



DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA AMBIENTAL – MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

---

ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL  
ANTEPROYECTO DE REVISIÓN DE NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DEL AIRE  
PARA MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE MP<sub>10</sub>

---

*Carla Gallardo<sup>(1)</sup>, Paulina Schulz<sup>(2)</sup>, Nicolás Trivelli<sup>(2)</sup>, Sandra Briceño<sup>(2)</sup>, Rodrigo Pizarro<sup>(2)</sup>*  
*Agosto de 2017*

---

### Presentación

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el encargado de coordinar el diseño y establecimiento de Normas de Calidad y de Emisión, así como planes de descontaminación y prevención ambiental. De acuerdo a lo establecido en la Ley N°19.300 y en el Reglamento para la dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (D.S. N°38/2012 del MMA) se requiere de un Análisis de Impacto Económico y Social (AGIES) de las propuestas normativas, de tal forma que sirva como apoyo a la participación ciudadana (PAC) y a la toma de decisiones enfocada principalmente en el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSyCC). Esta tarea recae en el Departamento de Economía Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.

El proceso de elaboración de una Norma de Calidad, desde el desarrollo del anteproyecto hasta su aprobación, contempla la elaboración de dos documentos:

- AGIES del Anteproyecto (A-AP), para apoyar el proceso de participación ciudadana,
- Actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo (A-PD), que corresponde a una actualización de los valores del AGIES del Anteproyecto, según los cambios establecidos después del proceso de participación ciudadana, de tal forma de apoyar al CMSyCC en la toma de decisión.

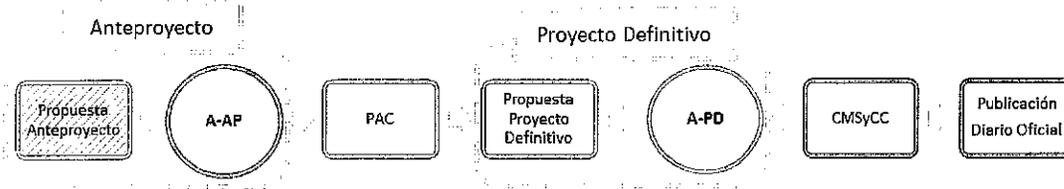
Es importante señalar que estos documentos son un apoyo a la toma de decisión de la autoridad y sirven para nutrir los procesos de Participación Ciudadana, el Consejo Consultivo y el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático, por lo cual no debe ser considerado como el único o definitivo instrumento de evaluación. Tanto el AGIES del Anteproyecto como la actualización de costos y beneficios para el Proyecto Definitivo corresponden solamente a uno de los múltiples antecedentes para la toma de decisión. Otros antecedentes pueden ser, por ejemplo, antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.

(1) Profesional coordinador del AGIES, Departamento de Economía Ambiental.

(2) Revisores, Departamento de Economía Ambiental.

El presente documento corresponde al AGIES del Anteproyecto (A-AP) del proceso de Revisión de la Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado Respirable MP<sub>10</sub> (NPCA MP<sub>10</sub>) en relación a las concentraciones actuales. La Figura A muestra el proceso de elaboración de la Norma.

Figura A: Etapa Actual del AGIES



Fuente: Elaboración propia

En este análisis, según la información disponible por el MMA al momento de la evaluación, se evalúa el cumplimiento de la norma de MP<sub>10</sub> respecto de los valores actuales de concentración anual y con ello se estiman los beneficios valorizables producto de la reducción de casos de mortalidad, morbilidad y actividad restringida en la población. Asimismo se estiman los costos que implica el cumplimiento de la norma.

### Aspectos Específicos de la Evaluación

#### Interpretación económica de las normas primarias de calidad ambiental

Una norma primaria de calidad ambiental establece valores de concentraciones y períodos permisibles de contaminantes que puedan constituir un riesgo para la vida o salud de la población, definiendo además los niveles que originan situaciones de emergencia (D.S. 38/2012, artículo 2). El AGIES deberá evaluar los costos y beneficios que implique el cumplimiento del anteproyecto de norma (D.S. 38/2012, artículo 15).

Una norma primaria de calidad ambiental corresponde a un instrumento de gestión ambiental que por sí solo no obliga un cambio en el comportamiento de los agentes económicos, sólo genera una obligación legal para el Estado. Esto supone un problema desde la perspectiva del análisis económico, pues el análisis costo-beneficio se estructura bajo la premisa de evaluar los costos y beneficios del cambio en el comportamiento de los agentes a partir de cambios marginales.

Sin embargo, una norma primaria de calidad ambiental puede desencadenar la generación de otro instrumento de gestión ambiental si se sobrepasan los límites máximos establecidos, específicamente un Plan de Prevención y/o Descontaminación<sup>1</sup>, que es obligatorio en las zonas calificadas como latentes o saturadas (Ley 19.300, artículo 44) y que debería detonar cambios en el comportamiento de los agentes, y por tanto costos y beneficios.

<sup>1</sup> Un Plan de Descontaminación o Prevención tiene como finalidad evitar la superación o recuperar los niveles señalados por la norma primaria de calidad ambiental, respectivamente. Esto se realiza a través de la definición e implementación de medidas y acciones específicas (D.S. 39/2012, artículo 2). Inclusive, un Plan puede considerar otros instrumentos de estímulo a acciones de mejoramiento y reparación ambientales (D.S. 39/2012, artículo 18).

En consecuencia, y reconociendo que el AGIES es un instrumento para entregar información a los tomadores de decisión, se evalúan los costos y beneficios de la implementación de la norma como si efectivamente generara un cambio en el comportamiento de los agentes, es decir como si hubiese automáticamente un Plan de Descontaminación y/o Prevención.

Este análisis supone un riesgo en la evaluación ya que, en rigor, la implementación de una norma de calidad no supone costos directos de abatimientos sino que solo costos de monitoreo para el Estado. Asimismo, si efectivamente se implementa un Plan, es decir si se superan los límites máximos establecidos en la norma de calidad, su aprobación también requiere la elaboración de un AGIES y por tanto una nueva evaluación de costos y beneficios. Por ello, el análisis a continuación se debe considerar como indicativo, y sólo como un ejercicio de identificación de costos y beneficios potenciales relacionados con la implementación de la norma.

Por lo anterior, para llevar a cabo la evaluación económica de una norma primaria de calidad ambiental, el AGIES en la práctica evalúa el incumplimiento relativo a los valores permisibles que defina el anteproyecto de norma (asumiendo que existen datos de monitoreo de calidad ambiental). Así, el AGIES de una norma primaria de calidad ambiental evalúa aquellos beneficios asociados a la reducción de concentración ambiental que logra el cumplimiento normativo (valor permisible) y aquellos costos asociados al abatimiento potencial requerido para lograr el cumplimiento normativo. Estos costos y beneficios se hacen efectivos mediante un Plan de Prevención y/o Descontaminación y, debido a que en éste se definen medidas y acciones específicas, son evaluados de forma individual y en base a supuestos específicos.

En consecuencia, el AGIES de una norma primaria de calidad ambiental busca representar los costos y beneficios potenciales e indicativos respecto del cumplimiento de un valor permisible de contaminación, que puede o no hacerse efectivo mediante la implementación de Planes de Prevención y/o Descontaminación. Por otro lado, el AGIES de un Plan evalúa de manera más delimitada los costos y beneficios asociados a medidas y acciones específicas que se deben implementar para evitar la superación o recuperar los niveles señalados en la norma de calidad.

### **Ambiente normativo y evaluación económica**

Un aspecto crucial en la evaluación económica de normativa ambiental es determinar la línea base. Una línea base se refiere al estado o “situación actual” con la cual se compara la norma propuesta. El artículo 2 del D.S. 38/2012 establece los criterios para determinar con qué situación se compara el instrumento de gestión ambiental propuesto, señalando que en la evaluación de los costos y beneficios del cumplimiento del anteproyecto de una norma primaria de calidad ambiental se debe comparar la “situación actual” con la situación con el anteproyecto de norma. En el caso de la evaluación de una norma nueva la “situación actual” corresponde a un escenario de línea base donde no existe norma (*sin norma*), mientras que la situación con anteproyecto simula el cumplimiento del anteproyecto de norma respecto de la situación actual (*con norma vs sin norma*).

Sin embargo, cuando se evalúa la revisión de una norma, la “situación actual” corresponde a un escenario de línea base donde ya existe la norma (*norma existente*), mientras que la situación con anteproyecto simula el cumplimiento del anteproyecto de revisión de norma respecto de la “situación actual” (*con norma revisada vs con norma existente*) independiente del estado de cumplimiento de la norma vigente. Es decir la línea base de comparación es el ‘ambiente normativo’ vigente. Este razonamiento permite que no exista un doble conteo en los costos y beneficios estimados en las evaluaciones económicas de los instrumentos de gestión ambiental dictados por el MMA.

En síntesis al evaluar la revisión de una norma se consideran los cambios en parámetros propuestos de la norma en relación a los valores de concentraciones permisibles de de la norma existente (*norma revisada versus norma existente*). Sin embargo, el Anteproyecto de la Revisión de la NPCA MP<sub>10</sub> tiene la particularidad de que los valores de concentración permisibles no cambian respecto de la norma existente (D.S. 59/1998). Esto implica que el cambio entre las concentraciones de la norma revisada, y la norma existente, es cero. Por lo tanto, en rigor, la aprobación de la norma revisada no implica costos y beneficios en su implementación.

No obstante lo anterior, y considerando la particularidad del Anteproyecto de Revisión de la NPCA MP<sub>10</sub>, el presente AGIES evalúa el cumplimiento de los valores permisibles respecto de los valores actuales de concentración ambiental de MP<sub>10</sub>, de tal forma de mostrar los costos y beneficios potenciales actualizados de la norma. Específicamente, en el análisis se consideran todos los incumplimientos observados, de los cuales algunos se están abordando actualmente mediante Planes de Prevención y/o Descontaminación, mientras que otros no cuentan con dicho instrumento aún. Por lo tanto, los beneficios descritos en el AGIES están asociados a la reducción de concentración ambiental que logra el cumplimiento normativo (valor permisible) y los costos representan el abatimiento potencial requerido para lograr el valor permisible.

## Resumen

El presente documento presenta los resultados del Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del proceso de Revisión de la Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado Respirable MP<sub>10</sub> (NPCA MP<sub>10</sub>).

El año 1998 el Ministerio Secretaría General de la Presidencia estableció mediante el D.S. N° 59 la Norma de Calidad Primaria para MP<sub>10</sub>. El decreto fue modificado el 2001 por el D.S. N° 45 del mismo Ministerio y luego, bajo la Ley 19.300, se llevó a cabo el proceso de revisión de la NPCA MP<sub>10</sub>. Dicho proceso promulgó el D.S. N° 20/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el cual derogó la NPCA MP<sub>10</sub> como concentración anual, con el objeto de focalizar la regulación sobre la fracción más dañina del material particulado (MP<sub>2,5</sub>) y sobre el MP<sub>10</sub> como concentración diaria. Sin embargo, debido a reclamaciones en contra del D.S. N° 20/2013, el Segundo Tribunal Ambiental sentenció anularlo totalmente y ordenó al Ministerio del Medio Ambiente llevar a cabo un nuevo proceso de revisión de la norma de MP<sub>10</sub> contenida en el D.S. de 1998.

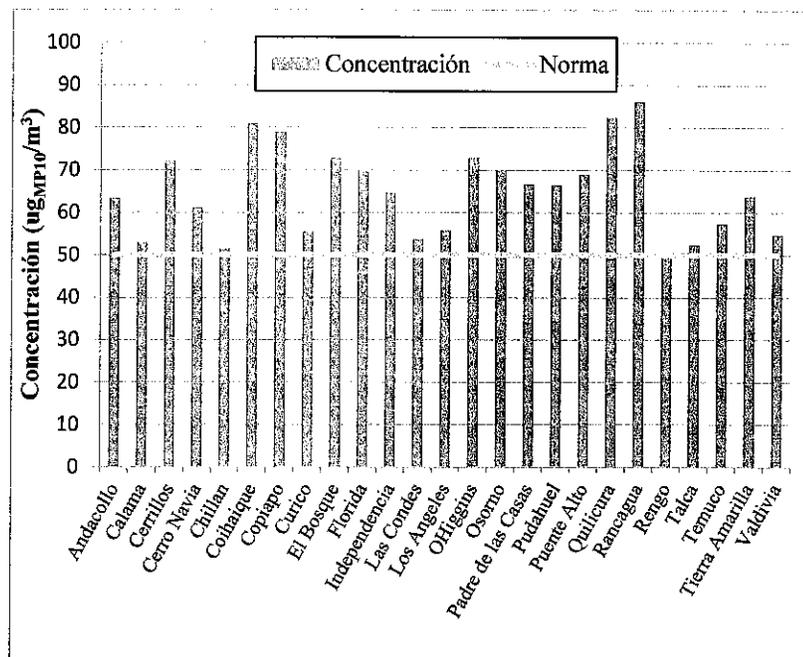
La revisión de la NPCA MP<sub>10</sub> mantiene los límites de concentración anual y diaria, así como los niveles de emergencia para la concentración diaria del D.S. N° 59/1998. La revisión de una norma de calidad cuyo resultado propone mantener los límites normativos de los parámetros existentes no implica, en el margen, costos o beneficios atribuibles a su cumplimiento. Por lo tanto, el AGIES evaluó el cumplimiento de los límites de concentración establecidos en el anteproyecto respecto de los valores actuales de concentración ambiental anual de MP<sub>10</sub> (datos de los años 2012 a 2015), con el objeto de mostrar los costos y beneficios actualizados de la Norma vigente.

El AGIES evalúa en un horizonte de 10 años (2017-2027) los beneficios y costos del límite de concentración anual definido en el Anteproyecto. Los resultados indican lo siguiente:

- El límite de concentración anual de 50 µg/m<sup>3</sup>N es sobrepasado en las siguientes comunas: Andacollo, Calama, Cerrillos, Cerro Navia, Chillán, Coyhaique, Copiapó, Curicó, El Bosque, Florida, Independencia, Las Condes, Los Ángeles, O'Higgins, Osorno, Padre las Casas, Pudahuel, Puente Alto, Quilicura, Rancagua, Rengo, Talca, Temuco, Tierra Amarilla y Valdivia.
- Los beneficios valorizados por la reducción de la concentración anual en las comunas que superan la norma se estiman en US\$3.446 millones<sup>2</sup> en valor presente.
- Los costos valorizados por la reducción de la concentración al nivel de la norma se estiman en US\$709 millones en valor presente.
- La valoración de los beneficios y costos de la NPCA MP<sub>10</sub>, en relación a las concentraciones actuales del contaminante, indica que el cumplimiento de la norma es rentable desde la perspectiva social. La razón beneficio-costos es de 4,9.

Este análisis concluye que la NPCA MP<sub>10</sub> es consistente con los compromisos del Ministerio del Medio Ambiente reducir la contaminación y que promueve la equidad entre sus habitantes. A continuación se presentan los principales resultados de la evaluación.

<sup>2</sup> Supuestos generales. Valor de la vida estadística = 16,283 UF al año 2017, proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población. Tasa de descuento = 6%. Horizonte de evaluación = 10 años. Tipo cambio dólar promedio de agosto de 2017 al 28/08/2017: 646,73 CLP. Tipo cambio UF al 31/08/2017: 26.604 CLP.



**Figura B: Concentración anual MP<sub>10</sub> respecto de valores de norma.**

La Figura B muestra las concentraciones anuales de MP<sub>10</sub> respecto de la norma anual de 50 µg/m<sup>3</sup>N.

El límite de concentración anual es sobrepasado en las siguientes comunas: Andacollo, Calama, Cerrillos, Cerro Navia, Chillán, Coyhaique, Copiapó, Curicó, El Bosque, Florida, Independencia, Las Condes, Los Ángeles, O'Higgins, Osorno, Padre las Casas, Pudahuel, Puente Alto, Quilicura, Rancagua, Rengo, Talca, Temuco, Tierra Amarilla y Valdivia.

Fuente: elaboración propia en base a datos de las estaciones de monitoreo públicas, informes de fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente y minuta del MMA.

**Tabla A: Casos evitados en el horizonte de evaluación (2017-2027).**

Evento	Cont.	Tipo	Casos evitados 2017-2027 (p50)
Mortalidad	MP <sub>2.5</sub>	Cardiopulmonar largo plazo	5.894
	MP <sub>2.5</sub>	Asma (crónica)	181
Admisiones hospitalarias	MP <sub>2.5</sub>	Cardiovascular	2.582
	MP <sub>2.5</sub>	Respiratorias crónicas	414
	MP <sub>2.5</sub>	Neumonía	1.675
Visitas Salas de Emergencia	MP <sub>2.5</sub>	Asma	151.211
	MP <sub>2.5</sub>	Días laborales	1.199.037
Productividad perdida	MP <sub>2.5</sub>	Días de actividad restringida	5.477.173
	MP <sub>2.5</sub>	Días de actividad restringida menor	10.225.156
Mortalidad	MP <sub>10</sub>	Todas las causas largo plazo	286
Admisiones hospitalarias	MP <sub>10</sub>	Bronquitis	1.485
Admisiones hospitalarias	MP <sub>10</sub>	Bronquitis crónica	2.973

La Tabla A detalla el número de casos evitados, según evento, durante el horizonte de evaluación (2017-2027).

Estos casos son atribuibles a la reducción de MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub> para el percentil 50. Se consideran los casos evitados por reducción de MP<sub>2,5</sub> debido a que reducir la concentración de MP<sub>10</sub> implica reducir MP<sub>2,5</sub>, por lo que es importante cuantificar los beneficios asociados a reducir esta fracción.

Fuente: elaboración propia en base a MMA (2013) y MMA (2011).

**Tabla B: Beneficios, costos y razón B/C.**

Indicador	Valor
Valor presente del beneficio valorizado (MMUSD)	3.446
Valor presente del costo valorizado (MMUSD)	709
Razón Beneficio-Costo	4,9

La Tabla B muestra el valor presente, calculado al 2017, del beneficio y costo valorizados en relación al cumplimiento de los límites de la norma como concentración anual de MP<sub>10</sub>. Además se muestra la razón beneficio-costo.

Fuente: elaboración propia en base a MMA (2013), MMA (2011) y AGIES de PPDAs.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>5</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>8</b>
1.1 CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE MP <sub>10</sub> .....	8
<b>2. METODOLOGÍA DEL AGIES</b> .....	<b>10</b>
2.1 CAMBIO EN CONCENTRACIONES .....	11
2.2 BENEFICIOS Y COSTOS .....	13
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>15</b>
3.1 REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP <sub>10</sub> .....	15
3.2 REDUCCIÓN DE EFECTOS A LA SALUD: CASOS EVITADOS.....	17
3.3 INDICADORES ECONÓMICOS .....	17
<b>4. CONCLUSIONES</b> .....	<b>20</b>
<b>5. REFERENCIAS</b> .....	<b>21</b>
<b>6. ANEXOS</b> .....	<b>22</b>
6.1 METODOLOGÍA DE BENEFICIOS EN SALUD.....	22
6.2 VALORES UNITARIOS DE BENEFICIOS .....	23
6.3 COEFICIENTES DE RIESGO UNITARIO .....	24
6.4 METODOLOGÍA DE COSTOS .....	25
<b>7. FICHA DE ELABORACIÓN DEL AGIES</b> .....	<b>27</b>

## 1. Antecedentes

La Norma de Calidad Primaria de MP<sub>10</sub> fue establecida en 1998 mediante D.S. N° 59 por el Ministerio Secretaría General de la Presidencia. El decreto fue modificado el 2001 por el D.S. N° 45 del mismo Ministerio y luego bajo la Ley 19.300 se llevó a cabo el proceso de revisión de la NPCA MP<sub>10</sub>. Dicho proceso de revisión promulgó el D.S. N° 20/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el cual derogó la NPCA MP<sub>10</sub> como concentración anual, con el objeto de focalizar la regulación sobre la fracción más dañina del material particulado, el MP<sub>2,5</sub>, y sobre el MP<sub>10</sub> como concentración diaria. Sin embargo, debido a reclamaciones en contra del D.S. N° 20/2013, el Segundo Tribunal Ambiental sentenció anularlo totalmente y ordenó al Ministerio del Medio Ambiente llevar a cabo un nuevo proceso de revisión de la norma de MP<sub>10</sub> contenida en el D.S. de 1998.

El objeto normativo de la revisión de la NPCA MP<sub>10</sub> corresponde a la protección de la salud de las personas de los efectos crónicos y agudos debido a la exposición a MP<sub>10</sub> en el aire, mediante el establecimiento de la norma como concentración anual de 50 µg/m<sup>3</sup>N y como concentración de 24 horas de 150 µg/m<sup>3</sup>N, respectivamente. La NPCA MP<sub>10</sub> también define niveles que originan situaciones de emergencia ambiental. Estos tienen como objetivo reducir la exposición de la población en situaciones donde se presentan concentraciones de MP<sub>10</sub> que superan el valor de la norma y por ende involucran un riesgo para la salud de las personas.

La revisión de la NPCA MP<sub>10</sub> mantiene los valores de los límites de concentración anual y diaria, así como los niveles de emergencia para la concentración diaria del D.S. N° 59/1998. En la presente evaluación se estiman los costos y beneficios asociados al cumplimiento del valor permisible en relación al estado actual de las concentraciones ambientales anuales de MP<sub>10</sub> (datos de los años 2012 a 2015)<sup>3</sup>. El estado actual de concentraciones ambientales anuales corresponde en este caso a la línea base de la evaluación.

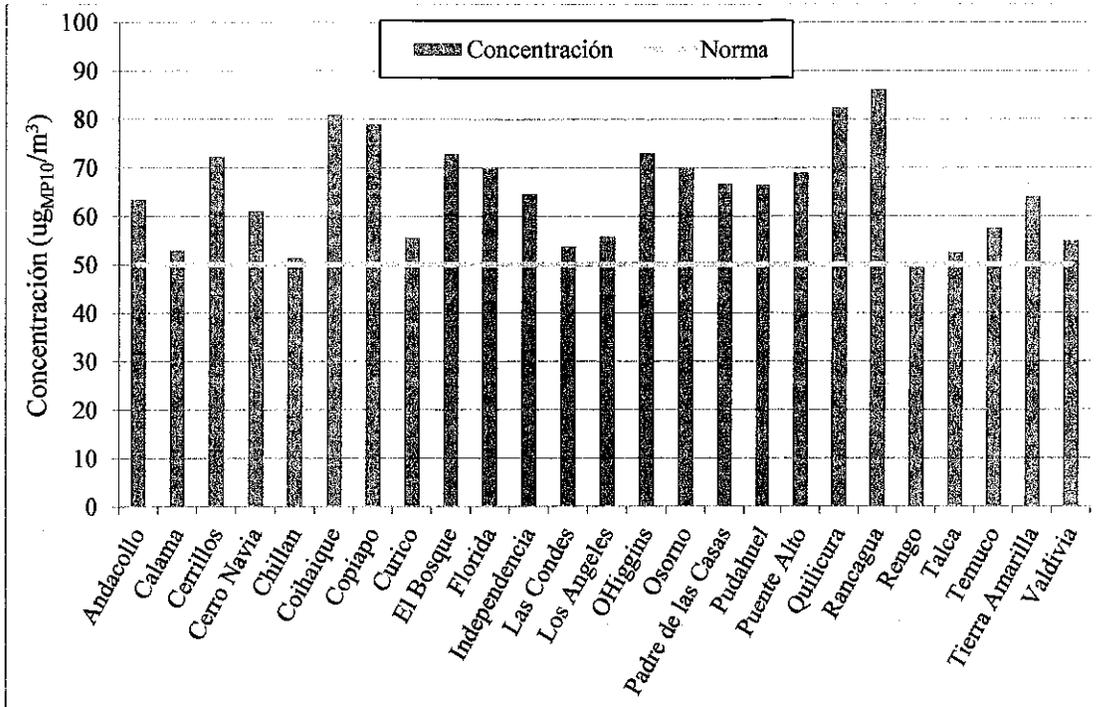
### 1.1 Concentraciones atmosféricas de MP<sub>10</sub>

En la Figura C se muestra el estado actual de las concentraciones ambientales anuales de MP<sub>10</sub> de las estaciones de monitoreo que sobrepasan el nivel establecido por norma (50 µg/m<sup>3</sup>N). Se consideran datos de los años 2012 al 2015, según disponibilidad de información (para más detalle ver sección 2.1). La diferencia entre las concentraciones que sobrepasan y el nivel de la norma corresponde a la reducción de concentración de MP<sub>10</sub> que

<sup>3</sup> En este sentido, para el análisis, al asumir el cumplimiento de los valores de norma, el supuesto es que los niveles de la norma se cumplirán.

implica el cumplimiento de la norma primaria como concentración anual. Considerando esta reducción potencial se estiman los beneficios y costos (Sección 2.2).

Figura C. Concentración actual por comuna versus nivel establecido en la NPCA MP<sub>10</sub>, según estación.



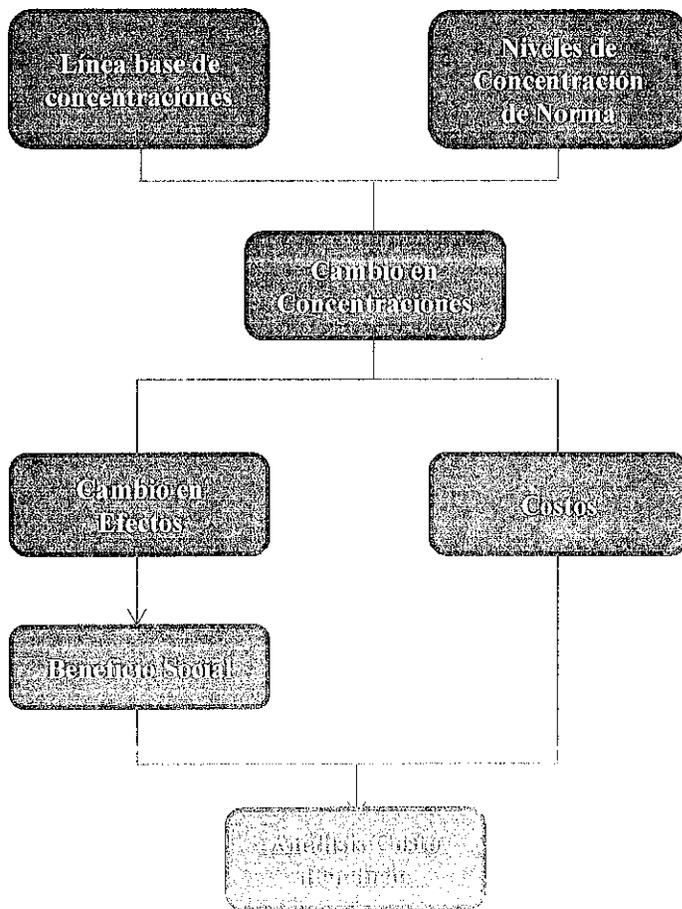
Fuente: Elaboración propia.

Las comunas que hoy en día no cuentan con Planes de Prevención y/o Descontaminación corresponden a Copiapó y Tierra Amarilla. Para Calama el MMA inició recientemente el inicio de la elaboración de Anteproyecto de Plan de Descontaminación. El resto de las comunas ya cuentan con el instrumento de gestión ambiental, en diferentes etapas de implementación.

## 2. Metodología del AGIES

La metodología empleada en la elaboración del AGIES es el Análisis Costo-Beneficio, donde se generan diferentes indicadores que den respuesta a los impactos de una política pública, aportando antecedentes para el proceso normativo. Los indicadores son elaborados utilizando una serie de análisis o modelos que permiten relacionar cambios en las concentraciones de calidad del aire producto de un escenario de norma, con los beneficios y costos percibidos por los diferentes agentes impactados de la regulación. Por ello, el modelo integra (i) una sección de generación de línea base de calidad del aire, (ii) un modelo de concentración-respuesta en efectos en salud basado en estudios epidemiológicos y (iii) un modelo de valorización económica de beneficios. Respecto de los costos, se integra (iv) un modelo de valorización de la reducción de concentraciones. En la Figura D se muestra el diagrama que representa la metodología utilizada para la evaluación (EPA 2000; MMA 2013).

Figura D. Diagrama metodológico para la evaluación del AGIES. Análisis costo-beneficio.



Fuente: Elaboración propia basado en (EPA 2000; MINA 2013)

Es importante recalcar que los resultados del AGIES intentan orientar a los tomadores de decisiones mediante el uso de la metodología aquí planteada; sin embargo, ésta no debe ser considerada como el único criterio para la aprobación de una política pública (Fisher 1991; Arrow, Cropper et al. 1996). Se debe tener una visión integral que incorpore otras variables tales como el riesgo de la población expuesta, consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras<sup>4</sup>.

## 2.1 Cambio en Concentraciones

Las concentraciones ambientales actuales se obtienen de dos fuentes de información.

- Estaciones de monitoreo públicas de las regiones de Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Bío Bío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén<sup>5</sup>.
- Zonas asociadas a actividades industriales donde existan informes de fiscalización de la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA)<sup>6</sup>. Se consideraron los informes técnicos de cumplimiento de las normas de calidad del aire por MP<sub>10</sub> de las redes de calidad del aire de Huasco y Fundación Hernán Videla Lira (región de Atacama), Concón, Quintero y Puchuncaví (región de Valparaíso) y Mejillones (Antofagasta). Además, se consideraron datos para Tocopilla<sup>7</sup> que se publicaron en la cuenta pública 2010-2013 de la SEREMI de Medio Ambiente de la Región de Antofagasta.
- Minuta respecto de la calidad del aire de Calama, del Departamento de Planes y Normas del MMA. Estos datos no están validados por la SMA, pero se utilizan de todas formas considerando que se inició el proceso de elaboración del Plan de Descontaminación de Calama.

Para todas las fuentes de datos se consideran las concentraciones trianuales de MP<sub>10</sub>, en caso de estar disponibles. Si no se cuenta con un valor de concentración trianual<sup>8</sup> se utiliza el promedio anual del año más reciente disponible. Además, si una comuna cuenta con dos

<sup>4</sup> Los D.S. N° 38 y N° 39 del 2012 del MMA incorporan, entre otras cosas, la generación de Comités, la Participación Ciudadana y el Consejo de Ministros por la Sustentabilidad, los cuales también intentan incorporar los aspectos mencionados.

<sup>5</sup> Base de datos (2013, 2014 y 2015) del Departamento de Redes de Monitoreo del Ministerio del Medio Ambiente.

<sup>6</sup> Datos correspondientes a los años 2012-2015.

<sup>7</sup> Declarada saturada por MP<sub>10</sub> norma anual el año 2007; desde el 2010 cuenta con un Plan de Descontaminación.

<sup>8</sup> Esto ocurre para las estaciones: INIA (Chillán), Coyhaique 2 (Coyhaique), Cerro Merquin (Coronel), Curicó (Curicó), Los Ángeles Oriente (Los Ángeles), 21 de Mayo (Los Ángeles), Polivalente (Tomé) y Viña del Mar (Viña del Mar). Para todas las estaciones, menos INIA y Los Ángeles Oriente, existen datos de promedio anual al 2015, por lo que se considera este valor. Para INIA y Los Ángeles Oriente se considera el promedio anual del 2013, que es el único dato disponible.

estaciones de monitoreo<sup>9</sup>, se considera el valor más alto (criterio conservador). En total, las comunas que cuentan con datos de concentración anual para el análisis (línea base) ascienden a 41.

Para calcular la reducción de concentración de MP<sub>10</sub> que implica cumplir la norma primaria como concentración anual se calcula la diferencia de concentración requerida para alcanzar el nivel establecido por la NPCA MP<sub>10</sub> como concentración anual (50 µg/m<sup>3</sup>N). Esto se expresa en la siguiente ecuación.

$$\Delta C_{MP_{10},i} = C_{LB,i} - C_{Norma} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

- $\Delta C_{MP_{10},i}$ : Reducción de concentración de MP<sub>10</sub> requerida en comuna “i” para cumplir norma MP<sub>10</sub> (ug/m<sup>3</sup>).
- $C_{LB,i}$ : Concentración de línea base de MP<sub>10</sub> para la comuna “i” (ug/m<sup>3</sup>).
- $C_{Norma}$ : Límite de concentración anual de MP<sub>10</sub> establecido por norma revisada. (ug/m<sup>3</sup>).

Además, utilizando una fracción de MP<sub>2,5</sub> respecto de MP<sub>10</sub> para cada comuna<sup>10</sup>, se estima la reducción de concentración de MP<sub>2,5</sub> a la cual equivale la reducción calculada de concentración de MP<sub>10</sub>. Esto se hace debido a que la reducción de concentración de MP<sub>10</sub> implica reducción de MP<sub>2,5</sub> y por ende es importante cuantificar los beneficios asociados a reducir esta fracción. A continuación se muestra la ecuación que representa la estimación de reducción de MP<sub>2,5</sub>.

$$\Delta C_{MP_{2,5},i} = \frac{F_{MP_{2,5},i}}{MP_{10}} \cdot \Delta C_{MP_{10},i} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde,

- $\Delta C_{MP_{2,5},i}$ : Reducción de concentración de MP<sub>2,5</sub> en comuna “i” asociada al cumplimiento de norma anual de MP<sub>10</sub> (ug/m<sup>3</sup>).
- $\frac{F_{MP_{2,5},i}}{MP_{10}}$ : Fracción de concentración de MP<sub>2,5</sub> respecto de concentración de MP<sub>10</sub> para la comuna “i”.

Además, se proyectan las reducciones de concentración para el horizonte de evaluación (2017-2027), asumiendo que se mantienen constantes. Se considera el efecto de la implementación de los planes de prevención y descontaminación en la concentración

<sup>9</sup> Esto ocurre para Coyhaique, Los Ángeles, Rancagua, Talca y Temuco.

<sup>10</sup> Para este cálculo se utilizan los datos disponibles de concentración anual de MP<sub>2,5</sub>. La concentración de MP<sub>2,5</sub> se divide por la concentración de MP<sub>10</sub>, con lo cual se obtiene la fracción de MP<sub>2,5</sub> contenida en el MP<sub>10</sub>.

ambiental de  $MP_{10}$  desde el 2027 en adelante. Esto implica que desde el 2017 se espera una reducción en la concentración de  $MP_{10}$ , por lo que la reducción asociada a la norma para ese año sería cero.

## 2.2 Beneficios y Costos

Para la estimación de beneficios, el cambio en las concentraciones ambientales de  $MP_{10}$ , y consecuentemente de  $MP_{2,5}$ , se relaciona con la reducción del número de efectos (casos) en la salud de la población expuesta, a través de la utilización de funciones dosis respuesta. Para esto se asume una relación lineal entre los niveles de concentración y los daños en la salud humana. Luego, los beneficios valorizados en unidades monetarias se obtienen multiplicando el número de casos por la valoración unitaria (valor por cada caso) asociada a padecer los efectos valorados<sup>11</sup>. Para más detalle respecto de la metodología de beneficios en salud, ver anexo 6.1. Los coeficientes de riesgo y los valores unitarios utilizados en este análisis se detallan en los anexos 6.2 y 6.3. Específicamente, en el análisis se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida. Sin embargo, existen beneficios que no son valorizados, como la mejora en visibilidad, efectos sobre ecosistemas, disminución de gases de efecto invernadero, beneficios para la agricultura y suelos, imagen país, externalidades positivas asociadas a la educación ambiental, efectos en la salud en comunas del país donde no existen datos base de concentración de  $MP_{10}$  y beneficios derivados de la reducción de *Black Carbon*<sup>12</sup>.

Respecto de la estimación de costos, se estimaron utilizando costos medios (MM USD) asociados a reducir un microgramo de  $MP_{10}$  por metro cúbico (Ecuación 3). Los costos evaluados representan, en la práctica, costos de abatimiento potencial para lograr el valor permisible requerido por la norma.

$$\text{Costos}_{MP_{10,i}} = CMe_{MP_{10}} \cdot \Delta C_{MP_{10,i}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde,

<sup>11</sup> Beneficios salud en base a:

- MMA (2013). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Departamento de Economía Ambiental, Chile, Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en <http://sinia.mma.gob.cl/>
- MMA (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en <http://sinia.mma.gob.cl/>

<sup>12</sup> Componente del  $PM_{2,5}$  que se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. También puede ser de ocurrencia natural.

- $Costos_{MP_{10},i}$ : Costo para la comuna “i” asociado al cumplimiento de norma MP<sub>10</sub> (MMUSD).
- $CMe_{MP_{10}}$ : Costo medio asociado a la reducción de MP<sub>10</sub> (MM USD por ug/m<sup>3</sup>).
- $\Delta C_{MP_{10},i}$ : Reducción de concentración de MP<sub>10</sub> en comuna “i” asociada al cumplimiento de norma anual de MP<sub>10</sub> (ug/m<sup>3</sup>).

Utilizar la Ecuación 3 supondría contar con una estimación del costo medio de reducir la concentración de MP<sub>10</sub>. En sus evaluaciones de Planes de Prevención y Descontaminación, el Departamento de Economía Ambiental (DEA) cuenta con resultados de costos medios por reducción, tanto de la fracción fina como la fracción gruesa de MP. Sin embargo, se cuenta con una mayor cantidad de datos para costos medios de reducción de MP<sub>2,5</sub>. Por lo tanto, basándose en la Ecuación 3 y utilizando la Ecuación 2 se establece la siguiente relación.

$$Costos_{MP_{10},i} = \left( \frac{CMe_{MP_{10}}}{\frac{F_{MP_{2,5},i}}{MP_{10}}} \right) \cdot \Delta C_{MP_{2,5},i} \quad \text{Ecuación 4}$$

Se asume, por lo tanto, que el costo medio de reducir MP<sub>10</sub> es una fracción del costo medio de reducir MP<sub>2,5</sub>.

$$CMe_{MP_{10}} = \frac{F_{MP_{2,5},i}}{MP_{10}} \cdot CMe_{MP_{2,5}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde,

- $CMe_{MP_{2,5}}$ : Costo medio asociado a la reducción de MP<sub>2,5</sub> (MM USD por ug/m<sup>3</sup>).

Por lo tanto, los costos para reducir las concentraciones ambientales anuales al nivel establecido por la Norma se calculan según la Ecuación 6.

$$Costos_{MP_{10},i} = CMe_{MP_{2,5}} \cdot \Delta C_{MP_{2,5},i} \quad \text{Ecuación 6}$$

El costo medio asociado a la reducción de MP<sub>2,5</sub> se estima considerando un set de medidas evaluadas en los AGIES de los Planes de Prevención y Descontaminación<sup>13</sup> desarrollados por el DEA. En particular, se considera el promedio de los costos de todas las comunas y medidas, estimado en 0,5432 millones de dólares por unidad de concentración de MP<sub>2,5</sub> (ug/m<sup>3</sup>). Para más detalle de esta estimación, ver anexo 6.4.

<sup>13</sup> Se consideran los planes de la Región Metropolitana y zona sur (Curicó, Talca-Maule, Chillán-Chillán Viejo, Temuco, Osorno, Valdivia y Coyhaique).

### 3. Resultados

En esta sección se presentan resultados para la estimación del cambio de concentraciones requerido por el cumplimiento de los valores de la norma en su concentración anual, así como los beneficios cuantificados e indicadores económicos (costos y beneficios valorizados y razón beneficio costo).

Es importante destacar la particularidad del análisis, el cual se basa en que si bien el mantener los límites normativos de los parámetros existentes no implica, en el margen, costos o beneficios atribuibles a su cumplimiento, se evalúa el cumplimiento de los límites de concentración establecidos en el anteproyecto respecto de los valores actuales de concentración ambiental anual de  $MP_{10}$ . Esto tiene como objeto mostrar los costos y beneficios actualizados de la Norma vigente.

Específicamente, en este capítulo se muestran todos los incumplimientos observados (sección 3.1). Luego, en la sección 3.2 se describen los beneficios cuantificados, los cuales están asociados a la reducción de concentración ambiental para lograr el cumplimiento normativo (valor permisible). La sección 3.3 muestra los costos estimados que representan el abatimiento potencial requerido para lograr el valor permisible.

#### 3.1 Reducción de concentraciones de $MP_{10}$

El cumplimiento de la revisión de la norma genera una reducción en la concentración ambiental de las comunas que sobrepasan el nivel de concentración anual. En la Figura B se muestran las concentraciones anuales de  $MP_{10}$  en las estaciones de monitoreo, junto con el nivel establecido por norma. La diferencia entre las concentraciones que sobrepasan y el nivel de la norma corresponde a la reducción de concentración de  $MP_{10}$  que implica cumplir la norma primaria como concentración anual, con la que se estiman los beneficios y costos. En la Tabla C se muestran las reducciones requeridas para cumplir el límite de concentración anual establecido en la revisión de la norma.

Tabla C: Reducción requerida para cumplir norma anual de  $MP_{10}$  y reducción asociada de  $MP_{2,5}$  [ $\mu g \cdot m^{-3} \cdot N$ ]

Comuna	Concentración ( $\mu g/m^3$ )			
	Concentración actual	Norma	Reducción $MP_{10}$	Reducción $MP_{2,5}$
Andacollo	63.5	50	13.5	7.0
Calama	53	50	3	0,8
Cerrillos	72.3	50	22.3	11.0
Cerro Navia	61.2	50	11.2	6.0
Chillan	51.4	50	1.4	0.9
Coihaique	81.0	50	31.0	20.2
Copiapo	79.0	50	29.0	7.3

Comuna	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	Concentración actual	Norma	Reducción MP <sub>10</sub>	Reducción MP <sub>2,5</sub>
Curico	55.6	50	5.6	2.5
El Bosque	73.0	50	23.0	10.3
Florida	69.8	50	19.8	10.3
Independencia	64.8	50	14.8	7.0
Las Condes	53.8	50	3.8	1.8
Los Angeles	55.8	50	5.8	3.5
OHiggins	73.1	50	23.1	12.1
Osorno	69.8	50	19.8	10.0
Padre de las Casas	66.8	50	16.8	11.0
Pudahuel	66.6	50	16.6	8.4
Puente Alto	69.1	50	19.1	7.4
Quilicura	82.5	50	32.5	11.7
Rancagua	86.2	50	36.2	12.2
Rengo	50.1	50	0.0	0.0
Talca	52.5	50	2.5	1.2
Temuco	57.6	50	7.6	3.8
Tierra Amarilla	64.0	50	14.0	4.3
Valdivia	54.9	50	4.9	3.4

Fuente: Elaboración propia.

Esta reducción se proyecta para el horizonte de evaluación, asumiendo que para el año 2027 no se requerirá reducir en las comunas con Planes de Descontaminación.

### 3.2 Reducción de efectos a la salud: casos evitados

En la Tabla D se detalla el número de casos evitados por la reducción de MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub> (acumulados en el horizonte de evaluación, 2017-2027) por evento y tipo de evento según contaminante, especificando sus intervalos de confianza.

Tabla D: Número de casos evitados por la reducción de MP<sub>2,5</sub> y MP<sub>10</sub> (2017-2027).

Evento	Contaminante	Tipo	Casos evitados 2017-2027 (Percentil 50 <sup>14</sup> )	Intervalo de confianza (IC) al 10% <sup>15</sup>
Mortalidad	MP <sub>2,5</sub>	Cardiopulmonar largo plazo	5.894	[ 4.192 – 7.128 ]
	MP <sub>2,5</sub>	Asma (crónica)	181	[ 144 - 247 ]
Admisiones hospitalarias	MP <sub>2,5</sub>	Cardiovascular	2.582	[ 1.952 – 2.987 ]
	MP <sub>2,5</sub>	Respiratorias crónicas	414	[ 52 - 634 ]
	MP <sub>2,5</sub>	Neumonía	1.675	[ 778 – 2.340 ]
Visitas Salas de Emergencia	MP <sub>2,5</sub>	Asma	151.211	[ 90.582 – 206.064 ]
	MP <sub>2,5</sub>	Días laborales	1.199.037	[ 1.093.450 – 1.260.331 ]
Productividad perdida	MP <sub>2,5</sub>	Días de actividad restringida	5.477.173	[ 5.180.235 – 5.660.502 ]
	MP <sub>2,5</sub>	Días de actividad restringida menor	10.225.156	[ 9.569.062 – 10.969.336 ]
Mortalidad	MP <sub>10</sub>	Todas las causas largo plazo	286	[ 164 - 409 ]
Admisiones hospitalarias	MP <sub>10</sub>	Bronquitis	1.485	[ 175 – 2.796 ]
	MP <sub>10</sub>	Bronquitis crónica	2.973	[ 2.330 – 3.838 ]

Fuente: Elaboración Propia en base fuentes de información de anexo 6.

### 3.3 Indicadores Económicos

Los indicadores económicos estimados se muestran en la Tabla E, donde el beneficio valorizado (asociado a los casos evitados descritos en la Tabla D) asciende a 3.446 millones de USD. El costo estimado del cumplimiento de la norma se estima en 709 millones de USD, lo cual implica una razón beneficio costo<sup>16</sup> de 4,9, asociada a cumplir los límites de la normativa respecto a las concentraciones ambientales actuales.

<sup>14</sup> Mediana

<sup>15</sup> El intervalo de confianza muestra los valores del percentil 5 en el rango inferior y del percentil 95 en el rango superior.

<sup>16</sup> indica la relación entre beneficios y costos, donde un valor mayor a 1 significa que el proyecto evaluado tiene una rentabilidad social positiva.

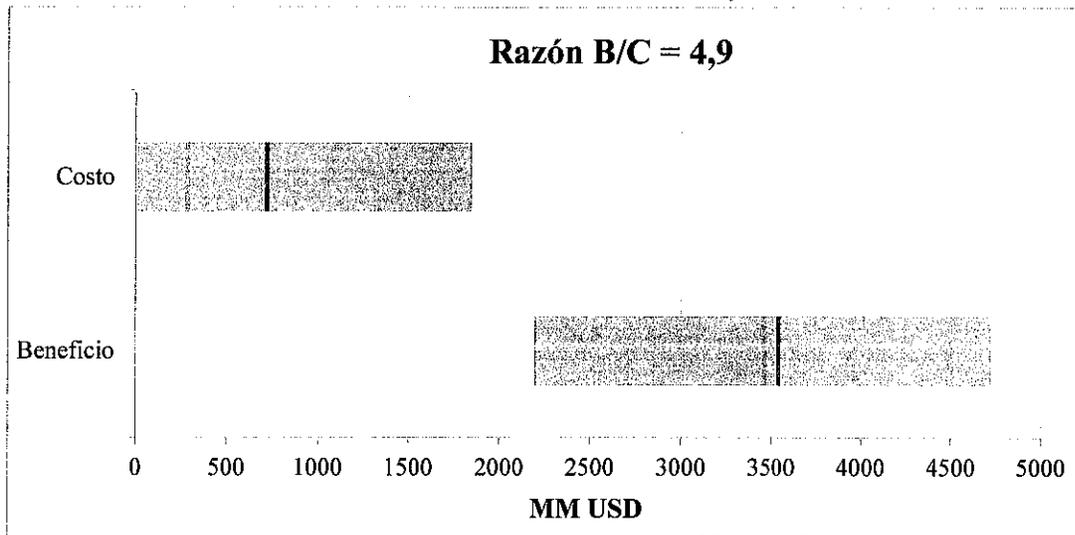
Tabla E: Indicadores Económicos

Indicador	Valor
Beneficio valorizado (MMUSD)	3.446
Costo valorizado (MMUSD)	709
Razón Beneficio-Costo	4,9

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura E se describen los intervalos de confianza de los costos y beneficios valorizados, donde los extremos representan los percentiles 5 y 95, mientras que las líneas rojas y azules representan la mediana y media de cada indicador, respectivamente. Con esto se observa la variabilidad en la estimación de los costos y beneficios.

Figura E: Intervalos de confianza de costos y beneficios\*.

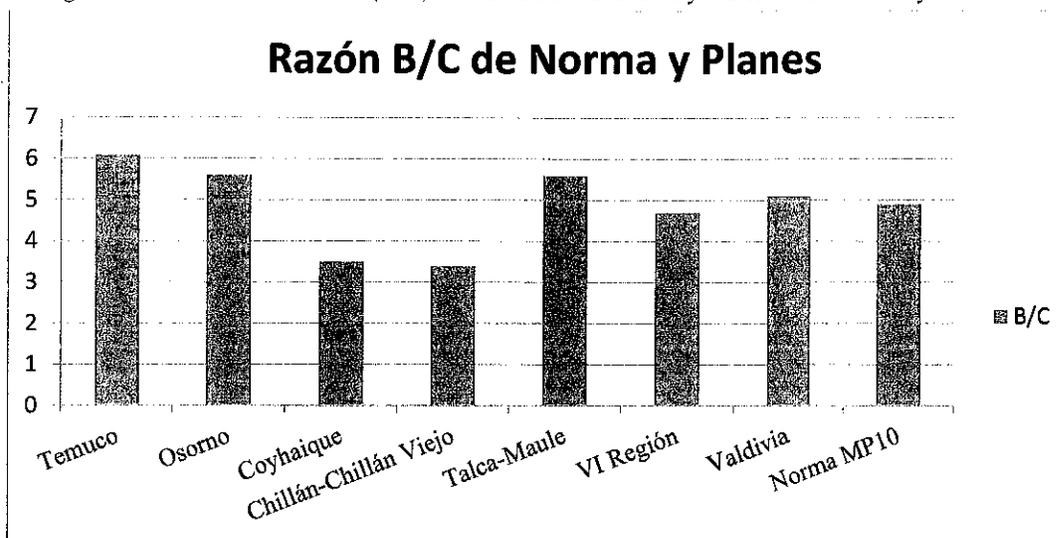


\* En rojo y azul se muestran el percentil 50 y promedio, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia

Los indicadores económicos obtenidos están dentro del orden de magnitud de los obtenidos en los Planes de Descontaminación y/o Prevención en vigencia. La Figura F muestra la razón beneficio costo del cumplimiento de los límites del Anteproyecto de Revisión de Norma y las razones para los planes que están vigentes hoy en día.

Figura F: Razón beneficio costo (B/C) de Planes de Prevención y/o Descontaminación y Norma de MP<sub>10</sub>.



Fuente: Elaboración propia en base a expedientes de planes en vigencia (<http://planesynormas.mma.gob.cl/>) al 30/08/2017.

Se observa que la razón B/C está en el orden de magnitud de las evaluaciones hechas para los Planes de Descontaminación y/o Prevención descritos en la Figura F. Esto es esperable, dado que el AGIES de una norma primaria de calidad ambiental busca representar los costos y beneficios potenciales e indicativos respecto del cumplimiento de un valor permisible de contaminación, que puede o no hacerse efectivo mediante la implementación de Planes de Prevención y/o Descontaminación. Sin embargo es importante destacar que la estimación realizada para esta evaluación corresponde a una de carácter más general que la de un Plan, dado que los planes definen medidas y acciones específicas y se cuenta con información de base específica, como inventario de emisiones, entre otros.

#### 4. Conclusiones

La revisión de una norma de calidad cuyo resultado propone mantener los límites normativos de los parámetros existentes no implica, en el margen, costos o beneficios atribuibles a su cumplimiento. Considerando que el anteproyecto de revisión no supone cambio alguno en las concentraciones máximas establecidas en el D.S. 59/1998, el Análisis General del Impacto Económico y Social evaluó el cumplimiento de los límites de concentración establecidos en el anteproyecto respecto de los valores actuales de concentración ambiental anual de MP<sub>10</sub>, con el objeto de mostrar los costos y beneficios actualizados de la Norma vigente.

El AGIES evaluó el cumplimiento de los límites de concentración establecidos en el Anteproyecto respecto de los valores actuales de concentración ambiental anual de MP<sub>10</sub> (datos de los años 2012 a 2015) en un horizonte de evaluación de 10 años (2017-2027). Del análisis se desprende que el beneficio social total de la norma es actualmente de US\$3.446 millones en valor presente al 2017. Estos beneficios están asociados a la reducción de concentración ambiental para lograr el cumplimiento normativo (valor permisible). Los costos totales se estiman en US\$709 millones en valor presente al 2017 y representan el abatimiento potencial requerido para lograr el valor permisible. Finalmente, la razón beneficio-costo es de 4,9. Con esto se concluye que el cumplimiento de la NPCA MP<sub>10</sub>, en relación a las concentraciones actuales del contaminante, es altamente rentable desde la perspectiva social.

Es importante mencionar que el AGIES de una norma primaria de calidad ambiental busca representar los costos y beneficios potenciales e indicativos respecto del cumplimiento de un valor permisible de contaminación, que puede o no hacerse efectivo mediante la implementación de Planes de Prevención y/o Descontaminación. Por otro lado, el AGIES de un Plan evalúa de manera más delimitada los costos y beneficios asociados a medidas y acciones específicas que se deben implementar para evitar la superación o recuperar los niveles señalados en la norma de calidad.

Finalmente, también es de relevancia señalar que los resultados obtenidos en esta evaluación obedecen a la metodología y supuestos establecidos y deben ser considerados como un antecedente más para la toma de decisiones, a la cual se deben incorporar otros elementos importantes para la discusión del instrumento. En el futuro se espera reportar dentro de los AGIES los efectos de la política pública en la paridad de género y pueblos originarios, además de informar acerca de los potenciales efectos asociados al cambio climático.

## 5. Referencias

Arrow, K. J., M. L. Cropper, et al. (1996). "Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health, and safety regulation?" *Science* **272**(5259): 221-222.

EPA (2000). Guidelines for preparing economic analyses. Washington, DC, US Environmental Protection Agency.

Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."

GreenLabUC (2016). Antecedentes para la elaboración de la norma nacional de calderas y procesos de combustión (hornos de vidrio y cementeras).

MMA (2011). Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11 Metodología SINCA 2011. Elaborado por AMBIOSIS., Ministerio del Medio Ambiente.

MMA (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente.

MMA (2013). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Departamento de Economía Ambiental. Chile, Ministerio del Medio Ambiente.

## 6. Anexos

### 6.1 Metodología de beneficios en salud

La Tabla F resume los efectos identificados e indica si estos han sido llevados a términos monetarios.

Tabla F: Beneficios identificados derivados de la reducción de emisiones

Identificados	Valorizados
↓ Mortalidad prematura (MP)	Sí
↓ Morbilidad (MP, SO <sub>2</sub> )	Sí
↓ Productividad perdida (MP, SO <sub>2</sub> )	Sí
↓ Actividad restringida (MP)	Sí
↑ Visibilidad (MP)	No
↓ Corrosión materiales (SO <sub>2</sub> )	No
↑ Producción agrícola (MP, SO <sub>2</sub> )	No
↓ Efectos en ecosistemas (SO <sub>2</sub> )	No
↑ Imagen país (recomendaciones OCDE)	No
↓ Depósito de contaminantes (MP, SO <sub>2</sub> )	No
↓ Efectos en la salud en otras comuna (MP)	No
↑ Cobeneficios en reducción de <i>Black Carbon</i> (MP)	No

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios en salud derivan de cambios en concentraciones de Material Particulado fino (MP<sub>2.5</sub>) y grueso (MP<sub>10</sub>).

El cambio en concentraciones ambientales se relaciona con el cambio en el número de eventos a través de la utilización de funciones dosis respuesta:

$$\Delta \text{Efecto}_{pj} = \sum_{i=1}^n (e^{(\beta_{pj} \Delta C_{pi})} - 1) \cdot P_{ijp} \cdot y_{0j}$$

Dónde:

- $\Delta \text{Efecto}_{pj}$ : Cambio en efecto en salud j debido al delta de concentración del contaminante p [(ug/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>]
- $\beta_{pj}$ : Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p [(ug/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>]
- $\Delta C_{pi}$ : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i [ug/m<sup>3</sup>]
- $P_{ijp}$ : Población i expuesta al contaminante p que puede sufrir efecto en salud j [habitantes]
- $y_{0j}$ : Tasa de incidencia base [casos / (habitantes- año)]

Al linealizar<sup>17</sup> la expresión anterior se obtiene:

$$\Delta\text{Efecto}_{pj} \approx \sum_{i=1}^n \beta_{pj} \cdot \Delta C_{pi} \cdot P_{ijp} \cdot Y_{0j}$$

Esto implica que para la evaluación se asume una relación lineal entre los niveles de concentración y daños en la salud.

Finalmente, el beneficio se obtiene multiplicando el número de casos por la valoración asociada de padecer uno de los efectos valorados, tal como se señala a continuación:

$$\text{Beneficio}_p = \sum_j \Delta\text{Efecto}_{pj} \cdot VU_j$$

Dónde:

$\text{Beneficio}_p$ : Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p, en este caso MP<sub>2.5</sub>

$VU_j$ : Valoración unitaria de cada efecto j evaluado [UF/caso]

El detalle de la metodología utilizada se encuentra en “Guía Metodológica para la elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (MMA 2011).

## 6.2 Valores unitarios de beneficios

Tabla G: Valores unitarios por casos evitados [UF/caso] para el año 2017, escenario Normal.

Tipo de efecto	Efecto detalle	Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
<b>Mortalidad</b>	<i>Largo Plazo</i>	16.283	16.283	16.283	16.283
	<i>Asma</i>	28	30	30	0.0
<b>Admisiones hospitalarias</b>	<i>Cardiovascular</i>	0.0	49	49	49
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0.0	62	62	62
	<i>Neumonía</i>	0.0	0.0	0.0	43
<b>Visitas Salas de Emergencia</b>	<i>Asma</i>	1.4	0.0	0.0	0.0
	<i>Días laborales</i>	0.0	0.9	0.9	0.0
<b>Productividad perdida</b>	<i>Días de actividad restringida</i>	0.0	0.3	0.3	0.0
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: (MMA 2011)

<sup>17</sup> Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo  $\beta$  es pequeño.

### 6.3 Coeficientes de riesgo unitario

En la Tabla H se presentan los valores correspondientes al percentil 50 de los coeficientes de riesgo unitario para el material particulado fino.

Tabla H: Coeficientes de riesgo unitario para MP<sub>2.5</sub>

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
<b>Mortalidad</b>	<i>Largo Plazo</i>	0.00%	0.86%	0.86%	0.86%
	<i>Asma</i>	0.33%	0.33%	0.33%	0.00%
<b>Admisiones hospitalarias</b>	<i>Cardiovascular</i>	0.00%	0.15%	0.15%	0.16%
	<i>Respiratorias crónicas</i>	0.00%	0.24%	0.24%	0.12%
	<i>Neumonía</i>	0.00%	0.00%	0.00%	0.40%
<b>Visitas Salas de Emergencia</b>	<i>Asma</i>	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%
	<i>Días laborales</i>	0.00%	0.46%	0.46%	0.00%
<b>Productividad perdida</b>	<i>Días de actividad restringida</i>	0.00%	0.48%	0.48%	0.00%
	<i>Días de actividad restringida menor</i>	0.00%	0.74%	0.74%	0.00%

Fuente: (MMA 2011)

Tabla I: Coeficientes de riesgo unitario para MP<sub>10</sub>

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
<b>Mortalidad</b>	<i>Largo Plazo</i>	0.39%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Admisiones hospitalarias</b>	<i>Bronquitis</i>	0.77%	0.00%	0.00%	0.00%
	<i>Bronquitis crónica</i>	0.00%	1.11%	1.11%	1.11%

Fuente: (MMA 2011)

## 6.4 Metodología de costos

El costo medio (MM USD por  $\text{ug}/\text{m}^3$ ) se obtiene promediando los costos medios de los AGIES de los planes de prevención y descontaminación atmosférica de la RM y zona sur (Curicó, Talca-Maule, Chillán-Chillán Viejo, Temuco, Osorno, Valdivia y Coyhaique). Es importante mencionar que se eliminaron *outliers* para el análisis de los datos. En la Tabla J se detallan los costos medios por tipo de medida, según el plan considerado.

Tabla J: Costos medios (MM USD por  $\text{ug}/\text{m}^3$ ) de medidas de planes, según tipo de medida y comuna.

Medida	Plan							
	Chillán	Coyhaique	Curicó	Osorno	RM	Talca-Maule	Temuco	Valdivia
Actualización ASM					6,227			
Area - Quemadas					0,009			
Area - Residencial								
Compensación industria					0,002			
Cubierta pozo porcinos					0,082			
Diodigestor aerobio					0,178			
FF - Limite Emisión	1,305					1,059		
FF-Compensación	0,057					0,030		
Filtros maq. Construcción					1,364			
Grupos electrógenos Industria					1,017			
Lena Seca			0,026					0,209
Leña Seca	0,337	0,155		0,191		0,007	0,163	
Límite emisión buses					0,379			
Límite emisión industria					0,077			
Meta emisión grandes FF					0,046			
Norma Cocinas								
Norma maq. fuera de ruta					0,052			
Proh. Gradual calefactores		0,257				0,004	0,284	
Proh. leña zona A					0,022			
Proh. leña zona B					0,007			
Prohib. Chimeneas								
Prohibición artefactos								
Prohibición Chimeneas			0,012					
Prohibición Gradual Calefactores			0,025					0,000
Prohibición Salamandras y otros								

Medida	Plan							
	Chillán	Coyhaique	Curicó	Osorno	RM	Talca-Maule	Temuco	Valdivia
Puntuales DEA - Compensaciones			0,067					0,194
Quemas	0,328				0,009		0,324	
Quemas - Restricción Meses			0,734					0,654
Reacondicionamiento Termico								1,143
Reacondicionamiento Termico			1,096					
Recambio a Cumple Norma		0,274					0,142	
Recambio a pellets	0,708	0,809				0,238	0,625	
Recambio Buses							0,999	
Recambio Calefactores				1,096				
Recambio Cocinas							1,387	
Recambio de Buses								0,276
Recambio Estufas								0,059
Retiro guano ponedoras					0,061			
Transporte (ruta y MFR)								
VE- Reacondicionamiento térmico	2,558					0,925		
Zona baja emisión					1,475			

El costo medio promedio asciende a 0,5432 MM USD por  $ug/m^3$  de  $MP_{2,5}$  reducido. Por otro lado, los percentiles 5, 50 y 95 se estimaron en 0,0059; 0,2092 y 1,4134; respectivamente.

## 7. Ficha de elaboración del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto Revisión Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado Respirable MP <sub>10</sub> , D.S. N° 59 de 1998.
	Versión de AGIES	Versión 2, "Corresponde a la primera evaluación del Anteproyecto".
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Anteproyecto Revisión Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado Respirable MP <sub>10</sub> , D.S. N° 59 de 1998.
	Tipo de regulación	Norma primaria de calidad del aire
	Fecha de término del AGIES	29 de agosto de 2017
	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Revisión
Metodología	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a MMA 2011 y 2013 <sup>i</sup>
	Normativas consideradas de línea base	Planes de Prevención y Descontaminación.
	Nivel de evaluación de beneficios	Valorados beneficios en salud (mortalidad, morbilidad y actividad restringida)
	Tasa de descuento	6%
	Valor de la vida estadística <sup>18</sup>	16.283 UF al año 2017, proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población.
	Beneficios marginales por concentración de MP <sub>2,5</sub>	Valores Recomendados (MMA, 2011) <sup>ii</sup>
Resultados	Costos estimados en MM USD (valor presente)	US\$709 millones
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	US\$3.446 millones
	Razón Beneficio Costo	4,9

<sup>i</sup> MMA (2013). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Departamento de Economía Ambiental. Chile, Ministerio del Medio Ambiente.

<sup>ii</sup> MMA (2011). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC para Ministerio del Medio Ambiente.

<sup>18</sup> El Valor de la Vida Estadística (VVE) es el valor que se asocia a un bien público que, en el margen, evita una muerte estadística (MMA 2013). En términos simples, el VVE corresponde a la suma de las disposiciones a pagar de la población expuesta a contaminantes atmosféricos por reducciones de riesgo pequeñas. Es importante destacar que el concepto de VVE no implica la valoración de la vida humana, sino que la valoración de riesgos pequeños de muerte (MMA 2011).

620100

22