio de este tipo (con enfoque micro) que se hace en Chile y en América Latina, estos resultados son antecedentes relevantes para este método de valoración ambiental, que se ha aplicado fundamentalmente en países desarrollados. Asimismo, se obtuvieron resultados interesantes con el contaminante $MP_{2,5}$, que hasta el momento no se había considerado en ejercicios previos (con MP_{10} se han hecho algunos estudios). Como era de esperar, debido al mayor daño relativo del $MP_{2,5}$, la tasa marginal de sustitución fue mayor (en términos absolutos) que para el MP_{10} .

Adicionalmente, utilizando la misma perspectiva anterior, se buscó valorar los beneficios por descontaminar a partir de la percepción de las personas sobre su estado de salud, lo que se utilizó como variable dependiente, considerando que los problemas de contaminación del aire se vinculan de forma estrecha a los problemas de salud de la población. En la revisión de la literatura no se encontraron antecedentes con esta forma de valoración.

Aunque se esperaba que el impacto de la contaminación sobre la percepción de salud fuera mayor que sobre la satisfacción con la vida, los resultados fueron muy superiores (se obtuvo una elevada tasa marginal de sustitución): los beneficios estimados por descontaminar Temuco y Padre Las Casas fueron entre 6 y 12 veces mayores por esta vía que los estimados con la satisfacción con la vida de las personas. Como es primera vez que se utiliza este enfoque, sería un antecedente interesante para otros estudios que apliquen algo similar. Un mayor estudio sobre esta forma de valoración ambiental puede brindar una mirada más amplia sobre el enfoque basado en la percepción de las personas.

Considerando todos los resultados de estimación de beneficios, tanto con el método de función de daño como por el método de percepción de satisfacción con la vida, los valores son lo suficientemente elevados como para compensar los costos estimados según diferentes estudios de análisis de medidas para descontaminar. Si se toma al valor oficial de costos por reducir la contaminación que se publicó en el Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas respecto al contaminante MP_{10} , el valor más

bajo de beneficios estimado (con las estimaciones más conservadoras según el método de función de daño) es casi el doble de esos costos. Por tanto, se pueden justificar medidas más amplias y costosas que reduzcan la contaminación en estas zonas urbanas con muy poca incertidumbre sobre su rentabilidad social.

Con respecto a la reducción de $MP_{2,5}$, los beneficios por ambos métodos resultan mucho más elevados que respecto a la reducción de MP_{10} , lo que es consistente con el hecho de que el $MP_{2,5}$ es más dañino para la salud que el MP_{10} , además de que la reducción que hay que hacer para cumplir con las normas primarias de salud es mucho mayor con el $MP_{2,5}$, dado que su nivel actual es relativamente más elevado respecto a esas normas que lo que sucede con el MP_{10} . Por consiguiente, los elevados beneficios por reducción de $MP_{2,5}$ posibilitan que se proyecten medidas descontaminantes que signifiquen costos importantes.

Por tanto, se debe señalar que los ejercicios de valoración aplicados en esta investigación pueden contribuir a una mejor aplicación de políticas de descontaminación que incrementen el bienestar de la población en estas zonas urbanas.

Por último, resulta relevante destacar que, si en una pequeña zona urbana, de ingresos medios y con una contaminación muy elevada del aire se encuentra que las medidas para reducir esa contaminación son socialmente eficientes, entonces se podría afirmar con bastante seguridad que, al menos con las condiciones socioeconómicas de Chile, la reducción de la contaminación atmosférica es un ámbito de intervención pública muy rentable socialmente. Esto es trascendental por el hecho de que Chile en la actualidad es el país de la OCDE con peor calidad del aire en sus ciudades.

BIBLIOGRAFÍA

- Acocella, N. (1998), *The Foundations of Economic Policy. Values and Techniques*, Cambridge University Press, United Kingdom.
- AECOM (2011), *Economic Appraisal of Wood Smoke Control Measures*, Final Report prepared for the Office of Environment and Heritage of New South Wales Government, Australia.
- Agyeman, J. (2007), “Environmental Justice and Sustainability”, en: Atkinson, G., Dietz, S. y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 11, Edward Elgar, pp. 171 – 188.
- Ambrey, C., Fleming, C. y Chan, A. (2014), “Estimating the Cost of Air pollution in South East Queensland: An Application of the Life Satisfaction Non-Market Valuation Approach”, *Ecological Economics*, Vol. 97, pp. 172 – 181.
- Anderson, H. (2009), “Air Pollution and Mortality: A History”, *Atmospheric Environment*, Vol. 43, Issue 1, pp. 142 – 152.
- Anthony, K. y Watkins, N. (2002), “Exploring Pathology: Relationships between Clinical and Environmental Psychology”, en: Bechtel, R. y Churchman, A. (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, chapter 8, John Wiley & Sons, Inc., pp. 129 – 146.
- Arnold, J., Köhlin, G. y Persson, R. (2006), “Woodfuels, Livelihoods, and Policy Interventions: Changing Perspectives”, *World Development*, Vol. 34, Issue 3, pp. 596–611.
- Arrow, K., Solow, R., Portney, P., Leamer, E., Radner, R. y Schuman, H. (1993), “Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation”, *Federal Register*, January 15, 58 (10), pp. 4601–4614.
- Arrow, K., Cropper, M., Eads, G., Hahn, R., Lave, L., Noll, R., Portney, P., Russell, M., Schmalense, R., Smith, K. y Stavins, R. (1996), “Is there a Role for Benefit – Cost Analysis in Environmental, Health and Safety Regulation”, *Science*, Vol. 272, pp. 221 – 222.
- Atkinson, G. y Mourato, S. (2008), “Environmental Cost – Benefit Analysis”, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 33, pp. 317 – 344.
- Azqueta, D. (1994), *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*, McGraw Hill, primera edición, Madrid, España.
- Azqueta, D., Alviar, M., Domínguez, L. y O’Ryan, R. (2007), *Introducción a la Economía Ambiental*, McGraw Hill, segunda edición, Madrid, España.
- Barrios, S., Peña-Cortés, F. y Osses, S. (2004), “Efectos de la Contaminación Atmosférica por Material Particulado en las Enfermedades Respiratorias Agudas en Menores de 5 Años”, *Ciencia y Enfermería*, X (2), pp. 21 – 29.
- Batabyal, A. y Nijkamp, P. (2009), “Sustainable Development and Regional Growth”, en: Capello, R. y Nijkamp, P. (eds.), *Handbook of Regional Growth and Development Theories*, chapter 15, Edward Elgar Publishing, Inc., pp. 282 – 301.
- Bayer, P., Keohane, N. y Timmins, C. (2009), “Migration and Hedonic Valuation: The Case of Air Quality”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 58, Issue 1, pp. 1 – 14.
- BCMOE (2007), *Environmental Trends in British Columbia: 2007*, British Columbia Ministry of Environment, Canada.
- BCN (1995), *Reglamento que fija el Procedimiento y Etapas para establecer Planes de*

- Prevención y de Descontaminación*. Decreto 94 de 1995, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2005), *Decreto que declara a Zona Saturada por Material Particulado Respirable MP₁₀, como Concentración de 24 Horas, a las Comunas de Temuco y Padre Las Casas*. Decreto 35 de 2005, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2009), *Ordenanza sobre Comercialización de Leña*. Municipalidad de Temuco. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2010a), *Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente*. Ley 19.300 de 1994, con diferentes modificaciones, incluidas las últimas actualizaciones hasta 2010, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2010b), *Decreto que establece Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas*. Decreto 78 de 2010, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2010c), *Ordenanza sobre Comercialización de Leña*. Municipalidad de Padre Las Casas. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2012a), *Constitución Política de la República de Chile*, Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado. Constitución de 1980, con diferentes modificaciones, incluidas las últimas actualizaciones hasta 2012, Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2012b), *Decreto que establece Norma de Emisión de Material Particulado, para los Artefactos que combustione Leña o puedan combustionar Leña y derivados de la madera*. Decreto 39 de 2012, Ministerio del Medio Ambiente. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- BCN (2013), *Decreto que declara a Zona Saturada por Material Particulado Fino Respirable MP_{2,5}, como Concentración Diaria, a las Comunas de Temuco y Padre Las Casas*. Decreto 2 de 2013, Ministerio del Medio Ambiente. Documento disponible en Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (www.bcn.cl).
- Beare, S. y Newby, J. (2005), "Incomplete Markets, Excluded Goods and Natural Resource Management", *ABARE Conference Paper*, 05.5, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics.
- Beck, U. (1998), *La Sociedad del Riesgo. Hacia una Nueva Modernidad*, Ediciones Paidós Ibérica, Barcelona, España.
- Behrman, J. y Deolalikar, A. (1988), "Health and Nutrition", en: Chenery, H. y Srinivasan, T. (eds.), *Handbook of Development Economics*, edition 1, Vol. 1, chapter 14, Elsevier, pp. 631 – 711.
- Belar, C., McIntyre, T. y Matarazzo, J. (2003), "Health Psychology", en: Freedheim, D. y Weiner, I. (eds), *Handbook of Psychology*, Vol. 1: History of Psychology, chapter 22, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, pp. 451 – 464.
- Bell, M., Davis, D., Gouveia, N., Borja-Aburto, V. y Cifuentes, L. (2006), "The Avoidable Health Effects of Air Pollution in three Latin American Cities: Santiago, Sao Paulo, and Mexico City", *Environmental Research*, Vol. 100, Issue 3, pp. 431 – 440.

- Belli, P. (1997), “The Comparative Advantage of Government. A Review”, *The World Bank Policy Research Working Paper*, No. 1834, The World Bank.
- Bergauff, M., Ward, T., Noonan, C. y Palmer, C. (2009), “The Effect of a Woodstove Changeout on Ambient Levels of PM_{2,5} and Chemical Tracers for Woodsmoke in Libby, Montana”, *Atmospheric Environment*, Vol. 43, Issue 18, pp. 2938 – 2943.
- Bianchi, M. (2007), “If Happiness is so Important, Why do we Know so Little about It?”, en Bruni, L. y Porta, P. (eds.), *Handbook on the Economics of Happiness*, chapter 7, Edward Elgar Publishing, United Kingdom, pp. 127 – 150.
- Bickel, P. y Friedrich, R. (eds.), (2005), *ExternE—Externalities of Energy: Methodology 2005 Update*, European Commission, Luxembourg.
- Bickerstaff, K. y Walker, G. (2001), “Public Understandings of Air Pollution: The ‘Localisation’ of Environmental Risk”, *Global Environmental Change*, Vol. 11, Issue 2, pp. 133 – 145.
- Bishop, R. y Woodward, R. (1995), “Valuation of Environmental Quality under Certainty”, en: Bromley, D. (ed.), *The Handbook of Environmental Economics*, chapter 24, Blackwell, England, pp. 544 – 567.
- Bloom, D., Canning, D. y Sevilla, J. (2004), “The Effect of Health on Economic Growth: A Production Function Approach”, *World Development*, Vol. 32, Issue 1, pp. 1 – 13.
- Bockstael, N. y Freeman, A. M. III (2006), “Welfare Theory and Valuation”, en: Mäler, K. G. y Vincent, J. (eds.), *Handbook of Environmental Economics*, edition 1, Vol. 2, chapter 12, Elsevier, pp. 517 – 570.
- Bølling, A., Pagels, J., Yttri, K., Barregard, L., Sallsten, G., Schwarze, P. y Boman, C. (2009), “Health Effects of Residential Wood Smoke Particles: The Importance of Combustion Conditions and Physicochemical Particle Properties”, *Particle and Fibre Toxicology*, Vol. 6: 29, November, pp. 20.
- Boman, B., Forsberg, A. y Järholm, B. (2003), “Adverse Health Effects from Ambient Air Pollution in relation to Residential Wood Combustion in Modern Society”, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, Vol. 29, No. 4, pp. 251 – 260.
- Bonnes, M. y Bonaiuto, M. (2002), “Environmental Psychology: From Spatial-Physical Environment to Sustainable Development”, en: Bechtel, R. y Churchman, A. (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, chapter 3, John Wiley & Sons, Inc., pp. 28 – 54.
- Borregaard, N. y Leal, J. (2002), “El caso de Chile”, Capítulo III del Manual *Desafíos y Propuestas para la implementación más efectiva de instrumentos económicos en la gestión ambiental de América Latina y el Caribe*, CEPAL – PNUD, Publicación de las Naciones Unidas.
- Bovenberg, A. y Goulder, L. (2002), “Environmental Taxation and Regulation”, en: Auerbach, A. y Feldstein, M. (eds.), *Handbook of Public Economics*, edition 1, Vol. 3, chapter 23, North Holland, New York, pp. 1471 – 1545.
- Bowland, B. y Beghin, J. (2002), “Modelling Health Impacts of Air Pollution and their Valuation: An Application to Santiago, Chile”, en: Beghin, J., Roland-Holst, D. y Van der Mensbrugge, D. (eds.), *Trade and the Environment in General Equilibrium: Evidence from Developing Countries*, chapter 05, Economy & Environment Series, Vol. 21, Springer Netherlands, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 109 – 136.
- Brajer, V., Mead, R. y Xiao, F. (2006), “Valuing the Health Impacts of Air Pollution in

- Hong Kong”, *Journal of Asian Economics*, Vol. 17, Issue 1, pp. 85 – 102.
- Brand, K. – W. (2010), “Social Practices and Sustainable Consumption: Benefits and Limitations of a New Theoretical Approach”, en: Gross, M. y Heinrichs, H. (eds.) *Environmental Sociology, European Perspectives and Interdisciplinary Challenges*, Chapter 13, Springer, pp. 217 – 235.
- Braun, J. (1990), “Política Regional y Urbana en Chile”, *Documento de Trabajo* No. 126, Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Brereton, F., Clinch, J. y Ferreira, S. (2008), “Happiness, Geography and the Environment”, *Ecological Economics*, Vol. 65, Issue 2, pp. 386 – 396.
- Bresnan, A. (2012), “Addressing Wood Heater Pollution in the Australian Capital Territory”, *Consultation Paper* for Exposure Draft Legislation: Environment and Construction Occupations Legislation (Wood Heaters), Amendment Bill 2012, Australia.
- Brock, W. y Taylor, M. (2005), “Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics”, en: Aghion, P. y Durlauf, S. (eds.), *Handbook of Economic Growth*, edition 1, Vol. 1B, chapter 28, Elsevier, pp. 1749 – 1821.
- Bruce, N., Perez-Padilla, R. y Albalak, R. (2000), “Indoor Air Pollution in Developing Countries: A Major Environmental and Public Health Challenge”, *Bulletin of the World Health Organization*, Vol. 78, No. 9, pp. 1078 – 1092.
- Bruni, L. (2007), “The ‘Technology of Happiness’ and the Tradition of Economic Science”, en Bruni, L. y Porta, P. (eds.), *Handbook on the Economics of Happiness*, chapter 2, Edward Elgar Publishing, United Kingdom, pp. 24 – 52.
- Bruni, L. y Porta, P. (2007), “Introduction”, en Bruni, L. y Porta, P. (eds.), *Handbook on the Economics of Happiness*, Edward Elgar Publishing, United Kingdom, pp. xi – xxxvii.
- Cakmak, S., Martin, S., Blanco, C., Gultekin, T., Brion, V. y Rubio, M. (2011), “Do Socio Demographic Characteristics Modify the Association between Air Pollution and Mortality & Morbidity?”, en Moldoveanu, A. (ed.), *Advanced Topics in Environmental Health and Air Pollution Case Studies*, InTech, Croatia, chapter 21, pp. 387 – 408.
- Carson, R., Flores, N. y Meade, N. (2001), “Contingent Valuation: Controversies and Evidence”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 19, Issue 2, pp. 173 – 210.
- Carson, R. (2010), “The Environmental Kuznets Curve: seeking Empirical Regularity and Theoretical Structure”, *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 4, Issue 1, pp. 3 – 23.
- CCL (2009), *Lineamientos para una Política Dendroenergética. Estado del Arte, Objetivos y Propuestas*, Documento de la Corporación de Certificación de la Leña (CCL) en la V Cumbre de la Leña, Abril de 2009 en Castro, Chiloé, Chile.
- CCTP (2011), *Chile necesita una Gran Reforma Energética*, Propuestas de la Comisión Ciudadana-Técnico-Parlamentaria (CCTP) para la transición hacia un desarrollo Eléctrico Limpio, Seguro, Sustentable y Justo, Santiago de Chile, Chile. 138p.
- CENMA (2007), *Análisis General del Impacto Económico y Social del Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas*, Informe Final del Centro Nacional del Medio Ambiente, de la Universidad de Chile para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.

- CEPAL (2000), *Equidad, Desarrollo y Ciudadanía*, Publicación de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, de las Naciones Unidas, Santiago de Chile, Chile.
- CEPAL (2003), *Contaminación Atmosférica y Conciencia Ciudadana*, compiladora Simioni, D., Publicación de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, de las Naciones Unidas, Santiago de Chile, Chile.
- Chávez, C., Gómez, W. y Briceño, S. (2009), “Costo-Efectividad de Instrumentos Económicos para el Control de la Contaminación. El Caso del Uso de Leña”, *Cuadernos de Economía*, Vol. 46, No. 134, pp. 197 – 224.
- Chávez, C., Gómez, W., Salgado, H. y Vásquez, F. (2010), *Elasticidad Precio – Demanda de Equipos que Combustionan Leña en las comunas de Temuco y Padre Las Casas*, Informe Final del Equipo de la Universidad de Concepción para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.
- Chávez, C., Stranlund, J. y Gómez, W. (2011), “Controlling Urban Air Pollution caused by Households: Uncertainty, Prices, and Income”, *Journal of Environmental Management*, Vol. 92, Issue 10, pp. 2746 – 2753.
- Cifuentes, L. y Lave, L. (1993), “Economic Valuation of Air Pollution Abatement: Benefits from Health Effects”, *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol. 18, pp. 319 – 342.
- Cifuentes, L. Vega, J., Köpfer, K. y Lave, L. (2000a), “Effect of the Fine Fraction of Particulate Matter versus the Coarse Mass and Other Pollutants on Daily Mortality in Santiago, Chile”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol. 50, No. 8, pp. 1287 – 1298.
- Cifuentes L., Escobari J., Prieto J. (2000b), “Valuing Moratlity Risks Reductions at Present and at an Advanced Age: Results from a Contingent Valuation Study in Chile”, *Paper presented at the EAERE Conference*, Rethymno, Crete, 30 june - 2 july 2000.
- Cifuentes, L., Rizzi, L., Jorquera, H. y Vergara, J. (2004), “Valoración Económica y Ambiental aplicada a casos del manejo de la Calidad del Aire y Control de la Contaminación”, *Informe comisionado por la Red de Medio Ambiente del Diálogo Regional de Política del Banco Interamericano de Desarrollo*, III Reunión Hemisférica.
- Cifuentes, L., Krupnick, A., O’Ryan, R. y Toman, M. (2005), “Urban Air Quality and Human Health in Latin America and the Caribbean”, *Inter-American Development Bank Publications*, No. 25378, Washington, D.C., United States of America.
- Clark, A., Frijters, P. y Shields, M. (2006), “Income and Happiness: Evidence, Explanations and Economic Implications”, *NCER Working Papers Series*, No. 5, National Centre for Econometric Research, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.
- CMD (2011), *Encuesta CASEN 2011, Manual de Trabajo de Campo*, documento del Centro Micro Datos, Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile.
- CNE (2008), *Política Energética: Nuevos Lineamientos, Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad*, Comisión Nacional de Energía, Gobierno de Chile.
- Cohen, A., Anderson, H., Ostro, B., Pandey, K., Krzyzanowski, M., Künsli, N., Gutschmidt, K., Pope, C., Romieu, I., Samet, J. y Smith, K. (2004), “Urban Air Pollution”, en: Ezzati, M., Lopez, L., Rodgers, A. y Murray, C. (eds.), *Comparative Quantification of Health Risks, Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks Factors*, Vol. 2, chapter 17, World Health Organization, Geneva, pp. 1353 – 1433.

- Cole, M. (2007), “Economic Growth and the Environment”, en: Atkinson, G., Dietz, S. y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 15, Edward Elgar, pp. 240 – 253.
- Common, M. y Stagl, S. (2005), *Ecological Economics, an Introduction*, Cambridge University Press, New York, United States of America.
- Cooper, J. (1980), “Environmental Impact of Residential Wood Combustion Emissions and its Implications”, *Journal of the Air Pollution Control Association*, Vol. 30, No. 8, pp. 855 – 861.
- Costanza, R. (1987), “Social Traps and Environmental Policy”, *BioScience*, Vol. 37, No. 6, pp. 407 – 412.
- Cropper, M. (2000), “Has Economic Research answered the Needs of Environmental Policy?”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 39, Issue 3, pp. 328 – 350.
- Cupples, J., Guyatt, V. y Pearce, J. (2007), “‘Put on a Jacket, You Wuss’: Cultural Identities, Home Heating, and Air Pollution in Christchurch, New Zealand”, *Environment and Planning*, Vol. 39, Issue 12, pp. 2883 – 2898.
- Daly, H. y Farley, J. (2004), *Ecological Economics, Principles and Applications*, Island Press, United States of America.
- Dasgupta, P. (1996), “The Economics of the Environment”, *Proceedings of the British Academy*, Vol. 90, pp. 165 – 221.
- Dasgupta, P. (2003), “Population, Poverty, and the Natural Environment”, en: Mäler, K.-G. y Vincent, J. (eds.), *Handbook of Environmental Economics*, edition 1, Vol. 1, chapter 05, Elsevier, pp. 191 – 247.
- Dasgupta, P. y Mäler, K.-G. (1995), “Poverty, Institutions, and the Environmental Resource – Base”, en: Behrman, J. y Srinivasan, T. (eds.), *Handbook of Development Economics*, edition 1, Vol. 3A, chapter 39, Elsevier, pp. 2371 – 2463.
- Dasgupta, S., Hamilton, K., Pandey, K. y Wheeler, D. (2006), “Environment during Growth: Accounting for Governance and Vulnerability”, *World Development*, Vol. 34, No. 9, pp. 1597 – 1611.
- Davies, J., Misiuk, D., Colgan, R. y Wiltse, N. (2009), *Reducing PM2,5 Emissions from Residential Heating Sources in the Fairbanks North Star Borough: Emissions Estimates, Policy Options, and Recommendations*, document prepared for the Fairbanks North Star Borough, Cold Climate Housing Research Center, Alaska, United States of America.
- Deaton, A. (2008), “Income, Health, and Well-Being around the World: Evidence from the Gallup World Poll”, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 22, No. 2, pp. 53 – 72.
- DEC (2007), *Wood Heater Policy Option Paper*, Consultation Document of the Department of Environment and Conservation, Western Australia, Australia.
- DECCW (2009), *Action for Air*, Air Quality Management Plan of the Department of Environment, Climate Change and Water of the New South Wales Government, Australia.
- Deguen, S. y Zmirou-Navier, D. (2010), “Social Inequalities resulting from Health Risks related to ambient air quality – A European Review”, *European Journal of Public Health*, Vol. 20, No. 1, pp. 27 – 35.
- Del Matto, T., Foster, D., Wolnik, C., Kassirer, J., Southam, T. y Poitras, J. (2004), *Feasibility Assessment of a Change – Out / Education Program for Residential Wood Combustion*, Final Report of the Canadian Centre for Pollution Prevention,

- CULLBRIDGE Marketing and Communications, and Action – Environnement for the Canadian Council of Ministers of the Environment, Canada.
- Delucchi, M., Murphy, J. y McCubbin, D. (2002), “The Health and Visibility Cost of Air Pollution: A Comparison of Estimation Methods”, *Journal of Environmental Management*, Vol. 64, Issue 2, pp. 139 – 152.
- Démurger, S. y Fournier, M. (2011), “Poverty and Firewood Consumption: A Case Study of Rural Households in Northern China”, *China Economic Review*, Vol. 22, Issue 4, pp. 512 – 523.
- Di Tella, R. y MacCulloch, R. (2006), “Gross National Happiness as an Answer to the Easterlin Paradox?”, *Journal of Development Economics*, Vol. 86, Issue 1, pp. 22 – 42.
- Diener, E., Suh, E., Lucas, R. y Smith, H. (1999), “Subjective Well-Being: Three Decades of Progress”, *Psychological Bulletin*, Vol. 125, No. 2, pp. 276 – 302.
- Diener, E., Lucas, R. y Oishi, S. (2002), “Subjective Well-Being, The Science of Happiness and Life Satisfaction”, en: Snyder, C. y Lopez, S. (eds), *Handbook of Positive Psychology*, chapter 5, Oxford University Press, United States of America, pp. 63 – 73.
- DICTUC (2008), *Actualización del Inventario de Emisiones Atmosféricas en las comunas de Temuco y Padre las Casas*, Informe Final de Ingeniería DICTUC, Filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) de La Araucanía, Chile.
- Dimensión (2007), *Percepción y Disposición Ciudadana de la Gestión en Calidad de Aire realizada en Temuco y Padre Las Casas*, Estudio de Search dimensión para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.
- Dinda, S. (2004), “Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey”, *Ecological Economics*, Vol. 49, Issue 4, pp. 431 – 455.
- DME (2007), *Danish Solutions to Global Environmental Challenges, The Government Action Plan for Promoting Eco – Efficient Technology*, Environmental Protection Agency, Danish Ministry of the Environment, The Danish Government.
- DME (2008), *Clean Air for All, Action on Air Pollution*, Environmental Protection Agency, Danish Ministry of the Environment, The Danish Government.
- Dolan, P. y Metcalfe, R. (2008), “Comparing Willingness-To-Pay and Subjective Well Being in the Context of Non-Market Goods”, *CEP Discussion Paper*, No. 890, Centre for Economic Performance, Economic and Social Research Council (ESRC).
- Dolan, P., Peasgood, T. y White, M. (2008), “Do we really Know what Makes us Happy? A Review of the Economic Literature on the Factors Associated with Subjective Well-Being”, *Journal of Economic Psychology*, Vol. 29, Issue 1, pp. 94 – 122.
- Dollar, D. y Kraay, A. (2002), “Growth is Good for the Poor”, *Journal of Economic Growth*, Vol. 7, Issue 3, pp. 195 – 225.
- Drabo, A. (2011), “Do Political Institutions protect the poor? Intra Countries Health Inequalities and Air Pollution in Developing Countries”, *Document de travail de la série Etudes et Documents E 2011.08*, Centre d'Etudes et de Recherches sur le Développement International (CERDI), École d'Économie, Université d'Auvergne, France.
- Drèze, J. y Stern, N. (1987), “The Theory of Cost-Benefit Analysis”, en: Auerbach, A. y

- Feldstein, M. (eds.), *Handbook of Public Economics*, edition 1, Vol. 2, chapter 14, North Holland, New York, pp. 909 – 989.
- Dunlap, R. (2002), “Environmental Sociology”, en: Bechtel, R. y Churchman, A. (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, chapter 10, John Wiley & Sons, Inc., pp. 160 – 171.
- Duraiappah, A. (1996), “Poverty and Environmental Degradation: a Literature Review and Analysis”, *CREED Working Paper Series*, No. 8, Programme of Collaborative Research in the Economics of Environment and Development, Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam, The Netherlands.
- Easterlin, R. (1995), “Will raising the Incomes of All increase the Happiness of All?”, *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 27, Issue 1, pp. 35 – 47.
- ECRC (2012), *Annual Report 2011/12*, Environment Canterbury Regional Council, New Zealand.
- Edelstein, M. (2002), “Contamination: The Invisible Built Environment”, en: Bechtel, R. y Churchman, A. (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, chapter 36, John Wiley & Sons, Inc., pp. 559 – 588.
- EEA (2012), *Air Quality in Europe – 2012 Report*, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
- Environment Canada (2000), *Residential Wood Combustion. Summarized Results of the 1998-1999 Sampling Program*, Québec Region, Direction de la santé publique de Montréal-Centre and Communauté urbaine de Montréal, Canada.
- EPA (1997), *The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1970 to 1990*, Retrospective Study, U. S. Environmental Protection Agency, EPA 410-R-97-0031, United States of America.
- EPA (1999), *The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1990 to 2010*, First Prospective Study, U. S. Environmental Protection Agency, EPA 410-R-99-001, United States of America.
- EPA (2008), *EPA’s 2008 Report on the Environment*, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-600/R-07/045F, United States of America.
- EPA (2009), *Strategies for Reducing Residential Wood Smoke*, document prepared by Outreach and Information Division and Air Quality Planning Division, Office of Air Quality Planning and Standards, U. S. Environmental Protection Agency, EPA-456/B-09-001, United States of America.
- EPA (2011), *The Benefits and Costs of the Clean Air Act 1990 to 2020*, Second Prospective Study, U. S. Environmental Protection Agency, United States of America.
- Eskeland, G. y Jimenez, E. (1992), “Policy Instruments for Pollution Control in Developing Countries”, *The World Bank Research Observer*, Vol. 17, No. 2, pp. 145 – 169.
- Eskeland, G. (1994), “The Net Benefits of an Air Pollution Control Scenarios for Santiago”, Chapter III of The World Bank document: *Chile, Managing Environmental Problems: Economic Analysis of Selected Issues*, Report No. 13061-CH, pp. 91 – 120.
- Evans, G. y Kantrowitz, E. (2002), “Socioeconomic Status and Health: The Potential Role of Environmental Risk Exposure”, *Annual Review of Public Health*, Vol. 23, pp. 303 – 331.
- Ferreira, S. y Moro, M. (2010), “On the Use of Subjective Well – Being Data for Environmental Valuation”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 46, Issue 3, pp. 249 – 273.

- Ferreira, S., Akay, A., Brereton, F., Cuñado, J., Martinsson, P., Moro, M. y Ningal, T. (2013), “Life Satisfaction and Air Quality in Europe”, *Ecological Economics*, Vol. 88, pp. 1 – 10.
- Ferrer-i-Carbonell, A. y Gowdy, J. (2007), “Environmental Degradation and Happiness”, *Ecological Economics*, Vol. 60, Issue 3, pp. 509 – 516.
- Figueroa, E., Rogat, J. y Firinguetti, L. (1996), “An Estimation of the Economic Value of Air Quality Improvement Program in Santiago de Chile”, *CAPTURA*, Repositorio Académico de la Universidad de Chile, Disponible electrónicamente en: <http://www.captura.uchile.cl/handle/2250/5063>
- Fleche, S., Smith, C. y Sorsa, P. (2011), “Exploring Determinants of Subjective Wellbeing in OECD Countries. Evidence from the World Value Survey”, *Economics Department Working Paper*, No. 921, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- FPATL (2008), “Biomass Combustion in Residential Heating: Particulate Measurements, Sampling, and Physicochemical and Toxicological Characterization”, *Final Report of the Project funded by ERA – NET Bioenergy Programme 2007 – 2008*, Fine Particle and Aerosol Technology Laboratory, Department of Environmental Science, University of Kuopio, Finland.
- Freeman, A. M. III (1985), “Methods for Assessing the Benefits of Environmental Programs”, en: Kneese, A. y Sweeney, J. (eds.), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, edition 1, Vol. 1, chapter 06, Elsevier, pp. 223 – 270.
- Freeman, A. M. III (2000), “The Valuation of Environmental Health Damages in Developing Countries: Some Observations”, paper prepared for the *Biannual Workshop of the Economy and Environment Program of South East Asia (EEPSEA)*, Chiang Mai, Thailand, November 21, 2000.
- Freeman, A. M. III (2003), *The Measurement of Environmental and Resource Values, Theory and Methods*, Resource for the Future Press, second edition, Washington, DC, United States of America.
- Frey, B., Luechinger, S. y Stutzer, A. (2010), “The Life Satisfaction Approach to Environmental Valuation”, *Annual Review of Resource Economics*, Vol. 2, pp. 139 – 160.
- Frey, B. y Stutzer, A. (2012), “The Use of Happiness Research for Public Policy”, *Social Choice and Welfare*, Vol. 38, Issue 4, pp. 659 – 674.
- Fuchs, A. y Milar, K. (2003), “Psychology as a Science”, en: Freedheim, D. y Weiner, I. (eds), *Handbook of Psychology*, Vol. 1: History of Psychology, chapter 01, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, pp. 1 – 26.
- Fujiwara, D. y Campbell, R. (2011), *Valuation Techniques for Social Cost-Benefit Analysis: Stated Preference, Revealed Preference and Subjective Well-Being Approaches. A Discussion of Current Issues*, Department for Work and Pensions (DWP), HM Treasury, United Kingdom.
- Funabashi, H. (1989), “Environmental problem as social dilemma”, *Syakai Roudou Kenkyu*, Vol. 35, N° 4.
- Funicane, M., Alhakami, A., Slovic, P. y Jhonson, S. (2000), “The Affect Heuristic in Judgments of Risks and Benefits”, *Journal of Behavioral Decision Making*, Vol. 13, Issue 1, pp. 1 – 17.
- Gärling, T., Biel, A. y Gustafsson, M. (2002), “The New Environmental Psychology: The

- Human Interdependence Paradigm”, en: Bechtel, R. y Churchman, A. (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, chapter 5, John Wiley & Sons, Inc., pp. 85 – 94.
- Gillis, M., Perkins, D. H., Roemer, M. y Snodgrass, D. R. (1996), *Economics of Development*, Fourth Edition, W. W. Norton & Company, United States of America.
- Gingrich, S. y Macfarlane, R. (2002), “Air Pollution from Wood-burning Fireplaces and Stoves”, *Toronto Public Health*, City of Toronto, Ontario, Canada.
- Glasius, M., Ketzler, M., Wåhlin, P., Jensen, B., Mønster, J., Berkowicz, R. y Palmgren, F. (2006), “Impact of Wood Combustion on Particle Levels in a Residential Area in Denmark”, *Atmospheric Environment*, Vol. 40, Issue 37, pp. 7115 – 7124.
- Gligo, N. (2006), “Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina, un cuarto de siglo después”, *Serie Medio Ambiente y Desarrollo* No. 126, CEPAL.
- Gómez, W., Chávez, C., Mendoza, Y., Briceño, S. y Garcés, R. (2009), *Diseño de un Programa de Recambio de Artefactos existentes que combustionan leña por Tecnología menos contaminante, en las comunas de Temuco y Padre Las Casas*, Informe Final de Universidad de La Frontera y Universidad de Concepción para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.
- Gómez, W., Yep, S y Chávez, C. (2013), “Subsidios a hogares para inducir adopción de tecnologías de combustión de leña más eficiente y menos contaminantes: Simulación para el caso de Temuco y Padre Las Casas”, *Estudios de Economía*, Vol. 40, No. 1, pp. 21 – 52.
- Gómez-Lobo, A., Lima, J.L., Hill, C. y Meneses, M. (2006), *Diagnóstico del mercado de la leña en Chile*, Informe Final (Preparado para la Comisión Nacional de Energía). Departamento de Economía de la Universidad de Chile, Chile.
- Gowdy, J. (2004), “The Revolution in Welfare Economics and its Implications for Environmental Valuation and Policy”, *Land Economics*, Vol. 80, Issue 2, pp. 239 – 257.
- Gowdy, J. (2007), “Toward an Experimental Foundation for Benefit – Cost Analysis”, *Ecological Economics*, Vol. 63, Issue 4, pp. 649 – 655.
- Graham, C. (2005), “The Economics of Happiness, Insights on Globalization from a Novel Approach”, *World Economics*, Vol. 6, No. 3, pp. 41 – 55.
- Graves, P. (2011), “Environmental Valuation: The Sum of Specific Damages Approach”, en Batabyal, A. y Nijkamp, P. (eds.), *Research Tools in Natural and Environmental Economics*, chapter 7, World Scientific Publishing, Singapore, pp. 215 – 222.
- Grossman, G. y Krueger, A. (1995), “Economic Growth and the Environment”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 110, Issue 2, pp. 353 – 377.
- Gunningham, N. y Sinclair, D. (2005), “Policy Instruments Choice and Diffuse Source Pollution”, *Journal of Environmental Law*, Vol. 17, No. 1, pp. 51 – 81.
- Hanley, N. y Spash, C. (1993), *Cost – Benefit Analysis and the Environment*, Edward Elgar Publishing Limited, England.
- Hanley, N., Ryan, M. y Wright, R. (2003), “Estimating the Monetary Value of Health Care: Lessons from Environmental Economics”, *Health Economics*, Vol. 12, Issue 1, pp. 3 – 16.
- Hall, J., Brajer, V. y Lurmann, F. (2008), “Measuring the Gains from Improved Air Quality

- in the San Joaquin Valley”, *Journal of Environmental Management*, Vol. 88, Issue 4, pp. 1003 – 1015.
- Hall, J., Brajer, V. y Lurmann, F. (2010), “Air Pollution, Health and Economic Benefits – Lessons from 20 years of Analysis”, *Ecological Economics*, Vol. 69, Issue 12, pp. 2590 – 2597.
- Harrington, W. y Portney, P. (1987), “Valuing the Benefits of Health and Safety Regulation”, *Journal of Urban Economics*, Vol. 22, Issue 1, pp. 101 – 112.
- Heal, G. y Kriström, B. (2007), “Distribution, Sustainability and Environmental Policy”, en: Atkinson, G., Dietz, S. y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 10, Edward Elgar, pp. 155 – 170.
- Heilbroner, R. (1972), *The Making of Economic Society*, 4th Edition, Prentice Hall, United States of America.
- Helfand, G., Berck, P. y Maull, T. (2003), “The Theory of Pollution Policy”, en: Mäler, K. G. y Vincent, J. (eds.), *Handbook of Environmental Economics*, edition 1, Vol. 1, chapter 06, Elsevier, pp. 249 – 303.
- Hellén, H., Hakola, H., Haaparanta, S., Pietarila, H. y Kauhaniemi, M. (2008), “Influence of Residential Wood Combustion on Local Air Quality”, *Science of the Total Environment*, Vol. 393, Issues 2 – 3, pp. 283 – 290.
- Helliwell, J. (2003), “How’s Life? Combining Individual and National Variables to explain Subjective Well-Being”, *Economic Modelling*, Vol. 20, Issue 2, pp. 331 – 360.
- Helm, D. (1998), “The Assessment: Environmental Policy – Objectives, Instruments, and Institutions”, *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 14, No. 4, pp. 1 – 19.
- Hepburn, C. (2010), “Environmental Policy, Government, and the Market”, *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 26, No. 2, pp. 117 – 136.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. del P. (2010), *Metodología de la Investigación*, Quinta Edición, McGraw-Hill/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., México.
- Hine, D., Marks, A., Nachreiner, M., Gifford, R. y Heath, Y. (2007), “Keeping the Home Fires Burning: The Affect Heuristic and Wood Smoke Pollution”, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 27, Issue 1, pp. 26 – 32.
- Hine, D., Bhullar, N., Marks, A., Kelly, P. y Scott, J. (2011), “Comparing the Effectiveness of Education and Technology in Reducing Wood Smoke Pollution: A Field Experiment”, *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 31, Issue 4, pp. 282 – 288.
- Hojman, P., Ortúzar, J. y Rizzi, L. (2005), “On the Joint Valuation of Averting Fatal and Severe Injuries in Highways Accidents”, *Journal of Safety Research*, Vol. 36, Issue 4, pp. 377 – 386.
- Holland, M., Berry, J. y Forster, D. (1999), *ExternE—Externalities of Energy*, European Commission, Luxembourg.
- Holz, J. (2000), *Estimación de Costos Unitarios en Morbilidad y Mortalidad y su aplicación para calcular los beneficios del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana*, documento de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Houck, J., Tieg, P., McCrillis, R., Keithley, C. y Crouch, J. (1998), “Air Emissions from Residential Heating Option put into Environmental Perspective”, *Proceedings of a U.S. EPA and Air Waste Management Association Conference, Emission Inventory: Living in a Global Environment*, Vol. 1, pp. 373 – 384.
- House, J. (2002), “Understanding Social Factors and Inequalities in Health: 20th Century

- Progress and 21st Century Prospects”, *Journal of Health and Social Behavior*, Vol. 43, No. 2, pp. 125 – 142.
- HPBA (2008), *Claring the Smoke. The Wood Stove Changeout in Libby, Montana*, preliminary report of Hearth, Patio & Barbecue Association, United States of America.
- Hurley, F., Hunt, A., Cowie, H., Holland, M., Miller, B., Pye, S. y Watkiss, P. (2005), *Methodology for the Cost – Benefit Analysis for the Clean Air For Europe (CAFE) Programme*, Volume 2: Health Impact Assessment, AEA Technology Environment, United Kingdom.
- IDER (2012), *Plan de Desarrollo Comunal (PLADECO) de Temuco, 2012 – 2017*, Informe elaborado por el Instituto de Desarrollo Local y Regional (IDER) de la Universidad de La Frontera, Temuco, para la Municipalidad de Temuco, Chile.
- INE (2009), *VI Encuesta de Presupuestos Familiares, Noviembre 2006 – Octubre 2007*, 4 Volúmenes, Instituto Nacional de Estadísticas, Santiago de Chile, Chile.
- Jackson, T. (2007), “Sustainable Consumption”, en: Atkinson, G., Dietz, S. y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 16, Edward Elgar, pp. 254 – 268.
- Jacobs, M. (1997), “The Quality of Life: Social Goods and the Politics of Consumption”, *The Political Quarterly*, Vol. 68, Issue B, pp. 47 – 61.
- Jalava, P., Salonen, R., Nuutinen, K., Pennanen, A., Happonen, M., Tissari, J., Frey, A., Hillamo, R., Jokiniemi, J. y Hirvonen, M-R. (2010), “Effect of Combustion Condition on Cytotoxic and Inflammatory Activity of Residential Wood Combustion Particles”, *Atmospheric Environment*, Vol. 44, Issue 13, pp. 1691 – 1698.
- Jeong, C-H., Evans, G., Dann, T., Graham, M., Herod, D., Dabek-Zlotorzynska, E., Mathieu, D., Ding, L. y Wang, D. (2008), “Influence of Biomass Burning on Wintertime Fine Particulate Matter: Source Contribution at a Valley Site in Rural British Columbia”, *Atmospheric Environment*, Vol. 42, Issue 16, pp. 3684 – 3699.
- Jha, R. y Whalley, J. (2003), “Migration and Pollution”, *Departmental Working Paper No. 2003-07*, Arndt-Corden Department of Economics, Australian National University.
- Jois, G. (2006), “Can't Touch this! Private Property, Takings, and the Merit Goods Argument”, *South Texas Law Review*, Vol. 48, pp. 183 – 254.
- Just, R., Hueth, D. y Schmitz, A. (2004), *The Welfare Economics of Public Policy, A Practical Approach to Project and Policy Evaluation*, Edward Elgar Publishing, United Kingdom.
- Kan, H. y Chen, B. (2004), “Particulate Air Pollution in Urban Areas in Shanghai, China: Health-Based Economic Assessment”, *Science of the Total Environment*, Vol. 322, Issues 1 – 3, pp. 71 – 79.
- Kahneman, D. y Sugden, R. (2005), “Experienced Utility as a Standard of Policy Evaluation”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 32, Issue 1, pp. 161 – 181.
- Kausel, T. y Vergara, C. (2003), “El uso de la leña como combustible en la IX Región. Aspectos económicos”, Capítulo 2 en: *Leña, una fuente energética renovable para Chile* (Burschel, Hernández y Lobos, eds.), Editorial Universitaria, pp. 41 – 54.
- Karvosenoja, N., Johansson, M., Kindbom, K., Lükewille, A., Jensen, D., Sternhufvud, C. y Illerup, J. (2004), “Fine Particulate Matter Emissions from Residential Wood Combustion and Reduction Potential in the Nordic Countries”, *Proceedings of the*

- 13th *World Clean Air and Environmental Protection Congress and Exhibition*, London 22 – 27 August 2004.
- Kollmuss, A. y Agyeman, J. (2002), “Mind the Gap: Why do People Act Environmentally and what are the Barriers to Pro-Environmental Behavior?”, *Environmental Education Research*, Vol. 8, No. 3, pp. 239 – 260.
- Larson, T. y Koenig, J. (1994), “Wood Smoke: Emissions and Noncancer Respiratory Effects”, *Annual Review of Public Health*, Vol. 15, pp. 133 – 156.
- Layard, R. (2006), “Happiness and Public Policy: A Challenge to the Profession”, *The Economic Journal*, Vol. 116, Issue 510, pp. C24 – C33.
- Layard, R., Mayraz, G. y Nickell, S. (2008), “The Marginal Utility of Income”, *Journal of Public Economics*, Vol. 92, Issues 8 – 9, pp. 1846 – 1857.
- Levinson, A. (2009), “Valuing Public Goods using Happiness Data: The Case of Air Quality”, *NBER Working Papers Series*, No. 15156, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, United States of America.
- Levinson, A. (2013), “Happiness, Behavioral Economics, and Public Policy”, *NBER Working Papers Series*, No. 19329, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, United States of America.
- Lewin, S. (1996), “Economics and Psychology: Lessons for our own Day from the Early Twentieth Century”, *Journal of Economic Literature*, Vol. 34, No. 3, pp. 1293 – 1323.
- Lichtenberg, E. (2010), “Economics of Health Risk Assessment”, *Annual Review of Resource Economics*, Vol. 2, pp. 53 – 75.
- Liddell, C. y Morris, C. (2010), “Fuel Poverty and Human Health: A Review of Recent Evidence”, *Energy Policy*, Vol. 38, Issue 6, pp. 2987 – 2997.
- Liebe, U. y Preisendörfer, P. (2010), “Rational Choice Theory and the Environment: Variants, Applications, and New Trends”, Capítulo 9 de Gross, M. y Heinrichs, H. (eds.), *Environmental Sociology, European Perspectives and Interdisciplinary Challenges*, Springer, pp. 141 – 157.
- Liebert, R. y Spiegler, M. (1997), *Personality, Strategies and Issues*, 8th Edition, Wadsworth Inc. Fulfillment, United States of America.
- Lopez, J. y Servén, L. (2006), “A Normal Relationship? Poverty, Growth and Inequality”, *World Bank Policy Research Working Paper* No. 3814, The World Bank.
- Lopez, J. y Perry, G. (2008), “Inequality in Latin America: Determinants and Consequences”, *The World Bank Policy Research Working Paper* No. 4504, The World Bank.
- López, R. (2007), “Structural Change, Poverty and Natural Resource Degradation”, en: Atkinson, G., Dietz, S. y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 14, Edward Elgar, pp. 220 – 239.
- Lora, E. (2008), “Calidad de Vida desde otro Ángulo”, Capítulo 1 de Lora, E. (coord.), *Calidad de Vida Más Allá de los Hechos*, Banco Interamericano de Desarrollo y Fondo de Cultura Económica, pp. 3 – 13.
- Luechinger, S. (2009), “Valuing Air Quality using the Life Satisfaction Approach”, *The Economic Journal*, Vol. 119, Issue 536, pp. 482 – 515.
- Lurmann, F., Hall, J., Kleinman, M., Chinkin, L., Brajer, V., Meacher, D., Mummery, F., Arndt, R., Funk, T. Alcorn, S. y Kumar, N. (1999), *Assessment of the Health Benefits of Improving Air Quality in Houston, Texas*, Final Report STI-998460-

- 1875-FR (Sonoma Technology, Inc.), prepared for City of Houston, Office of the Mayor.
- MacKerron, G. y Mourato, S. (2009), “Life Satisfaction and Air Quality in London”, *Ecological Economics*, Vol. 68, Issue 5, pp. 1441 – 1453.
- Mäler, K.-G. (1985), “Welfare Economics and the Environment”, en: Kneese, A. y Sweeney, J. (eds.), *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, edition 1, Vol. 1, chapter 01, Elsevier, pp. 3 – 60.
- MAQMT (2002), “Improving Air Quality in Metropolitan Mexico City. An Economic Valuation”, *The World Bank Policy Research Working Paper*, No. 2785, The World Bank. Paper prepared for Environmentally and Socially Sustainable Development Sector Unit by The Mexico Air Quality Management Team (MAQMT, led by Walter Vergara).
- Markandya, A., Harou, P., Bellù, L., y Cistulli, V. (2002), *Environmental Economics for Sustainable Growth, A Handbook for Practitioners*, Edward Elgar, United Kingdom, in Association with The World Bank.
- Martínez, J. y Roca, J. (2001), *Economía Ecológica y Política Ambiental*, Fondo de Cultura Económica, 2da Edición, México D. F., México.
- Martuzzi, M., Galassi, C., Ostro, B., Forastiere, F y Bertollini, R. (2002), *Health Impact Assessment of Air Pollution in the Eight Major Italian Cities*, Report for the World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- Martuzzi, M., Mitis, F., Iavarone, I. y Serinelli, M. (2006), *Health Impact of PM₁₀ and Ozone in 13 Italian Cities*, Report for the World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- Matus, K., Nam, K-M., Selin, N., Lamsal, L., Reilly, J. y Paltsev, S. (2012), “Health Damages from Air Pollution in China”, *Global Environmental Change*, Vol. 22, Issue 1, pp. 55 – 66.
- Matus, P. y Lucero, R. (2002), “Norma Primaria de Calidad del Aire”, *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, Vol. 18, No. 2, Santiago de Chile, Abril de 2002.
- McGranahan, G. y Satterthwaite, D. (2003), “Urban Centers: An Assessment of Sustainability”, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 28, pp. 243 – 274.
- McNicoll, G. (2007), “Population and Sustainability”, en: Atkinson, G., Dietz, S. y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 08, Edward Elgar, pp. 125 – 139.
- Mendelsohn, R. y Olmstead, S. (2009), “The Economic Valuation of Environmental Amenities and Disamenities: Methods and Applications”, *Annual Review of Environment and Resources*, Vol. 34, pp. 325 – 347.
- Menz, T. (2011), “Do People Habituate to Air Pollution? Evidence from International Life Satisfaction Data”, *Ecological Economics*, Vol. 71, pp. 211 – 219.
- Menz, T. y Welsch, H. (2010), “Population Aging and Environmental Preferences in OECD countries: The Case of Air pollution”, *Ecological Economics*, Vol. 69, Issue 12, pp. 2582 – 2589.
- MFE (2005a), *Warm Homes Technical Report: Social Drivers, Phase I: Interim Progress Report*, Ministry for the Environment, New Zealand Government.
- MFE (2005b), *Warm Homes Technical Report: Social Drivers, Phase II Report*, Ministry for the Environment, New Zealand Government.
- MFE (2011a), *2011 Users’ Guide to the revised National Environmental Standards for Air*

- Quality*, Ministry for the Environment, New Zealand Government.
- MFE (2011b), *Clean Healthy Air for All New Zealanders: The National Air Quality Compliance Strategy to meet the PM₁₀ Standards*, Ministry for the Environment, New Zealand Government.
- MDS (2011), *Estimación de los Costos Sociales por Fallecimiento Prematuro en Chile a través del Enfoque de Capital Humano*, documento preparado por la División de Evaluación Social de Inversiones, Ministerio de Desarrollo Social de Chile.
- MDS (2012), *Precios Sociales Vigentes*, documento preparado por la División de Evaluación Social de Inversiones, Ministerio de Desarrollo Social de Chile.
- Miller, T. (2000), “Variations between Countries in Values of Statistical Life”, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 34, Part 2, pp. 169 – 188.
- Miller, P., Allen, G., Rector, L., Brauer, M. y Su, J. (2010), “Spatial Modeling and Monitoring of Residential Woodsmoke across a Non-Urban upstate New York Region”, *Final Report 10 – 02* prepared for New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA), February.
- MINSAL (2013a), *Decreto de Alerta Sanitaria en Temuco y Padre Las Casas*. Decreto No. 34, 14 de Junio de 2013, División Jurídica de la Subsecretaría de Salud Pública, Ministerio de Salud, República de Chile.
- MINSAL (2013b), *Resolución Exenta sobre Medidas de Alerta Sanitaria en Temuco y Padre Las Casas*. Resolución Exenta No. J1 – 009469, 17 de Junio de 2013, Departamento Jurídico de la Secretaría Regional Ministerial de Salud de la Región de La Araucanía, Ministerio de Salud, República de Chile.
- MMA (2012), *Informe del Estado del Medio Ambiente 2011*, Ministerio de Medio Ambiente de Chile, impreso en Santiago de Chile, Chile.
- Mol, A. (2010), “Ecological modernization as a social theory of environmental reform”, en Redclift, M. y Woodgate, G. (eds.), *The International Handbook of Environmental Sociology*, second edition, chapter 4, Edward Elgar, United Kingdom, pp. 63 – 76.
- Montes, P. (2001), “El Ordenamiento Territorial como opción de Políticas Urbanas y Regionales en América Latina y el Caribe”, *Serie Medio Ambiente y Desarrollo* No. 45, CEPAL.
- Morandi, M., Ward, T. y Risk Assessment Workgroup (2010), “Wood Smoke Risk Assessment: Defining the Questions”, *Inhalation Toxicology*, Vol. 22, No. 2, pp. 94 – 98.
- Morawski, J. y Bayer, B. (2003), “Social Psychology”, en: Freedheim, D. y Weiner, I. (eds), *Handbook of Psychology*, Vol. 1: History of Psychology, chapter 11, John Wiley & Sons, Inc., United States of America, pp. 223 – 247.
- Musgrave, R. (1987), “Merit Goods”, in Eatwell, J., Milgate, M y Newmann, P. (eds.), *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*. Vol. 3, Macmillan, London, pp. 452 – 453.
- Myers, D. (2003), “The Social Psychology of Sustainability”, *World Futures*, Vol. 59, Issue 3 – 4, pp. 201 – 211.
- Naeher, L., Brauer, M., Lipsett, M., Zelikoff, J., Simpson, C., Koenig, J. y Smith, K. (2007), “Woodsmoke Health Effects: A Review”, *Inhalation Toxicology*, No. 19, pp. 67 – 106.
- Nam, K-M., Selin, N., Reilly, J. y Paltsev, S. (2010), “Measuring Welfare Loss caused by Air Pollution in Europe: A CGE Analysis”, *Energy Policy*, Vol. 38, Issue 9, pp. 5059 – 5071.

- Nielsen, E., Dybdahl, M. y Larsen, P. (2008), *Health Effects Assessment of Exposure to Particles from Wood Smoke*, Environmental Project No. 1235, financed via the Danish Environmental Protection Agency, Danish Ministry of the Environment.
- Nyrud, A., Roos, A. y Sande, J. (2008), “Residential Bionenergy Heating: A Study of Consumer Perceptions of Improved Woodstoves”, *Energy Policy*, Vol. 36, Issue 8, pp. 3169 – 3176.
- Oates, W. y Baumol, W. (1975), “The Instruments for Environmental Policy”, en: Mills, E. (ed.) *Economic Analysis of Environmental Problems*, National Bureau of Economic Research, pp. 95 – 154.
- OCDE y CEPAL (2005), *Evaluaciones del Desempeño Ambiental, Chile*. Publicación conjunta de la OCDE y la CEPAL, Chile.
- Octaviano, C. (2011), *Análisis General de las Externalidades Ambientales derivadas de la utilización de Combustibles Fósiles en la Industria Eléctrica Centroamericana*, documento preparado para la Unidad de Energía y Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Sede Subregional en México.
- Olsthoorn, X., Amann, M., Bartonova, A., Clench-Aas, J., Cofala, J., Dorland, K., Guerreiro, C., Henriksen, J., Jansen, H. y Larssen, S. (1999), “Cost Benefit Analysis of European Air Quality Targets for Sulphur Dioxide, Nitrogen Dioxide and Fine and Suspended Particulate Matter in Cities”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 14, Issue 3, pp. 333 – 351.
- OMS (2006), *Guías de Calidad del Aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, Actualización Mundial 2005*, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.
- OMS (2007), *Housing, Energy and Thermal Comfort*, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- OMS (2010), *Household Use of Solid Fuels and High-temperature Frying*, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 95, International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, Lyon, France.
- OMS (2013), *Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE Project, Recommendations for Concentration – Response Functions for Cost – Benefit Analysis of Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
- O’Neill, J. (1993), *Ecology, Policy and Politics. Human Well-Being and the Natural World*, Routledge, 1st Edition, London, United Kingdom.
- O’Neill, M., Jerret, M., Kawachi, I., Levy, J., Cohen, A., Gouveia, N., Wilkinson, P., Fletcher, T., Cifuentes, L. y Schwartz, J. (2003), “Health, Wealth, and Air Pollution: Advancing Theory and Methods”, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 111, No. 16, pp. 1861 – 1870, (Research Review).
- Ostro, B. (1994), “Estimating the Health Effects of Air Pollutants. A Method with an Application to Jakarta”, *The Policy Research Working Paper* No. 1301, Policy Research Department, Public Economics Division, The World Bank.
- Ostro, B. (2004), “Outdoor Air Pollution. Assessing the Environmental Burden of Disease at National and Local Levels”, *Environmental Burden of Disease Series*, No. 5, Protection of the Human Environment, World Health Organization, Geneva.
- Ostro, B., Sánchez, J., Aranda, C. y Eskeland, G. (1995), “Air Pollution and Mortality.

- Results from Santiago, Chile”, *The World Bank Policy Research Working Paper* No. 1453, Policy Research Department, Public Economics Division, The World Bank.
- Ostro, B., Eskeland, G., Feyzioglu, T. y Sánchez, J. (1998), “Air Pollution and Health Effects. A Study of Respiratory Illness among Children in Santiago, Chile”, *The World Bank Policy Research Working Paper* No. 1932, Development Research Group, Public Economics, The World Bank.
- Oyarzún, M. (2010), “Contaminación aérea y sus efectos en la salud”, *Revista Chilena de Enfermedades Respiratorias*, Volumen 26, No. 1, pp. 16 – 25.
- Pairó, A. (2007), “Happiness, Satisfaction and Socioeconomic Conditions: Some International Evidence”, en Bruni, L. y Porta, P. (eds.), *Handbook on the Economics of Happiness*, chapter 20, Edward Elgar Publishing, United Kingdom, pp. 429 – 446.
- Palacios, M. y Chávez, C. (2002), “Programa de Compensación de Emisiones. Evaluación del Diseño de Fiscalización y su Cumplimiento”, *Estudios Públicos*, No. 88, primavera de 2002.
- Parada, M., Riquelme, A. y Vásquez, F. (2013), “The Value of Statistical Life in Chile”, *Empirical Economics*, Vol. 45, Issue 3, pp. 1072 – 1087.
- Parsons, D. (2010), “Home Heating in Temperate Australia”, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 15, Issue 8, pp. 785 – 793.
- Pascal, M., Corso, M., Chanel, O., Declercq, C., Badaloni, C., Cesaroni, G., Henschel, S., Meister, K., Haluza, D., Marin-Olmedo, P. y Medina, S. (2013), “Assessing the Public Health impacts of Urban Air pollution in 25 European cities: Results of the Aphekomp Project”, *Science of the Total Environment*, Vol. 449, April, pp. 390 – 400.
- Pearce, D., Atkinson, G. y Mourato, S. (2006), *Cost-Benefit Analysis and the Environment, Recent Developments*, Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD), France.
- Pearce, J. y Kingham, S. (2008), “Environmental Inequalities in New Zealand: A National Study of Air Pollution and Environmental Justice”, *Geoforum*, Vol. 39, Issue 2, pp. 980 – 993.
- Pervin, T., Gerdtham, U-G. y Lyttkens, C. (2008), “Societal Costs of Air Pollution – related Health Hazards: A Review of Methods and Results”, *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, Vol. 6, Article 19, September.
- PNUD (1998), *Informe sobre Desarrollo Humano 1998: Cambiar las Pautas Actuales de Consumo para el Desarrollo Humano del Futuro*, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Edición de Mundi-Prensa Libros, España.
- PNUD (2011), *Informe sobre Desarrollo Humano 2011: Sostenibilidad y Equidad, un Mejor Futuro para Todos*, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, Edición de Mundi-Prensa Libros, impreso en Estados Unidos de América.
- Pol, E. (2002), “Environmental Management: A Perspective from Environmental Psychology”, en: Bechtel, R. y Churchman, A. (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, chapter 4, John Wiley & Sons, Inc., pp. 55 – 84.
- Pope, C. y Dockery, D. (2006), “Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect”, *Journal of the Air & Waste Management Association*, Vol. 56, No. 6, pp. 709 – 742.
- Powdthavee, N. y Van den Berg, B. (2011), “Putting different Price Tags on the same

- Health Condition: Re-evaluating the Well-Being Valuation Approach”, *Journal of Health Economics*, Vol. 30, Issue 5, pp. 1032 – 1043.
- Prieto, M., Mancilla, P., Astudillo, P., Reyes, A. y Román, O. (2007), “Exceso de Morbilidad Respiratoria en Niños y Adultos Mayores en una Comuna de Santiago con Alta Contaminación Atmosférica por Partículas”, *Revista Médica de Chile*, Vol. 135, No. 2, pp. 221 – 228.
- Prus, S. (2011), “Comparing Social Determinants of Self-Rated Health across the United States and Canada”, *Social Science & Medicine*, Vol. 73, Issue 1, pp. 50 – 59.
- Quah, E. y Boon, T. (2003), “The Economic Cost of Particulate Air Pollution on Health in Singapore”, *Journal of Asian Economics*, Vol. 14, Issue 1, pp. 73 – 90.
- Randall, A. (2007), “Benefit-Cost Analysis and a Safe Minimum Standard of Conservation”, en: Atkinson, G., Dietz, S. y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 06, Edward Elgar, pp. 91 – 105.
- Reeve, I., Scott, J., Hine, D. y Bhullar, N. (2013), “‘This is not a Burning Issue for Me’: How Citizens Justify their use of Wood Heaters in a City with a Severe Air Pollution Problem”, *Energy Policy*, Vol. 57, June, pp. 204 – 211.
- Rehdanz, K. y Maddison, D. (2005), “Climate and Happiness”, *Ecological Economics*, Vol. 52, Issue 1, pp. 111 – 125.
- Resosudarmo, B. y Napitupulu, L. (2004), “Health and Economic Impact of Air Pollution in Jakarta”, *The Economic Record*, Vol. 80, Issue Supplement S1, pp. S65 – S75.
- Reveco, R. (2013), *Impacto de Métodos alternativos de Asignación de Costes Indirectos Estructurales en los Hospitales Públicos Chilenos: la Evaluación Económica de Intervenciones Sanitarias*, Tesis Doctoral del Programa de Economía de Empresa, Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Rice, T. (2013), “The Behavioral Economics of Health and Health Care”, *Annual Review of Public Health*, Vol. 34, pp. 431 – 447.
- Richardson, E., Pearce, J. y Kingham, S. (2011), “Is Particulate Air Pollution Associated with Health and Health Inequalities in New Zealand?”, *Health & Place*, Vol. 17, Issue 5, pp. 1137 – 1143.
- Robinson, L. y Hammitt, J. (2009), “The Value of Reducing Air Pollution Risks in Sub Saharan Africa”, *Final Report* prepared for The World Bank, Sub-Saharan Africa Refinery Study, Contract Number: 7147247.
- Rodrik, D. (2000), “Institutions for High-Quality Growth: What they are and How to Acquire them”, *NBER Working Papers Series*, No. 7540, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, United States of America.
- Rogat, J. (1998), *The Value of Improved Air Quality in Santiago de Chile*, Ekonomiska Studier, Utgivna av Nationalekonomiska Institutionen, Handelshögskolan vid Göteborgs Universitet, No. 78, Printed in Sweden, Kompendiet-Göteborg.
- Rohr, A. y Wyzga, R. (2012), “Attributing health effects to individual particulate matter constituents”, *Atmospheric Environment*, Vol. 62, December, pp. 130 – 152.
- Román, O., Prieto, M., Mancilla, P., Astudillo, P., Acuña, C. y Delgado, I. (2009), “Aumento del Riesgo de Consultas Cardiovasculares por Contaminación Atmosférica por Partículas. Estudio en la Ciudad de Santiago”, *Revista Chilena de Cardiología*, Vol. 28, No. 2, pp. 159 – 164.
- Russell, B. (1930), *The Conquest of Happiness*, George Allen & Unwin Ltd, London, Great Britain.
- Rydin, Y. (2007), “Sustainable Cities and Local Sustainability”, en: Atkinson, G., Dietz, S.

- y Neumayer, E. (eds.), *Handbook of Sustainable Development*, chapter 21, Edward Elgar, pp. 347 – 361.
- Sacks, D., Stevenson, B. y Wolfers, J. (2010), “Subjective Well-Being, Income, Economic Development and Growth”, *NBER Working Papers Series*, No. 16441, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, United States of America.
- Sánchez, J., Valdés, S. y Ostro, B. (1998), “Los Efectos en Salud de la Contaminación Atmosférica por PM₁₀ en Santiago”, *Estudios Públicos*, No. 69, pp. 125 – 154.
- Sanhueza, P., Vargas, C. y Jiménez, J. (1999), “Mortalidad Diaria en Santiago y su Relación con la Contaminación del Aire”, *Revista Médica de Chile*, Vol. 127, No. 2, pp. 235 – 242.
- Sanhueza, P., Cerda, J., Pfeng, C., Torreblanca, M. y Medina, M. (2004), *Diseño de Escenarios para Apoyar la Gestión del Aire en Temuco y Padre Las Casas*, Informe Final de Asesorías en Ingeniería Ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E. I. R. L para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.
- Sanhueza, P., Torreblanca, M., Marchant, J. y Grez, M. (2005), *Identificación de una Relación entre las Emisiones de Fuentes de Material Particulado y las Concentraciones de Material Particulado Respirable en las comunas de Temuco y Padre Las Casas*, Informe Final de Asesorías en Ingeniería Ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E. I. R. L para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.
- Sanhueza, P., Fernández, M., Pastene, P. y Torreblanca, M. (2006), *Análisis de Medidas para incorporar al Plan de Descontaminación Atmosférica de Temuco y Padre Las Casas*, Informe Final de Asesorías en Ingeniería Ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E. I. R. L para Gobierno Regional de La Araucanía y Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.
- Sanhueza, P., Díaz, L. y Torreblanca, M. (2007), *Análisis del Efecto a corto plazo de la Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable sobre la Mortalidad y Morbilidad por Enfermedades Respiratorias y Cardiovasculares en Temuco*, Informe Final de Asesorías en Ingeniería Ambiental Pedro Alex Sanhueza Herrera E. I. R. L para Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), Dirección Regional de La Araucanía, Chile.
- Sartzetakis, E., Xepapadeas, A. y Petrakis, E. (2012), “The Role of Information Provision as a Policy Instrument to Supplement Environmental Taxes”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 52, Issue 3, pp. 347 – 368.
- Sbarato, D. y Sbarato, V. (2009), *Contaminación del Aire*, 1ra Edición, Editorial Brujas, Argentina.
- Scapecchi, P. (2008), “The Health Costs of Inaction with respect to Air Pollution”, *OECD Environment Working Papers*, No. 2, Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- Schmid, A. (1995), “The Environment and Property Rights Issues”, en: Bromley, D. (ed.), *The Handbook of Environmental Economics*, chapter 3, Blackwell, England, pp. 45 – 60.
- Schultz, T. (2010), “Health Human Capital and Economic Development”, *Journal of African Economies*, Vol. 19, Supplement 3, pp. 12 – 80.
- Schwarze, P., Totlandsdal, A., Herseth, J., Holme, J., Låg, M., Refsnes, M., Øvrevik, J.,

- Sandberg, W. y Bølling, A. (2010), “Importance of Sources and Components of Particulate Air Pollution for Cardio-Pulmonary Inflammatory Responses”, en: Villanyi, V. (ed.), *Air Pollution*, Sciyo, Croatia, chapter 03, pp. 47 – 73.
- Scott, A. (2005), *Real Life Emissions from Residential Wood Burning Appliances in New Zealand*, Report for the Ministry for the Environment, Sustainable Management Fund, New Zealand.
- Scott, A. y Scarrot, C. (2011), “Impacts of Residential Heating Intervention Measures on Air Quality and Progress towards Targets in Christchurch and Timaru, New Zealand”, *Atmospheric Environment*, Vol. 45, Issue 17, pp. 2972 – 2980.
- Segerson, K. (1988), “Uncertainty and Incentives for Nonpoint Pollution Control”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 15, Issue 1, pp. 87 – 98.
- Sen, A. (2002), “Health: Perception versus Observation”, *British Medical Journal*, Vol. 324, Issue 7342, Editorials, pp. 860 – 861.
- Shields, M. y Shooshtari, S. (2001), “Determinants of Self-Perceived Health”, *Health Reports*, Vol. 13, No. 1, pp. 35 – 52.
- Shogren, J. y Taylor, L. (2008), “On Behavioral-Environmental Economics”, *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 2, Issue 1, pp. 26 – 44.
- Shortle, J. y Horan, R. (2001), “The Economics of Nonpoint Pollution Control”, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 15, No. 3, pp. 255 – 289.
- Smith, K. (1993), “Fuel Combustion, Air Pollution Exposure, and Health: The Situation in Developing Countries”, *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol. 18, pp. 529 – 566.
- Smith, K. y Pillarisetti, A. (2012), “Breve Historia del Humo de Leña y sus Implicaciones para Chile”, *Estudios Públicos*, 126 (Otoño), pp. 163 – 179.
- Smyth, R., Nielsen, I., Zhai, Q., Liu, T., Liu, Y., Tang, C., Wang, Z., Wang, Z. y Zhang, J. (2011), “A Study of the Impact of Environmental Surroundings on Personal Well-Being in Urban China using a Multi-item Well-Being Indicator”, *Population and Environment*, Vol. 32, Issue 4, pp. 353 – 375.
- Somanathan, E. (2010), “Effects of information on environmental quality in developing countries”, in Symposium: Environmental Quality and Economic Development, *Review of Environmental Economics and Policy*, Vol. 4, Issue 2, pp. 275 – 292.
- Sommer, H., Künzli, N., Seethaler, O., Chanel, M., Herry, S., Masson, S., Vergnaud, J-C., Filliger, P., Horak, F., Kaiser R., Medina S., Puybonnieux-Textier, V., Quénel, P., Schneider, J. y Studnicka M. (1999), *Economic Evaluation of Health Impacts due to Traffic-Related Air Pollution. An Impact Assessment Project of Austria, France and Switzerland*, Report prepared for the Transport, Environment and Health Session, World Health Organization Ministerial Conference on Environment and Health in London.
- Stanek, L., Sacks, J., Dutton, S. y Dubbois, J-J. (2011), “Attributing Health Effects to Apportioned Components and Sources of Particulate Matter: An Evaluation of Collective Results”, *Atmospheric Environment*, Vol. 45, Issue 32, pp. 5655 – 5663.
- Starrett, D. (2003), “Property Rights, Public Goods and the Environment”, en: Mäler, K.-G. y Vincent, J. (eds.), *Handbook of Environmental Economics*, edition 1, Vol. 1, chapter 03, Elsevier, pp. 97 – 125.
- Stern, P. (2000), “Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior”, *Journal of Social Issues*, Vol. 56, No. 3, pp. 407 – 424.
- Sternhufvud, C., Karvosenoja, N., Illerup, J., Kindbom, K., Lükewille, A., Johansson, M. y

- Jensen, D. (2004), *Particulate Matter Emissions and Abatement Options in Residential Wood Burning in the Nordic Countries*, Nordic Council of Ministers, Copenhagen. ANP 2004: 735.
- Stevenson, B. y Wolfers, J. (2008), “Economic Growth and Subjective Well-Being: Reassessing the Easterlin Paradox”, *NBER Working Papers Series*, No. 14282, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, United States of America.
- Stiglitz, J. (1994), *Whither Socialism?*, The MIT Press, United States of America.
- Stiglitz, J. (2000a), *Economía del Sector Público*, Antoni Bosch Editor, 3ra Edición, Barcelona, España.
- Stiglitz, J. (2000b), “The Contributions of the Economics of Information to Twentieth Century Economics”, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 115, Issue 4, November, pp. 1441 – 1478.
- Strauss, J. y Thomas, D. (2008), “Health over the Life Course”, en: Schultz, T. y Strauss, J. (eds.), *Handbook of Development Economics*, edition 1, Vol. 4, chapter 54, Elsevier, pp. 3375 – 3474.
- Sultan, Z. (2007), “Estimates of Associated Outdoor Particulate Matter Health Risk and Costs Reductions from Alternative Building, Ventilation and Filtration Scenarios”, *Science of the Total Environment*, Vol. 377, Issue 1, pp. 1 – 11.
- Syahril, S., Resosudarmo, B. y Tomo, H. (2002), *Study on Air Quality in Jakarta, Indonesia. Future Trends, Health Impacts, Economic Value and Policy Options*, Report prepared for the Asian Development Bank.
- The World Bank (1979), *World Development Report 1979*, The World Bank, Washington D. C., United States of America.
- The World Bank (1992), *Development and the Environment*, World Development Report 1992, Oxford University Press, Washington D. C., United States of America.
- The World Bank (2003), *Sustainable Development in a Dynamic World, Transforming Institutions, Growth, and Quality of Life*, World Development Report 2003, A copublication of the World Bank and Oxford University Press, Washington D. C., United States of America.
- The World Bank (2008), *Poverty and the Environment, Understanding Linkages at the Household Level*, Environment and Development Report Number 42487, The World Bank, Washington D. C., United States of America.
- Todd, J. (2003), *Wood-Smoke Handbook: wood heaters, firewood and operator practice*, Department of the Environment and Heritage, New South Wales (NSW) Environment Protection Authority, Australia.
- Todd, J. (2006), *Cost-benefit analysis of wood smoke reduction in Perth*, Report prepared for the Department of Environment and Conservation, Western Australia, Australia.
- Tolley, G. (1987), “Market Failures as Bases of Urban Policies”, en: Tolley, G. and Thomas, V. (eds.), *The Economics of Urbanization and Urban Policies in Developing Countries*, The World Bank, Washington D. C., United States of America.
- Tresch, R. W. (2002), *Public Finance, A Normative Theory*, Second Edition, Elsevier Science, United States of America.
- Tietenberg, T. y Lewis, L. (2012), *Environmental & Natural Resources Economics*, Ninth Edition, Pearson Education, United States of America.
- Tisdell, C. (1993), *Environmental Economics: Policies for Environmental Management*

- and Sustainable Development*, Edward Elgar Publishing, United Kingdom.
- Tisdell, C. (2006), “Knowledge and the Valuation of Public Goods and Experiential Commodities: Information Provision and Acquisition”, *Working Papers on Economic Theory, Applications and Issues*, No. 41, The University of Queensland, Australia.
- UCH (2008), *Estado del Medio Ambiente en Chile 2008*, Informe País del Instituto de Asuntos Públicos, Universidad de Chile, con la aportes y colaboración de CONAMA, PNUMA y CEPAL.
- UDD (2012), “Índice de Costo de Vida de Ejecutivos 2011”, *Informe del Centro de Estudios en Economía y Negocios* (CEEN), Mayo, Universidad del Desarrollo, Santiago de Chile, Chile.
- UDD (2013), “Índice de Costo de Vida de Ejecutivos 2012”, *Informe del Centro de Estudios en Economía y Negocios* (CEEN), Mayo, Universidad del Desarrollo, Santiago de Chile, Chile.
- Vallejos, C., Puebla, S., Valdés, P. y Reveco, R. (2009), *Estudio Costo – Efectividad de Intervenciones en Salud*, informe para el Ministerio de Salud, Gobierno de Chile.
- Vásquez, F., Cerda, A. y Orrego, S. (2007), *Valoración Económica del Ambiente*, Thomson Learning, Buenos Aires, Argentina.
- Vatn, A. (2004), “Environmental Valuation and Rationality”, *Land Economics*, Vol. 80, Issue 1, pp. 1 – 18.
- Vatn, A. y Bromley, D. (1995), “Choices without Prices without Apologies”, en: Bromley, D. (ed.), *The Handbook of Environmental Economics*, chapter 1, Blackwell, England, pp. 3 – 25.
- Veenhoven, R. (2008), “Sociological Theories of Subjective Well-Being”, en: Eid, M. y Larsen, R. (eds.), *The Science of Subjective Well-Being: A Tribute to Ed Diener*, chapter 3, Guilford Publications, New York, pp. 44 – 61.
- Viscusi, W. y Aldy, J. (2003), “The Value of Statistical Life: A Critical Review of Market Estimates throughout the World”, *The Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 27, Issue 1, pp. 5 – 76.
- Viscusi, W. y Gayer, T. (2006), “Quantifying and Valuing Environmental Health Risks”, en: Mäler, K.-G. y Vincent, J. (eds.), *Handbook of Environmental Economics*, edition 1, Vol. 2, chapter 20, Elsevier, pp. 1029 – 1103.
- Von Baer, H. (ed.) (2009), *Pensando Chile desde sus Regiones*, Ediciones Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.
- Voorhees, A., Sakai, R., Araki, S. y Otsu, A. (2001), “Cost-Benefit Analysis Methods for Assessing Air Pollution Control Programs in Urban Environments — A Review”, *Environmental Health and Preventive Medicine*, Vol. 6, Issue 2, pp. 63 – 73.
- Voorhees, A., Kim, N., Pongkiatkul, P., Kim, Y., Jinsart, W., Uchiyama, I. y Limpaseni, W. (2008), “Particulate Matter Air Pollution Reduction Scenarios in Osaka, Houston, Bangkok and Seoul: A Prospective Health Benefits Analysis”, *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, Vol. 10, No. 3, pp. 265 – 289.
- Waggoner, P. y Ausubel, J. (2002), “A Framework for Sustainability Science: A Renovated IPAT Identity”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 99, No. 12, pp. 7860 – 7865.
- Wang, X. y Mauzerall, D. (2006), “Evaluating Impacts of Air Pollution in China on Public Health: Implications for future Air Pollution and Energy Policies”, *Atmospheric Environment*, Vol. 40, Issue 9, pp. 1706 – 1721.

- Wapner, S. y Demick, J. (2002), “The Increasing *Contexts* of *Context* in the Study of Environment Behavior Relations”, en: Bechtel, R. y Churchman, A. (eds.), *Handbook of Environmental Psychology*, chapter 1, John Wiley & Sons, Inc., pp. 3 – 14.
- Weber, M. (1947), *The Theory of Social and Economic Organization*, Oxford University Press, New York, Inc. United Sates of America.
- Welsch, H. (2002), “Preferences over Prosperity and Pollution: Environmental Valuation based on Happiness Surveys”, *KYKLOS*, Vol. 55, Issue 4, pp. 473 – 494.
- Welsch, H. (2006), “Environment and Happiness: Valuation of Air Pollution using Life Satisfaction Data”, *Ecological Economics*, Vol. 58, Issue 4, pp. 801 – 813.
- Welsch, H. y Kühling, J. (2009), “Using Happiness Data for Environmental Valuation: Issues and Applications”, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 23, Issue 2, pp. 385 – 406.
- Whittington, D. (2002), “Improving the Performance of Contingent Valuation Studies in Developing Countries”, *Environmental and Resource Economics*, Vol. 22, Issue 1 – 2, pp. 323 – 367.
- Xepapadeas, A. (2011), “The Economics of Nonpoint Source Pollution”, *Annual Review of Resource Economics*, Vol. 3, pp. 355 – 373.
- Xue, H. y Wakelin, T. (2006), *Residential Wood Burning in British Columbia – Public Behaviour and Opinion*, Environmental Protection Division, British Columbia Ministry of Environment. Victoria, British Columbia, Canada.
- York, R., Rosa, E. y Dietz, T. (2003), “STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic Tools for Unpacking the Driving Forces of Environmental Impacts”, *Ecological Economics*, Vol. 46, Issue 3, pp. 351 – 365.
- Zhang, M., Song, Y. y Cai, X. (2007), “A Health-based Assessment of Particulate Air Pollution in Urban Areas of Beijing in 2000–2004”, *Science of the Total Environment*, Vol. 376, Issues 1 – 3, pp. 100 – 108.
- Zelikoff, J., Chen, L., Cohen, M. y Schlesinger, R. (2002), “The Toxicology of Inhaled Woodsmoke”, *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, Vol. 5, Issue 3, pp. 269 – 282.

ANEXOS

ANEXO A.1

En este anexo se muestran las estadísticas básicas asociadas a las variables dependientes que se utilizan en las diferentes regresiones: percepción de satisfacción con la vida y percepción del estado de salud. Se puede apreciar que ninguna de las variables tiene una distribución normal (por ejemplo, probabilidad de Jarque-Bera menor a 0,05), lo que es típico de muchas variables importantes en economía.

Análisis de la Variable Dependiente: **Percepción de Satisfacción con la Vida.**

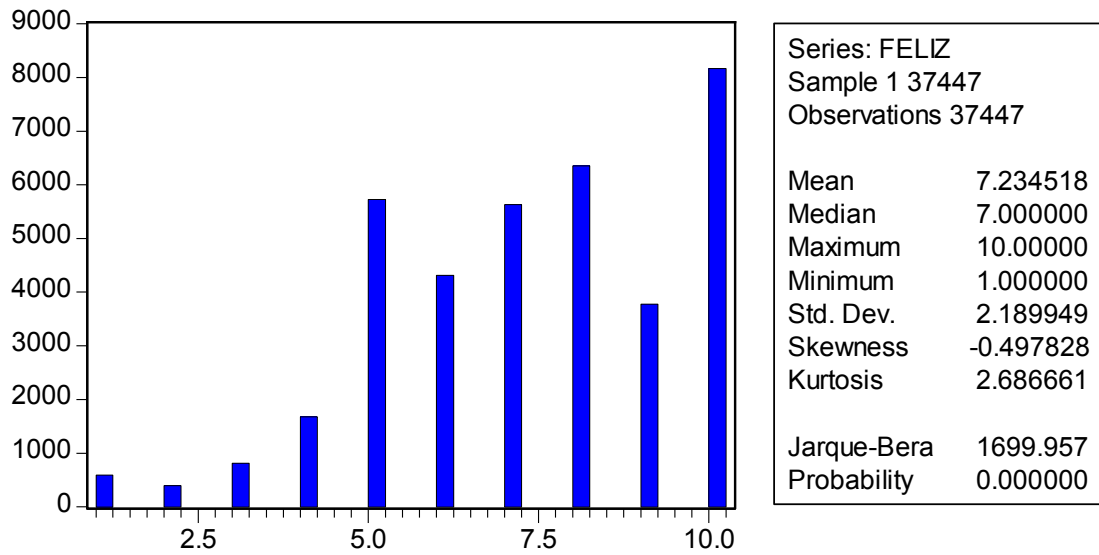
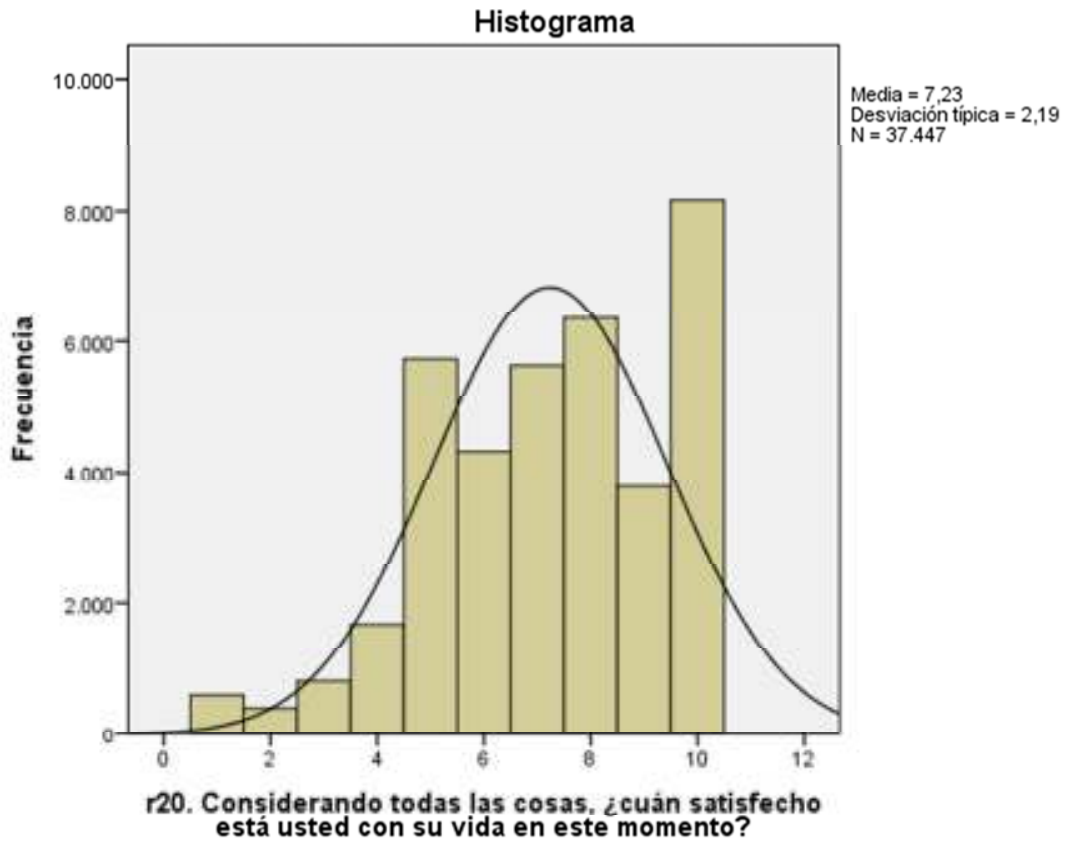
Estadísticos

r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

N	Válidos	37447
	Perdidos	0
Media		7,23
Mediana		7,00
Moda		10
Desv. típ.		2,190
Asimetría		-,498
Error típ. de asimetría		,013
Curtosis		-,313
Error típ. de curtosis		,025
Mínimo		1
Máximo		10

r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Completamente insatisfecho	597	1,6	1,6	1,6
	2	398	1,1	1,1	2,7
	3	810	2,2	2,2	4,8
	4	1676	4,5	4,5	9,3
	5	5729	15,3	15,3	24,6
	6	4314	11,5	11,5	36,1
	7	5633	15,0	15,0	51,2
	8	6350	17,0	17,0	68,1
	9	3776	10,1	10,1	78,2
	Completamente satisfecho	8164	21,8	21,8	100,0
	Total	37447	100,0	100,0	



Análisis de la Variable Dependiente: **Percepción del Estado de Salud.**

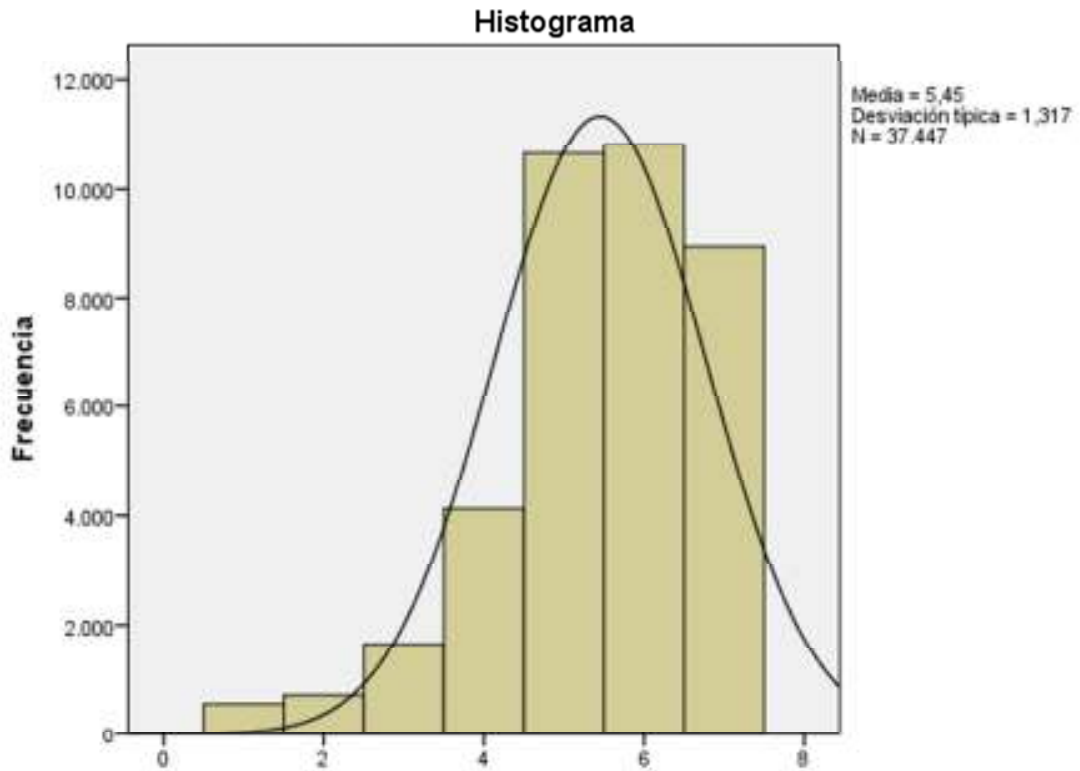
Estadísticos

s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

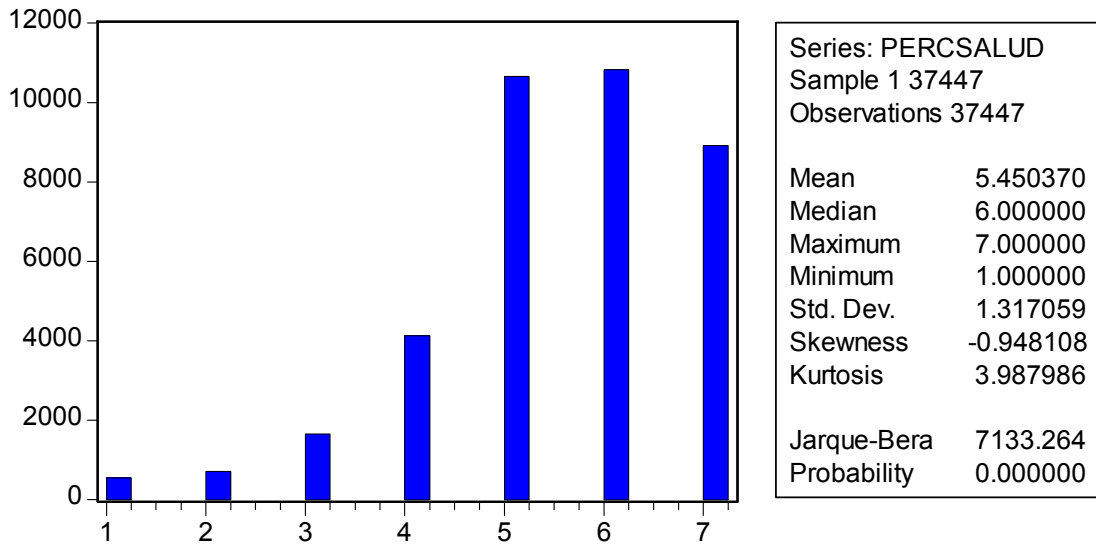
N	Válidos	37447
	Perdidos	0
Media		5,45
Mediana		6,00
Moda		6
Desv. típ.		1,317
Asimetría		-,948
Error típ. de asimetría		,013
Curtosis		,988
Error típ. de curtosis		,025
Mínimo		1
Máximo		7

s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1 Muy mal	553	1,5	1,5	1,5
	2	717	1,9	1,9	3,4
	3	1655	4,4	4,4	7,8
	4	4125	11,0	11,0	18,8
	5	10655	28,5	28,5	47,3
	6	10821	28,9	28,9	76,2
	7 Muy bien	8921	23,8	23,8	100,0
	Total	37447	100,0	100,0	



s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?



ANEXO A.2

A continuación se describen las variables utilizadas en las regresiones, que en su mayoría se obtuvieron de la misma CASEN.

VARIABLES EXPLICATIVAS	DESCRIPCIÓN
Log(Ingreso per cápita Real)	Logaritmo (base 10) del Ingreso per cápita de cada persona en la CASEN, pero deflactado en cada región según el costo de la vida (UDD, 2012).
Edad	Cantidad de años cumplidos de la persona encuestada.
Edad ²	Cantidad de años al cuadrado, que sirve para ver el impacto no lineal de esta variable sobre la satisfacción con la vida.
Dummy Mujer	Si la persona encuestada es mujer toma valor 1, si es hombre toma valor 0.
Dummy Casado	Si la persona encuestada es casada toma valor 1, si no es casada toma valor 0.
Dummy Conviviente	Si la persona encuestada convive con su pareja toma valor 1, si no es conviviente toma valor 0.
Dummy Etnia	Si la persona encuestada pertenece a alguna de las etnias originarias de Chile toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Extranjero	Si la persona encuestada nació en el extranjero toma valor 1, si nació en Chile toma valor 0.
Número Personas en Hogar	Cantidad de personas en el hogar de la persona encuestada.
Número Personas en Hogar ²	Cantidad de personas en el hogar al cuadrado, que sirve para ver el impacto no lineal de esta variable sobre la satisfacción con la vida.
Dummy Pobre	Si la persona encuestada tiene ingresos por debajo del umbral de pobreza toma valor 1, si no es pobre toma valor 0.
Dummy 10% Mayores Ingresos	Si la persona encuestada se encuentra en el grupo del 10% de mayores ingresos del país toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Zona Urbana	Si la persona encuestada vive en zonas urbanas toma valor 1, si vive en zonas rurales toma valor 0.
Dummy Enfermedad 3 últimos meses	Si la persona encuestada estuvo enferma en los últimos 3 meses toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Tratamiento Médico último año	Si la persona encuestada tuvo algún tratamiento médico en el último año toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Enfermedad Larga Duración	Si la persona encuestada tiene alguna enfermedad de largo plazo (como puede ser alguna discapacidad) toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Baja Percep. Felicidad, 1,2 y 3	Si la persona encuestada pone nota de 1, 2 o 3 (los peores niveles) a su satisfacción con la vida toma valor 1, si no, toma valor 0.
Nota Percepción Salud	Las personas encuestadas pueden poner nota a su salud (de acuerdo a su percepción), de 1 (Muy Mal) a 7 (Muy Bien).
Dummy Mala Percep Salud, Notas 1 y 2	Si la persona encuestada pone nota de 1 o 2 (los peores niveles) a su salud toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Estudia	Si la persona encuestada se encuentra estudiando toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Educación Media alcanzada	Si la persona encuestada tiene como último nivel de educación la enseñanza media toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Educación Superior alcanzada	Si la persona encuestada tiene como último nivel de educación la enseñanza superior toma valor 1, si no, toma valor 0.

Dummy Desocupado	Si la persona encuestada se encuentra desocupada toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Horas trabaj. por debajo de 11	Si la persona encuestada trabaja poco (menos de 11 horas a la semana) toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Horas trabaj. entre 11 y 22	Si la persona encuestada trabaja en niveles medios (entre 11 y 22 horas a la semana) toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Horas trabajadas mayor a 45	Si la persona encuestada trabaja mucho (más de 45 horas a la semana) toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Patrón o Empleador	Si la persona encuestada trabaja como patrón o empleador toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Cuenta Propia	Si la persona encuestada trabaja por cuenta propia toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Ahorra	Si la persona encuestada tiene ahorros toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Vivienda Aceptable	Si la persona encuestada vive en una vivienda aceptable toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Sin Hacinamiento	Si la persona encuestada vive en una vivienda sin hacinamiento toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Particip. Actividades Religiosas	Si la persona encuestada participa en actividades religiosas toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Particip. Otras Activ. de Grupo	Si la persona encuestada participa en otras actividades de grupo toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Regiones Norte	Si la persona encuestada vive entre la región de Arica y Parinacota y la región de Coquimbo toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Reg. Valparaíso	Si la persona encuestada vive en la región de Valparaíso toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Regiones Sur	Si la persona encuestada vive entre la región de O'Higgins y la región de Los Lagos toma valor 1, si no, toma valor 0.
Dummy Regiones Australes	Si la persona encuestada vive en las regiones de Aysén y Magallanes toma valor 1, si no, toma valor 0.
Tasa de Desempleo Regional	Tasa de Desempleo por Región, según INE.
Tasa de Pobreza Regional	Tasa de Pobreza en Regiones, según CASEN.
Tasa de Pobreza Urbana Comunas	Tasa de Pobreza Urbana por Comunas, según CASEN.
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regiones	Índice de Desigualdad Regional, de 10% de mayores ingresos sobre 10% de menores ingresos, según CASEN.
Tasa de Violencia Regional	Tasa de Delitos usando Violencia en Regiones, según INE.
Tasa de Delito	Tasa de Delitos en Comunas Urbanas, según INE.
Precipitaciones en Capitales Regiones	Nivel de Precipitaciones en las capitales de las Regiones, según Dirección Meteorológica de Chile.
Precipitaciones Capitales Regiones ^ 2	Nivel de Precipitaciones en capitales regionales al cuadrado, que sirve para ver el impacto no lineal de esta variable sobre la satisfacción con la vida.
Temperatura Media en Capit. Regiones	Nivel de Temperatura Media Anual en las capitales de las Regiones, según Dirección Meteorológica de Chile.
Temperatura Media Cap. Regiones ^ 2	Nivel de Temperatura Media Anual en capitales regionales al cuadrado, que sirve para ver el impacto no lineal de esta variable sobre la satisfacción con la vida.
Precipitaciones	Nivel de Precipitaciones en las comunas, según Dirección Meteorológica de Chile.
Precipitaciones ^ 2	Nivel de Precipitaciones en las comunas al cuadrado, que sirve para ver el impacto no lineal de esta variable sobre la satisfacción con la vida.

Temperatura Media	Nivel de Temperatura Media Anual en las comunas, según Dirección Meteorológica de Chile.
Temperatura Media ^ 2	Nivel de Temperatura Media Anual en las comunas al cuadrado, que sirve para ver el impacto no lineal de esta variable sobre la satisfacción con la vida.
Temperatura Máxima	Nivel de Temperatura Máxima Media Anual en las comunas, según Dirección Meteorológica de Chile.
MP ₁₀	Nivel de MP ₁₀ en zonas urbanas a nivel de comunas, según Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, del Ministerio de Medio Ambiente.
MP _{2,5}	Nivel de MP _{2,5} en zonas urbanas a nivel de comunas, según Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire, del Ministerio de Medio Ambiente.

ANEXO A.3

En este anexo se muestran los coeficientes de correlación de Pearson para todas las variables consideradas en las regresiones.

Además de ver la correlación entre variables fundamentales, estos resultados son útiles para detectar la presencia de multicolinealidad, sobre todo cuando se encuentran coeficientes de 0,8 o mayores, los que se destacan en **negrita**.

Como se podrá apreciar, son pocos los casos por encima de 0,8. La mayoría son lógicos, y se mantienen en las regresiones, como es el caso de las variables edad y edad al cuadrado, precipitaciones y precipitaciones al cuadrado. Otras no se mantienen juntas en las regresiones, como son tasa de delito, tasa de violencia y tasa de delito no violento.

Tabla A.3.1

	Percepción Satisfacción con la Vida	Percepción del Estado de Salud	log Ingreso per cápita Real	Edad	Edad al Cuadrado	Dummy Mujer
Percepción de Satisfacción con la Vida	1	,260**	,220**	-,066**	-,054**	-,051**
Percepción del Estado de Salud	,260**	1	,148**	-,304**	-,286**	-,132**
log Ingreso per cápita Real	,220**	,148**	1	,038**	,033**	-,172**
Edad	-,066**	-,304**	,038**	1	,980**	,086**
Edad al Cuadrado	-,054**	-,286**	,033**	,980**	1	,072**
Dummy Mujer	-,051**	-,132**	-,172**	,086**	,072**	1
Dummy Casado	,065**	-,126**	,019**	,351**	,284**	,005**
Dummy Conviviente	-,070**	,016**	-,058**	-,138**	-,147**	-,007**
Dummy Etnia	-,025**	-,007**	-,057**	-,054**	-,056**	,013**
número de personas en el hogar	-,066**	,064**	-,288**	-,218**	-,217**	,026**
número de personas en el hogar al cuadrado	-,075**	,048**	-,264**	-,147**	-,143**	,038**
Dummy 10% mayores ingresos	,147**	,111**	,702**	-,015**	-,024**	-,090**
Dummy Estudia	,102**	,200**	,050**	-,511**	-,425**	-,145**
Dummy Educ Media alcanzada	-,028**	-,004**	-,222**	-,116**	-,116**	,031**
Dummy Educ Superior alcanzada	,131**	,180**	,421**	-,237**	-,240**	-,118**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	-,076**	-,412**	-,041**	,089**	,086**	,025**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-,135**	-,540**	-,077**	,118**	,115**	,042**
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,079**	-,300**	-,040**	,278**	,300**	,028**
Dummy Desocupado	-,073**	,044**	-,125**	-,132**	-,124**	,022**
Horas trabajadas por debajo de 11	,021**	-,001**	,008**	-,043**	-,049**	,019**
Horas trabajadas entre 11 y 22	-,016**	-,003**	-0,0005	-,018**	-,028**	,029**
Horas trabajadas entre 23 y 45	,024**	,075**	,178**	-,096**	-,153**	-,174**
Horas trabajadas mayor a 45	,006**	,003**	,113**	,009**	-,025**	-,163**
Dummy Patrón o Empleador	,015**	,020**	,132**	,023**	,015**	-,015**
Dummy Cuenta Propia	-,030**	-,030**	,103**	,077**	,037**	-,062**
Dummy Ahorra	,099**	,054**	,220**	-,031**	-,048**	-,010**
Dummy Vivienda Aceptable	,057**	,068**	,157**	,023**	,028**	-,027**
Dummy particip activ religiosas	,041**	-,048**	-,029**	,070**	,065**	,062**
Dummy particip activ de grupo	,028**	-,022**	,056**	,114**	,120**	-,049**
Dummy Regiones Norte	,035**	,008**	,021**	-,018**	-,024**	,009**
Dummy Región Valparaíso	-,018**	-,011**	-,031**	,029**	,032**	-,010**
Dummy Región Metropolitana	,013**	,024**	,009**	-,020**	-,021**	,014**
Dummy Regiones Sur	-,040**	-,030**	-,024**	,013**	,017**	-,015**
Dummy Regiones Australes	,033**	,011**	,066**	,015**	,012**	-,003**
Tasa de Violencia Regional	,017**	,028**	,001**	-,020**	-,022**	,020**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	-,006**	,009**	,002**	-,003**	-,004**	,016**
Tasa de Delito Regional	,003**	,017**	,002**	-,010**	-,012**	,018**
Tasa de Desempleo Regional	-,039**	,008**	-,054**	,022**	,028**	-,002**
Tasa de Pobreza Regional	-,061**	-,004**	-,051**	,017**	,024**	-,013**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	-,022**	,034**	-,001**	-,014**	-,012**	,009**
Tasa de Delito Comunal	,011**	,045**	,111**	-,005**	-0,0001	-,005**
Tasa de Violencia Comunal	-,033**	,005**	-,127**	-,037**	-,035**	,004**
Tasa de Delito No Violento Comunal	,030**	,050**	,193**	,013**	,017**	-,007**
Precipitaciones	-,032**	-,007**	-,025**	,004**	,008**	-,016**
Precipitaciones al Cuadrado	-,022**	,003**	-,021**	-,012**	-,010**	-,014**
Temperatura Media	,012**	-,022**	-,028**	-,002**	-,006**	,022**
Temperatura Media al Cuadrado	,015**	-,022**	-,019**	-0,0005	-,005**	,023**
Temperatura Máxima	,014**	-,035**	-,042**	-,006**	-,010**	,029**
Temperatura Mínima	-,006**	-,013**	-,029**	,010**	,008**	,011**
MP10	-,001**	-,064**	-,049**	-,004**	-,008**	,039**
MP2,5	-,029**	-,072**	-,049**	,001*	,002**	,016**
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)						

Tabla A.3.2

	Dummy Casado	Dummy Conviviente	Dummy Etnia	número de personas en el hogar	(número de personas en el hogar) ²	Dummy 10% mayores ingresos
Percepción de Satisfacción con la Vida	,065**	-,070**	-,025**	-,066**	-,075**	,147**
Percepción del Estado de Salud	-,126**	,016**	-,007**	,064**	,048**	,111**
log Ingreso per cápita Real	,019**	-,058**	-,057**	-,288**	-,264**	,702**
Edad	,351**	-,138**	-,054**	-,218**	-,147**	-,015**
Edad al Cuadrado	,284**	-,147**	-,056**	-,217**	-,143**	-,024**
Dummy Mujer	,005**	-,007**	,013**	,026**	,038**	-,090**
Dummy Casado	1	-,310**	-,025**	,028**	,006**	,013**
Dummy Conviviente	-,310**	1	,036**	,083**	,071**	-,056**
Dummy Etnia	-,025**	,036**	1	,002**	-,008**	-,061**
número de personas en el hogar	,028**	,083**	,002**	1	,954**	-,180**
número de personas en el hogar al cuadrado	,006**	,071**	-,008**	,954**	1	-,157**
Dummy 10% mayores ingresos	,013**	-,056**	-,061**	-,180**	-,157**	1
Dummy Estudia	-,306**	-,081**	-0,0001	,023**	-,017**	,039**
Dummy Educ Media alcanzada	-,004**	,051**	,036**	,098**	,074**	-,201**
Dummy Educ Superior alcanzada	-,071**	-,031**	-,059**	-,117**	-,129**	,362**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	,043**	-,006**	-0,0005	-,026**	-,025**	-,032**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	,044**	-,010**	0,0004	-,025**	-,019**	-,052**
Dummy Enfermedad Larga Duración	,045**	-,052**	-,004**	-,099**	-,073**	-,050**
Dummy Desocupado	-,086**	,043**	,002**	,070**	,074**	-,062**
Horas trabajadas por debajo de 11	-,032**	,009**	,007**	-,026**	-,030**	,007**
Horas trabajadas entre 11 y 22	-,022**	-,006**	,010**	-,026**	-,029**	,019**
Horas trabajadas entre 23 y 45	,032**	,066**	-,010**	,011**	,004**	,103**
Horas trabajadas mayor a 45	,041**	,053**	,010**	-,018**	-,020**	,068**
Dummy Patrón o Empleador	,046**	-,014**	-,013**	-,016**	-,016**	,147**
Dummy Cuenta Propia	,040**	,001**	-,006**	-,026**	-,022**	,096**
Dummy Ahorra	,028**	,027**	-,004**	-,078**	-,064**	,206**
Dummy Vivienda Aceptable	,021**	-,041**	-,005**	-,019**	-,022**	,097**
Dummy particip activ religiosas	,080**	-,048**	,021**	-,023**	-,037**	-,029**
Dummy particip activ de grupo	,040**	-,036**	,034**	-,082**	-,072**	,050**
Dummy Regiones Norte	-,027**	,043**	,051**	,046**	,038**	-,022**
Dummy Región Valparaíso	-,002**	-,011**	-,046**	-,044**	-,036**	-,038**
Dummy Región Metropolitana	-,011**	-,003**	-,053**	-,025**	-,025**	,077**
Dummy Regiones Sur	,030**	-,020**	,035**	,030**	,030**	-,050**
Dummy Regiones Australes	,013**	-,008**	,063**	-,023**	-,021**	,010**
Tasa de Violencia Regional	-,023**	,020**	-,076**	,031**	,032**	,063**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	-,010**	,014**	-,044**	,029**	,029**	,057**
Tasa de Delito Regional	-,016**	,017**	-,060**	,031**	,032**	,064**
Tasa de Desempleo Regional	,020**	-,032**	-,137**	,018**	,027**	,005**
Tasa de Pobreza Regional	,035**	-,017**	-,003**	,036**	,044**	-,051**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	,016**	-,014**	-,035**	-,002**	,002**	,087**
Tasa de Delito Comunal	,009**	-,009**	-,057**	-,027**	-,043**	,147**
Tasa de Violencia Comunal	-,019**	,040**	-,054**	,036**	,012**	-,121**
Tasa de Delito No Violento Comunal	,020**	-,030**	-,038**	-,049**	-,056**	,231**
Precipitaciones	,036**	-,016**	,073**	-,004**	-,004**	-,051**
Precipitaciones al Cuadrado	,027**	-,002**	,099**	-,008**	-,013**	-,047**
Temperatura Media	-,039**	,019**	-,069**	,001**	-,004**	-,016**
Temperatura Media al Cuadrado	-,039**	,022**	-,047**	,001**	-,004**	-,018**
Temperatura Máxima	-,018**	-,012**	-,070**	-,032**	-,039**	,008**
Temperatura Mínima	-,044**	,040**	-,004**	,035**	,035**	-,053**
MP10	-,003**	-,016**	-,006**	-,055**	-,066**	-,008**
MP2,5	,019**	-,026**	,064**	-,035**	-,049**	-,034**
**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
*. La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)						

Tabla A.3.3

	Dummy Estudia	Dummy Educ Media alcanzada	Dummy Educ Superior alcanzada	Dummy Mala Salud, Nota 1	Dummy Mala Salud, Notas 1 y 2	Dummy Enfermedad Larga Duración
Percepción de Satisfacción con la Vida	,102**	-,028**	,131**	-,076**	-,135**	-,079**
Percepción del Estado de Salud	,200**	-,004**	,180**	-,412**	-,540**	-,300**
log Ingreso per cápita Real	,050**	-,222**	,421**	-,041**	-,077**	-,040**
Edad	-,511**	-,116**	-,237**	,089**	,118**	,278**
Edad al Cuadrado	-,425**	-,116**	-,240**	,086**	,115**	,300**
Dummy Mujer	-,145**	,031**	-,118**	,025**	,042**	,028**
Dummy Casado	-,306**	-,004**	-,071**	,043**	,044**	,045**
Dummy Conviviente	-,081**	,051**	-,031**	-,006**	-,010**	-,052**
Dummy Etnia	-0,0001	,036**	-,059**	-0,0005	0,0004	-,004**
número de personas en el hogar	,023**	,098**	-,117**	-,026**	-,025**	-,099**
número de personas en el hogar al cuadrado	-,017**	,074**	-,129**	-,025**	-,019**	-,073**
Dummy 10% mayores ingresos	,039**	-,201**	,362**	-,032**	-,052**	-,050**
Dummy Estudia	1	-,147**	,350**	-,046**	-,064**	-,100**
Dummy Educ Media alcanzada	-,147**	1	-,647**	-,005**	-,010**	-,051**
Dummy Educ Superior alcanzada	,350**	-,647**	1	-,054**	-,079**	-,111**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	-,046**	-,005**	-,054**	1	,673**	,174**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-,064**	-,010**	-,079**	,673**	1	,216**
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,100**	-,051**	-,111**	,174**	,216**	1
Dummy Desocupado	,050**	,041**	,017**	,005**	-,009**	-,038**
Horas trabajadas por debajo de 11	,046**	-,029**	,048**	-,008**	-,001**	-,008**
Horas trabajadas entre 11 y 22	,020**	-,031**	,030**	-,008**	-,002**	-,011**
Horas trabajadas entre 23 y 45	-,172**	-,010**	,125**	-,011**	-,046**	-,112**
Horas trabajadas mayor a 45	-,132**	,039**	-,020**	-,026**	-,025**	-,048**
Dummy Patrón o Empleador	-,041**	-,029**	,056**	-,009**	-,011**	-,004**
Dummy Cuenta Propia	-,109**	,003**	-,033**	-,016**	-,013**	-,029**
Dummy Ahorra	-,035**	-,079**	,179**	-,030**	-,041**	-,041**
Dummy Vivienda Aceptable	,045**	-,037**	,125**	-,050**	-,049**	-,028**
Dummy particip activ religiosas	-,044**	,005**	-,065**	,006**	,008**	,077**
Dummy particip activ de grupo	-,016**	-,021**	0,0004	-,016**	-,008**	,016**
Dummy Regiones Norte	-,013**	,048**	-,033**	-,011**	-,009**	-,014**
Dummy Región Valparaíso	,017**	-,015**	,058**	,010**	,010**	,016**
Dummy Región Metropolitana	,015**	-,016**	,057**	-,022**	-,020**	-,046**
Dummy Regiones Sur	-,014**	-,008**	-,078**	,030**	,026**	,054**
Dummy Regiones Australes	-,018**	-,002**	-,010**	-,008**	-,007**	,001**
Tasa de Violencia Regional	-,001*	,003**	,031**	-,022**	-,017**	-,039**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	-,003**	-,007**	,036**	,003**	-,006**	-,009**
Tasa de Delito Regional	-,002**	-,003**	,036**	-,007**	-,011**	-,022**
Tasa de Desempleo Regional	,011**	-,029**	,045**	-,022**	-,004**	-,003**
Tasa de Pobreza Regional	-,005**	-,014**	-,038**	-,014**	,001**	,025**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	,015**	-,034**	,056**	-,044**	-,032**	-,046**
Tasa de Delito Comunal	,033**	-,023**	,084**	-,009**	-,014**	-,020**
Tasa de Violencia Comunal	,006**	,066**	-,085**	-,010**	,004**	-,007**
Tasa de Delito No Violento Comunal	,035**	-,060**	,140**	-,005**	-,018**	-,019**
Precipitaciones	-,002**	-,009**	-,056**	,006**	,008**	,035**
Precipitaciones al Cuadrado	,004**	0,0006	-,053**	-0,0001	0,0002	,020**
Temperatura Media	-,007**	,028**	,011**	,011**	,011**	-,005**
Temperatura Media al Cuadrado	-,010**	,031**	,006**	,010**	,010**	-,005**
Temperatura Máxima	-,012**	,008**	,011**	,018**	,018**	-,005**
Temperatura Mínima	-,010**	,039**	-,022**	-,007**	-,004**	0,0003
MP10	-,007**	,009**	-,009**	,044**	,035**	,019**
MP2,5	-,003**	-,003**	-,049**	,057**	,039**	,052**
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)						

Tabla A.3.4

	Dummy Desocupado	Horas trabajadas por debajo de 11	Horas trabajadas entre 11 y 22	Horas trabajadas entre 23 y 45	Horas trabajadas mayor a 45	Dummy Patrón o Empleador
Percepción de Satisfacción con la Vida	-,073**	,021**	-,016**	,024**	,006**	,015**
Percepción del Estado de Salud	,044**	-,001**	-,003**	,075**	,003**	,020**
log Ingreso per cápita Real	-,125**	,008**	-0,0005	,178**	,113**	,132**
Edad	-,132**	-,043**	-,018**	-,096**	,009**	,023**
Edad al Cuadrado	-,124**	-,049**	-,028**	-,153**	-,025**	,015**
Dummy Mujer	,022**	,019**	,029**	-,174**	-,163**	-,015**
Dummy Casado	-,086**	-,032**	-,022**	,032**	,041**	,046**
Dummy Conviviente	,043**	,009**	-,006**	,066**	,053**	-,014**
Dummy Etnia	,002**	,007**	,010**	-,010**	,010**	-,013**
número de personas en el hogar	,070**	-,026**	-,026**	,011**	-,018**	-,016**
número de personas en el hogar al cuadrado	,074**	-,030**	-,029**	,004**	-,020**	-,016**
Dummy 10% mayores ingresos	-,062**	,007**	,019**	,103**	,068**	,147**
Dummy Estudia	,050**	,046**	,020**	-,172**	-,132**	-,041**
Dummy Educ Media alcanzada	,041**	-,029**	-,031**	-,010**	,039**	-,029**
Dummy Educ Superior alcanzada	,017**	,048**	,030**	,125**	-,020**	,056**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	,005**	-,008**	-,008**	-,011**	-,026**	-,009**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-,009**	-,001**	-,002**	-,046**	-,025**	-,011**
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,038**	-,008**	-,011**	-,112**	-,048**	-,004**
Dummy Desocupado	1	-,047**	-,047**	-,165**	-,082**	-,021**
Horas trabajadas por debajo de 11	-,047**	1	-,043**	-,151**	-,075**	,013**
Horas trabajadas entre 11 y 22	-,047**	-,043**	1	-,150**	-,075**	,007**
Horas trabajadas entre 23 y 45	-,165**	-,151**	-,150**	1	-,265**	,034**
Horas trabajadas mayor a 45	-,082**	-,075**	-,075**	-,265**	1	,067**
Dummy Patrón o Empleador	-,021**	,013**	,007**	,034**	,067**	1
Dummy Cuenta Propia	-,085**	,176**	,181**	,101**	,159**	-,034**
Dummy Ahorra	-,007**	,022**	-,018**	,097**	,060**	,036**
Dummy Vivienda Aceptable	-,005**	-,008**	-,023**	,019**	-,038**	,021**
Dummy particip activ religiosas	-,015**	-,007**	-,012**	-,039**	-,009**	-,002**
Dummy particip activ de grupo	-,037**	,016**	,024**	-,051**	,019**	-,006**
Dummy Regiones Norte	-,028**	,036**	-,009**	-,031**	,048**	-,006**
Dummy Región Valparaíso	,007**	,028**	,002**	-,015**	-,022**	,002**
Dummy Región Metropolitana	-,024**	-,021**	,026**	,064**	-,001**	-,009**
Dummy Regiones Sur	,047**	-,024**	-,024**	-,043**	-,023**	,012**
Dummy Regiones Australes	-,009**	,006**	-,005**	,008**	,008**	,005**
Tasa de Violencia Regional	-,024**	-,010**	,017**	,040**	,018**	-,015**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	-,026**	-,005**	,009**	,021**	,019**	,007**
Tasa de Delito Regional	-,027**	-,007**	,013**	,030**	,020**	-,002**
Tasa de Desempleo Regional	,044**	-,004**	,003**	-,014**	-,035**	,013**
Tasa de Pobreza Regional	,062**	-,009**	-,016**	-,055**	-,024**	,025**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	,004**	-,022**	,019**	,043**	-,007**	,014**
Tasa de Delito Comunal	-,006**	,018**	-,004**	,011**	,006**	,017**
Tasa de Violencia Comunal	-,016**	,013**	,016**	,018**	-,022**	-,037**
Tasa de Delito No Violento Comunal	,001**	,014**	-,013**	,004**	,017**	,038**
Precipitaciones	,039**	-,014**	-,021**	-,037**	-,022**	,016**
Precipitaciones al Cuadrado	,023**	-,011**	-,019**	-,028**	-,011**	,013**
Temperatura Media	-,048**	,009**	,016**	,003**	,031**	-,011**
Temperatura Media al Cuadrado	-,051**	,012**	,015**	,001**	,036**	-,010**
Temperatura Máxima	-,044**	-,026**	,026**	,034**	,012**	-,010**
Temperatura Mínima	-,024**	,033**	,001**	-,039**	,031**	-,007**
MP10	-,043**	-,023**	,026**	,036**	-,002**	-,004**
MP2,5	-,004**	-,022**	0,0003	-,006**	-,006**	,014**
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)						

Tabla A.3.5

	Dummy Cuenta Propia	Dummy Ahorra	Dummy Vivienda Aceptable	Dummy particip activ religiosas	Dummy particip activ de grupo	Dummy Regiones Norte
Percepción de Satisfacción con la Vida	-,030**	,099**	,057**	,041**	,028**	,035**
Percepción del Estado de Salud	-,030**	,054**	,068**	-,048**	-,022**	,008**
log Ingreso per cápita Real	,103**	,220**	,157**	-,029**	,056**	,021**
Edad	,077**	-,031**	,023**	,070**	,114**	-,018**
Edad al Cuadrado	,037**	-,048**	,028**	,065**	,120**	-,024**
Dummy Mujer	-,062**	-,010**	-,027**	,062**	-,049**	,009**
Dummy Casado	,040**	,028**	,021**	,080**	,040**	-,027**
Dummy Conviviente	,001**	,027**	-,041**	-,048**	-,036**	,043**
Dummy Etnia	-,006**	-,004**	-,005**	,021**	,034**	,051**
número de personas en el hogar	-,026**	-,078**	-,019**	-,023**	-,082**	,046**
número de personas en el hogar al cuadrado	-,022**	-,064**	-,022**	-,037**	-,072**	,038**
Dummy 10% mayores ingresos	,096**	,206**	,097**	-,029**	,050**	-,022**
Dummy Estudia	-,109**	-,035**	,045**	-,044**	-,016**	-,013**
Dummy Educ Media alcanzada	,003**	-,079**	-,037**	,005**	-,021**	,048**
Dummy Educ Superior alcanzada	-,033**	,179**	,125**	-,065**	0,0004	-,033**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	-,016**	-,030**	-,050**	,006**	-,016**	-,011**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-,013**	-,041**	-,049**	,008**	-,008**	-,009**
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,029**	-,041**	-,028**	,077**	,016**	-,014**
Dummy Desocupado	-,085**	-,007**	-,005**	-,015**	-,037**	-,028**
Horas trabajadas por debajo de 11	,176**	,022**	-,008**	-,007**	,016**	,036**
Horas trabajadas entre 11 y 22	,181**	-,018**	-,023**	-,012**	,024**	-,009**
Horas trabajadas entre 23 y 45	,101**	,097**	,019**	-,039**	-,051**	-,031**
Horas trabajadas mayor a 45	,159**	,060**	-,038**	-,009**	,019**	,048**
Dummy Patrón o Empleador	-,034**	,036**	,021**	-,002**	-,006**	-,006**
Dummy Cuenta Propia	1	-,002**	-,046**	-,007**	,008**	-,010**
Dummy Ahorra	-,002**	1	,048**	,007**	,040**	-,007**
Dummy Vivienda Aceptable	-,046**	,048**	1	-,020**	,010**	-,028**
Dummy particip activ religiosas	-,007**	,007**	-,020**	1	-,115**	-,006**
Dummy particip activ de grupo	,008**	,040**	,010**	-,115**	1	,013**
Dummy Regiones Norte	,010**	-,007**	-,028**	-,006**	,013**	1
Dummy Región Valparaíso	,005**	,009**	,055**	-,024**	-,003**	-,120**
Dummy Región Metropolitana	,028**	-,012**	-,034**	-,027**	-,061**	-,396**
Dummy Regiones Sur	-,042**	,004**	,014**	,053**	,056**	-,215**
Dummy Regiones Australes	-,003**	,028**	,030**	-,002**	,026**	-,048**
Tasa de Violencia Regional	,023**	-,012**	-,040**	-,025**	-,067**	,027**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	,030**	,002**	-,033**	-,010**	-,032**	,020**
Tasa de Delito Regional	,029**	-,003**	-,038**	-,017**	-,048**	,024**
Tasa de Desempleo Regional	,005**	,009**	,044**	,007**	-,008**	-,319**
Tasa de Pobreza Regional	-,016**	,002**	,061**	,036**	,051**	-,159**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	,033**	-,002**	,017**	-,015**	-,034**	-,583**
Tasa de Delito Comunal	,030**	,012**	-,003**	-,033**	-,030**	,035**
Tasa de Violencia Comunal	,013**	-,073**	-,047**	-,008**	-,066**	,036**
Tasa de Delito No Violento Comunal	,028**	,051**	,020**	-,034**	-0,0006	,022**
Precipitaciones	-,035**	,002**	,055**	,042**	,063**	-,285**
Precipitaciones al Cuadrado	-,031**	-,009**	,049**	,036**	,055**	-,178**
Temperatura Media	,017**	-,031**	-,087**	-,016**	-,051**	,382**
Temperatura Media al Cuadrado	,017**	-,031**	-,086**	-,016**	-,046**	,436**
Temperatura Máxima	,010**	-,034**	-,096**	-,007**	-,057**	-,110**
Temperatura Mínima	,023**	-,028**	-,035**	-,013**	-,003**	,638**
MP10	,007**	-,040**	-,082**	,008**	-,037**	-,343**
MP2,5	-,003**	-,030**	-,050**	,042**	,033**	-,393**
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)						

Tabla A.3.6

	Dummy Región Valparaíso	Dummy Región Metropolitana	Dummy Regiones Sur	Dummy Regiones Australes	Tasa de Violencia Regional	Tasa de Delitos no Violentos Regional
Percepción de Satisfacción con la Vida	-,018**	,013**	-,040**	,033**	,017**	-,006**
Percepción del Estado de Salud	-,011**	,024**	-,030**	,011**	,028**	,009**
log Ingreso per cápita Real	-,031**	,009**	-,024**	,066**	,001**	,002**
Edad	,029**	-,020**	,013**	,015**	-,020**	-,003**
Edad al Cuadrado	,032**	-,021**	,017**	,012**	-,022**	-,004**
Dummy Mujer	-,010**	,014**	-,015**	-,003**	,020**	,016**
Dummy Casado	-,002**	-,011**	,030**	,013**	-,023**	-,010**
Dummy Conviviente	-,011**	-,003**	-,020**	-,008**	,020**	,014**
Dummy Etnia	-,046**	-,053**	,035**	,063**	-,076**	-,044**
número de personas en el hogar	-,044**	-,025**	,030**	-,023**	,031**	,029**
número de personas en el hogar al cuadrado	-,036**	-,025**	,030**	-,021**	,032**	,029**
Dummy 10% mayores ingresos	-,038**	,077**	-,050**	,010**	,063**	,057**
Dummy Estudia	,017**	,015**	-,014**	-,018**	-,001*	-,003**
Dummy Educ Media alcanzada	-,015**	-,016**	-,008**	-,002**	,003**	-,007**
Dummy Educ Superior alcanzada	,058**	,057**	-,078**	-,010**	,031**	,036**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	,010**	-,022**	,030**	-,008**	-,022**	,003**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	,010**	-,020**	,026**	-,007**	-,017**	-,006**
Dummy Enfermedad Larga Duración	,016**	-,046**	,054**	,001**	-,039**	-,009**
Dummy Desocupado	,007**	-,024**	,047**	-,009**	-,024**	-,026**
Horas trabajadas por debajo de 11	,028**	-,021**	-,024**	,006**	-,010**	-,005**
Horas trabajadas entre 11 y 22	,002**	,026**	-,024**	-,005**	,017**	,009**
Horas trabajadas entre 23 y 45	-,015**	,064**	-,043**	,008**	,040**	,021**
Horas trabajadas mayor a 45	-,022**	-,001**	-,023**	,008**	,018**	,019**
Dummy Patrón o Empleador	,002**	-,009**	,012**	,005**	-,015**	,007**
Dummy Cuenta Propia	,005**	,028**	-,042**	-,003**	,023**	,030**
Dummy Ahorra	,009**	-,012**	,004**	,028**	-,012**	,002**
Dummy Vivienda Aceptable	,055**	-,034**	,014**	,030**	-,040**	-,033**
Dummy particip activ religiosas	-,024**	-,027**	,053**	-,002**	-,025**	-,010**
Dummy particip activ de grupo	-,003**	-,061**	,056**	,026**	-,067**	-,032**
Dummy Regiones Norte	-,120**	-,396**	-,215**	-,048**	,027**	,020**
Dummy Región Valparaíso	1	-,333**	-,181**	-,040**	-,380**	-,146**
Dummy Región Metropolitana	-,333**	1	-,595**	-,133**	,808**	,493**
Dummy Regiones Sur	-,181**	-,595**	1	-,072**	-,614**	-,389**
Dummy Regiones Australes	-,040**	-,133**	-,072**	1	-,313**	-,352**
Tasa de Violencia Regional	-,380**	,808**	-,614**	-,313**	1	,747**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	-,146**	,493**	-,389**	-,352**	,747**	1
Tasa de Delito Regional	-,252**	,655**	-,507**	-,359**	,900**	,962**
Tasa de Desempleo Regional	,416**	,058**	,002**	-,353**	,004**	,029**
Tasa de Pobreza Regional	,256**	-,573**	,678**	-,212**	-,566**	-,307**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	-,211**	,833**	-,347**	-,107**	,596**	,422**
Tasa de Delito Comunal	-,132**	,354**	-,276**	-,251**	,537**	,626**
Tasa de Violencia Comunal	-,229**	,463**	-,351**	-,212**	,617**	,471**
Tasa de Delito No Violento Comunal	-,037**	,175**	-,142**	-,184**	,309**	,486**
Precipitaciones	,011**	-,568**	,852**	,069**	-,700**	-,513**
Precipitaciones al Cuadrado	-,080**	-,474**	,737**	,017**	-,591**	-,463**
Temperatura Media	,002**	,267**	-,461**	-,499**	,522**	,554**
Temperatura Media al Cuadrado	-,015**	,221**	-,467**	-,402**	,474**	,518**
Temperatura Máxima	-,265**	,707**	-,430**	-,445**	,721**	,561**
Temperatura Mínima	,175**	-,274**	-,225**	-,229**	,030**	,179**
MP10	-,353**	,651**	-,204**	-,178**	,521**	,544**
MP2,5	-,327**	,024**	,511**	-,060**	-,209**	,006**
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)						

Tabla A.3.7

	Tasa de Delito Regional	Tasa de Desempleo Regional	Tasa de Pobreza Regional	Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	Tasa de Delito Comunal	Tasa de Violencia Comunal
Percepción de Satisfacción con la Vida	,003**	-,039**	-,061**	-,022**	,011**	-,033**
Percepción del Estado de Salud	,017**	,008**	-,004**	,034**	,045**	,005**
log Ingreso per cápita Real	,002**	-,054**	-,051**	-,001**	,111**	-,127**
Edad	-,010**	,022**	,017**	-,014**	-,005**	-,037**
Edad al Cuadrado	-,012**	,028**	,024**	-,012**	-0,0001	-,035**
Dummy Mujer	,018**	-,002**	-,013**	,009**	-,005**	,004**
Dummy Casado	-,016**	,020**	,035**	,016**	,009**	-,019**
Dummy Conviviente	,017**	-,032**	-,017**	-,014**	-,009**	,040**
Dummy Etnia	-,060**	-,137**	-,003**	-,035**	-,057**	-,054**
número de personas en el hogar	,031**	,018**	,036**	-,002**	-,027**	,036**
número de personas en el hogar al cuadrado	,032**	,027**	,044**	,002**	-,043**	,012**
Dummy 10% mayores ingresos	,064**	,005**	-,051**	,087**	,147**	-,121**
Dummy Estudia	-,002**	,011**	-,005**	,015**	,033**	,006**
Dummy Educ Media alcanzada	-,003**	-,029**	-,014**	-,034**	-,023**	,066**
Dummy Educ Superior alcanzada	,036**	,045**	-,038**	,056**	,084**	-,085**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	-,007**	-,022**	-,014**	-,044**	-,009**	-,010**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-,011**	-,004**	,001**	-,032**	-,014**	,004**
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,022**	-,003**	,025**	-,046**	-,020**	-,007**
Dummy Desocupado	-,027**	,044**	,062**	,004**	-,006**	-,016**
Horas trabajadas por debajo de 11	-,007**	-,004**	-,009**	-,022**	,018**	,013**
Horas trabajadas entre 11 y 22	,013**	,003**	-,016**	,019**	-,004**	,016**
Horas trabajadas entre 23 y 45	,030**	-,014**	-,055**	,043**	,011**	,018**
Horas trabajadas mayor a 45	,020**	-,035**	-,024**	-,007**	,006**	-,022**
Dummy Patrón o Empleador	-,002**	,013**	,025**	,014**	,017**	-,037**
Dummy Cuenta Propia	,029**	,005**	-,016**	,033**	,030**	,013**
Dummy Ahorra	-,003**	,009**	,002**	-,002**	,012**	-,073**
Dummy Vivienda Aceptable	-,038**	,044**	,061**	,017**	-,003**	-,047**
Dummy particip activ religiosas	-,017**	,007**	,036**	-,015**	-,033**	-,008**
Dummy particip activ de grupo	-,048**	-,008**	,051**	-,034**	-,030**	-,066**
Dummy Regiones Norte	,024**	-,319**	-,159**	-,583**	,035**	,036**
Dummy Región Valparaíso	-,252**	,416**	,256**	-,211**	-,132**	-,229**
Dummy Región Metropolitana	,655**	,058**	-,573**	,833**	,354**	,463**
Dummy Regiones Sur	-,507**	,002**	,678**	-,347**	-,276**	-,351**
Dummy Regiones Australes	-,359**	-,353**	-,212**	-,107**	-,251**	-,212**
Tasa de Violencia Regional	,900**	,004**	-,566**	,596**	,537**	,617**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	,962**	,029**	-,307**	,422**	,626**	,471**
Tasa de Delito Regional	1	,020**	-,434**	,522**	,631**	,562**
Tasa de Desempleo Regional	,020**	1	,561**	,325**	,033**	,007**
Tasa de Pobreza Regional	-,434**	,561**	1	-,147**	-,218**	-,327**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	,522**	,325**	-,147**	1	,296**	,338**
Tasa de Delito Comunal	,631**	,033**	-,218**	,296**	1	,506**
Tasa de Violencia Comunal	,562**	,007**	-,327**	,338**	,506**	1
Tasa de Delito No Violento Comunal	,445**	,034**	-,087**	,172**	,900**	,080**
Precipitaciones	-,624**	,019**	,695**	-,225**	-,355**	-,409**
Precipitaciones al Cuadrado	-,546**	-,113**	,550**	-,191**	-,305**	-,332**
Temperatura Media	,577**	,084**	-,326**	-,021**	,333**	,347**
Temperatura Media al Cuadrado	,534**	,005**	-,352**	-,073**	,301**	,318**
Temperatura Máxima	,663**	,114**	-,434**	,480**	,236**	,390**
Temperatura Mínima	,129**	-,013**	-,015**	-,421**	,133**	,085**
MP10	,570**	-,113**	-,396**	,536**	,274**	,330**
MP2,5	-,082**	-,134**	,177**	,166**	-,071**	-,171**
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)						
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)						

Tabla A.3.8

	Tasa de Delito No Violento Comunal	Precipitaciones	Precipitaciones al Cuadrado	Temperatura Media	Temperatura Media al Cuadrado
Percepción de Satisfacción con la Vida	,030**	-,032**	-,022**	,012**	,015**
Percepción del Estado de Salud	,050**	-,007**	,003**	-,022**	-,022**
log Ingreso per cápita Real	,193**	-,025**	-,021**	-,028**	-,019**
Edad	,013**	,004**	-,012**	-,002**	-0,0005
Edad al Cuadrado	,017**	,008**	-,010**	-,006**	-,005**
Dummy Mujer	-,007**	-,016**	-,014**	,022**	,023**
Dummy Casado	,020**	,036**	,027**	-,039**	-,039**
Dummy Conviviente	-,030**	-,016**	-,002**	,019**	,022**
Dummy Etnia	-,038**	,073**	,099**	-,069**	-,047**
número de personas en el hogar	-,049**	-,004**	-,008**	,001**	,001**
número de personas en el hogar al cuadrado	-,056**	-,004**	-,013**	-,004**	-,004**
Dummy 10% mayores ingresos	,231**	-,051**	-,047**	-,016**	-,018**
Dummy Estudia	,035**	-,002**	,004**	-,007**	-,010**
Dummy Educ Media alcanzada	-,060**	-,009**	0,0006	,028**	,031**
Dummy Educ Superior alcanzada	,140**	-,056**	-,053**	,011**	,006**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	-,005**	,006**	-0,0001	,011**	,010**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-,018**	,008**	0,0002	,011**	,010**
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,019**	,035**	,020**	-,005**	-,005**
Dummy Desocupado	,001**	,039**	,023**	-,048**	-,051**
Horas trabajadas por debajo de 11	,014**	-,014**	-,011**	,009**	,012**
Horas trabajadas entre 11 y 22	-,013**	-,021**	-,019**	,016**	,015**
Horas trabajadas entre 23 y 45	,004**	-,037**	-,028**	,003**	,001*
Horas trabajadas mayor a 45	,017**	-,022**	-,011**	,031**	,036**
Dummy Patrón o Empleador	,038**	,016**	,013**	-,011**	-,010**
Dummy Cuenta Propia	,028**	-,035**	-,031**	,017**	,017**
Dummy Ahorra	,051**	,002**	-,009**	-,031**	-,031**
Dummy Vivienda Aceptable	,020**	,055**	,049**	-,087**	-,086**
Dummy particip activ religiosas	-,034**	,042**	,036**	-,016**	-,016**
Dummy particip activ de grupo	-0,0006	,063**	,055**	-,051**	-,046**
Dummy Regiones Norte	,022**	-,285**	-,178**	,382**	,436**
Dummy Región Valparaíso	-,037**	,011**	-,080**	,002**	-,015**
Dummy Región Metropolitana	,175**	-,568**	-,474**	,267**	,221**
Dummy Regiones Sur	-,142**	,852**	,737**	-,461**	-,467**
Dummy Regiones Australes	-,184**	,069**	,017**	-,499**	-,402**
Tasa de Violencia Regional	,309**	-,700**	-,591**	,522**	,474**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	,486**	-,513**	-,463**	,554**	,518**
Tasa de Delito Regional	,445**	-,624**	-,546**	,577**	,534**
Tasa de Desempleo Regional	,034**	,019**	-,113**	,084**	,005**
Tasa de Pobreza Regional	-,087**	,695**	,550**	-,326**	-,352**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	,172**	-,225**	-,191**	-,021**	-,073**
Tasa de Delito Comunal	,900**	-,355**	-,305**	,333**	,301**
Tasa de Violencia Comunal	,080**	-,409**	-,332**	,347**	,318**
Tasa de Delito No Violento Comunal	1	-,204**	-,185**	,209**	,187**
Precipitaciones	-,204**	1	,953**	-,675**	-,669**
Precipitaciones al Cuadrado	-,185**	,953**	1	-,602**	-,589**
Temperatura Media	,209**	-,675**	-,602**	1	,989**
Temperatura Media al Cuadrado	,187**	-,669**	-,589**	,989**	1
Temperatura Máxima	,077**	-,601**	-,538**	,679**	,623**
Temperatura Mínima	,111**	-,311**	-,259**	,681**	,728**
MP10	,150**	-,306**	-,265**	,296**	,260**
MP2,5	,005**	,431**	,388**	-,255**	-,273**
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)					
* . La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral)					

Tabla A.3.9

	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima	MP10	MP2,5
Percepción de Satisfacción con la Vida	,014**	-,006**	-,001**	-,029**
Percepción del Estado de Salud	-,035**	-,013**	-,064**	-,072**
log Ingreso per cápita Real	-,042**	-,029**	-,049**	-,049**
Edad	-,006**	,010**	-,004**	,001*
Edad al Cuadrado	-,010**	,008**	-,008**	,002**
Dummy Mujer	,029**	,011**	,039**	,016**
Dummy Casado	-,018**	-,044**	-,003**	,019**
Dummy Conviviente	-,012**	,040**	-,016**	-,026**
Dummy Etnia	-,070**	-,004**	-,006**	,064**
número de personas en el hogar	-,032**	,035**	-,055**	-,035**
número de personas en el hogar al cuadrado	-,039**	,035**	-,066**	-,049**
Dummy 10% mayores ingresos	,008**	-,053**	-,008**	-,034**
Dummy Estudia	-,012**	-,010**	-,007**	-,003**
Dummy Educ Media alcanzada	,008**	,039**	,009**	-,003**
Dummy Educ Superior alcanzada	,011**	-,022**	-,009**	-,049**
Dummy Mala Percepción Salud, Nota 1	,018**	-,007**	,044**	,057**
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	,018**	-,004**	,035**	,039**
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,005**	0,0003	,019**	,052**
Dummy Desocupado	-,044**	-,024**	-,043**	-,004**
Horas trabajadas por debajo de 11	-,026**	,033**	-,023**	-,022**
Horas trabajadas entre 11 y 22	,026**	,001*	,026**	0,0003
Horas trabajadas entre 23 y 45	,034**	-,039**	,036**	-,006**
Horas trabajadas mayor a 45	,012**	,031**	-,002**	-,006**
Dummy Patrón o Empleador	-,010**	-,007**	-,004**	,014**
Dummy Cuenta Propia	,010**	,023**	,007**	-,003**
Dummy Ahorra	-,034**	-,028**	-,040**	-,030**
Dummy Vivienda Aceptable	-,096**	-,035**	-,082**	-,050**
Dummy particip activ religiosas	-,007**	-,013**	,008**	,042**
Dummy particip activ de grupo	-,057**	-,003**	-,037**	,033**
Dummy Regiones Norte	-,110**	,638**	-,343**	-,393**
Dummy Región Valparaíso	-,265**	,175**	-,353**	-,327**
Dummy Región Metropolitana	,707**	-,274**	,651**	,024**
Dummy Regiones Sur	-,430**	-,225**	-,204**	,511**
Dummy Regiones Australes	-,445**	-,229**	-,178**	-,060**
Tasa de Violencia Regional	,721**	,030**	,521**	-,209**
Tasa de Delitos no Violentos Regional	,561**	,179**	,544**	,006**
Tasa de Delito Regional	,663**	,129**	,570**	-,082**
Tasa de Desempleo Regional	,114**	-,013**	-,113**	-,134**
Tasa de Pobreza Regional	-,434**	-,015**	-,396**	,177**
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	,480**	-,421**	,536**	,166**
Tasa de Delito Comunal	,236**	,133**	,274**	-,071**
Tasa de Violencia Comunal	,390**	,085**	,330**	-,171**
Tasa de Delito No Violento Comunal	,077**	,111**	,150**	,005**
Precipitaciones	-,601**	-,311**	-,306**	,431**
Precipitaciones al Cuadrado	-,538**	-,259**	-,265**	,388**
Temperatura Media	,679**	,681**	,296**	-,255**
Temperatura Media al Cuadrado	,623**	,728**	,260**	-,273**
Temperatura Máxima	1	-,006**	,694**	,068**
Temperatura Mínima	-,006**	1	-,200**	-,320**
MP10	,694**	-,200**	1	,582**
MP2,5	,068**	-,320**	,582**	1
** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral)				
* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral)				

ANEXO A.4

En este anexo se muestran todas las regresiones de percepción de satisfacción con la vida utilizadas en forma amplia, con todos los indicadores estadísticos habituales.

De la Tabla 10.1

Mínimos Cuadrados Ordinarios, sin variables externas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,370 ^a	,137	,137	2,029

a. Variables predictoras: (Constante), Dummy Regiones Australes, Dummy Cuenta Propia, Dummy Conviviente, Dummy Zona Urbana, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Dummy Extranjero, Dummy Ahorra, Dummy Valparaíso, Dummy Pobre, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Mujer, Dummy Regiones Norte, Dummy Desocupado, Dummy Etnia, Horas trabajadas por debajo de 11, número de personas en el hogar al cuadrado, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy particip activ de grupo, Dummy Estudia, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Sin Hacinamiento, s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Casado, Dummy Regiones Sur, Edad al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, log Ingreso per cápita Real, Personas excluidodo servicio y su familia, Edad (años cumplidos)

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	8688800,902	33	263296,997	63961,432	0,000 ^b
Residual	54742414,997	13298303	4,116		
Total	63431215,900	13298336			

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

b. Variables predictoras: (Constante), Dummy Regiones Australes, Dummy Cuenta Propia, Dummy Conviviente, Dummy Zona Urbana, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Dummy Extranjero, Dummy Ahorra, Dummy Valparaíso, Dummy Pobre, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Mujer, Dummy Regiones Norte, Dummy Desocupado, Dummy Etnia, Horas trabajadas por debajo de 11, número de personas en el hogar al cuadrado, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy particip activ de grupo, Dummy Estudia, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Sin Hacinamiento, s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Casado, Dummy Regiones Sur, Edad al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, log Ingreso per cápita Real, Personas excluidodo servicio y su familia, Edad (años cumplidos)

Coefficientes^a

Modelo	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	,085	,016		5,256	0,000
log Ingreso per cápita Real	,951	,003	,159	325,559	0,000
Edad (años cumplidos)	-,040	,000	-,343	-210,060	0,000
Edad al Cuadrado	,000	,000	,336	219,135	0,000

Dummy Mujer	,070	,001	,016	59,725	0,000
Dummy Casado	,535	,001	,117	373,417	0,000
Dummy Conviviente	,011	,002	,002	6,751	0,000
Dummy Etnia	-,135	,002	-,016	-62,561	0,000
Dummy Extranjero	-,050	,005	-,002	-9,238	0,000
Personas excluido servicio y su familia	,082	,001	,079	88,060	0,000
número de personas en el hogar al cuadrado	-,010	,000	-,111	-128,338	0,000
Dummy Pobre	-,033	,002	-,005	-14,081	0,000
Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita	-,088	,003	-,013	-33,305	0,000
Dummy Zona Urbana	,008	,002	,001	4,304	0,000
Dummy Estudia	,213	,002	,036	101,072	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,132	,002	,030	86,311	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,140	,002	,028	69,976	0,000
Nota Percepción Salud	,395	,000	,236	837,768	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,156	,002	-,018	-65,071	0,000
Dummy Desocupado	-,523	,003	-,049	-189,151	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	,175	,003	,015	57,829	0,000
Horas trabajadas entre 11 y 22	-,095	,003	-,008	-31,654	0,000
Horas trabajadas mayor a 45	-,004	,002	-,001	-2,436	0,015
Dummy Patrón o Empleador	-,309	,006	-,013	-49,566	0,000
Dummy Cuenta Propia	-,157	,002	-,023	-83,715	0,000
Dummy Ahorra	,247	,002	,043	160,216	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,086	,002	,015	55,236	0,000
Dummy Sin Hacinamiento	,138	,002	,021	76,129	0,000
Dummy particip activ religiosas	,397	,002	,050	192,766	0,000
Dummy particip activ de grupo	,177	,002	,030	114,152	0,000
Dummy Regiones Norte	,187	,002	,027	99,762	0,000
Dummy Valparaíso	,013	,002	,002	6,526	0,000
Dummy Regiones Sur	-,187	,001	-,041	-135,306	0,000
Dummy Regiones Australes	,343	,005	,019	72,927	0,000

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Mínimos Cuadrados Ordinarios, con variables externas, sin contaminación.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,373 ^a	,139	,139	2,026

a. Variables predictoras: (Constante), Tasa de Violencia Regional, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Ahorra, Tasa de Desempleo Regional, Dummy Desocupado, Dummy Mujer, Dummy Extranjero, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy Casado, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Etnia, Dummy particip activ de grupo, Dummy Regiones Norte, Dummy Pobre, Dummy Cuenta Propia, número de personas en el hogar al cuadrado, s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?, Dummy Conviviente, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Regiones Australes, Dummy Estudia, Dummy Zona Urbana, Dummy Valparaíso, Edad al Cuadrado, Temperatura Media en Capitales Regionales al cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Índice de

Desigualdad 10 a 10 Regional, log Ingreso per cápita Real, Dummy Regiones Sur, Precipitaciones en Capitales Regionales al cuadrado, Personas excluidos servicio y su familia, Edad (años cumplidos), Precipitaciones en Capitales Regionales, Temperatura Media en Capitales Regionales

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	8829483,508	39	226397,013	55139,179	0,000 ^b
Residual	54601732,391	13298297	4,106		
Total	63431215,900	13298336			

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

b. Variables predictoras: (Constante), Tasa de Violencia Regional, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Ahorra, Tasa de Desempleo Regional, Dummy Desocupado, Dummy Mujer, Dummy Extranjero, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy Casado, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Etnia, Dummy particip activ de grupo, Dummy Regiones Norte, Dummy Pobre, Dummy Cuenta Propia, número de personas en el hogar al cuadrado, s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?, Dummy Conviviente, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Regiones Australes, Dummy Estudia, Dummy Zona Urbana, Dummy Valparaíso, Edad al Cuadrado, Temperatura Media en Capitales Regionales al cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional, log Ingreso per cápita Real, Dummy Regiones Sur, Precipitaciones en Capitales Regionales al cuadrado, Personas excluidos servicio y su familia, Edad (años cumplidos), Precipitaciones en Capitales Regionales, Temperatura Media en Capitales Regionales

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	-1,119	,054		-20,899	0,000
log Ingreso per cápita Real	,954	,003	,160	326,285	0,000
Edad (años cumplidos)	-,041	,000	-,348	-214,011	0,000
Edad al Cuadrado	,000	,000	,341	223,657	0,000
Dummy Mujer	,071	,001	,016	61,336	0,000
Dummy Casado	,541	,001	,118	378,112	0,000
Dummy Conviviente	,017	,002	,003	10,148	0,000
Dummy Etnia	-,079	,002	-,010	-35,522	0,000
Dummy Extranjero	-,025	,005	-,001	-4,508	0,000
Personas excluido servicio y su familia	,080	,001	,077	85,694	0,000
número de personas en el hogar al cuadrado	-,010	,000	-,107	-124,301	0,000
Dummy Pobre	-,014	,002	-,002	-5,718	0,000
Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita	-,081	,003	-,012	-30,546	0,000
Dummy Zona Urbana	,014	,002	,002	7,041	0,000
Dummy Estudia	,214	,002	,036	102,127	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,128	,002	,029	83,873	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,137	,002	,027	68,344	0,000
Nota Percepción Salud	,397	,000	,237	841,328	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,160	,002	-,018	-66,559	0,000
Dummy Desocupado	-,513	,003	-,049	-186,339	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	,177	,003	,015	58,917	0,000

Horas trabajadas entre 11 y 22	-,095	,003	-,008	-31,957	0,000
Dummy Patrón o Empleador	-,287	,006	-,012	-46,227	0,000
Dummy Cuenta Propia	-,143	,002	-,021	-77,347	0,000
Dummy Ahorra	,246	,002	,042	159,936	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,093	,002	,016	59,216	0,000
Dummy Sin Hacinamiento	,145	,002	,022	79,873	0,000
Dummy particip activ religiosas	,411	,002	,052	199,481	0,000
Dummy particip activ de grupo	,183	,002	,031	118,020	0,000
Dummy Regiones Norte	,053	,004	,008	13,189	0,000
Dummy Valparaíso	,199	,005	,028	37,076	0,000
Dummy Regiones Sur	,393	,009	,086	44,557	0,000
Dummy Regiones Australes	1,026	,018	,057	56,460	0,000
Tasa de Desempleo Regional	,026	,001	,012	19,321	0,000
Índice de Desigualdad 10 a 10 Regional	-,012	,000	-,029	-34,418	0,000
Precipitaciones en Capitales Regionales	-,002	,000	-,460	-94,575	0,000
Precipitaciones en Capitales Regionales al cuadrado	9,707E-07	,000	,319	88,846	0,000
Temperatura Media en Capitales Regionales	,319	,006	,270	51,897	0,000
Temperatura Media en Capitales Regionales al cuadrado	-,014	,000	-,308	-65,036	0,000
Tasa de Violencia Regional	-,015	,001	-,015	-17,760	0,000

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Mínimos Cuadrados Ordinarios, con variables externas, con contaminación (MP₁₀).

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,325 ^a	,105	,105	2,051

a. Variables predictoras: (Constante), MP10, Horas trabajadas mayor a 45, Edad (años cumplidos), Dummy Etnia, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Ahorra, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2, Dummy Conviviente, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Desocupado, Dummy particip activ de grupo, Dummy Regiones Australes, número de personas en el hogar al cuadrado, Dummy Mujer, Dummy Regiones Sur, Dummy Cuenta Propia, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Casado, Dummy Región Valparaíso, Dummy Estudia, Temperatura Media al Cuadrado, log Ingreso per cápita Real, Dummy Educ Superior alcanzada, Precipitaciones al Cuadrado, Tasa de Delito Regional, Tasa de Pobreza Regional, Personas excluidodo servicio y su familia, Edad al Cuadrado, Precipitaciones, Temperatura Media

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	4428432,323	35	126526,638	30072,818	0,000 ^b
Residual	37574139,912	8930612	4,207		
Total	42002572,236	8930647			

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

b. Variables predictoras: (Constante), MP10, Horas trabajadas mayor a 45, Edad (años cumplidos), Dummy Etnia, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Ahorra, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2, Dummy Conviviente, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Desocupado, Dummy particip activ de grupo, Dummy Regiones Australes, número de personas en el hogar al cuadrado, Dummy Mujer, Dummy Regiones Sur, Dummy Cuenta Propia, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Casado, Dummy Región Valparaíso, Dummy Estudia, Temperatura Media al Cuadrado, log Ingreso per cápita Real, Dummy Educ Superior alcanzada, Precipitaciones al Cuadrado, Tasa de Delito Regional, Tasa de Pobreza Regional, Personas excluidado servicio y su familia, Edad al Cuadrado, Precipitaciones, Temperatura Media

Coeficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	-,893	,044		-20,463	0,000
log Ingreso per cápita Real	1,116	,003	,193	388,121	0,000
Edad (años cumplidos)	-,059	,000	-,502	-245,166	0,000
Edad al Cuadrado	,001	,000	,440	227,443	0,000
Dummy Mujer	,013	,001	,003	8,910	0,000
Dummy Casado	,555	,002	,121	311,330	0,000
Dummy Conviviente	-,132	,002	-,022	-64,074	0,000
Dummy Etnia	-,118	,003	-,013	-39,969	0,000
Personas excluido servicio y su familia	,022	,001	,022	19,310	0,000
número de personas en el hogar al cuadrado	-,004	,000	-,045	-40,664	0,000
Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita	-,100	,003	-,016	-35,133	0,000
Dummy Estudia	,231	,003	,041	92,167	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,166	,002	,038	83,098	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,167	,002	,036	66,890	0,000
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-1,318	,004	-,102	-311,930	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,395	,003	-,044	-128,845	0,000
Dummy Desocupado	-,519	,003	-,052	-157,754	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	,234	,004	,021	65,319	0,000
Horas trabajadas entre 11 y 22	-,070	,004	-,006	-19,514	0,000
Horas trabajadas mayor a 45	-,025	,002	-,004	-10,753	0,000
Dummy Patrón o Empleador	-,295	,008	-,012	-38,468	0,000
Dummy Cuenta Propia	-,226	,002	-,034	-98,967	0,000
Dummy Ahorra	,292	,002	,052	157,169	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,092	,002	,014	42,138	0,000
Dummy particip activ religiosas	,423	,003	,052	162,092	0,000
Dummy particip activ de grupo	,138	,002	,022	66,968	0,000
Dummy Región Valparaíso	-,195	,004	-,026	-44,355	0,000
Dummy Regiones Sur	-,239	,007	-,047	-34,762	0,000
Dummy Regiones Australes	,882	,015	,051	59,525	0,000
Tasa de Delito Regional	-,018	,000	-,041	-75,114	0,000
Tasa de Pobreza Regional	-,039	,000	-,072	-94,710	0,000

Precipitaciones	,001	,000	,119	28,255	0,000
Precipitaciones al Cuadrado	-1,185E-07	,000	-,032	-11,390	0,000
Temperatura Media	,518	,006	,412	93,163	0,000
Temperatura Media al Cuadrado	-,015	,000	-,322	-79,204	0,000
MP10	-,002	,000	-,011	-24,118	0,000

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Mínimos Cuadrados Ordinarios, con variables externas, con contaminación (MP_{2,5}).

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,325 ^a	,105	,105	2,051

a. Variables predictoras: (Constante), MP2.5, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Patrón o Empleador, Edad (años cumplidos), Dummy Ahorra, Dummy Regiones Australes, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy particip activ religiosas, Dummy Etnia, Dummy Mujer, Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2, Dummy Conviviente, Dummy Desocupado, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy particip activ de grupo, número de personas en el hogar al cuadrado, Horas trabajadas mayor a 45, Tasa de Pobreza Regional, Dummy Cuenta Propia, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Casado, Dummy Región Valparaíso, Dummy Estudia, Temperatura Media al Cuadrado, Tasa de Delito Regional, log Ingreso per cápita Real, Precipitaciones al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Dummy Regiones Sur, Personas excluidodo servicio y su familia, Edad al Cuadrado, Precipitaciones, Temperatura Media

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	4431068,897	35	126601,968	30092,835	,000 ^b
Residual	37571503,339	8930612	4,207		
Total	42002572,236	8930647			

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

b. Variables predictoras: (Constante), MP2.5, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Patrón o Empleador, Edad (años cumplidos), Dummy Ahorra, Dummy Regiones Australes, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy particip activ religiosas, Dummy Etnia, Dummy Mujer, Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2, Dummy Conviviente, Dummy Desocupado, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy particip activ de grupo, número de personas en el hogar al cuadrado, Horas trabajadas mayor a 45, Tasa de Pobreza Regional, Dummy Cuenta Propia, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita, Dummy Casado, Dummy Región Valparaíso, Dummy Estudia, Temperatura Media al Cuadrado, Tasa de Delito Regional, log Ingreso per cápita Real, Precipitaciones al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Dummy Regiones Sur, Personas excluidodo servicio y su familia, Edad al Cuadrado, Precipitaciones, Temperatura Media

Coefficientes^a

Modelo	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	-,732	,044		-16,805	0,000
log Ingreso per cápita Real	1,115	,003	,193	387,585	0,000
Edad (años cumplidos)	-,059	,000	-,502	-245,409	0,000
Edad al Cuadrado	,001	,000	,440	227,736	0,000
Dummy Mujer	,013	,001	,003	9,163	0,000

Dummy Casado	,554	,002	,121	311,166	0,000
Dummy Conviviente	-,132	,002	-,022	-64,087	0,000
Dummy Etnia	-,115	,003	-,013	-38,959	0,000
Personas excluido servicio y su familia	,023	,001	,023	20,231	0,000
número de personas en el hogar al cuadrado	-,004	,000	-,046	-41,618	0,000
Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita	-,099	,003	-,016	-34,628	0,000
Dummy Estudia	,231	,003	,041	92,346	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,166	,002	,038	83,208	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,168	,002	,036	67,253	0,000
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	-1,318	,004	-,102	-311,973	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,393	,003	-,044	-128,475	0,000
Dummy Desocupado	-,520	,003	-,052	-157,971	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	,234	,004	,021	65,452	0,000
Horas trabajadas entre 11 y 22	-,071	,004	-,006	-19,859	0,000
Horas trabajadas mayor a 45	-,023	,002	-,003	-10,208	0,000
Dummy Patrón o Empleador	-,292	,008	-,012	-38,079	0,000
Dummy Cuenta Propia	-,224	,002	-,034	-98,002	0,000
Dummy Ahorra	,291	,002	,052	156,914	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,090	,002	,014	41,473	0,000
Dummy particip activ religiosas	,424	,003	,052	162,236	0,000
Dummy particip activ de grupo	,139	,002	,022	67,663	0,000
Dummy Región Valparaíso	-,204	,004	-,027	-47,084	0,000
Dummy Regiones Sur	-,222	,007	-,044	-33,072	0,000
Dummy Regiones Australes	,836	,015	,048	56,006	0,000
Tasa de Delito Regional	-,019	,000	-,044	-84,770	0,000
Tasa de Pobreza Regional	-,040	,000	-,073	-99,309	0,000
Precipitaciones	,001	,000	,131	31,276	0,000
Precipitaciones al Cuadrado	-1,446E-07	,000	-,039	-14,006	0,000
Temperatura Media	,502	,006	,399	91,024	0,000
Temperatura Media al Cuadrado	-,015	,000	-,312	-76,923	0,000
MP2.5	-,004	,000	-,015	-34,762	0,000

a. Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

De la Tabla 10.2

Probit Ordenado, sin variables externas.

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	Completamente insatisfecho	207529,58	1,6%
	2	172156,90	1,3%
	3	293277,56	2,2%
	4	627964,40	4,7%
	5	1974527,91	14,8%
	6	1656081,57	12,5%
	7	2159544,21	16,2%
	8	2166911,42	16,3%
	9	1278891,52	9,6%
	Completamente satisfecho	2761451,87	20,8%
Válidos	13298336,93	100,0%	
Perdidos	0,00		
Total	13298336,93		

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	54105904,775			
Final	52224930,752	1880974,023	33	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	123325389,325	699285	0,000
Desviación	52224880,544	699285	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,132
Nagelkerke	,134
McFadden	,035

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[r20 = 1]	1,254	,008	22821,018	1	0,000	1,238	1,271
	[r20 = 2]	1,530	,008	34057,198	1	0,000	1,514	1,546
	[r20 = 3]	1,820	,008	48250,948	1	0,000	1,803	1,836
	[r20 = 4]	2,196	,008	70302,785	1	0,000	2,180	2,212
	[r20 = 5]	2,857	,008	118823,090	1	0,000	2,841	2,873
	[r20 = 6]	3,246	,008	153159,813	1	0,000	3,230	3,262
	[r20 = 7]	3,695	,008	198117,658	1	0,000	3,679	3,711
	[r20 = 8]	4,160	,008	250529,116	1	0,000	4,143	4,176
	[r20 = 9]	4,479	,008	290006,225	1	0,000	4,463	4,495
Ubicación	logIngpCR	,484	,001	104781,270	1	0,000	,481	,487
	edad	-,020	9,806E-05	43080,523	1	0,000	-,021	-,020
	EdadCuadrado	,000	9,786E-07	47578,556	1	0,000	,000	,000
	Mujer	,039	,001	4296,676	1	0,000	,038	,040
	Casado	,268	,001	133831,474	1	0,000	,266	,269
	Conviviente	,005	,001	29,044	1	0,000	,003	,006
	Etnia	-,072	,001	4356,004	1	0,000	-,074	-,070
	Extranjero	-,037	,003	173,935	1	0,000	-,042	-,031
	numper	,042	,000	8086,887	1	0,000	,042	,043
	numpercuadrado	-,005	3,959E-05	15623,541	1	0,000	-,005	-,005
	Pobre	-,010	,001	62,409	1	0,000	-,012	-,007
	Rico	-,032	,001	554,708	1	0,000	-,035	-,029
	Urbana	,007	,001	56,525	1	0,000	,005	,009
	Estudia	,111	,001	10505,433	1	0,000	,108	,113
	EducMedia	,055	,001	5110,077	1	0,000	,054	,057
	EducSuperior	,051	,001	2458,944	1	0,000	,049	,053
	Nota Salud	,198	,000	667171,752	1	0,000	,197	,198
	EnfermLargaDur	-,070	,001	3314,267	1	0,000	-,072	-,068
	Desocupado	-,258	,001	34068,559	1	0,000	-,260	-,255
	HorasTrabBaja	,097	,002	3864,842	1	0,000	,094	,100
	HorasTrabMedia	-,049	,002	1031,824	1	0,000	-,052	-,046
	HorasTrabAlta	,003	,001	8,654	1	0,003	,001	,005
	Patrón	-,166	,003	2675,078	1	0,000	-,172	-,159
	CuentaPropia	-,081	,001	7203,494	1	0,000	-,083	-,079
	Ahorra	,128	,001	26161,456	1	0,000	,127	,130
	CalidadViv	,039	,001	2365,705	1	0,000	,037	,040
	SinHacinamiento	,072	,001	6053,810	1	0,000	,070	,073
	ActivRelig	,206	,001	38077,886	1	0,000	,204	,208
	OtrasActivGrupos	,088	,001	12435,547	1	0,000	,087	,090
	RegNorte	,104	,001	11741,135	1	0,000	,102	,106
Valparaiso	,014	,001	211,431	1	0,000	,012	,016	
RegSur	-,092	,001	16940,352	1	0,000	-,093	-,090	
RegAustrales	,192	,002	6121,854	1	0,000	,187	,196	

Función de vínculo: Probit.

Probit Ordenado, con variables externas, sin contaminación.

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	Completamente insatisfecho	207529,58	1,6%
	2	172156,90	1,3%
	3	293277,56	2,2%
	4	627964,40	4,7%
	5	1974527,91	14,8%
	6	1656081,57	12,5%
	7	2159544,21	16,2%
	8	2166911,42	16,3%
	9	1278891,52	9,6%
	Completamente satisfecho	2761451,87	20,8%
Válidos	13298336,93	100,0%	
Perdidos	0,00		
Total	13298336,93		

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	54105904,775			
Final	52189259,113	1916645,661	40	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	123774628,180	699278	0,000
Desviación	52189208,905	699278	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,134
Nagelkerke	,137
McFadden	,035

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

							Intervalo de confianza 95%	
		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Umbral	[r20 = 1]	1,970	,030	4404,348	1	0,000	1,912	2,028
	[r20 = 2]	2,245	,030	5724,008	1	0,000	2,187	2,303
	[r20 = 3]	2,535	,030	7298,184	1	0,000	2,477	2,593
	[r20 = 4]	2,912	,030	9626,943	1	0,000	2,854	2,970
	[r20 = 5]	3,573	,030	14495,383	1	0,000	3,515	3,631
	[r20 = 6]	3,963	,030	17824,785	1	0,000	3,904	4,021
	[r20 = 7]	4,413	,030	22098,791	1	0,000	4,354	4,471
	[r20 = 8]	4,878	,030	26999,872	1	0,000	4,820	4,936
	[r20 = 9]	5,198	,030	30653,756	1	0,000	5,140	5,256
Ubicación	logIngpcR	,486	,001	168991,74	1	0,000	,483	,488
	edad	-,021	9,811E-05	44568,351	1	0,000	-,021	-,021
	EdadCuadrado	,000	9,791E-07	49277,880	1	0,000	,000	,000
	Mujer	,040	,001	4429,824	1	0,000	,039	,041
	Casado	,271	,001	137294,82	1	0,000	,270	,273
	Conviviente	,008	,001	82,357	1	0,000	,006	,009
	Etnia	-,042	,001	1394,606	1	0,000	-,045	-,040
	Extranjero	-,023	,003	67,094	1	0,000	-,028	-,017
	numper	,041	,000	7663,530	1	0,000	,040	,042
	numpercuadrado	-,005	3,960E-05	14579,619	1	0,000	-,005	-,005
	Rico	-,028	,001	499,811	1	0,000	-,031	-,026
	Urbana	,011	,001	129,541	1	0,000	,009	,013
	Estudia	,111	,001	10655,754	1	0,000	,109	,113
	EducMedia	,053	,001	4750,532	1	0,000	,052	,055
	EducSuperior	,049	,001	2324,040	1	0,000	,047	,051
	Nota Estado Salud	,199	,000	673707,05	1	0,000	,199	,200
	EnfermLargaDur	-,072	,001	3508,245	1	0,000	-,074	-,070
	Desocupado	-,253	,001	32760,361	1	0,000	-,255	-,250
	HorasTrabBaja	,098	,002	3963,817	1	0,000	,095	,101
	HorasTrabMedia	-,049	,002	1023,669	1	0,000	-,052	-,046
	HorasTrabAlta	,006	,001	45,344	1	0,000	,004	,008
	Patrón	-,154	,003	2317,586	1	0,000	-,161	-,148
	CuentaPropia	-,074	,001	5969,360	1	0,000	-,076	-,072
	Ahorra	,128	,001	25973,339	1	0,000	,126	,129
	CalidadViv	,042	,001	2836,658	1	0,000	,041	,044
	SinHacinamiento	,076	,001	6804,648	1	0,000	,074	,078
	ActivRelig	,214	,001	40798,222	1	0,000	,212	,216
	OtrasActivGrupos	,092	,001	13341,178	1	0,000	,090	,093
	RegNorte	,058	,003	446,893	1	0,000	,053	,064
	Valparaiso	,109	,003	1516,757	1	0,000	,104	,115
	RegSur	,193	,005	1378,397	1	0,000	,183	,203
	RegAustrales	,524	,012	1990,393	1	0,000	,501	,547
DesempleoReg	,013	,001	206,327	1	0,000	,011	,015	
PobrezaReg	-,003	,000	51,536	1	0,000	-,004	-,002	
Des10a10Reg	-,005	,000	841,763	1	0,000	-,005	-,005	
PrecipCapitales	-,001	2,134E-05	2291,578	1	0,000	-,001	-,001	
PrecipCuadrado	4,410E-07	9,425E-09	2189,698	1	0,000	4,225E-07	4,595E-07	
TempMediaCapitales	,175	,004	1930,389	1	0,000	,167	,183	

TempMedCuadrado	-,007	,000	2729,117	1	0,000	-,008	-,007
ViolenciaReg	-,008	,000	285,039	1	0,000	-,009	-,007

Función de vínculo: Probit.

Probit Ordenado, con variables externas, con contaminación (MP₁₀)

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	Completamente insatisfecho	132582,37	1,5%
	2	102065,75	1,1%
	3	189350,05	2,1%
	4	406751,15	4,6%
	5	1266314,59	14,2%
	6	1062870,68	11,9%
	7	1443421,49	16,2%
	8	1488640,62	16,7%
	9	927167,42	10,4%
		Completamente satisfecho	1911483,67
Válidos		8930647,80	100,0%
Perdidos		0,00	
Total		8930647,80	

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	36157255,737			
Final	35219057,495	938198,242	35	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	79808011,031	336754	0,000
Desviación	35219015,054	336754	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,100
Nagelkerke	,101
McFadden	,026

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

								Intervalo de confianza 95%	
		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Límite inferior	Límite superior	
Umbral	[r20 = 1]	1,820	,022	6816,156	1	0,000	1,777	1,864	
	[r20 = 2]	2,075	,022	8858,834	1	0,000	2,032	2,118	
	[r20 = 3]	2,365	,022	11511,073	1	0,000	2,321	2,408	
	[r20 = 4]	2,734	,022	15392,270	1	0,000	2,691	2,778	
	[r20 = 5]	3,371	,022	23386,776	1	0,000	3,328	3,414	
	[r20 = 6]	3,744	,022	28830,203	1	0,000	3,700	3,787	
	[r20 = 7]	4,185	,022	36019,477	1	0,000	4,142	4,229	
	[r20 = 8]	4,647	,022	44372,912	1	0,000	4,603	4,690	
	[r20 = 9]	4,979	,022	50931,100	1	0,000	4,936	5,022	
Ubicación	logIngpR	,555	,001	145984,980	1	0,000	,552	,558	
	edad	-,029	,000	59087,101	1	0,000	-,030	-,029	
	EdadCuadrado	,000	1,216E-06	51424,277	1	0,000	,000	,000	
	Mujer	,008	,001	133,097	1	0,000	,007	,010	
	Casado	,274	,001	92359,645	1	0,000	,272	,275	
	Conviviente	-,067	,001	4185,715	1	0,000	-,069	-,065	
	Etnia	-,066	,001	1955,527	1	0,000	-,069	-,063	
	numper	,013	,001	528,650	1	0,000	,012	,014	
	numpercuadrado	-,002	4,830E-05	1724,500	1	0,000	-,002	-,002	
	Rico	-,036	,001	616,687	1	0,000	-,039	-,033	
	Estudia	,121	,001	9013,362	1	0,000	,118	,123	
	EducMedia	,071	,001	5005,641	1	0,000	,069	,073	
	EducSuperior	,058	,001	2119,309	1	0,000	,055	,060	
	MalaSalud2	-,602	,002	81797,757	1	0,000	-,606	-,598	
	EnfermLargaDur	-,191	,002	15575,892	1	0,000	-,194	-,188	
	Desocupado	-,251	,002	23237,580	1	0,000	-,254	-,247	
	HorasTrabBaja	,125	,002	4742,381	1	0,000	,122	,129	
	HorasTrabMedia	-,035	,002	373,969	1	0,000	-,038	-,031	
	HorasTrabAlta	-,007	,001	34,165	1	0,000	-,009	-,004	
	Patrón	-,151	,004	1496,029	1	0,000	-,159	-,143	
	CuentaPropia	-,111	,001	9348,497	1	0,000	-,113	-,109	
	Ahorra	,148	,001	24609,533	1	0,000	,146	,150	
	CalidadViv	,043	,001	1543,170	1	0,000	,041	,045	
	ActivRelig	,218	,001	26966,022	1	0,000	,216	,221	
	OtrasActivGrupos	,067	,001	4064,351	1	0,000	,064	,069	
	RegValp	-,094	,002	1806,841	1	0,000	-,098	-,090	
	RegSur	-,108	,003	977,516	1	0,000	-,115	-,101	
	RegAustrales	,473	,007	3987,375	1	0,000	,459	,488	
	DelitoReg	-,009	,000	5379,613	1	0,000	-,009	-,009	
	PobrezaReg	-,020	,000	9466,746	1	0,000	-,021	-,020	
precip	,000	1,142E-05	717,407	1	0,000	,000	,000		
precipcuad	-5,328E-08	5,245E-09	103,201	1	0,000	-6,356E-08	-4,300E-08		
TempMedia	,274	,003	9558,040	1	0,000	,269	,280		
TempMedcuad	-,008	9,793E-05	7059,712	1	0,000	-,008	-,008		
MP10	-,001	3,429E-05	1117,268	1	0,000	-,001	-,001		

Función de vínculo: Probit.

Probit Ordenado, con variables externas, con contaminación (MP_{2,5})

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	Completamente insatisfecho	132582,37	1,5%
	2	102065,75	1,1%
	3	189350,05	2,1%
	4	406751,15	4,6%
	5	1266314,59	14,2%
	6	1062870,68	11,9%
	7	1443421,49	16,2%
	8	1488640,62	16,7%
	9	927167,42	10,4%
	Completamente satisfecho	1911483,67	21,4%
Válidos	8930647,80	100,0%	
Perdidos	0,00		
Total	8930647,80		

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	36157255,737			
Final	35218673,699	938582,038	35	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	79794290,196	336754	0,000
Desviación	35218631,258	336754	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,100
Nagelkerke	,102
McFadden	,026

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[r20 = 1]	1,716	,022	6064,770	1	0,000	1,673	1,759
	[r20 = 2]	1,970	,022	8000,078	1	0,000	1,927	2,013
	[r20 = 3]	2,260	,022	10530,695	1	0,000	2,217	2,303
	[r20 = 4]	2,630	,022	14258,370	1	0,000	2,587	2,673
	[r20 = 5]	3,267	,022	21991,171	1	0,000	3,224	3,310
	[r20 = 6]	3,639	,022	27283,019	1	0,000	3,596	3,683
	[r20 = 7]	4,081	,022	34294,223	1	0,000	4,038	4,124
	[r20 = 8]	4,542	,022	42463,040	1	0,000	4,499	4,586
	[r20 = 9]	4,875	,022	48888,453	1	0,000	4,832	4,918
Ubicación	logIngpcR	,555	,001	145745,601	1	0,000	,552	,557
	edad	-,029	,000	59243,019	1	0,000	-,030	-,029
	EdadCuadrado	,000	1,216E-06	51608,053	1	0,000	,000	,000
	Mujer	,009	,001	136,278	1	0,000	,007	,010
	Casado	,273	,001	92248,442	1	0,000	,272	,275
	Conviviente	-,067	,001	4171,300	1	0,000	-,069	-,065
	Etnia	-,065	,001	1885,473	1	0,000	-,067	-,062
	numper	,014	,001	574,867	1	0,000	,013	,015
	numpercuadrado	-,002	4,834E-05	1793,744	1	0,000	-,002	-,002
	Rico	-,035	,001	586,557	1	0,000	-,038	-,032
	Estudia	,121	,001	9046,222	1	0,000	,118	,123
	EducMedia	,071	,001	5023,162	1	0,000	,069	,073
	EducSuperior	,058	,001	2157,086	1	0,000	,056	,061
	MalaSalud2	-,603	,002	81945,602	1	0,000	-,607	-,599
	EnfermLargaDur	-,191	,002	15497,933	1	0,000	-,194	-,188
	Desocupado	-,251	,002	23261,174	1	0,000	-,254	-,247
	HorasTrabBaja	,125	,002	4773,744	1	0,000	,122	,129
	HorasTrabMedia	-,036	,002	392,092	1	0,000	-,039	-,032
	HorasTrabAlta	-,006	,001	27,017	1	0,000	-,008	-,004
	Patrón	-,150	,004	1470,157	1	0,000	-,157	-,142
	CuentaPropia	-,110	,001	9158,025	1	0,000	-,112	-,108
	Ahorra	,148	,001	24598,043	1	0,000	,146	,150
	CalidadViv	,042	,001	1497,396	1	0,000	,040	,044
	ActivRelig	,218	,001	27021,698	1	0,000	,216	,221
	OtrasActivGrupos	,067	,001	4183,335	1	0,000	,065	,070
	RegValp	-,095	,002	1880,951	1	0,000	-,099	-,091
	RegSur	-,094	,003	768,227	1	0,000	-,100	-,087
	RegAustrales	,450	,008	3552,305	1	0,000	,435	,465
	DelitoReg	-,010	,000	7387,627	1	0,000	-,010	-,010
	PobrezaReg	-,020	,000	9884,191	1	0,000	-,021	-,020
precip	,000	1,133E-05	778,878	1	0,000	,000	,000	
precipcuad	-5,752E-08	5,208E-09	121,991	1	0,000	-6,773E-08	-4,731E-08	
TempMedia	,262	,003	8890,624	1	0,000	,257	,268	
TempMedcuad	-,008	9,746E-05	6501,478	1	0,000	-,008	-,008	
MP2.5	-,002	5,585E-05	1497,299	1	0,000	-,002	-,002	

Función de vínculo: Probit.

ANEXO A.5

En este anexo se muestran resultados de regresiones de percepción de satisfacción con la vida con otros métodos de estimación: Logit Ordenado y Regresión Poisson. Solamente se han realizado las regresiones que incluyen los contaminantes.

Logit Ordenado, con variables externas, con contaminación (MP₁₀).

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	Completamente insatisfecho	132582,37	,0
	2	102065,75	,0
	3	189350,05	,0
	4	406751,15	,0
	5	1266314,59	,1
	6	1062870,68	,1
	7	1443421,49	,2
	8	1488640,62	,2
	9	927167,42	,1
		Completamente satisfecho	1911483,67
Válidos		8930647,80	1,0
Perdidos		,00	
Total		8930647,80	

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	36157255,737			
Final	35206075,220	951180,516	35	0,000

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	77047741,561	336754	0,000
Desviación	35206032,780	336754	0,000

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,101
Nagelkerke	,103
McFadden	,026

Estimaciones de los parámetros

		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[r20 = 1]	2,916	,038	6012,096	1	,000	2,842	2,989
	[r20 = 2]	3,509	,038	8728,966	1	,000	3,436	3,583
	[r20 = 3]	4,138	,038	12153,812	1	,000	4,065	4,212
	[r20 = 4]	4,882	,038	16919,139	1	,000	4,808	4,955
	[r20 = 5]	6,034	,038	25836,651	1	,000	5,960	6,107
	[r20 = 6]	6,658	,038	31444,287	1	,000	6,585	6,732
	[r20 = 7]	7,379	,038	38596,231	1	,000	7,306	7,453
	[r20 = 8]	8,136	,038	46879,540	1	,000	8,062	8,210
	[r20 = 9]	8,702	,038	53595,642	1	,000	8,628	8,776
Ubicación	logIngpcR	,946	,002	145179,055	1	,000	,941	,951
	edad	-,051	,000	61592,751	1	,000	-,052	-,051
	EdadCuadrado	,000	,000	52233,432	1	,000	,000	,000
	Mujer	,013	,001	103,562	1	,000	,010	,015
	Casado	,498	,002	104906,017	1	,000	,495	,501
	Conviviente	-,080	,002	2032,246	1	,000	-,083	-,076
	Etnia	-,096	,003	1424,929	1	,000	-,101	-,091
	numper	,021	,001	441,161	1	,000	,019	,023
	numpercuadrado	-,003	,000	1567,534	1	,000	-,003	-,003
	Rico	-,063	,002	659,742	1	,000	-,068	-,058
	Estudia	,210	,002	9520,205	1	,000	,206	,215
	EducMedia	,144	,002	7135,338	1	,000	,141	,148
	EducSuperior	,105	,002	2420,967	1	,000	,101	,109
	MalaSalud2	-1,089	,004	89723,965	1	,000	-1,097	-1,082
	EnfermLargaDur	-,315	,003	14467,750	1	,000	-,321	-,310
	Desocupado	-,452	,003	25773,150	1	,000	-,458	-,447
	HorasTrabBaja	,222	,003	5211,133	1	,000	,216	,229
	HorasTrabMedia	-,071	,003	532,407	1	,000	-,077	-,065
	HorasTrabAlta	-,017	,002	75,880	1	,000	-,021	-,013
	Patrón	-,267	,007	1633,970	1	,000	-,280	-,254
	CuentaPropia	-,195	,002	9936,976	1	,000	-,199	-,191
	Ahorra	,233	,002	21201,920	1	,000	,230	,236
	CalidadViv	,067	,002	1305,031	1	,000	,064	,071
	ActivRelig	,366	,002	26410,532	1	,000	,362	,371
	OtrasActivGrupos	,096	,002	2919,651	1	,000	,092	,099
	RegValp	-,158	,004	1753,774	1	,000	-,165	-,150
	RegSur	-,174	,006	869,791	1	,000	-,185	-,162
	RegAustrales	,876	,013	4718,827	1	,000	,851	,901
	DelitoReg	-,014	,000	4644,820	1	,000	-,014	-,014
	PobrezaReg	-,036	,000	10434,065	1	,000	-,037	-,036
precip	,001	,000	861,658	1	,000	,001	,001	
precipcuad	,000	,000	176,081	1	,000	,000	,000	
TempMedia	,505	,005	11184,259	1	,000	,496	,515	
TempMedcuad	-,015	,000	8426,223	1	,000	-,016	-,015	
MP10	-,003	,000	1938,340	1	,000	-,003	-,002	

Logit Ordenado, con variables externas, con contaminación (MP_{2,5}).

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	Completamente insatisfecho	132582,37	,0
	2	102065,75	,0
	3	189350,05	,0
	4	406751,15	,0
	5	1266314,59	,1
	6	1062870,68	,1
	7	1443421,49	,2
	8	1488640,62	,2
	9	927167,42	,1
	Completamente satisfecho	1911483,67	,2
Válidos	8930647,80	1,0	
Perdidos	,00		
Total	8930647,80		

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	36157255,737			
Final	35205587,562	951668,174	35	,000

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	77035114,739	336754	,000
Desviación	35205545,121	336754	,000

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,101
Nagelkerke	,103
McFadden	,026

Estimaciones de los parámetros

							Intervalo de confianza 95%	
		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Límite inferior	Límite superior
Umbral	[r20 = 1]	2,681	,038	5094,993	1	,000	2,608	2,755
	[r20 = 2]	3,275	,038	7617,910	1	,000	3,201	3,348
	[r20 = 3]	3,904	,037	10839,069	1	,000	3,831	3,978
	[r20 = 4]	4,647	,037	15366,406	1	,000	4,574	4,721
	[r20 = 5]	5,800	,037	23920,056	1	,000	5,726	5,873
	[r20 = 6]	6,424	,038	29333,182	1	,000	6,351	6,498
	[r20 = 7]	7,145	,038	36263,517	1	,000	7,072	7,219
	[r20 = 8]	7,902	,038	44316,722	1	,000	7,829	7,976
	[r20 = 9]	8,468	,038	50861,440	1	,000	8,394	8,542
Ubicación	logIngpCR	,946	,002	145012,831	1	,000	,941	,951
	edad	-,051	,000	61868,700	1	,000	-,052	-,051
	EdadCuadrado	,000	,000	52526,377	1	,000	,000	,000
	Mujer	,013	,001	106,087	1	,000	,010	,015
	Casado	,497	,002	104859,936	1	,000	,494	,500
	Conviviente	-,079	,002	1999,570	1	,000	-,082	-,076
	Etnia	-,093	,003	1356,237	1	,000	-,098	-,088
	numper	,022	,001	492,790	1	,000	,020	,024
	numpercuadrado	-,003	,000	1644,157	1	,000	-,004	-,003
	Rico	-,062	,002	633,001	1	,000	-,067	-,057
	Estudia	,211	,002	9541,955	1	,000	,206	,215
	EducMedia	,145	,002	7189,222	1	,000	,142	,148
	EducSuperior	,106	,002	2475,313	1	,000	,102	,111
	MalaSalud2	-1,090	,004	89923,049	1	,000	-1,098	-1,083
	EnfermLargaDur	-,314	,003	14363,212	1	,000	-,319	-,309
	Desocupado	-,453	,003	25808,740	1	,000	-,458	-,447
	HorasTrabBaja	,224	,003	5279,272	1	,000	,218	,230
	HorasTrabMedia	-,072	,003	554,679	1	,000	-,078	-,066
	HorasTrabAlta	-,015	,002	62,223	1	,000	-,019	-,012
	Patrón	-,264	,007	1594,324	1	,000	-,277	-,251
	CuentaPropia	-,193	,002	9700,587	1	,000	-,197	-,189
	Ahorra	,233	,002	21220,606	1	,000	,230	,236
	CalidadViv	,065	,002	1235,871	1	,000	,062	,069
	ActivRelig	,367	,002	26504,714	1	,000	,362	,371
	OtrasActivGrupos	,098	,002	3050,525	1	,000	,094	,101
	RegValp	-,158	,004	1802,371	1	,000	-,165	-,151
	RegSur	-,141	,006	598,715	1	,000	-,152	-,130
	RegAustrales	,824	,013	4116,171	1	,000	,799	,849
	DelitoReg	-,016	,000	6938,868	1	,000	-,017	-,016
	PobrezaReg	-,036	,000	10726,874	1	,000	-,036	-,035
	precip	,001	,000	916,404	1	,000	,001	,001
	precipcuad	,000	,000	194,741	1	,000	,000	,000
	TempMedia	,478	,005	10182,486	1	,000	,469	,487
TempMedcuad	-,014	,000	7601,421	1	,000	-,015	-,014	
MP2.5	-,005	,000	2431,004	1	,000	-,005	-,004	

Poisson, con variables externas, con contaminación (MP₁₀).

Información del modelo

Variable dependiente	r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?
Distribución de probabilidades	Poisson
Función de enlace	Log

Resumen del procesamiento de los casos

	N	Porcentaje	N sin ponderar
Incluido	8930882,00	100,0%	37447
Excluidos	0,00	0,0%	0
Total	8930882,00	100,0%	37447

Información de variable continua

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	N sin ponderar	
Variable dependiente	r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	8930882,0	1	10	7,25	2,169	37447
Covariable	log Ingreso per cápita Real	8930882,0	3,72	6,62	5,3256	,37449	37447
	Edad (años cumplidos)	8930882,0	15	100	41,25	18,524	37447
	Edad al Cuadrado	8930882,0	225,00	10000,0	2044,97	1741,84	37447
	Dummy Mujer	8930882,0	0,00	1,00	,5171	,49971	37447
	Dummy Casado	8930882,0	0,00	1,00	,3394	,47349	37447
	Dummy Conviviente	8930882,0	0,00	1,00	,1577	,36444	37447
	Dummy Etnia	8930882,0	0,00	1,00	,0605	,23839	37447
	Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita	8930882,0	0,00	1,00	,1393	,34625	37447
	Dummy Desocupado	8930882,0	0,00	1,00	,0488	,21539	37447
	Horas trabajadas por debajo de 11	8930882,0	0,00	1,00	,0411	,19855	37447
	Horas trabajadas mayor a 45	8930882,0	0,00	1,00	,1169	,32133	37447
	Dummy Extranjero	8930882,0	0,00	1,00	,0142	,11816	37447
	Dummy Patrón o Empleador	8930882,0	0,00	1,00	,0084	,09125	37447
	Dummy Cuenta Propia	8930882,0	0,00	1,00	,1226	,32801	37447
	Dummy Vivienda Aceptable	8930882,0	0,00	1,00	,8791	,32602	37447
	Dummy particip activ religiosas	8930882,0	0,00	1,00	,0783	,26866	37447
	Dummy particip activ de grupo	8930882,0	0,00	1,00	,1349	,34165	37447
	Dummy Enfermedad	8930882,0	0,00	1,00	,0627	,24250	37447

Larga Duración							
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	8930882,0	0,00	1,00	,0290	,16776	37447	
Personas excluido servicio y su familia	8930882,	1	20	4,30	2,156	37447	
número de personas en el hogar al cuadrado	8930882,0	1,00	400,00	23,1811	25,00489	37447	
Dummy Estudia	8930882,0	0,00	1,00	,1843	,38773	37447	
Dummy Educ Media alcanzada	8930882,0	0,00	1,00	,4824	,49969	37447	
Dummy Educ Superior alcanzada	8930882,0	0,00	1,00	,3099	,46246	37447	
Horas trabajadas entre 11 y 22	8930882,0	0,00	1,00	,0409	,19795	37447	
Dummy Ahorra	8930882,0	0,00	1,00	,1836	,38714	37447	
Dummy Región Valparaíso	8930882,0	0,00	1,00	,0918	,28872	37447	
Dummy Regiones Sur	8930882,0	0,00	1,00	,2445	,42980	37447	
Dummy Regiones Australes	8930882,0	0,00	1,00	,0158	,12471	37447	
Tasa de Delito Regional	8930882,0	14,68	44,24	31,9920	4,91806	37447	
Tasa de Pobreza Regional	8930882,0	5,80	22,90	13,6856	3,99317	37447	
Precipitaciones	8930882,0	0,00	1680,50	347,7183	403,38366	37447	
Precipitaciones al Cuadrado	8930882,0	0,00	2824080,3	283626,3	589250,79	37447	
Temperatura Media	8930882,0	6,41	18,78	13,8601	1,72651	37447	
Temperatura Media al Cuadrado	8930882,0	41,09	352,69	195,0843	45,48398	37447	
MP10	8930882,0	20,00	85,20	57,8894	14,74782	37447	

Bondad de ajuste^a

	Valor	gl	Valor/gl
Desviianza	5878606,566	8930845	,658
Desviianza escalada	5878606,566	8930845	
Chi-cuadrado de Pearson	5336626,359	8930845	,598
Chi-cuadrado de Pearson escalado	5336626,359	8930845	
Log verosimilitud ^b	-19832095,055		
Criterio de información de Akaike (AIC)	39664264,109		
AIC corregido para muestras finitas (AICC)	39664264,109		
Criterio de información bayesiano (BIC)	39664782,295		
AIC consistente (CAIC)	39664819,295		

Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Modelo: (Intersección), logIngpcR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico, Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig, OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP10

a. Los criterios de información están en forma "mejor cuanto más pequeño".

b. La función de log-verosimilitud completa se muestra y se utiliza para calcular los criterios de información.

Contraste Omnibus ^a		
Chi-cuadrado de la razón de verosimilitudes	gl	Sig.
620617,55	36	0,000
Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?		
Modelo: (Intersección), logIngpcR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico, Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig, OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP10		
a. Compara el modelo ajustado con el modelo con sólo la intersección.		

Contrastes de los efectos del modelo

Origen	Tipo III		
	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.
(Intersección)	11181,176	1	0,000
logIngpcR	87954,264	1	0,000
edad	36331,459	1	0,000
EdadCuadrado	31470,612	1	0,000
Mujer	51,519	1	0,000
Casado	56821,873	1	0,000
Conviviente	2389,514	1	0,000
Etnia	894,586	1	0,000
Rico	1625,802	1	0,000
Desocupado	14993,386	1	0,000
HorasTrabBaja	2406,736	1	0,000
HorasTrabAlta	63,480	1	0,000
Extranjero	17,898	1	0,000
Patrón	846,025	1	0,000
CuentaPropia	5562,819	1	0,000
CalidadViv	1100,307	1	0,000
ActivRelig	15394,047	1	0,000
OtrasActivGrupos	2618,289	1	0,000
EnfermLargaDur	10057,607	1	0,000
MalaSalud2	60705,413	1	0,000
numper	256,860	1	0,000
numpercuadrado	1067,935	1	0,000
Estudia	4505,855	1	0,000
EducMedia	4396,197	1	0,000
EducSuperior	2848,607	1	0,000
HorasTrabMedia	262,774	1	0,000
Ahorra	13094,280	1	0,000
RegValp	1022,090	1	0,000
RegSur	639,794	1	0,000
RegAustrales	2041,371	1	0,000
DelitoReg	3457,163	1	0,000
PobrezaReg	5112,017	1	0,000
precip	397,299	1	0,000
precipcuad	49,969	1	0,000
TempMedia	5092,571	1	0,000
TempMedcuad	3688,489	1	0,000
MP10	268,708	1	0,000

Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Modelo: (Intersección), logIngpcR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico,

Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig, OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP10

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	B	Típ. Error	Intervalo de confianza de Wald 95%		Contraste de hipótesis			Exp(B)	Intervalo de confianza de Wald de Exp(B) 95%	
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
(Intersección)	,838	,0079	,823	,854	11181,176	1	0,000	2,312	2,277	2,349
logIngpR	,157	,0005	,156	,158	87954,264	1	0,000	1,170	1,169	1,171
edad	-,008	4,3559E-05	-,008	-,008	36331,459	1	0,000	,992	,992	,992
EdadCuadrado	7,762E-05	4,3753E-07	7,676E-05	7,847E-05	31470,612	1	0,000	1,000	1,000	1,000
Mujer	,002	,0003	,001	,002	51,519	1	,000	1,002	1,001	1,002
Casado	,077	,0003	,077	,078	56821,873	1	0,000	1,080	1,080	1,081
Conviviente	-,019	,0004	-,019	-,018	2389,514	1	0,000	,982	,981	,982
Etnia	-,016	,0005	-,017	-,015	894,586	1	0,000	,984	,983	,985
Rico	-,020	,0005	-,021	-,019	1625,802	1	0,000	,980	,979	,981
Desocupado	-,076	,0006	-,078	-,075	14993,386	1	0,000	,927	,925	,928
HorasTrabBaja	,031	,0006	,030	,033	2406,736	1	0,000	1,032	1,031	1,033
HorasTrabAlta	-,003	,0004	-,004	-,002	63,480	1	,000	,997	,996	,998
Extranjero	,004	,0011	,002	,007	17,898	1	,000	1,004	1,002	1,007
Patrón	-,039	,0014	-,042	-,037	846,025	1	0,000	,961	,959	,964
CuentaPropia	-,031	,0004	-,032	-,030	5562,819	1	0,000	,969	,969	,970
CalidadViv	,013	,0004	,013	,014	1100,307	1	0,000	1,013	1,013	1,014
ActivRelig	,058	,0005	,057	,059	15394,047	1	0,000	1,059	1,058	1,060
OtrasActivGrupos	,019	,0004	,018	,020	2618,289	1	0,000	1,019	1,018	1,020
EnfermLargaDur	-,058	,0006	-,059	-,057	10057,607	1	0,000	,944	,943	,945
MalaSalud2	-,213	,0009	-,215	-,212	60705,413	1	0,000	,808	,807	,809
numper	,003	,0002	,003	,004	256,860	1	0,000	1,003	1,003	1,004
numpercuadrado	-,001	1,7992E-05	-,001	-,001	1067,935	1	0,000	,999	,999	,999
Estudia	,030	,0004	,029	,031	4505,855	1	0,000	1,030	1,030	1,031
EducMedia	,025	,0004	,024	,025	4396,197	1	0,000	1,025	1,024	1,026
EducSuperior	,024	,0005	,023	,025	2848,607	1	0,000	1,025	1,024	1,026
HorasTrabMedia	-,011	,0007	-,012	-,009	262,774	1	0,000	,989	,988	,991
Ahorra	,038	,0003	,037	,038	13094,280	1	0,000	1,038	1,038	1,039
RegValp	-,025	,0008	-,027	-,024	1022,090	1	0,000	,975	,973	,976
RegSur	-,032	,0012	-,034	-,029	639,794	1	0,000	,969	,967	,971
RegAustrales	,121	,0027	,116	,126	2041,371	1	0,000	1,129	1,123	1,135
DelitoReg	-,003	4,3699E-05	-,003	-,002	3457,163	1	0,000	,997	,997	,998
PobrezaReg	-,005	7,4977E-05	-,006	-,005	5112,017	1	0,000	,995	,995	,995
precip	8,187E-05	4,1072E-06	7,382E-05	8,992E-05	397,299	1	0,000	1,000	1,000	1,000
precipcuad	-1,335E-08	1,8882E-09	-1,71E-08	-9,65E-09	49,969	1	,000	1,000	1,000	1,000
TempMedia	,072	,0010	,070	,074	5092,571	1	0,000	1,075	1,072	1,077
TempMedcuad	-,002	3,5243E-05	-,002	-,002	3688,489	1	0,000	,998	,998	,998
MP10	-,00020	1,2274E-05	,000	,000	268,708	1	0,000	1,000	1,000	1,000
(Escala)	1ª									

Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Modelo: (Intersección), logIngpR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico, Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig, OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP10

a. Fijado en el valor mostrado.

Poisson, con variables externas, con contaminación (MP_{2,5}).

Información del modelo

Variable dependiente	r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?
Distribución de probabilidades	Poisson
Función de enlace	Log

Resumen del procesamiento de los casos

	N	Porcentaje	N sin ponderar
Incluido	8930882,00	100,0%	37447
Excluidos	0,00	0,0%	0
Total	8930882,00	100,0%	37447

Información de variable continua

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	N sin ponderar	
Variable dependiente	r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?	8930882,0	1	10	7,25	2,169	37447
Covariable	log Ingreso per cápita Real	8930882,0	3,72	6,62	5,3256	,37449	37447
	Edad (años cumplidos)	8930882,0	15	100	41,25	18,524	37447
	Edad al Cuadrado	8930882,0	225,00	10000,00	2044,97	1741,84220	37447
	Dummy Mujer	8930882,0	0,00	1,00	,5171	,49971	37447
	Dummy Casado	8930882,0	0,00	1,00	,3394	,47349	37447
	Dummy Conviviente	8930882,0	0,00	1,00	,1577	,36444	37447
	Dummy Etnia	8930882,0	0,00	1,00	,0605	,23839	37447
	Dummy 10% mayores ingresos, superior a 500.000 per cápita	8930882,0	0,00	1,00	,1393	,34625	37447
	Dummy Desocupado	8930882,0	0,00	1,00	,0488	,21539	37447
	Horas trabajadas por debajo de 11	8930882,0	0,00	1,00	,0411	,19855	37447
	Horas trabajadas mayor a 45	8930882,0	0,00	1,00	,1169	,32133	37447
	Dummy Extranjero	8930882,0	0,00	1,00	,0142	,11816	37447
	Dummy Patrón o Empleador	8930882,0	0,00	1,00	,0084	,09125	37447
	Dummy Cuenta Propia	8930882,0	0,00	1,00	,1226	,32801	37447
	Dummy Vivienda Aceptable	8930882,0	0,00	1,00	,8791	,32602	37447

Dummy particip activ religiosas	8930882,0	0,00	1,00	,0783	,26866	37447
Dummy particip activ de grupo	8930882,0	0,00	1,00	,1349	,34165	37447
Dummy Enfermedad Larga Duración	8930882,0	0,00	1,00	,0627	,24250	37447
Dummy Mala Percepción Salud, Notas 1 y 2	8930882,0	0,00	1,00	,0290	,16776	37447
Personas excluido servicio y su familia	8930882,0	1	20	4,30	2,156	37447
número de personas en el hogar al cuadrado	8930882,0	1,00	400,00	23,1811	25,00489	37447
Dummy Estudia	8930882,0	0,00	1,00	,1843	,38773	37447
Dummy Educ Media alcanzada	8930882,0	0,00	1,00	,4824	,49969	37447
Dummy Educ Superior alcanzada	8930882,0	0,00	1,00	,3099	,46246	37447
Horas trabajadas entre 11 y 22	8930882,0	0,00	1,00	,0409	,19795	37447
Dummy Ahorra	8930882,0	0,00	1,00	,1836	,38714	37447
Dummy Región Valparaíso	8930882,0	0,00	1,00	,0918	,28872	37447
Dummy Regiones Sur	8930882,0	0,00	1,00	,2445	,42980	37447
Dummy Regiones Australes	8930882,0	0,00	1,00	,0158	,12471	37447
Tasa de Delito Regional	8930882,0	14,68	44,24	31,9920	4,91806	37447
Tasa de Pobreza Regional	8930882,0	5,80	22,90	13,6856	3,99317	37447
Precipitaciones	8930882,0	0,00	1680,50	347,7183	403,38366	37447
Precipitaciones al Cuadrado	8930882,0	0,00	2824080,25	283626,36	589250,787	37447
Temperatura Media	8930882,0	6,41	18,78	13,8601	1,72651	37447
Temperatura Media al Cuadrado	8930882,0	41,09	352,69	195,0843	45,48398	37447
MP2.5	8930882,0	8,00	52,30	25,4146	8,40919	37447

Bondad de ajuste^a

	Valor	gl	Valor/gl
Desviianza	5878210,605	8930845	,658
Desviianza escalada	5878210,605	8930845	
Chi-cuadrado de Pearson	5336506,893	8930845	,598
Chi-cuadrado de Pearson escalado	5336506,893	8930845	
Log verosimilitud ^b	-19831897,074		
Criterio de información de Akaike (AIC)	39663868,148		
AIC corregido para muestras finitas (AICC)	39663868,149		
Criterio de información bayesiano (BIC)	39664386,334		
AIC consistente (CAIC)	39664423,334		

Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Modelo: (Intersección), logIngpcR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico, Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig,

OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP2.5

a. Los criterios de información están en forma "mejor cuanto más pequeño".

b. La función de log-verosimilitud completa se muestra y se utiliza para calcular los criterios de información.

Contraste Omnibus ^a		
Chi-cuadrado de la razón de verosimilitudes	gl	Sig.
621013,512	36	0,000
Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?		
Modelo: (Intersección), logIngpcR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico, Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig, OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP2.5		
a. Compara el modelo ajustado con el modelo con sólo la intersección.		

Contrastes de los efectos del modelo

Origen	Tipo III		
	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.
(Intersección)	11691,050	1	0,000
logIngpcR	87708,738	1	0,000
edad	36399,424	1	0,000
EdadCuadrado	31546,983	1	0,000
Mujer	55,319	1	0,000
Casado	56745,069	1	0,000
Conviviente	2391,802	1	0,000
Etnia	846,908	1	0,000
Rico	1595,523	1	0,000
Desocupado	15036,539	1	0,000
HorasTrabBaja	2414,766	1	0,000
HorasTrabAlta	57,703	1	0,000
Extranjero	17,736	1	0,000
Patrón	827,880	1	0,000
CuentaPropia	5455,854	1	0,000
CalidadViv	1065,225	1	0,000
ActivRelig	15415,989	1	0,000
OtrasActivGrupos	2666,609	1	0,000
EnfermLargaDur	10001,266	1	0,000
MalaSalud2	60701,918	1	0,000
numper	279,911	1	0,000
numpercuadrado	1116,394	1	0,000
Estudia	4524,081	1	0,000
EducMedia	4406,821	1	0,000
EducSuperior	2876,858	1	0,000
HorasTrabMedia	270,864	1	0,000
Ahorra	13039,869	1	0,000
RegValp	1184,333	1	0,000
RegSur	591,630	1	0,000
RegAustrales	1835,145	1	0,000
DelitoReg	4292,407	1	0,000
PobrezaReg	5677,661	1	0,000
precip	510,495	1	0,000

precipcuad	87,084	1	0,000
TempMedia	4949,928	1	0,000
TempMedcuad	3545,858	1	0,000
MP2.5	664,297	1	0,000

Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Modelo: (Intersección), logIngpcR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico, Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig, OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP2.5

Estimaciones de los parámetros

Parámetro	B	Típ. Error	Intervalo de confianza de Wald 95%		Contraste de hipótesis			Exp(B)	Intervalo de confianza de Wald de Exp(B) 95%	
			Inferior	Superior	Chi-cuadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
(Intersección)	,856	,0079	,840	,871	11691,050	1	0,000	2,353	2,317	2,390
logIngpcR	,157	,0005	,156	,158	87708,738	1	0,000	1,170	1,169	1,171
edad	-,008	0,000044	-,008	-,008	36399,424	1	0,000	,992	,992	,992
EdadCuadrado	0,000078	4,37E-07	7,685E-05	7,856E-05	31546,983	1	0,000	1,000	1,000	1,000
Mujer	,002	,0003	,001	,002	55,319	1	0,000	1,002	1,001	1,002
Casado	,077	,0003	,077	,078	56745,069	1	0,000	1,080	1,080	1,081
Conviviente	-,019	,0004	-,019	-,018	2391,802	1	0,000	,982	,981	,982
Etnia	-,016	,0005	-,017	-,015	846,908	1	0,000	,984	,983	,985
Rico	-,020	,0005	-,021	-,019	1595,523	1	0,000	,980	,979	,981
Desocupado	-,076	,0006	-,078	-,075	15036,539	1	0,000	,926	,925	,928
HorasTrabBaja	,031	,0006	,030	,033	2414,766	1	0,000	1,032	1,031	1,033
HorasTrabAlta	-,003	,0004	-,004	-,002	57,703	1	0,000	,997	,996	,998
Extranjero	,004	,0011	,002	,007	17,736	1	0,000	1,004	1,002	1,007
Patrón	-,039	,0014	-,042	-,036	827,880	1	0,000	,962	,959	,964
CuentaPropia	-,031	,0004	-,032	-,030	5455,854	1	0,000	,970	,969	,970
CalidadViv	,013	,0004	,012	,014	1065,225	1	0,000	1,013	1,012	1,014
ActivRelig	,058	,0005	,057	,059	15415,989	1	0,000	1,059	1,058	1,060
OtrasActivGrupos	,019	,0004	,018	,020	2666,609	1	0,000	1,019	1,019	1,020
EnfermLargaDur	-,058	,0006	-,059	-,057	10001,266	1	0,000	,944	,943	,945
MalaSalud2	-,213	,0009	-,215	-,212	60701,918	1	0,000	,808	,807	,809
numper	,004	,0002	,003	,004	279,911	1	0,000	1,004	1,003	1,004
numpercuadrado	-,001	0,000018	-,001	-,001	1116,394	1	0,000	,999	,999	,999
Estudia	,030	,0004	,029	,031	4524,081	1	0,000	1,031	1,030	1,031
EducMedia	,025	,0004	,024	,025	4406,821	1	0,000	1,025	1,024	1,026
EducSuperior	,024	,0005	,024	,025	2876,858	1	0,000	1,025	1,024	1,026
HorasTrabMedia	-,011	,0007	-,012	-,009	270,864	1	0,000	,989	,988	,991
Ahorra	,038	,0003	,037	,038	13039,869	1	0,000	1,038	1,038	1,039
RegValp	-,027	,0008	-,029	-,026	1184,333	1	0,000	,973	,972	,975
RegSur	-,030	,0012	-,032	-,027	591,630	1	0,000	,971	,968	,973
RegAustrales	,116	,0027	,110	,121	1835,145	1	0,000	1,123	1,117	1,129
DelitoReg	-,003	0,000041	-,003	-,003	4292,407	1	0,000	,997	,997	,997
PobrezaReg	-,005	0,000073	-,006	-,005	5677,661	1	0,000	,995	,994	,995
precip	0,000092	4,079E-06	8,416E-05	,000	510,495	1	0,000	1,000	1,000	1,000
precipcuad	-1,75E-08	1,88E-09	-2,118E-08	-1,383E-08	87,084	1	0,000	1,000	1,000	1,000
TempMedia	,070	,0010	,068	,072	4949,928	1	0,000	1,073	1,071	1,075
TempMedcuad	-,002	0,000035	-,002	-,002	3545,858	1	0,000	,998	,998	,998
MP2.5	-,00052	0,00002	-,001	,000	664,297	1	0,000	,999	,999	1,000
(Escala)	1 ^a									

Variable dependiente: r20. Considerando todas las cosas, ¿cuán satisfecho está usted con su vida en este momento?

Modelo: (Intersección), logIngpcR, edad, EdadCuadrado, Mujer, Casado, Conviviente, Etnia, Rico, Desocupado, HorasTrabBaja, HorasTrabAlta, Extranjero, Patrón, CuentaPropia, CalidadViv, ActivRelig, OtrasActivGrupos, EnfermLargaDur, MalaSalud2, numper, numpercuadrado, Estudia, EducMedia, EducSuperior, HorasTrabMedia, Ahorra, RegValp, RegSur, RegAustrales, DelitoReg, PobrezaReg, precip, precipcuad, TempMedia, TempMedcuad, MP2.5

a. Fijado en el valor mostrado.

ANEXO A.6

En este anexo se muestran todas las regresiones de percepción de salud utilizadas en forma amplia, con todos los indicadores estadísticos habituales.

De la Tabla 10.3

Mínimos Cuadrados Ordinarios, sin variables externas.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,528 ^a	,278	,278	1,108

a. Variables predictoras: (Constante), Felicidad 1, 2 y 3, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Regiones Australes, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ de grupo, Dummy Valparaíso, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Conviviente, Dummy Mujer, Dummy Desocupado, Dummy Ahorra, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Etnia, Dummy Regiones Norte, Dummy Sin Hacinaamiento, Dummy Enfermedad Larga Duración, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Casado, Dummy Cuenta Propia, Personas excluidodo servicio y su familia, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Regiones Sur, log Ingreso per cápita Real, Edad (años cumplidos), Dummy Educ Superior alcanzada

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	6296530,842	27	233204,846	190089,387	0,000 ^b
Residual	16314588,263	13298309	1,227		
Total	22611119,104	13298336			

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

b. Variables predictoras: (Constante), Felicidad 1, 2 y 3, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Regiones Australes, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ de grupo, Dummy Valparaíso, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Conviviente, Dummy Mujer, Dummy Desocupado, Dummy Ahorra, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Etnia, Dummy Regiones Norte, Dummy Sin Hacinaamiento, Dummy Enfermedad Larga Duración, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Casado, Dummy Cuenta Propia, Personas excluidodo servicio y su familia, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Regiones Sur, log Ingreso per cápita Real, Edad (años cumplidos), Dummy Educ Superior alcanzada

Coefficientes^a

Modelo	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	4,516	,005		825,188	0,000
log Ingreso per cápita Real	,303	,001	,085	296,516	0,000
Edad (años cumplidos)	-,008	,000	-,108	-337,013	0,000
Dummy Mujer	-,151	,001	-,058	-239,547	0,000
Dummy Casado	-,149	,001	-,055	-205,578	0,000
Dummy Conviviente	-,096	,001	-,027	-108,162	0,000
Dummy Etnia	-,050	,001	-,010	-42,545	0,000
Personas excluido servicio y su familia	,014	,000	,023	87,176	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,047	,001	,018	57,306	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,146	,001	,049	138,392	0,000
Dummy Desocupado	,071	,002	,011	47,049	0,000
Dummy Patrón o Empleador	,038	,003	,003	11,353	0,000

Dummy Cuenta Propia	-,140	,001	-,035	-138,684	0,000
Dummy Ahorra	,047	,001	,013	55,686	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,099	,001	,029	120,850	0,000
Dummy Sin Hacinamiento	,075	,001	,019	76,660	0,000
Dummy particip activ de grupo	,023	,001	,007	28,031	0,000
Dummy Regiones Norte	-,009	,001	-,002	-9,137	0,000
Dummy Valparaíso	,019	,001	,005	18,317	0,000
Dummy Regiones Sur	,018	,001	,006	24,272	0,000
Dummy Regiones Australes	,148	,003	,014	57,881	0,000
Dummy Enfermedad 3 meses últimos	-,638	,001	-,172	-704,810	0,000
Dummy Tratamiento Médico último año	-,677	,001	-,232	-845,552	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,767	,001	-,149	-593,454	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	-,008	,002	-,001	-4,953	0,000
Horas trabajadas entre 11 y 22	,071	,002	,010	43,330	0,000
Horas trabajadas mayor a 45	-,051	,001	-,013	-51,792	0,000
Felicidad 1, 2 y 3	-,737	,001	-,124	-524,051	0,000

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

Mínimos Cuadrados Ordinarios, con variables externas, sin contaminación.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,529 ^a	,280	,280	1,107

a. Variables predictoras: (Constante), Temperatura Mínima en Capitales Regionales, Felicidad 1, 2 y 3, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Dummy Vivienda Aceptable, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Mujer, Dummy Desocupado, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Dummy Ahorra, Dummy Etnia, Dummy Conviviente, Temperatura Máxima en Capitales Regionales, Personas excluidodo servicio y su familia, Dummy particip activ de grupo, Dummy Enfermedad Larga Duración, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Cuenta Propia, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Casado, Dummy Zona Urbana, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Valparaíso, Dummy Regiones Australes, log Ingreso per cápita Real, Edad (años cumplidos), Dummy Educ Superior alcanzada, Dummy Regiones Sur, Precipitaciones en Capitales Regionales al cuadrado, Dummy Regiones Norte, Precipitaciones en Capitales Regionales

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	6328158,548	33	191762,380	156612,442	0,000 ^b
Residual	16282960,556	13298303	1,224		
Total	22611119,104	13298336			

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

b. Variables predictoras: (Constante), Temperatura Mínima en Capitales Regionales, Felicidad 1, 2 y 3, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Patrón o Empleador, Dummy particip activ religiosas, Dummy Vivienda Aceptable, Horas trabajadas por debajo de 11, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Mujer, Dummy Desocupado, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Dummy Ahorra, Dummy Etnia, Dummy Conviviente, Temperatura Máxima en Capitales Regionales, Personas excluidodo servicio y su familia, Dummy particip activ de grupo, Dummy Enfermedad Larga Duración, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Cuenta Propia, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Casado, Dummy Zona Urbana, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Valparaíso, Dummy Regiones Australes, log Ingreso per cápita Real, Edad (años cumplidos), Dummy Educ Superior alcanzada, Dummy Regiones Sur, Precipitaciones en Capitales Regionales al cuadrado, Dummy Regiones Norte, Precipitaciones en Capitales Regionales

Coefficientes^a

Modelo	Coefficients no estandarizados		Coefficients tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	4,941	,009		527,954	0,000
log Ingreso per cápita Real	,306	,001	,086	299,535	0,000
Edad (años cumplidos)	-,008	,000	-,109	-338,776	0,000
Dummy Mujer	-,150	,001	-,058	-238,251	0,000
Dummy Casado	-,148	,001	-,054	-204,500	0,000
Dummy Conviviente	-,096	,001	-,027	-108,581	0,000
Dummy Etnia	-,053	,001	-,011	-44,091	0,000
Personas excluido servicio y su familia	,013	,000	,021	78,957	0,000
Dummy Zona Urbana	-,009	,001	-,002	-8,454	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,048	,001	,018	57,804	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,146	,001	,049	137,231	0,000
Dummy Desocupado	,064	,002	,010	42,348	0,000
Dummy Patrón o Empleador	,035	,003	,002	10,464	0,000
Dummy Cuenta Propia	-,143	,001	-,036	-142,089	0,000
Dummy Ahorra	,044	,001	,013	53,231	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,092	,001	,027	108,102	0,000
Dummy Sin Hacinamiento	,071	,001	,018	72,034	0,000
Dummy particip activ religiosas	-,004	,001	-,001	-3,536	0,000
Dummy particip activ de grupo	,023	,001	,006	26,852	0,000
Dummy Regiones Norte	-,240	,002	-,059	-111,637	0,000
Dummy Valparaíso	-,235	,002	-,055	-120,384	0,000
Dummy Regiones Sur	-,153	,002	-,056	-65,223	0,000
Dummy Regiones Australes	-,131	,004	-,012	-34,034	0,000
Dummy Enfermedad 3 meses últimos	-,641	,001	-,173	-707,176	0,000
Dummy Tratamiento Médico último año	-,677	,001	-,232	-846,099	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,764	,001	-,148	-591,041	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	-,010	,002	-,001	-6,237	0,000
Horas trabajadas entre 11 y 22	,072	,002	,011	43,970	0,000
Horas trabajadas mayor a 45	-,050	,001	-,012	-50,297	0,000
Felicidad 1, 2 y 3	-,736	,001	-,124	-523,473	0,000
Precipitaciones en Capitales Regionales	,000	,000	,080	33,085	0,000
Precipitaciones en Capitales Regionales al cuadrado	-1,373E-07	,000	-,076	-46,615	0,000
Temperatura Máxima en Capitales Regionales	-,029	,000	-,068	-103,783	0,000
Temperatura Mínima en Capitales Regionales	,029	,000	,046	92,284	0,000

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

Mínimos Cuadrados Ordinarios, con variables externas, con contaminación (MP₁₀).

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,530 ^a	,281	,281	1,100

a. Variables predictoras: (Constante), MP10, Felicidad 1, 2 y 3, Dummy Etnia, Dummy Patrón o Empleador, Horas trabajadas por debajo de 11, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Extranjero, Dummy Mujer, Dummy

Casado, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy particip activ de grupo, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Ahorra, Dummy Desocupado, Dummy Regiones Australes, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Enfermedad Larga Duración, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Regiones Sur, Dummy Cuenta Propia, Dummy Conviviente, Personas excluidodo servicio y su familia, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Región Valparaíso, log Ingreso per cápita Real, Dummy Regiones Norte, Edad (años cumplidos), Precipitaciones al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Temperatura Máxima, Precipitaciones

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	4226087,629	32	132065,238	109102,014	0,000 ^b
Residual	10810284,130	8930615	1,210		
Total	15036371,759	8930647			

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

b. Variables predictoras: (Constante), MP10, Felicidad 1, 2 y 3, Dummy Etnia, Dummy Patrón o Empleador, Horas trabajadas por debajo de 11, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Extranjero, Dummy Mujer, Dummy Casado, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy particip activ de grupo, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Ahorra, Dummy Desocupado, Dummy Regiones Australes, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Enfermedad Larga Duración, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Regiones Sur, Dummy Cuenta Propia, Dummy Conviviente, Personas excluidodo servicio y su familia, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Región Valparaíso, log Ingreso per cápita Real, Dummy Regiones Norte, Edad (años cumplidos), Precipitaciones al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Temperatura Máxima, Precipitaciones

Coefficientes^a

Modelo	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	5,028	,009		533,468	0,000
log Ingreso per cápita Real	,328	,001	,095	266,807	0,000
Edad (años cumplidos)	-,007	,000	-,094	-238,868	0,000
Dummy Mujer	-,167	,001	-,064	-217,916	0,000
Dummy Casado	-,163	,001	-,059	-183,900	0,000
Dummy Conviviente	-,138	,001	-,039	-127,144	0,000
Dummy Etnia	-,040	,002	-,007	-25,409	0,000
Personas excluido servicio y su familia	,017	,000	,028	87,446	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,038	,001	,015	35,543	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,123	,001	,044	94,272	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	,015	,002	,002	7,654	0,000
Horas trabajadas entre 11 y 22	,083	,002	,013	43,024	0,000
Horas trabajadas mayor a 45	-,064	,001	-,016	-52,612	0,000
Dummy Patrón o Empleador	,086	,004	,006	20,905	0,000
Dummy Cuenta Propia	-,152	,001	-,038	-126,074	0,000
Dummy Ahorra	,041	,001	,012	41,648	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,108	,001	,027	92,342	0,000
Dummy particip activ de grupo	,014	,001	,004	12,611	0,000
Dummy Región Valparaíso	-,321	,002	-,071	-153,561	0,000
Dummy Regiones Sur	-,333	,003	-,110	-111,356	0,000
Dummy Regiones Australes	-,411	,004	-,039	-93,355	0,000
Precipitaciones	,001	,000	,201	80,356	0,000
Precipitaciones al Cuadrado	-3,251E-07	,000	-,148	-85,365	0,000
Dummy Extranjero	,060	,003	,005	18,939	0,000
Dummy Desocupado	,086	,002	,014	48,553	0,000
Dummy Enfermedad 3 meses últimos	-,640	,001	-,170	-569,009	0,000

Dummy Tratamiento Médico último año	-,674	,001	-,232	-686,033	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,818	,002	-,153	-499,381	0,000
Dummy Sin Hacinamiento	,136	,001	,035	112,383	0,000
Dummy Regiones Norte	-,150	,002	-,038	-89,562	0,000
Felicidad 1, 2 y 3	-,702	,002	-,115	-399,531	0,000
Temperatura Máxima	-,018	,000	-,039	-63,004	0,000
MP10	-,006	,000	-,067	-145,371	0,000

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

Mínimos Cuadrados Ordinarios, con variables externas, con contaminación (MP_{2,5}).

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,530 ^a	,281	,281	1,100

a. Variables predictoras: (Constante), Temperatura Máxima, Felicidad 1, 2 y 3, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Casado, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Extranjero, Dummy Mujer, Dummy Patrón o Empleador, Horas trabajadas por debajo de 11, MP2.5, Dummy particip activ de grupo, Dummy Etnia, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy Ahorra, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Desocupado, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Cuenta Propia, Dummy Conviviente, Personas excluido servicio y su familia, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Región Valparaíso, Dummy Regiones Australes, log Ingreso per cápita Real, Dummy Regiones Norte, Edad (años cumplidos), Precipitaciones al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Dummy Regiones Sur, Precipitaciones

ANOVA^a

Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1 Regresión	4230676,576	32	132208,643	109266,867	0,000 ^b
Residual	10805695,184	8930615	1,210		
Total	15036371,759	8930647			

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

b. Variables predictoras: (Constante), Temperatura Máxima, Felicidad 1, 2 y 3, Dummy Educ Media alcanzada, Dummy Casado, Horas trabajadas entre 11 y 22, Dummy Extranjero, Dummy Mujer, Dummy Patrón o Empleador, Horas trabajadas por debajo de 11, MP2.5, Dummy particip activ de grupo, Dummy Etnia, Dummy Enfermedad Larga Duración, Dummy Ahorra, Dummy Vivienda Aceptable, Dummy Desocupado, Dummy Sin Hacinamiento, Dummy Enfermedad 3 meses últimos, Horas trabajadas mayor a 45, Dummy Cuenta Propia, Dummy Conviviente, Personas excluido servicio y su familia, Dummy Tratamiento Médico último año, Dummy Región Valparaíso, Dummy Regiones Australes, log Ingreso per cápita Real, Dummy Regiones Norte, Edad (años cumplidos), Precipitaciones al Cuadrado, Dummy Educ Superior alcanzada, Dummy Regiones Sur, Precipitaciones

Coefficientes^a

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	t	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
1 (Constante)	5,077	,009		538,112	0,000
log Ingreso per cápita Real	,328	,001	,095	266,484	0,000
Edad (años cumplidos)	-,007	,000	-,094	-238,701	0,000
Dummy Mujer	-,167	,001	-,064	-218,245	0,000
Dummy Casado	-,163	,001	-,060	-184,920	0,000
Dummy Conviviente	-,139	,001	-,039	-128,092	0,000
Dummy Etnia	-,034	,002	-,006	-21,821	0,000

Personas excluido servicio y su familia	,017	,000	,029	88,228	0,000
Dummy Educ Media alcanzada	,038	,001	,014	35,320	0,000
Dummy Educ Superior alcanzada	,125	,001	,045	95,886	0,000
Horas trabajadas por debajo de 11	,014	,002	,002	7,260	0,000
Horas trabajadas entre 11 y 22	,080	,002	,012	41,539	0,000
Horas trabajadas mayor a 45	-,062	,001	-,015	-51,217	0,000
Dummy Patrón o Empleador	,091	,004	,006	22,196	0,000
Dummy Cuenta Propia	-,148	,001	-,037	-122,491	0,000
Dummy Ahorra	,040	,001	,012	40,877	0,000
Dummy Vivienda Aceptable	,104	,001	,026	89,228	0,000
Dummy particip activ de grupo	,017	,001	,004	15,211	0,000
Dummy Región Valparaiso	-,323	,002	-,072	-154,821	0,000
Dummy Regiones Sur	-,284	,003	-,094	-94,225	0,000
Dummy Regiones Australes	-,432	,004	-,042	-98,534	0,000
Precipitaciones	,001	,000	,247	98,840	0,000
Precipitaciones al Cuadrado	-3,775E-07	,000	-,171	-99,334	0,000
Dummy Extranjero	,053	,003	,005	16,931	0,000
Dummy Desocupado	,086	,002	,014	48,659	0,000
Dummy Enfermedad 3 meses últimos	-,638	,001	-,169	-567,832	0,000
Dummy Tratamiento Médico último año	-,677	,001	-,232	-688,807	0,000
Dummy Enfermedad Larga Duración	-,817	,002	-,153	-499,057	0,000
Dummy Sin Hacinaamiento	,139	,001	,036	114,914	0,000
Dummy Regiones Norte	-,116	,002	-,030	-72,843	0,000
Felicidad 1, 2 y 3	-,701	,002	-,115	-399,229	0,000
MP2.5	-,010	,000	-,062	-157,906	0,000
Temperatura Máxima	-,027	,000	-,059	-104,425	0,000

a. Variable dependiente: s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?

De la Tabla 10.4

Probit Ordenado, sin variables externas.

Resumen del procesamiento de los casos

	N	Porcentaje marginal
s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?		
1 Muy mal	177227,72	1,3%
2	228413,11	1,7%
3	518543,41	3,9%
4	1375613,72	10,3%
5	3470623,60	26,1%
6	3942397,84	29,6%
7 Muy bien	3585517,54	27,0%
Válidos	13298336,93	100,0%
Perdidos	0,00	
Total	13298336,93	

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	41297243,860			
Final	37407056,115	3890187,744	29	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	87776044,915	466147	0,000
Desviación	37407009,716	466147	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,254
Nagelkerke	,266
McFadden	,094

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[s19 = 1]	-1,671	,005	95438,484	1	0,000	-1,681	-1,660
	[s19 = 2]	-1,248	,005	54228,880	1	0,000	-1,258	-1,237
	[s19 = 3]	-,752	,005	19897,898	1	0,000	-,763	-,742
	[s19 = 4]	-,074	,005	190,969	1	0,000	-,084	-,063
	[s19 = 5]	,878	,005	27223,018	1	0,000	,867	,888
	[s19 = 6]	1,775	,005	110873,942	1	0,000	1,764	1,785
Ubicación	logIngpcR	,301	,001	92354,598	1	0,000	,299	,303
	edad	-,008	2,164E-05	132863,230	1	0,000	-,008	-,008
	Mujer	-,151	,001	61031,184	1	0,000	-,152	-,149
	Casado	-,151	,001	47337,123	1	0,000	-,153	-,150
	Conviviente	-,099	,001	13279,128	1	0,000	-,100	-,097
	Etnia	-,064	,001	3189,310	1	0,000	-,066	-,062
	numper	,015	,000	9489,374	1	0,000	,015	,016
	Urbana	,016	,001	254,722	1	0,000	,014	,018
	EducMedia	,030	,001	1452,819	1	0,000	,029	,032
	EducSuperior	,123	,001	14517,263	1	0,000	,121	,125
	Desocupado	,080	,001	2979,923	1	0,000	,077	,083
	HorasTrabBaja	,005	,002	11,181	1	0,001	,002	,008
	HorasTrabMedia	,065	,002	1708,467	1	0,000	,062	,068
	HorasTrabAlta	-,066	,001	4755,239	1	0,000	-,068	-,064
	Patrón	,014	,003	17,866	1	0,000	,007	,020
	CuentaPropia	-,154	,001	25183,636	1	0,000	-,156	-,152
	Ahorra	,041	,001	2561,988	1	0,000	,039	,043
	CalidadViv	,087	,001	11278,421	1	0,000	,085	,088
	SinHacinamiento	,062	,001	4311,727	1	0,000	,060	,064
ActivRelig	-,008	,001	57,925	1	0,000	-,010	-,006	
OtrasActivGrupos	,011	,001	194,356	1	0,000	,010	,013	

RegNorte	-,005	,001	23,893	1	0,000	-,007	-,003
Valparaiso	,017	,001	277,617	1	0,000	,015	,019
RegSur	,014	,001	359,020	1	0,000	,012	,015
RegAustres	,145	,002	3365,358	1	0,000	,140	,149
Enfermedad	-,564	,001	428282,005	1	0,000	-,566	-,562
Tratat12Meses	-,605	,001	623114,223	1	0,000	-,606	-,603
EnfermLargaDur	-,596	,001	238637,735	1	0,000	-,599	-,594
Infelicidad12y3	-,566	,001	181844,789	1	0,000	-,568	-,563

Función de vínculo: Probit.

Probit Ordenado, con variables externas, sin contaminación.

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien. ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?	1 Muy mal	177227,72	1,3%
	2	228413,11	1,7%
	3	518543,41	3,9%
	4	1375613,72	10,3%
	5	3470623,60	26,1%
	6	3942397,84	29,6%
	7 Muy bien	3585517,54	27,0%
Válidos		13298336,93	100,0%
Perdidos		0,00	
Total		13298336,93	

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	41297243,860			
Final	37384606,482	3912637,378	33	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	86013680,064	466143	0,000
Desviación	37384560,082	466143	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,255
Nagelkerke	,267
McFadden	,095

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[s19 = 1]	-2,106	,009	53614,896	1	0,000	-2,124	-2,089
	[s19 = 2]	-1,682	,009	34422,190	1	0,000	-1,700	-1,664
	[s19 = 3]	-1,185	,009	17161,129	1	0,000	-1,203	-1,168
	[s19 = 4]	-,506	,009	3136,576	1	0,000	-,524	-,489
	[s19 = 5]	,446	,009	2431,732	1	0,000	,428	,463
	[s19 = 6]	1,344	,009	22078,194	1	0,000	1,326	1,361
Ubicación	logIngpcR	,305	,001	94076,948	1	0,000	,303	,307
	edad	-,008	2,165E-05	134278,045	1	0,000	-,008	-,008
	Mujer	-,150	,001	60411,165	1	0,000	-,151	-,149
	Casado	-,151	,001	47072,453	1	0,000	-,152	-,150
	Conviviente	-,099	,001	13314,063	1	0,000	-,101	-,097
	Etnia	-,063	,001	3026,518	1	0,000	-,065	-,061
	numper	,014	,000	8073,310	1	0,000	,014	,014
	Urbana	,007	,001	47,554	1	0,000	,005	,009
	EducMedia	,031	,001	1503,835	1	0,000	,029	,032
	EducSuperior	,123	,001	14419,529	1	0,000	,121	,125
	Desocupado	,074	,001	2567,181	1	0,000	,072	,077
	HorasTrabBaja	,004	,002	5,611	1	0,018	,001	,007
	HorasTrabMedia	,067	,002	1782,618	1	0,000	,064	,070
	HorasTrabAlta	-,064	,001	4520,668	1	0,000	-,066	-,063
	Patrón	,012	,003	13,210	1	0,000	,006	,018
	CuentaPropia	-,156	,001	26053,065	1	0,000	-,158	-,155
	Ahorra	,039	,001	2297,744	1	0,000	,037	,040
	CalidadViv	,081	,001	9814,282	1	0,000	,079	,083
	SinHacinamiento	,059	,001	3873,798	1	0,000	,057	,061
	ActivRelig	-,013	,001	146,526	1	0,000	-,015	-,011
	OtrasActivGrupos	,011	,001	172,828	1	0,000	,009	,012
	RegNorte	-,218	,002	11122,475	1	0,000	-,222	-,213
	Valparaiso	-,207	,002	12188,107	1	0,000	-,211	-,203
	RegSur	-,117	,002	2706,991	1	0,000	-,121	-,113
	RegAustrales	-,109	,004	852,841	1	0,000	-,116	-,102
	Enfermedad	-,568	,001	432869,844	1	0,000	-,570	-,566
	Tratat12Meses	-,605	,001	623748,434	1	0,000	-,607	-,604
	EnfermLargaDur	-,594	,001	236996,772	1	0,000	-,597	-,592
	Infelicidad12y3	-,566	,001	181496,496	1	0,000	-,568	-,563
	PrecipCapitales	,000	6,803E-06	513,583	1	0,000	,000	,000
PrecipCuadrado	-1,096E-07	2,835E-09	1494,997	1	0,000	-1,152E-07	-1,041E-07	
TempMaxCapitales	-,028	,000	10580,290	1	0,000	-,028	-,027	
TempMinCapitales	,026	,000	6947,049	1	0,000	,025	,026	

Función de vínculo: Probit.

Probit Ordenado, con variables externas, con contaminación (MP₁₀)

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?	1 Muy mal	119037,68	1,3%
	2	139791,07	1,6%
	3	319706,47	3,6%
	4	887462,15	9,9%
	5	2269545,72	25,4%
	6	2625937,62	29,4%
	7 Muy bien	2569167,09	28,8%
Válidos		8930647,80	100,0%
Perdidos		0,00	
Total		8930647,80	

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	27461105,259			
Final	24872252,337	2588852,922	30	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	55348335,544	224520	0,000
Desviación	24872228,113	224520	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,252
Nagelkerke	,264
McFadden	,094

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

		Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Umbral	[s19 = 1]	-1,909	,009	49673,223	1	0,000	-1,926	-1,892
	[s19 = 2]	-1,504	,009	31183,498	1	0,000	-1,521	-1,488
	[s19 = 3]	-1,020	,008	14438,456	1	0,000	-1,037	-1,004
	[s19 = 4]	-,338	,008	1591,057	1	0,000	-,355	-,322
	[s19 = 5]	,606	,008	5117,136	1	0,000	,590	,623
	[s19 = 6]	1,488	,008	30736,884	1	0,000	1,471	1,504
Ubicación	logIngpcR	,344	,001	82962,272	1	0,000	,342	,347
	edad	-,007	2,647E-05	67599,066	1	0,000	-,007	-,007
	Mujer	-,170	,001	51484,870	1	0,000	-,171	-,168
	Casado	-,167	,001	38150,454	1	0,000	-,169	-,165
	Conviviente	-,155	,001	21534,084	1	0,000	-,157	-,153

Etnia	-,069	,002	2035,320	1	0,000	-,072	-,066
numper	,012	,000	4622,060	1	0,000	,012	,013
EducMedia	,015	,001	218,818	1	,000	,013	,017
EducSuperior	,101	,001	6371,618	1	0,000	,099	,103
Desocupado	,112	,002	4139,449	1	0,000	,109	,116
HorasTrabBaja	,024	,002	166,197	1	,000	,020	,028
HorasTrabMedia	,066	,002	1253,469	1	,000	,063	,070
HorasTrabAlta	-,087	,001	5405,598	1	0,000	-,089	-,084
Patrón	,060	,004	220,063	1	,000	,052	,068
CuentaPropia	-,164	,001	19653,501	1	0,000	-,166	-,162
Ahorra	,035	,001	1278,300	1	,000	,033	,036
CalidadViv	,102	,001	8279,310	1	0,000	,100	,104
ActivRelig	-,017	,001	159,885	1	,000	-,020	-,014
RegValp	-,300	,002	21956,218	1	0,000	-,304	-,296
RegSur	-,368	,003	17699,706	1	0,000	-,373	-,362
RegAustrales	-,356	,004	6898,944	1	0,000	-,364	-,347
precip	,001	6,807E-06	17529,563	1	0,000	,001	,001
precipcuad	-4,342E-07	3,353E-09	16766,867	1	0,000	-4,408E-07	-4,276E-07
Enfermedad	-,572	,001	282146,084	1	0,000	-,574	-,570
TratMed12Meses	-,600	,001	400818,700	1	0,000	-,602	-,598
EnfermLargaDur	-,635	,002	166293,436	1	0,000	-,638	-,632
Extranjero	,029	,003	92,108	1	,000	,023	,035
Infelicidad12y3	-,539	,002	104197,438	1	0,000	-,542	-,536
TempMax	-,010	,000	1533,940	1	0,000	-,011	-,010
MP10	-,005	3,653E-05	16595,815	1	0,000	-,005	-,005

Función de vínculo: Probit.

Probit Ordenado, con variables externas, con contaminación (MP_{2,5})

Resumen del procesamiento de los casos

		N	Porcentaje marginal
s19. Ahora, en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a muy mal y 7 a muy bien, ¿qué nota le pondría a su estado de salud actual?	1 Muy mal	119037,68	1,3%
	2	139791,07	1,6%
	3	319706,47	3,6%
	4	887462,15	9,9%
	5	2269545,72	25,4%
	6	2625937,62	29,4%
	7 Muy bien	2569167,09	28,8%
Válidos		8930647,80	100,0%
Perdidos		0,00	
Total		8930647,80	

Información sobre el ajuste de los modelos

Modelo	-2 log de la verosimilitud	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Sólo intersección	27461105,259			
Final	24864858,617	2596246,642	30	0,000

Función de vínculo: Probit.

Bondad de ajuste

	Chi-cuadrado	gl	Sig.
Pearson	55388916,107	224520	0,000
Desviación	24864834,393	224520	0,000

Función de vínculo: Probit.

Pseudo R-cuadrado

Cox y Snell	,252
Nagelkerke	,264
McFadden	,095

Función de vínculo: Probit.

Estimaciones de los parámetros

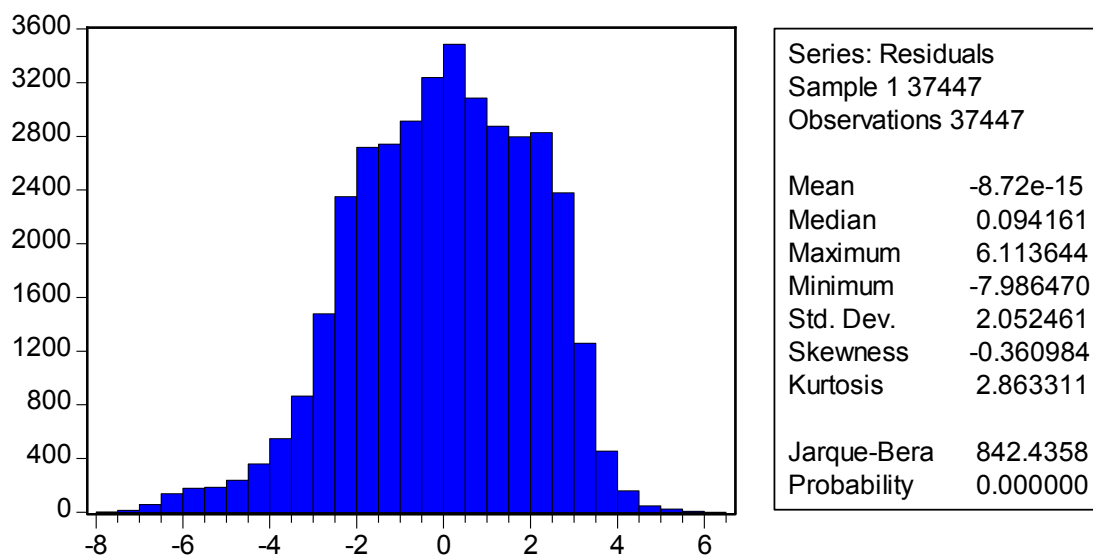
	Estimación	Error típ.	Wald	gl	Sig.	Intervalo de confianza 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Umbral [s19 = 1]	-2,012	,008	56068,976	1	0,000	-2,029	-1,995
[s19 = 2]	-1,607	,008	36172,458	1	0,000	-1,623	-1,590
[s19 = 3]	-1,123	,008	17780,315	1	0,000	-1,139	-1,106
[s19 = 4]	-,441	,008	2748,965	1	0,000	-,457	-,424
[s19 = 5]	,504	,008	3595,285	1	0,000	,488	,520
[s19 = 6]	1,386	,008	27134,268	1	0,000	1,369	1,402
Ubicación logIngpR	,343	,001	82244,152	1	0,000	,340	,345
edad	-,007	2,646E-05	67413,708	1	0,000	-,007	-,007
Mujer	-,169	,001	51385,665	1	0,000	-,171	-,168
Casado	-,168	,001	38560,994	1	0,000	-,170	-,166
Conviviente	-,156	,001	21940,212	1	0,000	-,158	-,154
Etnia	-,061	,002	1612,336	1	0,000	-,064	-,058
numper	,012	,000	4459,372	1	0,000	,012	,013
EducMedia	,015	,001	228,976	1	0,000	,013	,017
EducSuperior	,104	,001	6690,520	1	0,000	,101	,106
Desocupado	,111	,002	4028,941	1	0,000	,107	,114
HorasTrabBaja	,024	,002	165,611	1	0,000	,020	,028
HorasTrabMedia	,064	,002	1163,669	1	0,000	,060	,067
HorasTrabAlta	-,084	,001	5123,304	1	0,000	-,087	-,082
Patrón	,067	,004	268,199	1	0,000	,059	,074
CuentaPropia	-,160	,001	18687,990	1	0,000	-,162	-,158
Ahorra	,033	,001	1173,944	1	0,000	,031	,035
CalidadViv	,098	,001	7649,097	1	0,000	,096	,100
ActivRelig	-,016	,001	148,513	1	0,000	-,019	-,014
RegValp	-,311	,002	23512,808	1	0,000	-,315	-,307
RegSur	-,310	,003	12622,782	1	0,000	-,315	-,304
RegAustrales	-,377	,004	7836,917	1	0,000	-,386	-,369
precip	,001	6,862E-06	20488,414	1	0,000	,001	,001
precipcuad	-4,588E-07	3,363E-09	18610,694	1	0,000	-4,654E-07	-4,523E-07
MP2.5	-,009	5,732E-05	23943,040	1	0,000	-,009	-,009
Enfermedad	-,571	,001	280516,934	1	0,000	-,573	-,568
TratMed12Meses	-,602	,001	403933,727	1	0,000	-,604	-,600
EnfermLargaDur	-,634	,002	165605,807	1	0,000	-,637	-,631
Extranjero	,025	,003	65,109	1	0,000	,019	,031
Infelicidad12y3	-,539	,002	104231,899	1	0,000	-,542	-,536
TempMax	-,019	,000	6727,848	1	0,000	-,019	-,018

Función de vínculo: Probit.

ANEXO A.7

En este anexo se muestran las pruebas típicas asociadas a las regresiones de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Prueba de Normalidad de los Residuos.



La probabilidad de Jarque-Bera es menor a 0,05, por lo que estaría mostrando problemas de normalidad. Pero como se señaló en el anexo 1, los problemas de normalidad son típicos en muchas variables económicas.

Prueba de Correlación de los Residuos

En la regresión se obtuvo un estadístico de Durbin Watson de 0,3175, lo que estaría indicando problemas de autocorrelación.

Además, en la prueba de Breusch-Godfrey también se encontraron problemas (se probó con varios rezagos, pero se muestra sin rezagos), pues las probabilidades de F y de Chi-Square fueron menores a 0,05:

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:			
F-statistic	106299.7	Prob. F(1,37410)	0.000000
Obs*R-squared	27698.93	Prob. Chi-Square(1)	0.000000
Test Equation:			
Dependent Variable: RESID			
Method: Least Squares			

Included observations: 37447				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.307021	0.236544	18.20809	0.0000
LOGINGPCR	-0.375711	0.022073	-17.02165	0.0000
EDAD	0.006324	0.001914	3.303603	0.0010
EDADCUADRADO	-0.000101	1.89E-05	-5.335161	0.0000
DUMMYMUJER	-0.056819	0.012008	-4.731607	0.0000
DUMMYCASADO	-0.299845	0.013547	-22.13386	0.0000
DUMMYCONVIVIENTE	-0.030686	0.016470	-1.863117	0.0625
DUMMYETNIA	0.123587	0.018864	6.551558	0.0000
NUMPER	-0.088034	0.009897	-8.895071	0.0000
NUMPERCUADRADO	0.004733	0.000971	4.873040	0.0000
DUMMYRICO	0.376776	0.022126	17.02865	0.0000
DUMMYESTUDIA	-0.186575	0.024546	-7.600900	0.0000
DUMMYEDUCMEDIA	-0.081553	0.014410	-5.659437	0.0000
DUMMYEDUCSUP	-0.176726	0.018856	-9.372291	0.0000
DUMMYMALASALUD1Y2	0.814095	0.030833	26.40311	0.0000
DUMMYENFERMLARGA	0.407045	0.021343	19.07185	0.0000
DUMMYDESOCUPADO	0.404290	0.029147	13.87092	0.0000
DUMMYHORASTRABBAJA	0.047095	0.027740	1.697708	0.0896
DUMMYHORASTRABMEDIA	0.184270	0.028479	6.470323	0.0000
DUMMYHORASTRABALTA	0.025993	0.017458	1.488953	0.1365
DUMMYPATRON	0.071736	0.055346	1.296120	0.1949
DUMMYCUENTAPROPIA	0.195633	0.018431	10.61450	0.0000
DUMMYAHORRA	-0.150103	0.014088	-10.65490	0.0000
DUMMYCALVIVIENDA	-0.127273	0.016923	-7.520867	0.0000
DUMMYPARTICRELIG	-0.265911	0.019258	-13.80791	0.0000
DUMMYPARTICOTRASACT	-0.071000	0.015129	-4.692921	0.0000
DUMMYVALPO	0.158766	0.033516	4.736985	0.0000
DUMMYREGSUR	0.148848	0.042268	3.521538	0.0004
DUMMYREGAUST	-0.445967	0.072072	-6.187775	0.0000
TASADELITOREG	0.010592	0.001219	8.686139	0.0000
TASAPOBREG	-0.002437	0.002520	-0.967401	0.3333
PRECIP	-0.000213	0.000127	-1.678003	0.0934
PRECIPCUADRADO	6.86E-08	5.79E-08	1.185424	0.2359
TEMPMEDIA	-0.328894	0.027654	-11.89330	0.0000
TEMPMEDIACUADRADO	0.011356	0.000941	12.06941	0.0000
MP10	0.003782	0.000508	7.437811	0.0000
RESID(-1)	0.879373	0.002697	326.0363	0.0000
R-squared	0.739683	Mean dependent var		-8.72E-15
Adjusted R-squared	0.739433	S.D. dependent var		2.052461
S.E. of regression	1.047694	Akaike info criterion		2.932049
Sum squared resid	41063.59	Schwarz criterion		2.940477

Log likelihood	-54861.21	F-statistic	2952.768
Durbin-Watson stat	2.084523	Prob(F-statistic)	0.000000

Prueba de Heterocedasticidad de los Residuos

Primero, se muestra la prueba de heterocedasticidad de White, sin términos cruzados, donde se encuentran problemas de heterocedasticidad, pues las probabilidades de F y de Chi-Square fueron menores a 0,05:

White Heteroskedasticity Test:				
F-statistic	23.99411	Prob. F(43,37403)		0.000000
Obs*R-squared	1005.232	Prob. Chi-Square(43)		0.000000
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Included observations: 37447				
Collinear test regressors dropped from specification				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.164441	5.341661	-0.030785	0.9754
LOGINGPCR	2.286846	1.826795	1.251835	0.2106
LOGINGPCR^2	-0.338844	0.175289	-1.933054	0.0532
EDAD	-0.001942	0.026501	-0.073286	0.9416
EDAD^2	0.000310	0.000405	0.764185	0.4448
EDADCUADRADO^2	-2.92E-08	2.34E-08	-1.249197	0.2116
DUMMYMUJER	0.102161	0.065142	1.568281	0.1168
DUMMYCASADO	-0.350115	0.074145	-4.722061	0.0000
DUMMYCONVIVIENTE	-0.050218	0.089917	-0.558492	0.5765
DUMMYETNIA	0.115058	0.102975	1.117336	0.2639
NUMPER	-0.231357	0.084988	-2.722240	0.0065
NUMPER^2	0.034215	0.011218	3.049915	0.0023
NUMPERCUADRADO^2	-0.000106	3.61E-05	-2.936942	0.0033
DUMMYRICO	0.228371	0.150583	1.516579	0.1294
DUMMYESTUDIA	-0.133968	0.139893	-0.957645	0.3382
DUMMYEDUCMEDIA	-0.216060	0.078274	-2.760305	0.0058
DUMMYEDUCSUP	-0.444167	0.103647	-4.285389	0.0000
DUMMYMALASALUD1Y2	2.059583	0.166536	12.36723	0.0000
DUMMYENFERMLARGA	0.576487	0.115576	4.987945	0.0000
DUMMYDESOCUPADO	0.576447	0.157911	3.650461	0.0003
DUMMYHORASTRABBAJA	0.316030	0.150355	2.101889	0.0356
DUMMYHORASTRABMEDIA	0.003066	0.154292	0.019869	0.9841
DUMMYHORASTRABALTA	0.236825	0.094774	2.498852	0.0125
DUMMYPATRON	-0.118868	0.300789	-0.395187	0.6927

DUMMYCUENTAPROPIA	0.285534	0.099945	2.856917	0.0043
DUMMYAHORRA	-0.397753	0.076606	-5.192202	0.0000
DUMMYCALVIVIENDA	-0.365765	0.091803	-3.984223	0.0001
DUMMYPARTICRELIG	-0.066021	0.104368	-0.632572	0.5270
DUMMYPARTICOTRASACT	-0.131983	0.082070	-1.608164	0.1078
DUMMYVALPO	-0.088083	0.222632	-0.395646	0.6924
DUMMYREGSUR	0.161592	0.291947	0.553496	0.5799
DUMMYREGAUST	1.041409	0.406982	2.558859	0.0105
TASADELITOREG	0.025169	0.065250	0.385741	0.6997
TASADELITOREG^2	-0.000329	0.000951	-0.346268	0.7291
TASAPOBREG	0.168718	0.072711	2.320397	0.0203
TASAPOBREG^2	-0.005951	0.002449	-2.429375	0.0151
PRECIP	-0.000139	0.001179	-0.118170	0.9059
PRECIP^2	-1.16E-07	1.06E-06	-0.109708	0.9126
PRECIPCUADRADO^2	4.51E-14	2.00E-13	0.224971	0.8220
TEMPMEDIA	0.014438	0.688229	0.020979	0.9833
TEMPMEDIA^2	0.014108	0.037301	0.378211	0.7053
TEMPMEDIACUADRADO^2	-3.66E-05	3.08E-05	-1.188336	0.2347
MP10	-0.017889	0.019905	-0.898750	0.3688
MP10^2	0.000111	0.000179	0.621337	0.5344
R-squared	0.026844	Mean dependent var		4.212483
Adjusted R-squared	0.025725	S.D. dependent var		5.750249
S.E. of regression	5.675804	Akaike info criterion		6.311476
Sum squared resid	1204928.	Schwarz criterion		6.321499
Log likelihood	-118128.9	F-statistic		23.99411
Durbin-Watson stat	0.666060	Prob(F-statistic)		0.000000

La prueba de White con términos cruzados tuvo resultados similares.

Es decir, que hay problemas de heterocedasticidad, pero hay que tener en cuenta que esto es un problema común en las regresiones de sección cruzada o corte transversal.