



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 MP₁₀

Carla Gallardo⁽¹⁾, Paulina Schulz⁽²⁾, Sandra Briceño⁽²⁾
Enero 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 (DS 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 corresponden por ejemplo a antecedentes geográficos y demográficos, datos históricos, situación política y la percepción pública respecto a la contaminación.

1. 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 MP₁₀ (NPCA MP₁₀) en relación a las concentraciones actuales del contaminante.

Respecto de la norma, en 1998 el Ministerio Secretaría General de la Presidencia estableció mediante el D.S. N° 59 la Norma de Calidad Primaria para MP₁₀. 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 MP₁₀. Dicho proceso de revisión promulgó el D.S. N° 20/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el cual derogó la NPCA MP₁₀ como concentración anual, con el objeto de focalizar la regulación sobre la fracción más dañina del material particulado, el MP_{2,5}, y sobre el MP₁₀ 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 MP₁₀ contenida en el D.S. de 1998.

La revisión de la NPCA MP₁₀ mantiene los límites de concentración anual y diaria, así como los niveles de emergencia para la concentración diaria del D.S. N° 59/1998. En consecuencia, debido a que la norma original es de 1998, la presente evaluación corresponde a la implementación de los valores de la norma en relación al estado actual de las concentraciones ambientales de MP₁₀ con datos de los años 2013 a 2015¹.

El AGIES evalúa los beneficios y costos de los límites de concentraciones definidas en el Anteproyecto en un horizonte de 10 años (2017-2027). Los resultados indican lo siguiente:

- El límite de concentración anual de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ es sobrepasado en las siguientes comunas: Andacollo, Cerrillos, Cerro Navia, Chillán, Coyhaique, Curicó, El Bosque, Florida, Independencia, Las Condes, Los Ángeles, O'Higgins, Osorno, Padre las Casas, Pudahuel, Puente Alto, Quilicura, Rancagua, Rengo, Talca, Temuco y Valdivia.
- Los beneficios valorizados por la reducción de la concentración anual en las comunas que superan la norma se estiman en US\$2.930 millones² en valor presente.
- Los costos valorizados por la reducción de la concentración al nivel de la norma se estiman en US\$250 millones en valor presente.
- La valoración de los beneficios y costos de la NPCA MP₁₀, en relación a las concentraciones actuales del contaminante, indica que la implementación de la norma es altamente rentable desde la perspectiva social. La razón beneficio-costo es de 11,7.

¹ En rigor, se está haciendo un análisis costo beneficio como si la norma fuese nueva, pues hacer un análisis económico de la revisión de la norma no tiene sentido ya que el análisis costo beneficio de la revisión de la NPCA MP₁₀ en relación a la norma original de 1998 sería cero, pues no presenta cambios en los valores.

² 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 al 03/01/2017: 669,47 CLP. Tipo cambio UF al 01/01/2017: 26.348 CLP.

Este análisis concluye que la NPCA MP₁₀ es consistente con los compromisos del Ministerio del Medio Ambiente reducir la contaminación y que promueve la equidad entre sus habitantes.

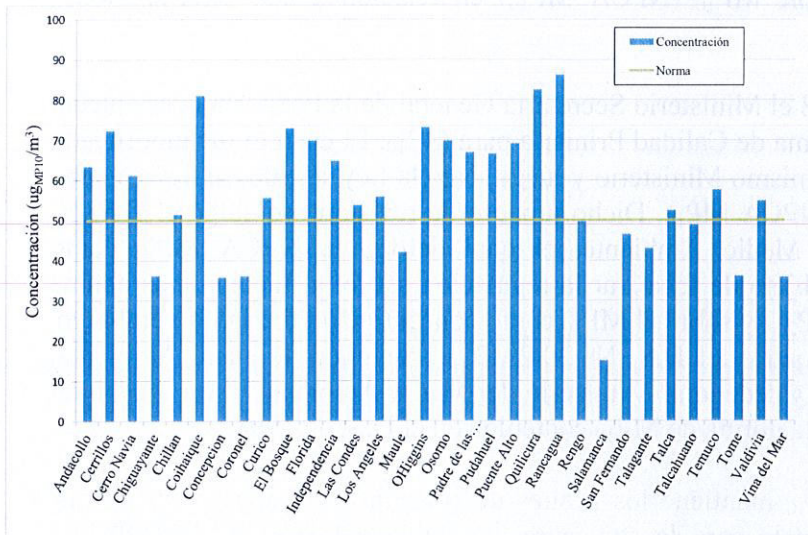


Figura B: Concentración anual MP₁₀ respecto de valores de norma.

La Figura B muestra las concentraciones anuales de MP₁₀ respecto de la norma anual de 50 ug/m³N.

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

Evento	Cont	Tipo	Casos evitados 2017-2027 (Percentil 50)	Intervalo de confianza (IC) al 90%
Mortalidad	MP2.5	Cardiopulmonar largo plazo	5.376	[3.835 – 7.338]
Admisiones hospitalarias	MP2.5	Asma (crónica)	179	[144 - 236]
	MP2.5	Cardiovascular	2.361	[2.029 – 2.709]
	MP2.5	Respiratorias crónicas	363	[-44 - 689]
	MP2.5	Neumonía	1.552	[818 – 2.128]
Visitas Salas de Emergencia	MP2.5	Asma	128.390	[82.775 – 204.378]
	MP2.5	Días laborales	1.102.359	[1.057.508 – 1.186.114]
Productividad perdida	MP2.5	Días de actividad restringida	5.150.151	[4.794.535 – 5.356.164]
	MP2.5	Días de actividad restringida menor	9.671.027	[8.860.459 – 10.169.715]
Mortalidad	MP10	Todas las causas largo plazo	241	[138 - 344]
Admisiones hospitalarias	MP10	Bronquitis	1.363	[160 - 2566]
	MP10	Bronquitis crónica	1.911	[1449 - 2389]

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

Número de casos evitados durante el horizonte de evaluación (2017-2027), atribuibles a la reducción de MP_{2,5} y MP₁₀, para el percentil 50 y sus intervalos de confianza (IC) al 10%. Se consideran los casos evitados por reducción de MP_{2,5} debido a que reducir la concentración de MP₁₀ implica reducir MP_{2,5}, por lo que es importante cuantificar los beneficios asociados a reducir esta fracción.

Indicador	Valor
Valor presente del beneficio valorizado (MMUSD)	2.930
Valor presente del costo valorizado (MMUSD)	250
Razón Beneficio-Costo	11,7

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

La tabla muestra los valores presente del beneficio y el costo valorizados en relación al cumplimiento de los límites de la norma como concentración anual de MP₁₀. Además se muestra la razón beneficio-costo.

El horizonte de evaluación corresponde a 2017-2027, dondel el valor presente se calcula al 2017.

ÍNDICE

1. RESUMEN	3
2. ANTECEDENTES.....	7
2.1 CONCENTRACIONES ATMOSFÉRICAS DE MP ₁₀	7
3. METODOLOGÍA DEL AGIES	9
3.1 CONCENTRACIONES.....	10
3.2 BENEFICIOS Y COSTOS.....	10
4. RESULTADOS	12
4.1 REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE MP ₁₀	12
4.2 REDUCCIÓN DE EFECTOS A LA SALUD: CASOS EVITADOS	13
4.3 INDICADORES ECONÓMICOS	14
5. CONCLUSIONES	15
6. REFERENCIAS.....	16
7. ANEXOS.....	17
7.1 METODOLOGÍA DE BENEFICIOS EN SALUD.....	17
7.2 VALORES UNITARIOS DE BENEFICIOS	18
7.3 COEFICIENTES DE RIESGO UNITARIO	19
8. FICHA DE ELABORACIÓN DEL AGIES	20

2. Antecedentes

La Norma de Calidad Primaria de MP₁₀ 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 MP₁₀. Dicho proceso de revisión promulgó el D.S. N° 20/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, el cual derogó la NPCA MP₁₀ como concentración anual, con el objeto de focalizar la regulación sobre la fracción más dañina del material particulado, el MP_{2,5}, y sobre el MP₁₀ 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 MP₁₀ contenida en el D.S. de 1998.

El objeto normativo de la revisión de la NPCA MP₁₀ corresponde a la protección de la salud de las personas de los efectos agudos y crónicos debido a la exposición a MP₁₀ en el aire, mediante el establecimiento de la norma como concentración anual de 50 µg/m³N y como concentración de 24 horas de 150 µg/m³N. La NPCA MP₁₀ también define niveles que originan situaciones de emergencia ambiental. La definición de los niveles de emergencia tiene como objetivo reducir la exposición de la población en situaciones donde se presentan concentraciones de MP₁₀ que superan el valor de la norma y por ende involucran un riesgo para la salud de las personas.

La revisión de la NPCA MP₁₀ mantiene los valores de los límites de concentración anual y diaria, así como los niveles de emergencia para la concentración diaria. No obstante, debido a que la norma original es de 1998, la presente evaluación corresponde a la implementación de los valores de la norma en relación al estado actual de las concentraciones ambientales de MP₁₀ con datos de los años 2013 a 2015³.

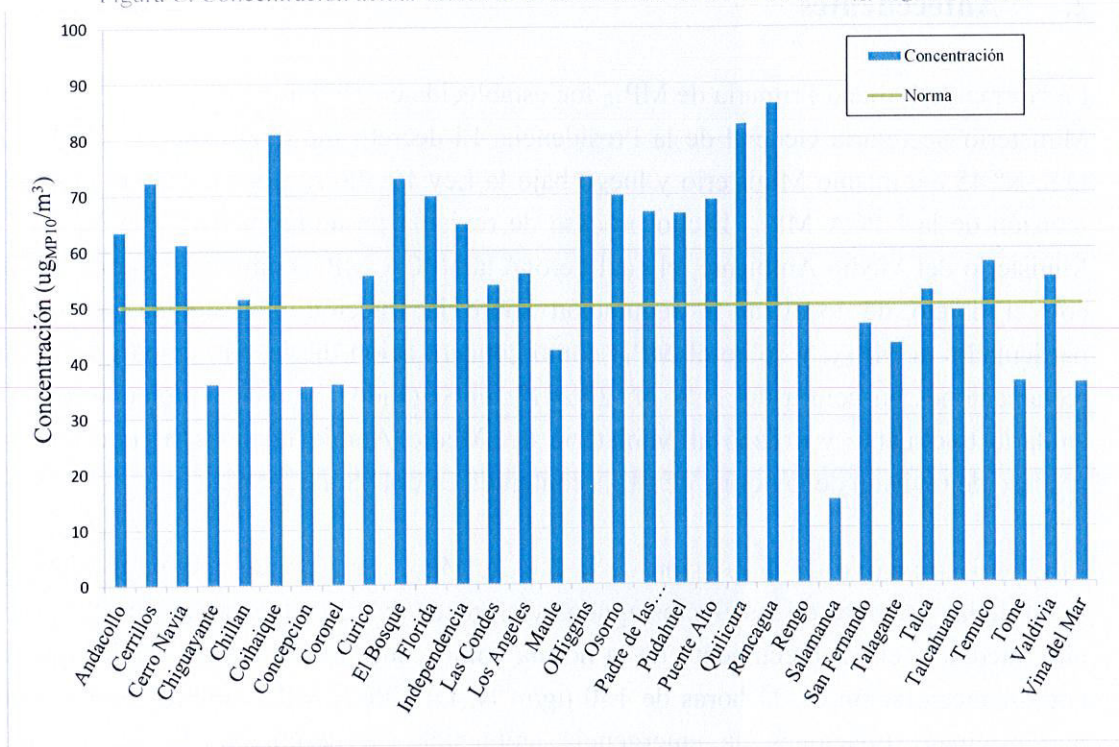
2.1 Concentraciones atmosféricas de MP₁₀

En la Figura C se muestran las concentraciones anuales de MP₁₀ en las estaciones de monitoreo (años 2013, 2014 ó 2015, según disponibilidad de información. Ver sección 3.1), 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 MP₁₀ que implica cumplir la norma primaria como concentración anual, con la que se estiman los beneficios y costos.

³ En rigor se está haciendo un análisis costo beneficio como si la norma fuese nueva, pues hacer un análisis económico de la revisión de la norma no tiene sentido ya que el análisis costo beneficio de la revisión de la NPCA MP₁₀ en relación a la norma original de 1998 sería cero, pues no presenta cambios en los valores.



Figura C. Concentración actual versus nivel establecido en la NPCA MP₁₀, según estación.

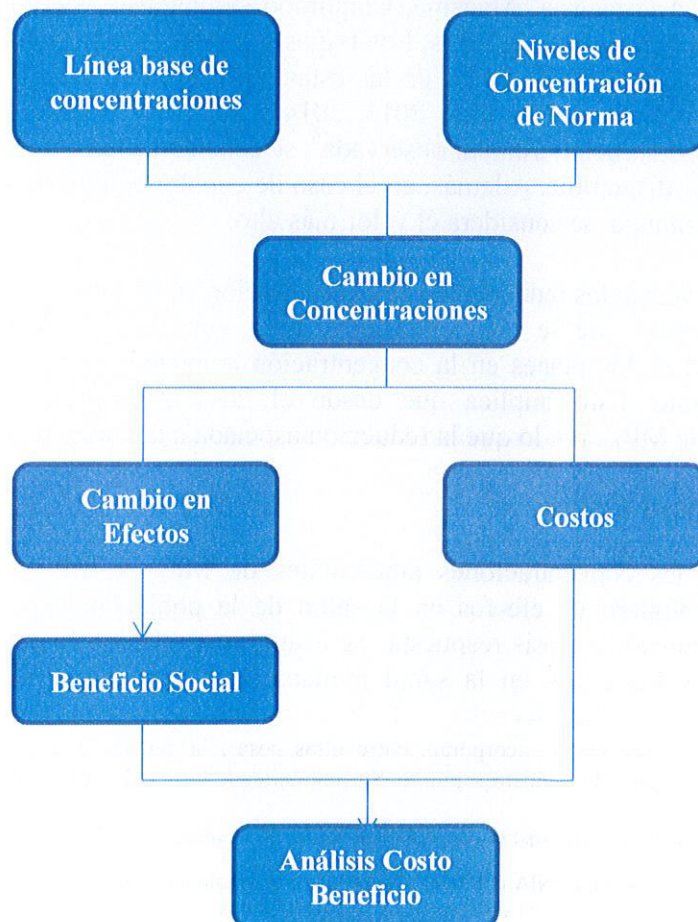


Fuente: Elaboración propia.

3. 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 la implementación de una política pública, aportado 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 (MMA 2013).

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



Fuente: Elaboración propia basado en (MMA 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 otras⁴.

3.1 Concentraciones

Para calcular la reducción de concentración de MP_{10} 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_{10} como concentración anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Además, utilizando una fracción de $MP_{2,5}$ respecto de MP_{10} para cada comuna, se estima la reducción de concentración de $MP_{2,5}$ a la cual equivale la reducción calculada de concentración de MP_{10} . Esto se hace debido a que la reducción de concentración de MP_{10} implica reducción de $MP_{2,5}$ y por ende es importante cuantificar los beneficios asociados a reducir esta fracción.

Las concentraciones ambientales se obtienen de las estaciones de monitoreo existentes en las regiones de Antofagasta, Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule, Bío Bío, Araucanía, Los Ríos, Los Lagos y Aysén⁵. En particular, se consideran las concentraciones trianuales de MP_{10} de las estaciones de monitoreo según la información disponible más reciente de los años 2013, 2014 y 2015. En el caso de no contar con un valor para la concentración trianual observada⁶, se considera el promedio anual del año más reciente que esté disponible. Además, en el caso de contar con dos estaciones de monitoreo para la misma comuna, se considera el valor más alto.

Además, se proyectan las reducciones de concentración en el horizonte de evaluación (2017 - 2027), asumiendo que se mantienen constantes, considerando que en el efecto de la implementación de los planes en la concentración ambiental de MP_{10} se asume 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 es cero.

3.2 Beneficios y Costos

El cambio en las concentraciones ambientales de MP_{10} y $MP_{2,5}$ se relaciona con la reducción del número de efectos en la salud de la población expuesta, a través de la utilización de funciones dosis respuesta. Se asume una relación lineal entre los niveles de concentración y los daños en la salud humana. Los beneficios valorizados e unidades

⁴ D.S.38 y 39/2012 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.

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

⁶ Esto ocurre para las estaciones: INIA (Chillán), Coyhaique 2 (Coyhaique), Cerro Merquín (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.

monetarias se obtienen multiplicando el número de casos por la valoración unitaria (valor por cada caso) asociada a padecer los efectos valorados⁷. Específicamente, se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida. 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*⁸.

Los costos se calculan en base un valor de costo medio de reducción de concentración de $MP_{2,5}$ (MM USD por ug/m^3)⁹. Este costo medio se multiplica por la reducción requerida de concentración anual de $MP_{2,5}$, con lo cual se obtiene el costo proyectado por comuna en el horizonte de evaluación.

⁷ 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/>

⁸ Componente del $PM_{2,5}$ que se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. También puede ser de ocurrencia natural.

⁹ Cálculo en base a costos medios de reducción de concentración de $MP_{2,5}$ (MM USD/ ug/m^3) 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). Se considera el percentil 50 de los costos medios por comuna de los planes mencionados, donde se eliminan *ouliers* para el análisis de los datos.

4. Resultados

4.1 Reducción de concentraciones de MP₁₀

La implementación 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 MP₁₀ 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 MP₁₀ 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 de concentración anual de MP₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]

Comuna	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	Actual	Norma	Reducción
Andacollo	63.5	50	13.5
Cerrillos	72.3	50	22.3
Cerro Navia	61.2	50	11.2
Chillan	51.4	50	1.4
Coihaique	81.0	50	31.0
Curico	55.6	50	5.6
El Bosque	73.0	50	23.0
Florida	69.8	50	19.8
Independencia	64.8	50	14.8
Las Condes	53.8	50	3.8
Los Angeles	55.8	50	5.8
OHiggins	73.1	50	23.1
Osorno	69.8	50	19.8
Padre de las Casas	66.8	50	16.8
Pudahuel	66.5	50	16.5
Puente Alto	69.1	50	19.1
Quilicura	82.5	50	32.5
Rancagua	86.2	50	36.2
Rengo	50.0	50	0.0
Talca	52.5	50	2.5
Temuco	57.6	50	7.6
Valdivia	54.9	50	4.9

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.

4.2 Reducción de efectos a la salud: casos evitados

En la Tabla D se detalla el número de casos evitados por la reducción de MP_{2,5} y MP₁₀ (acumulados en el horizonte de evaluación, 2017-2027) por evento y tipo de evento, especificando sus intervalos de confianza.

Tabla D: Número de casos evitados por la reducción de MP_{2,5} y MP₁₀ (2017-2027).

Evento	Contaminante	Tipo	Casos evitados 2017-2027 (Percentil 50 ¹⁰)	Intervalo de confianza (IC) al 90% ¹¹
Mortalidad	MP2.5	Cardiopulmonar largo plazo	5.376	[3.835 – 7.338]
	MP2.5	Asma (crónica)	179	[144 - 236]
Admisiones hospitalarias	MP2.5	Cardiovascular	2.361	[2.029 – 2.709]
	MP2.5	Respiratorias crónicas	363	[-44 - 689]
	MP2.5	Neumonía	1.552	[818 – 2.128]
Visitas Salas de Emergencia	MP2.5	Asma	128.390	[82.775 – 204.378]
	MP2.5	Días laborales	1.102.359	[1.057.508 – 1.186.114]
Productividad perdida	MP2.5	Días de actividad restringida	5.150.151	[4.794.535 – 5.356.164]
	MP2.5	Días de actividad restringida menor	9.671.027	[8.860.459 – 10.169.715]
Mortalidad	MP10	Todas las causas largo plazo	241	[138 - 344]
	MP10	Bronquitis	1.363	[160 – 2.566]
Admisiones hospitalarias	MP10	Bronquitis crónica	1.911	[1.449 – 2.389]

Fuente: Elaboración Propia en base fuentes de información de anexo 7

Los coeficientes de riesgo unitario utilizados y los valores unitarios por evento se presentan en la sección 7 de Anexos.

¹⁰ Mediana

¹¹ El intervalo de confianza muestra los valores del percentil 5 en el rango inferior y del percentil 95 en el rango superior.



4.3 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 2.930 millones de USD. El costo estimado es de 250 millones de USD, lo cual implica una razón beneficio costo¹² de 11,7, asociada a los límites vigentes.

Tabla E: Indicadores Económicos

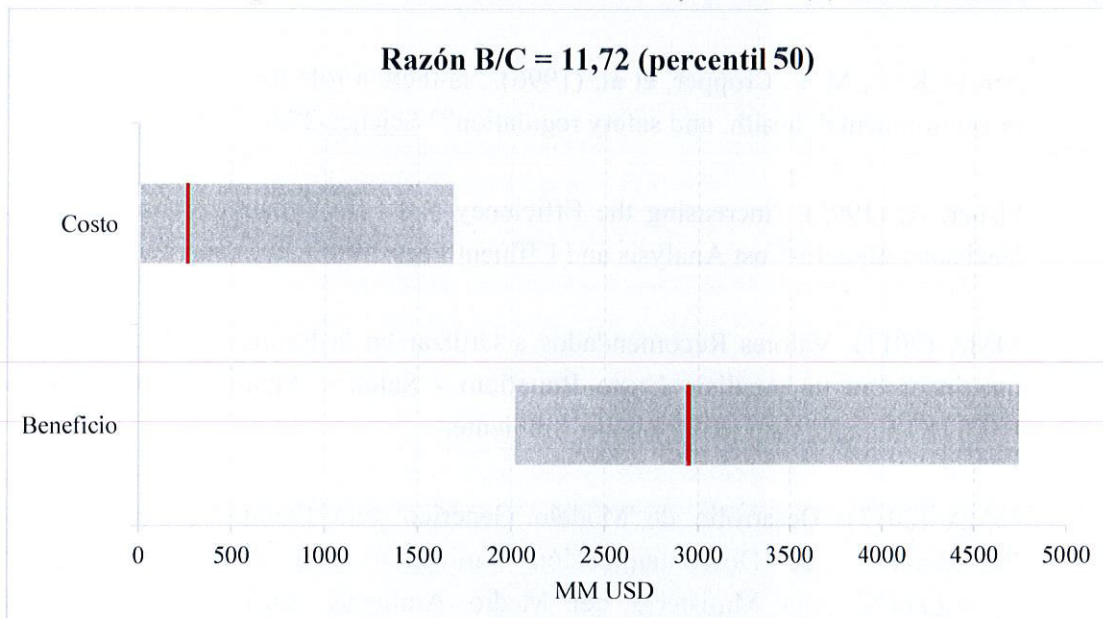
Indicador	Valor
Beneficio valorizado (MMUSD)	2.930
Costo valorizado (MMUSD)	250
Razón Beneficio-Costo	11,7

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, 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 la línea roja representa la mediana de cada indicador. Con esto se puede observar que existe una variabilidad en la estimación de los costos y beneficios.

¹² indica la relación entre beneficios y costos, donde un valor mayor a 1 significa que el proyecto evaluado tiene una rentabilidad social positiva

Figura E: Intervalos de confianza de costos y beneficios y percentil 50.



Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

Para la evaluación de Anteproyecto del proceso de Revisión de la Norma Primaria de Calidad del Aire para Material Particulado Respirable MP₁₀ se realizó un análisis costo-beneficio, donde se valorizaron los beneficios en salud y los costos para reducir concentraciones ambientales de MP₁₀ en un horizonte de evaluación de 10 años (2017-2027).

Del análisis se desprende que el beneficio social total de la norma es de US\$2.930 millones en valor presente (al 2017). Los costos totales se estiman en US\$250 millones en valor presente (2017). La razón beneficio-costo es de 11,7 con lo cual se concluye que la implementación de la NPCA MP₁₀, en relación a las concentraciones actuales del contaminante, es altamente rentable desde la perspectiva social.

Es importante 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 relevantes 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.

6. 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.
- Fisher, A. (1991). "Increasing the Efficiency and Effectiveness of Environmental Decisions: Benefit-Cost Analysis and Effluent Fees."
- 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). Desarrollo de Modelo Genérico para Evaluación de Planes de Prevención y de Descontaminación Ambiental para Aire, Preparado por GreenLabUC para Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en el link: <http://www.greenlabuc.cl/wp-content/uploads/2016/04/2013-PDA-Informe-Final.pdf>
- 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 el link: http://www.sinia.cl/1292/articles-54447_Guia_MetodologicaCalidadAire.pdf

7. Anexos

7.1 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 ₂)	Sí
↓ Productividad perdida (MP, SO ₂)	Sí
↓ Actividad restringida (MP)	Sí
↑ Visibilidad (MP)	No
↓ Corrosión materiales (SO ₂)	No
↑ Producción agrícola (MP, SO ₂)	No
↓ Efectos en ecosistemas (SO ₂)	No
↑ Imagen país (recomendaciones OCDE)	No
↓ Depósito de contaminantes (MP, SO ₂)	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_{2.5}) y grueso (MP₁₀).

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/m³)⁻¹]
- β_{pj} : Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p [(ug/m³)⁻¹]
- ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i [ug/m³]
- 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 linealizar¹³ 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:

Beneficio_p: Beneficio de la reducción de la concentración ambiental de p, en este caso MP_{2.5}

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).

7.2 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
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	16.283	16.283	16.283	16.283
	<i>Asma</i>	28	30	30	0.0
Admisiones hospitalarias	<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
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	1.4	0.0	0.0	0.0
	<i>Días laborales</i>	0.0	0.9	0.9	0.0
Productividad perdida	<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)

¹³ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.



7.3 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_{2.5}

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	0.00%	0.86%	0.86%	0.86%
	<i>Asma</i>	0.33%	0.33%	0.33%	0.00%
Admisiones hospitalarias	<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%
Visitas Salas de Emergencia	<i>Asma</i>	0.44%	0.00%	0.00%	0.00%
	<i>Días laborales</i>	0.00%	0.46%	0.46%	0.00%
Productividad perdida	<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 MP₁₀

		Niños	Adultos 18-29	Adultos 30-64	Adultos Mayores
Mortalidad	<i>Largo Plazo</i>	0.39%	0.00%	0.00%	0.00%
Admisiones hospitalarias	<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)

8. 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 ₁₀ , D.S. N° 59 de 1998.
	Versión de AGIES	Versión 1, "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 ₁₀ , D.S. N° 59 de 1998.
Identificación	Tipo de regulación	Norma primaria de calidad del aire
	Fecha de término del AGIES	12 de enero de 2017
Metodología	Alcance geográfico	Nacional
	Instrumento nuevo o revisión	Revisión
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
	Metodología	Análisis Costo-Beneficio, Beneficios salud en base a (MMA, 2013) ⁱ
	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 ¹⁴	16.283 UF al año 2017, proyectado según poder de paridad de compra y crecimiento de la población.
Resultados	Beneficios marginales por concentración de MP _{2,5}	Valores Recomendados (MMA, 2011) ⁱⁱ
	Costos estimados en MM USD (valor presente)	US\$250 millones
	Beneficios estimados en MM USD (valor presente)	US\$2.930 millones
	Razón Beneficio Costo	11,72

ⁱ 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.

ⁱⁱ 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.

¹⁴ 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).