



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS

ESCUELA DE ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN

**Normativa de Emisión de Material Particulado Fino (Ley
N°19.300): Importancia para las políticas públicas y la regulación
ambiental en Chile.**

Seminario para optar al título de Ingeniero Comercial, Mención Economía.

Autor: Marcos Balmaceda E.

Profesor guía: Eugenio Figueroa B.

Santiago de Chile, Junio de 2016

“Si los hombre escupen a la tierra, se escupen a sí mismos (...) la tierra no pertenece al hombre, sino el hombre pertenece a la tierra.”

Jefe Seattle, líder del pueblo indígena Suquamish, extracto de la carta dirigida al Presidente de los EE.UU Franklin Pierce en 1854.

Agradecimientos

A mis padres, Marcos Adolfo y María Carolina, cuyo apoyo y orientación ha sido fundamental en todo aspecto de mi vida. Sin su cariño, confianza y dedicación, nada de esto hubiese sido posible.

A mis hermanos, por soportar largas horas de estudios sin sus espacios comunes, y por respetarme en aquellos momentos en que se necesitaba concentración. A mis abuelos, por creer siempre en mis capacidades y ser una constante fuente de inspiración. Al profesor Eugenio Figueroa por su enorme paciencia y su gran comprensión y disposición a ayudar. Y finalmente, pero no menos importantes, a los amigos, viejos y nuevos, que hicieron agradables los momentos más duros.

Resumen

En el presente trabajo, se analiza críticamente la legislación Chilena en materias ambientales del aire; específicamente aquellas vinculadas a la contaminación por material particulado de tamaño fino ($2,5 \mu\text{m}$ o menores).

Por medio de una extensa revisión de la literatura vigente (tanto nacional como internacional), el uso y la comparación de metodologías - oficiales y críticas a la normativa - entregadas por organismos e instituciones tales como la CONAMA, SOFOFA, DICTUC y el Centro de Estudios Públicos (CEP), y su aplicación en las bases de datos elaboradas por el Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Salud y el CENMA se intenta dar cabida a algunas recomendaciones en políticas públicas y se entregan conclusiones.

Se muestra que la actual normativa sobre material particulado fino es demasiado exigente en términos de meta, como para ser efectivamente cumplida en los periodos señalados, tomando en consideración el presente estado del país. Por otro lado, uno de los grandes obstáculos para Chile es la baja calidad informativa para el estado del aire, desde problemas en su medición hasta la inexistencia absoluta de esta para algunas zonas, sumado a otras particularidades, amenazan fuertemente el correcto análisis a nivel regional, zonal e incluso nacional para la formación de políticas públicas óptimas. En tercer lugar, no existen mecanismos complementarios a los análisis de costo beneficio para la fijación de normativas. En este sentido, falta la incorporación de metodologías de costo efectividad a modo de incorporar el riesgo permitido (aún no definido). Todo lo anterior implica políticas públicas sub-óptimas, con fuertes costos sociales, económicos y medioambientales, y con potentes elementos distorsionadores para la toma de decisiones.

El presente trabajo incentiva al uso de nuevas metodologías (costo efectividad) para un correcto análisis e incorporar nuevos campos de interés (ecológico, social, entre otros). Adicionalmente, se

fomenta a un aumento de presupuesto, que permita análisis apropiados, de manera de establecer comparaciones realistas y acertadas con otros países.

Se sugiere balancear los horizontes temporales, en el sentido de lograr políticas sustentables, que generen cambios, pero que a la vez sean alcanzables. Todo esto bajo un marco de credibilidad de manera que no se generen distorsiones en las decisiones de los agentes. Finalmente, se cree fundamental estandarizar metodologías para las normativas, incorporando las distintas realidades a nivel regional, como zonal.

Índice

1. Introducción.	7
1.1. Una descripción del material particulado y su efecto nocivo sobre la salud.	7
2. Literatura y Evidencia Internacional.	10
2.1 Consideraciones e Importancia del Material Particulado Fino.	10
2.2 Importancia de relevar el estudio sobre PM_{2,5}.	13
3. El Caso Nacional, Normativa e Identificación de Impactos.	15
3.1. Efectos y Norma de Calidad Primaria de Material Particulado 2,5.	15
4. Crítica a la Normativa Vigente en PM_{2,5}: Falencias y Propuestas Normativas y Metodológicas.	31
4.1 El Caso de SOFOFA y las Críticas y Contribuciones del Sector Privado Chileno.	
4.2 Otras Contribuciones y Críticas.	49
5. Conclusiones y Recomendaciones.	57
6. Referencias.	62
7. Anexo.	67

1 Introducción

1.1 Una descripción del material particulado y su efecto nocivo sobre la salud

La contaminación atmosférica ha sido uno de los problemas más importantes del desarrollo de la sociedad moderna. Este problema suele analizarse para una mayor comprensión en dos dimensiones, la temporal (corto, mediano y largo plazo) y espacial, alcanzando bastas áreas geográficas.

Numerosos estudios clínicos han demostrado efectos nocivos del polvo y los gases emitidos tanto por fuentes móviles como inmóviles, afectando la salud humana a través de amplia gama de enfermedades. Algunos ejemplos son el aumento en la frecuencia de cánceres de tipo pulmonar, dificultades respiratorias severas, muertes prematuras, irritación de zonas mucosas tales como ojos y nariz, ciertos cuadros médicos en asmáticos, enfermedades cardiovasculares, entre otras. Adicionalmente, su acumulación en los pulmones puede provocar silicosis y asbestosis¹ (Coria et al., 2010).

¹ La silicosis es una enfermedad pulmonar causada por la sobreexposición a la sílice cristalina respirable. Es irreversible y puede llegar a causar invalidez e incluso la muerte. La sílice es extremadamente abundante en la corteza terrestre. La sobreexposición a polvo que contiene partículas de sílice cristalina puede causar la formación de tejidos de cicatrización en los pulmones. Disminuyendo con ello la capacidad de los pulmones de extraer oxígeno del aire. Por otro lado, la asbestosis es la formación extensa de tejido cicatricial en los pulmones causada por la aspiración del polvo de amianto. Su inhalación puede producir el engrosamiento de la pleura pulmonar. Como síntomas usuales de esto son ahogos leves y la disminución de la capacidad pulmonar. También se le puede relacionar con el cáncer de pulmón.

Por otro lado, la contaminación atmosférica ha demostrado tener efectos indirectos que no logran ser internalizados correctamente por los agentes, de esta manera conllevan a una serie de problemáticas sociales. Desde esta visión, y a modo de ejemplo, en un interesante estudio realizado por Graff y Neidell (2011) se muestra que típicamente la protección medioambiental es vista por los receptores de las medidas como un impuesto al mercado del trabajo y a la economía en general. Sin embargo, dada la vasta evidencia que vincula la polución a una baja calidad salubre, y dado que la salud es un importante elemento del capital humano, los esfuerzos por reducir la contaminación podrían ser vistos como una inversión en capital humano y como una herramienta promotora del crecimiento económico. Este punto será desarrollado con mayor extensión en la sección de propuestas de política.

Adicionalmente, estudios recientes han demostrado que concentraciones normales de partículas finas pueden ser mucho más peligrosas a la salud que formas más conocidas de contaminación atmosférica tales como smog, SO_2 y CO (Kristie et al., 2008). Estas partículas sólidas o líquidas, que pueden tener distintos tamaños y formas, y que vienen de distintas fuentes, son el llamado material particulado (PM)². Mientras menor sea el tamaño de las partículas, mayor será el daño provocado en la salud. Dado lo anterior, de las dos clasificaciones existentes de PM³, el llamado PM₁₀, conformado por partículas de hasta 10 μg de diámetro, es el menos dañino dado que su penetración en los pulmones sucede en menor profundidad (Zagar et al., 2013).

² PM proviene de “Particulate matter” (material particulado en español).

³ Hay dos clasificaciones de material particulado PM₁₀ y PM_{2,5}. Estas dependen únicamente de si el tamaño de las partículas es menor a 2,5 μm corresponderá a material particulado 2,5. En caso contrario a 10.

Dada la sugerente evidencia empírica entorno al impacto que pudiese tener dicho material particulado y principalmente aquel de menor tamaño, es imperante investigar y cuestionarnos si la normativa vigente nacional está alineada correctamente con la normativa internacional; más aún si las magnitudes están siendo estimadas apropiadamente y si es de importancia pública dicha temática.

Si bien, es de conocimiento público que reducciones en material particulado pueden tener impactos positivos en la salud de los individuos, la gran mayoría de los estudios a nivel local e incluso a nivel internacional han sido desarrollados con material particulado grueso y emisiones convencionales (SO_2, NO_2, CO, O_3). Por ello, una recopilación de literatura que oriente en el impacto y el costo del material particulado fino, puede entregar nuevas herramientas de cómo combatir problemas de salud y ahorrar recursos al estado. Sin embargo, es importante destacar que la contaminación atmosférica es un proceso dinámico y cambiante, en donde múltiples elementos y variables pueden sesgar el análisis. A pesar, de la sofisticación de las herramientas estadístico-matemáticas y del avance científico es importante saber que muchas de las políticas y decisiones tomadas bajo la normativa vigente pudiesen estar sesgadas - dada la alta susceptibilidad de errar por multivariabilidad y gama de elementos confundentes - lo que impacta directamente en los datos y en las estimaciones. Ahora bien, no existe un método perfecto, pero si mejores aproximaciones que entregan directrices más sólidas, para normar y crear políticas públicas que potencien al país y al medioambiente.

En este documento se aportan argumentos adicionales, específicamente del análisis de los impactos económicos, sociales y ambientales para futuras nuevas regulaciones del material particulado fino. Adicionalmente, busca entregar nuevas metodologías de medición y estimación e incluir nuevas aristas al análisis del problema.

1. Literatura y Evidencia Internacional

2.1 Consideraciones e Importancia del Material Particulado Fino

Una gran parte de los estudios asociados a la exposición de material particulado y de la literatura existente hacen mención a los efectos del material particulado grueso y no al material particulado fino. Por ello es relevante entender su impacto a nivel social, ambiental y económico, de manera de tener certeza al tomar decisiones tanto en políticas públicas como a nivel individual o de conglomerados.

2.1a Impactos y Consideraciones en Salud

En los años recientes, el material particulado ha recibido gran atención por parte de los tomadores de decisiones, reguladores y todos aquellos preocupados por los potenciales impactos de la contaminación en la salud. En una gran cantidad de estudios, el MP ha sido vinculado a variados impactos en salud, entre ellos emergencias asmáticas, bronquitis, cáncer, enfermedades cardíacas, recién nacidos con bajo peso, y muertes prematuras. Por ejemplo acorde a datos entregados por el Health Effects Institute, y obtenidos del World Health Organization data, se reportó que en 2012 la contaminación por material particulado habría sido responsable de 3,2 millones de muertes prematuras promedio anualmente en el mundo.⁴

En resumidas cuentas, el material particulado es un término general para describir la combinación de partículas sólidas, semi-sólidas, líquidas y gaseosas que son un subproducto de la combustión.

⁴ El Health Effects Institute situó el 2010 a la contaminación por material particulado como la 8tava causa de muerte prematura.

La formación de este material es compleja y abarca una serie de partículas distintas, tanto en tamaño como en composición química.

Gran parte de estas partículas son formadas de la combustión incompleta de derivados de petróleo, otro resto son formadas cuando componentes metálicos y otros componentes no combustibles son introducidos en el interior de los motores. De ahí la alta importancia del uso de correctas metodologías al evaluar el impacto en salud del sistema de transporte público y privado y como ellos interactúan entre ellos al implementar medidas y regulaciones de gobierno.⁵

Durante la última década, las investigaciones en salud se han dirigido específicamente a la clasificación de partículas ultra finas – llamadas en la literatura “ultrafine particulates (UFPs)” (ó Material Particulado Ultra Fino (MPU) en castellano). Dichas partículas poseen diámetro aerodinámico de 0,1 micrones⁶ o inferior a ello. La literatura suele mencionar que este tamaño no se encuentra en la naturaleza por combustión de biomasa – El MP de fuentes de combustión tiende a ser más pequeño que aquellas partículas producidas por combustión natural-. Por otro lado, una vez liberado en la atmosfera, el MPU se puede mantener en estado de suspensión por minutos o días, y puede seguir creciendo en tamaño e incluso reaccionar con otros componentes atmosféricos. Eventualmente, el MPU decantará al suelo, caerá por la lluvia, impactando adhiriéndose a objetos o materiales, o podrá ser inhalado por las personas. Una vez inhalado, el MP ultra fino – que posee un tamaño muy pequeño – es capaz de evadir nuestros mecanismos respiratorios de defensa y colarse en las secciones más profundas de nuestros pulmones y

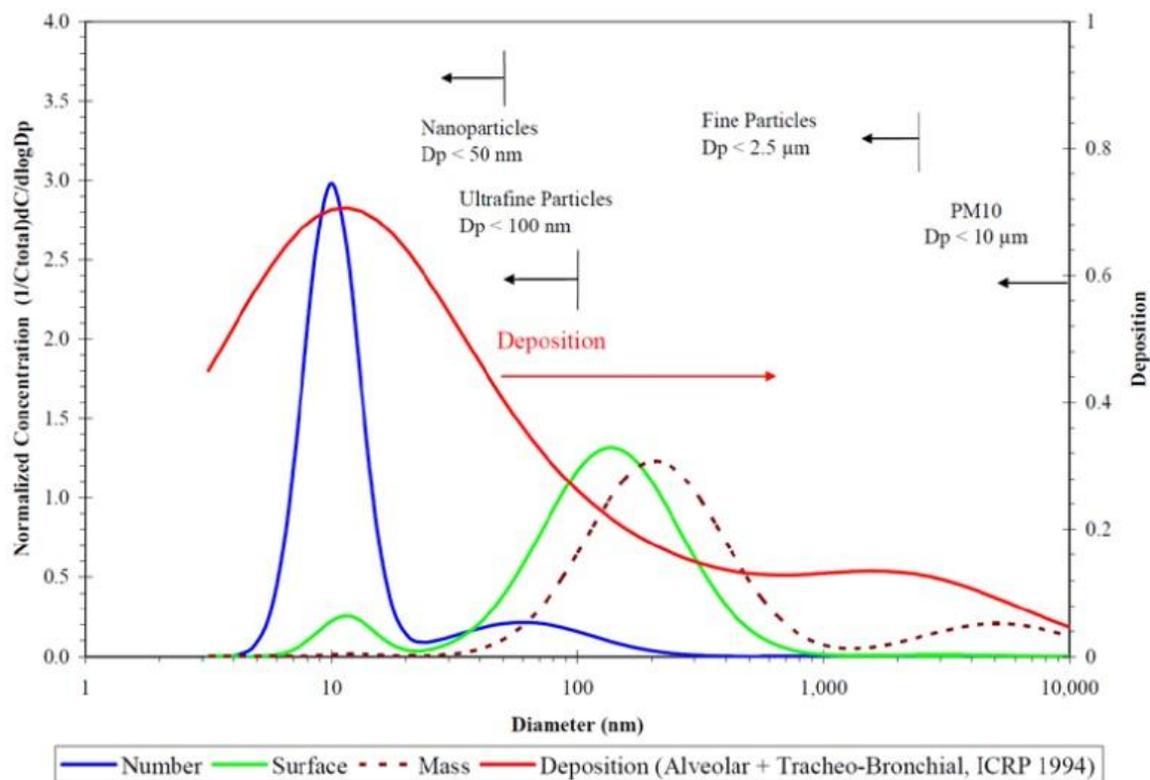
⁵ Figueroa et al. (2013) realiza un análisis econométrico sobre los impactos en salud del transporte público para la región Metropolitana, pero utilizando material particulado grueso. Lo anterior, implica quizás una subvaloración latente en las estimaciones producto de no incorporar la fracción fina.

⁶ El 1% del diámetro aerodinámico de PM10.

alveolos. De ahí en adelante dichas partículas son lo suficientemente ínfimas para cruzar las paredes celulares y entrar a nuestro flujo sanguíneo dando la posibilidad de transmitirse en múltiples tejidos. En este sentido, la literatura parece apuntar mayoritariamente a que la inhalación de material particulado presenta mayores riesgos en la salud a medida el diámetro aerodinámico disminuye. Es más, Gladstein, Neandross & Associates (2013) señalan que el material particulado ultra fino es muy relevante porque representa la mayor porción de emisiones de material particulado en motores de combustión (transporte público y privado, más motores alternativos diesel, etc.) lo que es altamente relevante desde un punto de vista de políticas públicas y de planificación urbana, sobre todo en zonas del país donde la calidad del aire excede usualmente las líneas bases de la normativa.

El siguiente gráfico aplicado para USA busca ilustrar la relación entre el daño en salud y el tamaño aerodinámico del MP, mostrando que gran parte del impacto en salud ocurre en los niveles finos de estos materiales dada la mayor concentración y por ende exposición.

Gráfico 3 – Distribución de partículas y exposición a MP por combustión de motores en USA.



Fuente: Grafico obtenido de Gladstein, Neandross & Associates (2013). Ultrafine Particulate Matter and the Benefits of Reducing Particle Numbers in the United States: A Report to the Manufacturers of Emission Controls Association (MECA).

2.2 Importancia de relevar el estudio sobre PM_{2,5}.

De acuerdo a DICTUC (2009) los nuevos valores guías de la OMS⁷ se basan en la adopción de niveles de riesgo por los países. En otras palabras, se busca definir que niveles de riesgo la sociedad considera aceptable imponer como cota máxima a los ciudadanos, este enfoque está siendo adoptado por un número creciente de países.

⁷ Organización Mundial de la Salud

La tendencia internacional ha ido cambiando progresivamente hacia normas y regulaciones más estrictas y al control de partículas cada vez más pequeñas. Si bien las normas originales solían controlar por partículas totales suspendidas con diámetro aerodinámico menor a 10 μm han dado paso al control de partículas respirables con diámetro menor a 2,5 μm . Ello por la creciente evidencia de que las partículas más finas tienen un impacto mayor en la salud.

Adicionalmente, la evidencia científica no solo ha demostrado que la exposición al material particulado suspendido en el aire tiene efectos perjudiciales para la salud de las personas, sino que se ha demostrado que no es posible proponer niveles de contaminación atmosférica que ofrezcan protección completa contra los efectos perjudiciales del material particulado. Con esto el antiguo paradigma de que existen concentraciones bajo las cuales no existen efectos nocivos para la salud, algo similar a un “umbral”, queda desmentido bajo los resultados de los últimos estudios al respecto. (OMS (2005); AGIES (2010)). Así, al no existir un nivel seguro, las normas deben apuntar a disminuir a los niveles más bajos posibles, dadas las limitaciones, capacidades y prioridades de la salud pública nacional, que conforman las restricciones al problema.

3. El Caso Nacional, Normativa e Identificación de Impactos

3.1 Efectos y Norma de Calidad Primaria de Material Particulado 2,5.

A través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) – *“servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sometido a la supervigilancia del Presidente de la República, a través del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Se reconoce la transectorialidad del tema y el papel activo que cada ministerio debe jugar en la formulación de las políticas ambientales, facilitando su efectivo cumplimiento por los servicios y organismos públicos dependientes de aquellos⁸”* - se realizan documentos AGIES, Análisis General del Impacto Económico y Social, como requisito para dictar nuevas normativas ambientales, lo anterior, aparece estipulado en la Ley de Bases Generales para el Medio Ambiente (Ley N°19.300) y en el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (Decreto 93 del año 1995). Ligado a lo anterior, el análisis del último proyecto de norma para material particulado fino (año 2010) nos ilustra claramente la relevancia de generar cambios en el sistema, pero también señala la oportunidad de mejorar la eficiencia de la norma en cuestión, la mejor manera de lograr los objetivos y metas deseadas, minimizando los costos a la sociedad.

Adicionalmente y de conocimiento público, en el capítulo III de la Constitución Política de la República de Chile, sobre los derechos y deberes constitucionales, en el artículo 19, N°8 se ha establecido el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación en los términos siguientes:

⁸ CONAMA (2015). La Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA. Recuperado de <http://www.mma.gob.cl/chilecanada/1288/article-29825.html>

“La Constitución asegura a todas las personas: 8. 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./ La ley podrá establecer restricciones al ejercicio de determinados derechos o libertades para proteger el medio ambiente”⁹.

Con ello se establece la importancia de mecanismos que favorezcan en otorgar una mayor eficiencia y eficacia al Estado Chileno de manera de promulgar normativas medio ambientales, logrando prevenir, evitar o minimizar que contaminantes, por sus niveles, concentraciones o periodos de permanencia, causen algún tipo de riesgo para la salud de las personas.

Para efectos de carácter regulatorio, el material particulado, es clasificado acorde a su diámetro aerodinámico, debido a que existe consenso en la comunidad científica nacional e internacional y en las autoridades de que su depósito en el tracto respiratorio, estaría determinado por el tamaño de las partículas.

Como se menciona con anterioridad, internacionalmente son reconocidas dos medidas de diámetro de material particulado con objeto regulatorio: Aquellas que son de fracción gruesa (MP_{10}), es decir, entre 2,5 y 10 micrones, y aquellas de fracción fina ($MP_{2,5}$) que tienen un tamaño de partículas menores a 2,5 micrones. Acorde a la última normativa de calidad primaria (2010) la fracción fina sería de particular interés dado que está compuesta por partículas lo suficientemente pequeñas para penetrar en las vías respiratorias hasta llegar a los pulmones y los alvéolos, teniendo un impacto mayor en la salud de los agentes.

⁹ Constitución Política de la República de Chile, Capítulo III, Artículo 9, Numeral 18.

El material fino se produce por emisiones directas del proceso de combustión de combustibles fósiles, a partir de la condensación de gases, de reacciones químicas a nivel atmosférico de otros gases como el dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles, amoniaco, óxidos de nitrógeno, y otros compuestos; y a través de procesos de nucleación y coagulación de partículas ultrafinas. Cabe decir que aquellas partículas formadas en la atmosfera se les conoce como aerosol secundario, o partículas secundarias (CONAMA, 2010).

En concordancia con lo anterior, las principales fuentes generadoras de material particulado fino son fuentes móviles tales como automóviles, buses y camiones; como también fuentes inmóviles tales como plantas termoeléctricas, calderas, procesos industriales, hornos, procesos metalúrgicos, fundiciones, la combustión de biomasa (calefacción residencial a leña, quemas agrícolas, forestales, entre otros), y emisiones de amonio de las operaciones agrícolas.

Por otro lado, un elemento no menor del $MP_{2,5}$, es el hecho de que ellas tienen un tiempo de permanencia o duración en la atmosfera más largo que otras partículas, compuestos y gases; lo que hace posible que dadas las condiciones geográficas y climatológicas de la zona en cuestión, puedan transportarse largas distancias, impactando con ello a escalas regionales (DICTUC, 2009).

Acorde al AGIES realizado por la CONAMA en 2010 para la publicación de la Norma de Calidad Primaria para $MP_{2,5}$, se han identificado impactos y riesgos a la salud relevantes. Aumentos en mortalidad y admisiones hospitalarias en pacientes sujetos a enfermedades pulmonares obstructivas crónicas y en pacientes con enfermedades cardiovasculares. Incrementos en la incidencia de infecciones y cáncer respiratorio, inflamación pulmonar y sistémica, aumento y exacerbación de los síntomas del asma, acrecentamiento de la probabilidad de riesgos de infarto al miocardio, disfunciones endoteliales y vasculares, y en el desarrollo de aterosclerosis.

Por otro lado, existen impactos no contemplados, como lo son la visibilidad, afectando estéticamente la apreciación de valiosos paisajes y el patrimonio cultural, social y ecológico que ello representa. Dadas las propiedades de absorción y refracción de la luz del material particulado fino, puede inclusive haber efectos sobre la vegetación y sobre los materiales (DICTUC, 2012).

3.1b Descripción y Fundamentos de la Norma.

La idea primordial del establecimiento de la Norma Primaria de Calidad Ambiental para $MP_{2,5}$, es proteger y prevenir impactos negativos (agudos o crónicos) en la salud de las personas. Se busca establecer niveles de riesgo aceptables, estableciendo los límites de concentración del aire para este tipo de material particulado¹⁰. Al igual que para otras normativas atmosféricas para otros compuestos y elementos que impactan la calidad del aire respirable (MP_{10} , NO_2 , SO_2 , CO y Pb).

Básicamente, se proponen límites de concentración del material, diaria y anual, que se aplican de forma gradual por periodos de 10 años, y que iniciaron a partir del año 2012.

Los límites propuestos por el AGIES de la norma en 2010 se indican a continuación:

¹⁰ Es importante señalar que en el desarrollo del anteproyecto de norma hubo 8 ampliaciones del plazo final. Esto ocurrió principalmente a la falta de antecedentes para el establecimiento de los valores normativos. Lo anterior producto de ausencia de información sobre el estado de contaminación por material particulado fino, por la falta de experiencia internacional en la regulación de este contaminante y el análisis de la factibilidad de controlar y reducir el material particulado fino bajo la norma del material particulado grueso (Existe un alto grado de correlación al controlar uno u otro).

Tabla 1- Límites propuestos para la Norma de Calidad Primaria para MP_{2,5} en el Aire.

Norma MP _{2,5}	Año 2012	Año 2022	Año 2032
Límite de Concentración en 24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	63	50	25
Límite de Concentración anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	25	20	10

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de Artículo 3°, Anteproyecto Norma. Resolución Exenta N°4624, Agosto 2009.

Como consideración la norma será sobrepasada si se evidencia para el límite diario o anual un promedio aritmético de los 3 años siguientes es mayor al límite establecido. Esto bajo el registro de cualquiera de la estaciones monitoras clasificadas como EMRP¹¹.

En cuanto a las denominadas “Emergencias Ambientales” para MP_{2,5}, el anteproyecto de la norma estableció rangos de concentración diaria y niveles de emergencia:

Tabla 2- Niveles que determinan situaciones de Emergencia Ambiental para MP_{2,5}.

Nivel/ Concentración en 24 horas MP _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Año 2012	Año 2022	Año 2032
Alerta	97-131	88-124	69-112
Preemergencia	132-199	125-199	113-199
Emergencia	200 ó superior	200 ó superior	200 ó superior

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de Artículo 5°, Anteproyecto Norma. Resolución Exenta N°4624, Agosto 2009.

Las concentraciones clásicamente son obtenidas a partir de metodologías de pronóstico de calidad del aire, ó de la constataciones de emisiones de MP_{2,5} de las estaciones de monitoreo de representatividad poblacional (EMRP).

Si bien ambas metodologías apuntan a lo mismo, las conclusiones que se pueden obtener con distintos métodos estimativos y la representatividad de la calidad de medición de las estaciones pueden variar por métodos y por zonas. Lo anterior no deja de ser importante, ya que distintos valores pueden afectar en la toma de decisiones en cuanto a políticas públicas y estas claramente a la sociedad y al medio ambiente. Este punto será tratado con mayor profundidad en las próximas secciones de este trabajo.

¹¹ Estación de monitoreo con representación poblacional.

A nivel internacional, las regulaciones de material particulado han ido evolucionando, de controlar por material particulado total suspendido en 1987, a considerar límites máximos para concentraciones de material particulado fino en 1997. Desde el año 2000 se han desarrollado mundialmente, estudios epidemiológicos, toxicológicos, evoluciones de exposición y estudios de ciencias atmosféricas y su impacto en el ser humano, ayudando en aumentar el conocimiento sobre este contaminante y los riesgos asociados que pueden traer a los individuos en la sociedad.

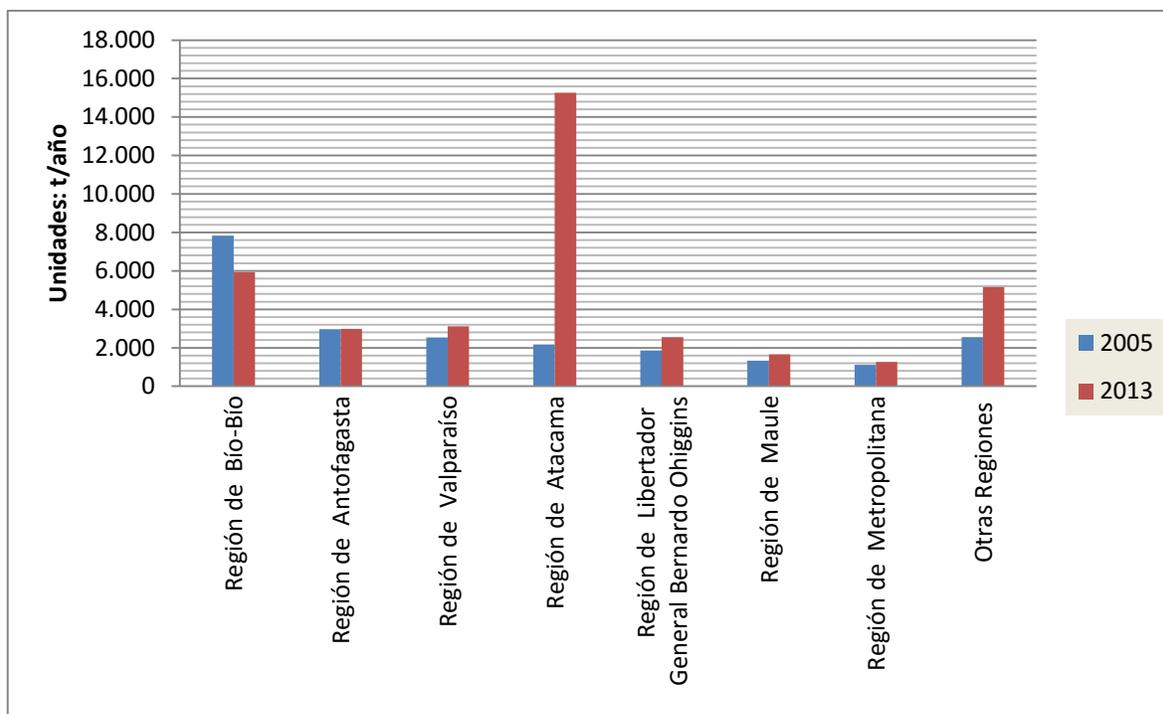
La OMS, más bien conocida como la Organización Mundial de la Salud, basa sus valores guías de $MP_{2,5}$, en estudios epidemiológicos de cohorte realizados en Estados Unidos. Acorde a la organización existen aumentos en el riesgo de mortalidad del 6% por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material fino para concentraciones anuales y un 1% por cada $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso diario.

Por otro lado, utilizando las mediciones de la CONAMA, en Chile las concentraciones de todas las áreas metropolitanas presentan un nivel crítico en el contaminante, superando al nivel propuesto por la OMS ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). El Gran Santiago y Talca superaran los niveles promedio anuales de material particulado fino en más de un 200%, con concentraciones promedio anuales cercanas a los $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De esta forma se señala la urgencia que presenta la nación de regular y normar sobre $MP_{2,5}$ de forma independiente.¹²

¹² Con anterioridad solamente existía una Norma de Calidad Primaria para material particulado grueso. Dado que el grueso contiene al material particulado fino, se regulaba indirectamente, sin embargo las autoridades consideraron que dichos esfuerzos no eran suficientes y en 2010 se hizo efectiva la norma.

Existen realidades distintas a niveles regionales e incluso comunales. Ello caracterizado por una exposición disímil a contaminantes atmosféricos, a situaciones climáticas y geográficas¹³. En los siguientes gráficos podemos apreciar la distribución comparada y la evolución del material particulado en el tiempo:

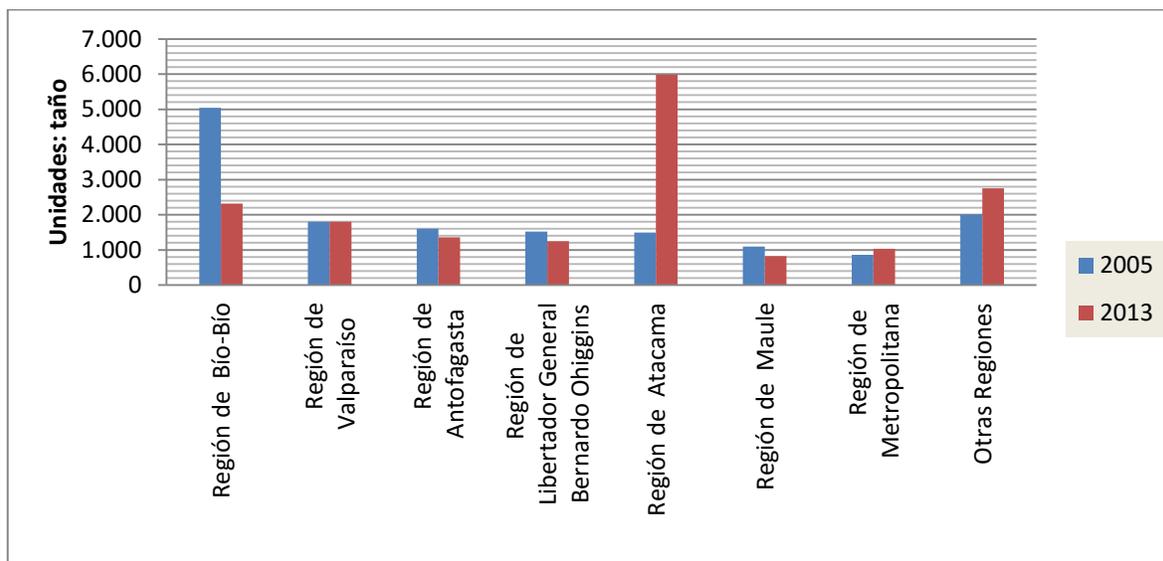
Figura 2 – Regiones con Mayor Contaminación por MP10, Contraste 2005 y 2013.



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos del Ministerio del Medio Ambiente, Fuentes puntuales y no puntuales, 2015. Recuperado de <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/reporte.html>

¹³ Agravando el problema la calidad de la información, los supuestos estrictos y la falta de monitoreo en ciertas zonas. Estos tópicos serán analizados más adelante.

Figura 3 – Regiones con Mayor Contaminación por MP2,5, Contraste 2005 y 2013.



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos del Ministerio del Medio Ambiente, Fuentes puntuales y no puntuales, 2015. Recuperado de <http://www.mma.gob.cl/retc/1279/reporte.html>

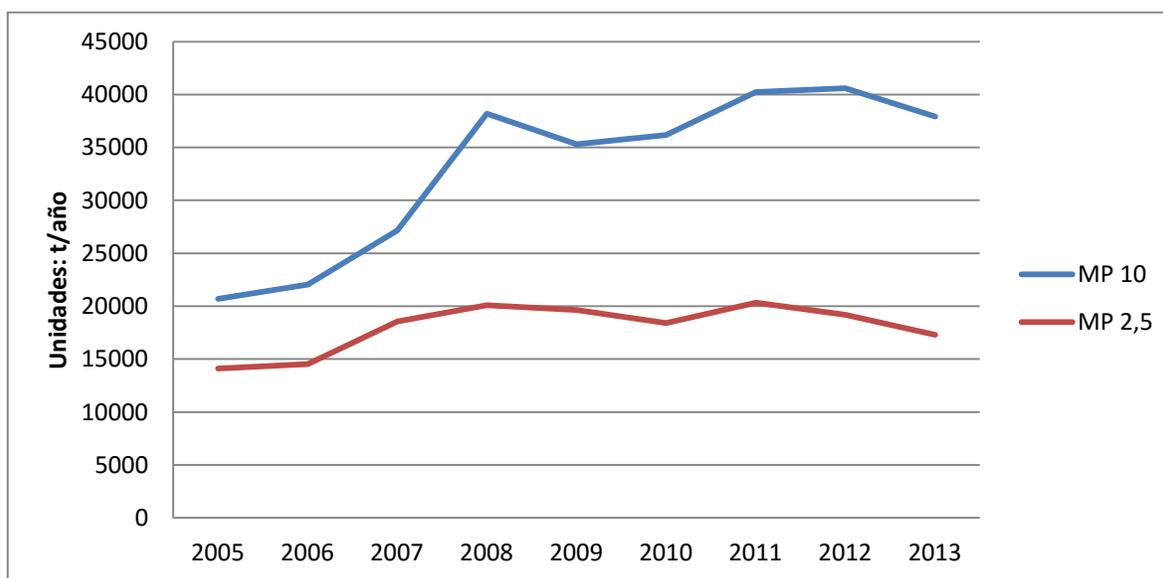
Producto de los datos mostrados podemos notar que aquellas regiones con mayores índices de contaminación atmosférica por material particulado han mantenido una tendencia persistente en el tiempo. Si bien, la región Metropolitana ha tenido una serie de eventos que superan los límites establecidos en la normativa como tolerables por los individuos, existen regiones (y zonas específicas) que poseen niveles muy superiores a la concentración de dichos contaminantes en la capital.

Un caso interesante a destacar es el cambio evidenciado en la región de Atacama tanto en MP10 como en MP2,5. Dichos cambios se hacen patentes en las mediciones para 2008, donde notamos un claro cambio en la tendencia. Este, es atribuido –Por la prensa, el Servicio de Salud y la COREMA¹⁴ - principalmente a la instalación de nuevas centrales hidroeléctricas y proyectos

¹⁴ De acuerdo al Decreto 40, que declara en 2012 a la localidad de Huasco y zonas aledañas, zona latente por contaminación de material particulado.

mineros. En este sentido, es inevitable pensar que pueden existir graves problemas de incentivos a nivel nacional - privilegiando rentas económicas de grupos dominantes (ya sean grupos económicos, gubernamentales o instituciones poderosas) por sobre la salud de los individuos -. En este sentido el cuestionamiento es claro, ¿Realmente las preferencias del estado Chileno apuntan a un país más sustentable en términos ambientales e incluso en términos regionales? ¿Existen esfuerzos políticos generalizados en todas las regiones? ó ¿Hay ciertas áreas industriales con demasiadas influencias para realizar análisis imparciales?

Figura 4 – Evolución Nacional Agregada Material Particulado Fino y Grueso, 2005-2013.



Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos del Ministerio del Medio Ambiente para 2012-2013, del Ministerio de Salud para 2010-2011 y del CENMA para el 2009. Medidas equivalentes.¹⁵

¹⁵ El Ministerio de Salud no entregó información de emisiones provenientes de fuentes fijas para los años 2008 y 2009 para la Región Metropolitana. Los datos del año 2009 fueron obtenidos a partir de la proyección de las tasas de crecimiento del PIB. Para ello se utilizaron las estadísticas del producto interno bruto regionalizado, informadas por el Banco Central de Chile en su página WEB, específicamente su publicación de Cuentas Nacionales período 2003 al 2009.

De la evolución agregada es relevante mencionar que parecen existir patrones comunes de crecimiento y una tendencia levemente positiva. Sin embargo, surgen dudas sobre los métodos ocupados para medir y estimar estos contaminantes¹⁶.

¹⁶ Dicha discusión se continuará en el capítulo 2.

3.1c Identificación y Caracterización de Impactos, Beneficios de Normativa.

Acorde al ministerio del medio ambiente y a los organismos supeditados a este, la literatura especializada en contaminación atmosférica identifica una serie de impactos que pueden ser atribuidos a la contaminación por material particulado fino. Por lo anterior, se describen a modo general algunos costos evitados asociados a la aplicación de una norma efectiva por sobre MP_{2,5}.

Tabla 3 – Beneficios identificados y valorados como costos evitados.

Tipo	Receptor Impactado	Descripción	Observaciones
Salud	Población	Mortalidad y morbilidad evitadas.	Beneficio incluido para las ciudades del país analizadas.
Visibilidad	Paisaje	Aumento en la visibilidad, lo que conlleva a beneficios estéticos asociados a un aumento del valor escénico de los entornos naturales y artificiales del país.	Beneficio sólo incluido para la ciudad de Santiago.
Materiales	Construcciones	Alteración de los materiales de construcción y recubrimiento evitada en edificaciones expuestas a la contaminación (corrosión en superficies metálicas, suciedad sobre las fachadas por la sedimentación de las partículas).	Beneficio sólo incluido para la ciudad de Santiago.
Agricultura	Cultivos	Aumento de la productividad en la agricultura por disminución de SO ₂ , precursor de MP _{2,5}	No evaluado en términos cuantitativos.
Biodiversidad	Flora y Fauna	Protección de la biodiversidad.	No evaluado en términos cuantitativos.
	Ecosistemas	Protección de ecosistemas por disminución de deposición seca y/o húmeda.	No evaluado en términos cuantitativos.
	Suelo y Cuerpos de Agua	Protección de los suelos y aguas superficiales de efectos como la acidificación.	No evaluado en términos cuantitativos.

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de Antecedentes AGIES, DICTUC (2009).

Un aspecto relevante es que al evaluar la Norma de Calidad Primaria para MP2,5, sólo se consideraron los costos evitados en salud, con la excepción de Santiago en donde se incorporaron beneficios en visibilidad y materiales. Lamentablemente dicha decisión fue llevada a cabo por falta de información en otras ciudades del país. Para el caso de Santiago, dichos antecedentes fueron obtenidos de estudios realizados por DICTUC (2010) en el marco del Plan de Prevención y descontaminación de la ciudad y de la evaluación ambiental del Transantiago. Considerando la disponibilidad de información (emisiones disponibles solo para algunas localidades y proyecciones de crecimiento poblacional hasta 2020 por el INE¹⁷), se **señala que es importante recalcar que dicha decisión, lleva a subestimar los beneficios esperados de una reducción del contaminante en cuestión.**

3.1d Cuantificación Emisiones y su Concentración.

Evidentemente, una estimación de concentración de contaminantes atmosféricos, requiere conocer la relación existente entre la emisión del contaminante y la concentración que este genera en el medio ambiente. Por ello, una estimación precisa de esta relación requiere un modelamiento que incorpore inclusive las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera de manera de incluir el material particulado secundario. Actualmente, este modelo no existe para ninguna de las ciudades analizadas en la normativa. Por ello DICTUC (2010) utiliza modelos simplificados que permiten obtener una relación aproximada del dilema en cuestión.

¹⁷ Instituto Nacional de Estadística.

La metodología que se utiliza es una de tipo “Rollback” simple, en el que se supone una relación lineal entre emisiones del contaminante y la concentración generada. Con ello, entregando los **factores de emisión-concentración (FEC):**

$$FEC_i^t = \left(\frac{\partial C_i^t}{\partial E^t} \right)^{-1} \approx \frac{E_i^t}{C^t}$$

Donde:

FEC_i^t : Factor emisión-concentración en el monitor i en el año t [(ton/año)($\mu\text{g}/\text{m}^3$)]

C_i^t : Concentración ambiental de contaminante emitido en el monitor i para el año t [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

E_i^t : Emisión contaminante en el año t [ton]

Como es de esperarse, el cálculo apropiado sería la obtención de la sensibilidad de las concentraciones ambientales frente a cambios en las emisiones, evaluándolo en un punto equivalente a las condiciones actuales. Dado que lo anterior no es posible, se aproxima la relación según el cociente $\frac{E_i^t}{C^t}$.

Para realizar una proyección de las concentraciones ambientales se estima primero un cambio en las emisiones. Utilizando esto y en base a los FEC del modelo *rollback*, se proyecta la evolución de concentraciones. Luego de lo mencionado, al identificar los impactos negativos que previene la norma propuesta de MP2,5, se procede a valorar las estimaciones de beneficio. Esto se conoce en la literatura como los “costos evitados”. Este tipo de costos sólo son posibles cuando los valores de la calidad del aire exceden (o excedan en el caso de una proyección) la norma propuesta. Este método de valoración es el llamado “Método de la Función de Daño”. Básicamente, es un modelo que comprende una secuencia de modelos interrelacionados; tomando estimaciones de los cambios en las emisiones producto de cambios en la actividad de las fuentes, cambios en

concentraciones producto de cambios en las emisiones, cambios en la incidencia a la salud de los individuos relacionados producto de cambios en concentración (esta última se conoce como funciones de dosis-respuesta ó concentración respuesta (CR)). Por último, se valoriza el cambio de incidencia de los efectos usando valores sociales.

Con respecto a la valoración de impactos a las personas, el valor monetario de los beneficios en salud pueden ser estimados a través de 2 formas: mediante el valor monetario de los gastos incurridos en el individuo *i* en salud más la pérdida de los días laborales. Este es el enfoque “costo de enfermedad”; por el otro lado se mide lo que la valoración del individuo o la disposición a pagar por volver a estar sano. Dado que el último es netamente un valor ideal, se utiliza el enfoque de “costo de enfermedad” como la mejor aproximación al problema. Se debe mencionar que dado que la contaminación atmosférica tiene como efecto aumentar la mortalidad en la población se utiliza adicionalmente en el cálculo la reducción del riesgo de muerte multiplicado por el “valor de una vida estadística (VVE)¹⁸”

Dada la falta de estudios al respecto en Latinoamérica, para la promulgación de la norma solo se consideraron los valores de la VVE (para las reducciones de riesgo de muerte) del estudio de Cifuentes et al (2000)¹⁹.

¹⁸ Esta no sería más que la suma de las disposiciones a pagar de la población expuesta por pequeñas reducciones de riesgo. Sin embargo, se debe recalcar que la VVE no es la valoración de la vida humana, sino que una medición de los riesgos pequeños de muerte (Ver: Cropper, M.L. y A.M. Freeman III (1991), *Environmental Health Effects*, Amsterdam, North Holland: 165-211).

¹⁹ Cifuentes, L., J. J. Prieto y J. Escobari (2000), *Valuation of mortality risk reductions at present and at an advanced age: Preliminary results from a contingent valuation study*, Tenth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists; Crete, Greece.

Un punto relevante a considerar en la modelación de costos en el AGIES (2010) fue la consideración de que los costos disminuirían en el tiempo debido a dos efectos (Rubin et al. 2004):

**Mejoras tecnológicas:* Se toma como supuesto una disminución del 1% anual constante en los costos.

**Mejoras en efectividad:* Se toma como supuesto una mejora en la reducción de concentraciones de PM_{2,5} del 1% anual producto de mejor eficiencia.

Esto afecta positivamente a los beneficios netos, considerando que las medidas implementadas serán más baratas y con una mejor eficiencia en la remoción de contaminantes en el futuro.

Una de las observaciones relevantes del AGIES (2010) consiste en que si bien la implementación de la norma para PM_{2,5} produce beneficios sociales netos positivos. La población general es quien recibe el grueso de los beneficios; por otro lado los costos son mayoritariamente pagados por el sector privado y la población acorde a los cálculos emitidos en dicho documento. Relacionado a lo anterior, señalan que los beneficios estarían subestimados y existiría una sobre estimación de los costos. Algunas razones de la última afirmación serían los costos del control de emisiones podrían caer en un 1% anual (efectos de Rubin (2004)) y la no consideración de la renovación natural del parque vehículos motorizados en el estudio de la norma. Nuevos vehículos, contaminan menos y a un precio similar.

Sobre la primera afirmación, los beneficios estarían subestimados por la consideración de la disminución de emisiones de precursores de ozono. Muchos de los precursores de PM_{2,5} secundario son también precursores de ozono (NO_x, COV, CO), por lo tanto una reducción de aquellos precursores tendría un efecto reductor en los niveles de O₃, lo que entregaría beneficios adicionales. Estos beneficios no fueron incorporados al análisis (AGIES 2010). Adicionalmente, es

altamente probable que para un plazo de no más de 25 años Chile deba adoptar medidas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estas medidas están altamente correlacionadas con las medidas de reducción de material particulado no considerados en el análisis. En otras palabras, dada que existe una alta correlación a la hora de controlar por GEI sobre PM_{2,5}, es evidente que se necesitarían en este sentido menores reducciones requeridas por la norma de PM_{2,5} y por lo tanto un mayor beneficio social neto (dado que los costos marginales son cuadráticos y los beneficios marginales constantes, las reducciones mayores producen menores beneficios netos).

Otra de las conclusiones relevantes del AGIES (2010) consiste en que parece correcto controlar por PM_{2,5}, ya que los beneficios exceden los costos de control y la evidencia epidemiológica muestra impactos mayores de este tipo de material particulado que el de fracción gruesa.

4. Crítica a la Normativa Vigente en PM2,5: Falencias y Propuestas Normativas y Metodológicas

4.1 El Caso de SOFOFA y las Críticas y Contribuciones del Sector Privado Chileno

El 10 de noviembre de 2009, la división de Ingeniería y Gestión Ambiental de SOFOFA²⁰ publicó un documento oficial llamado “Observaciones Anteproyecto Norma Primaria de Calidad Ambiental Para Material Particulado Fino Respirable MP2,5”. Considerando las apreciaciones del sector industrial, sumadas al documento redactado por SOFOFA, se entrega un análisis de la propuesta en ese minuto –ahora normativa- y una serie de mejoras y metas con mayor factibilidad de alcance a futuro. De esta manera se busca equilibrar los costos y beneficios asociados y su impacto en la sociedad y en el entorno.

4.1a Principales Observaciones a la Norma del Departamento de Ingeniería y Gestión Ambiental de SOFOFA.

- *Los niveles propuestos son más estrictos que aquellos exigidos en la mayoría de los países desarrollados, en particular, Estados Unidos y la Unión Europea.* La información se presenta en la siguiente tabla:

²⁰ Federación gremial sin fines de lucro, que reúne a empresas y gremios vinculados a la industria chilena. Los miembros abarcan el 100% de la industria Chilena y con ello el 30% del PIB, por ende es un ente relevante e influyente a la hora de la creación de normativas. Adicionalmente busca proponer políticas públicas que fomenten la inversión, el emprendimiento, la capacitación del RRHH y el empleo. De esta forma estimulando la iniciativa privada, la libre competencia y el comercio exterior.

Tabla 4 - Revisión de niveles propuestos para material particulado

País	Año Aplicación	MP 10 24hrs	MP10 anual	MP2,5 24hrs	MP2,5 anual	Referencia
Chile	2012	150	50	63	25	Anteproyecto norma
	2022	120	50	50	20	
	2032	120	50	25	10	
EEUU	1996	150	50	65	15	EPA 1997
	2006	150	Revocada	35	15	EPA 2006
Canadá	2010	120	70	30	15	Canadien Council 2000
México	2005	120		65	15	Secretaría Salud México 2005
Australia	2004	50	No hay	25	8	Nacional Environ. Protection Council Australia 2003
OMS	2005	50	20	25	10	World Health Organization 2005
UE	1999					Comission of European Community
	2010-2015	50	40		25	
	2020	50	20		20	

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de expedientes de la CONAMA (2009) y DICTUC (2009).

De la información anterior, se puede identificar que dado el plan propuesto por el gobierno como lineamientos a seguir en términos de contaminación (el enfoque será únicamente sobre PM_{2,5}) la exigencia para el 2032 es altamente mayor que en otras regiones y economías con mayor grado de desarrollo. Es fácil notar que dado el carácter de permanencia de los lineamientos de otros países y regiones -vale decir, que los límites de contaminación se mantienen en el tiempo luego de cumplir la meta propuesta por ellos- el nivel de 10µg/m³N propuesto para Chile supera las exigencias de países con mayor desarrollo que poseen industrias con más tiempo de adaptación, en algunos casos con transporte ambientalmente compatible ó “EcoFriendly” y con sociedades modernas y conscientes del impacto de la contaminación en su propia salud y medioambiente. En este sentido, Chile superaría las normas anuales PM_{2,5} de economías como la Unión Europea (20µg/m³N), Canadá (15 µg/m³N), EEUU (15 µg/m³N), México (15 µg/m³N) lo cual dista de ser razonable, si

comparamos medidas como el PIB per cápita de Chile vis a vis aquellos países (México sería la excepción de los mencionados, acercándose al doméstico en esta herramienta). Adicionalmente, la normativa vigente pierde validez al comparar el grado de desarrollo de dichos países y como fue mencionado, el grado de concientización de sus habitantes en el tema.

Notemos que el valor guía de la calidad del aire GCA (para Chile el 2032) coincide con el valor propuesto por la OMS, sin embargo este fue claramente recomendado para países con niveles de desarrollo superior. Es por esto que en el documento *“Guías de calidad del aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre”* – actualizado el 2006 – se señala lo siguiente:

“Las normas nacionales varían en función del enfoque adoptado con el fin de equilibrar los riesgos para salud, la viabilidad tecnológica, los aspectos económicos y otros factores políticos y sociales de diversa índole, que a su vez dependerán, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y la capacidad nacional en relación con la gestión de la calidad del aire. En los valores recomendados por la OMS se tiene en cuenta esta heterogeneidad y se reconoce, en particular, que cuando los gobiernos fijan objetivos para sus políticas deben estudiar con cuidado las condiciones locales propias antes de adoptar las guías directamente con normas con validez jurídica”

Aún más, la norma establecida para la contaminación atmosférica por PM_{2,5} para la Unión Europea por la directiva 2008/50/CE del parlamento europeo y del consejo, de 21 de mayo del 2008 señala claramente en el artículo 16 que los estados miembros tomarán todas las medidas necesarias que impidan realizar gastos desproporcionados para asegurarse de llegar a los límites propuestos para PM_{2,5}. Con una fase 1 de 25 µg/m³N para 2015 y en una fase 2 de

20 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (límite indicativo) para 2020; con posibilidades de revisión acorde a la factibilidad técnica y a los efectos en salud y medioambiente entregados por nuevos estudios multidisciplinarios en el área.

- *Plazos de la vigente normativa son poco realistas*

De acuerdo a datos entregados por la SOFOFA, la norma actual deja en condición de zona saturada a la gran mayoría de las localidades del país, incluyendo aquellas con desarrollos inferiores al promedio²¹. En las bases de la normativa una vez declarada una ciudad como zona saturada se tiene un período máximo de 5 años desde su declaración hasta la puesta en marcha del plan de descontaminación, significando con ello una reducción de todo tipo de actividad a nivel nacional por concepto de contaminación en lineamientos más estrictos que aquellos ocupados internacionalmente. Por lo mismo, dada la proposición de la CONOMA, las emisiones de PM 2,5 deberán comenzar a ser controladas al instante de ser aprobada la normativa. Es más, las autoridades pertinentes deberán dirigir las emisiones de material fino a una reducción gradual, pero progresiva. En este sentido, la SOFOFA señala que aquellas nuevas actividades estarán sujetas a requerimientos de “cero emisión”, en otras palabras, a compensación de sus emisiones, lo cual debiese estar previamente dictaminado por una ley de bonos de descontaminación.

- *El 98% de las localidades analizadas en el informe de INGEA, SOFOFA, incumplen el nivel exigido.*

De acuerdo a dicha institución, se demuestra que definir niveles de normativa de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para PM2,5 es lo suficiente exigente para Chile al menos por los futuros 10 años. Lo anterior se evidencia en los cuadros por zona elaborados en base a la información de los antecedentes AGIES y estadísticas de la CONAMA en el anexo 1 de este documento.

²¹ Se profundizará en esto en la siguiente observación.

Básicamente, el problema visualizado es que una norma anual de 10ug/m³N propuesta para el 2032 implicaría declarar como saturadas a prácticamente todas las localidades del país, para posteriormente realizar planes de descontaminación para poder garantizar dichas metas al año 2032. Dado el análisis de las localidades de las zonas norte, centro y sur del país podemos evidenciar las siguientes incongruencias con la normativa hoy vigente y contrastarlo con el límite propuesto, apoyado por el presente trabajo:

Zona Norte:

- De las 15 localidades analizadas en MP_{2,5} todas las localidades incumplen el límite de 10ug/m³N, por ende deberían ser declaradas saturadas y tener planes de descontaminación²²²³.
- Con la normativa anual propuesta MP_{2,5} de 25 ug/m³N solo deberían tener planes de descontaminación en esta zona las localidades de Tocopilla y Huasco.

Zona Centro:

- De las 18 localidades analizadas en MP_{2,5} toda la zona debiese ser considerada saturada y cada una de las localidades debiese tener sus respectivos planes de descontaminación²⁴.

²² Primero notar que con deberían se refiere a que carecen de algún plan programado y ejecutable.

²³ Como dato adicional de mantenerse una norma anual de MP₁₀ de 50 ug/m³N se deberían tener planes de descontaminación para dicho tamaño en las localidades de Alto Hospicio, Antofagasta y Tocopilla. Adicionalmente debiesen existir planes de prevención en Arica y Sierra Gorda.

²⁴ Cabe hacer como observación que de mantenerse la norma anual en MP₁₀ de 50 ug/m³N debisen haber planes de descontaminación en La Calera, Quillota, Catemu, Santiago (la cual ya tiene), Rancagua, Codegua, Requinoa, Rengo y San Fernando.

- Muy por el contrario, bajo la normativa propuesta en MP2,5 las localidades de Santiago, Rancagua, Codegua y Rengo debiesen tener planes de descontaminación. Mientras que las localidades de La Calera, Quillota, Catemu, Requinoa y San Fernando debiesen tener planes de prevención.
- De un simple análisis gráfico, resulta preocupante que los niveles de MP10 y MP2,5 en Rancagua sean tan altos (inclusive más altos que los de Santiago) y aún más que esta ciudad no cuente con planes de descontaminación. Es más, de acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente se reconoce una influencia interregional sobre la Región Metropolitana²⁵, sobre todo en MP2,5, lo que aumentaría la importancia de ejecutar planes efectivos, realistas, pero alcanzables sobre dicha localidad.

Zona Sur:

- De las 19 localidades analizadas en MP2,5, nuevamente todas las localidades deberían ser declaradas saturadas y contar con planes de descontaminación²⁶.
- Bajo la normativa propuesta en MP2,5 las localidades de Constitución, Talca, Arauco, Los Ángeles, San Carlos, Angol, Nueva Imperial, Temuco, Osorno, Puerto Montt, Valdivia y Coyhaique deberían tener planes de descontaminación.

Sujeto a lo anterior, se evidencia que establecer una normativa de MP2,5 tan severa como la existente, significa prácticamente declarar como saturadas a un porcentaje casi completo de las localidades del país. Por lo mismo, un cambio de norma a 25 ug/m³N corresponde un desafío no

²⁵ Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente. Recuperado de http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_resumen_ejecutivo2011.pdf

²⁶ De mantenerse la norma anual de MP10 debería tener plan de descontaminación en este concepto la localidad de Chillán y plan de prevención las localidades de Talca y Temuco.

menor para las localidades céntricas y sureñas, y una meta lo suficientemente exigente a nivel global para el país al menos por los próximos 10 años.

- *Medición deficiente e inexistente en gran porción de las localidades a nivel país.*

La siguiente tabla muestra la deficiente e inexistente información sobre la medición de calidad del aire a nivel nacional. Para lo que respecta a este trabajo esto tiene un fuerte impacto, ya que deben tomarse ciertas consideraciones metodológicas:

Tabla 5 - Localidades con Medición de MP2,5 y MP10

	PM2,5	PM10
Total localidades que requieren medición	52	52
Localidades medidas	6	27
% localidades medidas	12%	52%

Fuente: Elaboración propia, en base a Estudio Antecedentes AGIES, DICTUC (2009).

Gran parte de los estudios académicos a la fecha, incluyendo aquellos realizados a nivel de instituciones gubernamentales determinan el nivel de MP2,5 en base a supuestos respecto a deducciones de los patrones de comportamiento del MP10 (Cofré,2009). En aquellas regiones en las cuales no se posee medición alguna, se utiliza como proxy los niveles de localidades similares. El presente trabajo no es una excepción a dicha metodología. Sin embargo, se cree importante destacar la deficiente y escasa información, tanto en calidad como en cantidad en la gran mayoría de las 15 regiones de este país²⁷.

²⁷ Este último punto será tratado en el siguiente capítulo de este trabajo, pero tiene estrecha relación con la elección de aquellas estaciones monitoras con representatividad poblacional, o EMRP, como miden, que condiciones pueden cambiar en el tiempo (densidad industrial, flujo automotriz, etc.), métodos alternativos de medición utilizados y aquellos no utilizados. ¿Podrían tener mayor poder de predicción? Dichos

Sumado al problema mencionado anteriormente, no parece prudente haber dictado una norma del aire para MP2,5 con tal nivel de exigencia. Este es más estricto que aquel exigido en economías desarrolladas como EEUU y toma un periodo de considerable extensión (hasta el 2032) sin conocer con exactitud las concentraciones reales y actuales del contaminante en el país. Utilizando datos de panel de 1989 a 2007, Cofré (2009) señala sobre la evolución del MP2,5 en la Región Metropolitana que:

“(...) a pesar de los esfuerzos realizados desde el año 1999 hasta la fecha, no se ha logrado una reducción de MP2,5 superior a 4,6 ug/m³N en los últimos 10 años. Por lo tanto, bajar 22 ug/m³N al 2032 es probablemente inviable, dada la experiencia y esfuerzos ya realizados. Por el contrario, establecer la norma en 25 ug/m³N, significaría bajar 7,6 ug/m³N, esto es, más de lo que se ha logrado en los últimos 10 años.”

4.1b Consideraciones Económica-Sociales de SOFOFA a la Norma

De acuerdo a la institución la normativa no es conveniente. Se señala que mediante un enfoque que busque optimizar el beneficio social neto resulta más apropiado establecer una norma de 25 ug/m³N, pero sin anunciar hoy los niveles futuros que deberán regir en 10 o 20 años. La argumentación aparece del análisis realizado por DICTUC (2009) sobre potenciales alternativas de norma. Se planteó un escenario de 4 alternativas más una línea base y se optó por aquella con mejor beneficio neto. Dentro de dichas alternativas se opta por la alternativa 3, la cual tiene un nivel de 10 ug/m³N y un beneficio neto de US\$34.000 millones, sin embargo, la alternativa 4, que

elementos afectan ampliamente la dirección tomada en políticas públicas y es un tema que incorporará el último capítulo de este trabajo.

define un nivel de norma en 15 ug/m³N, presenta un beneficio neto de US\$33.900 millones, como también lo presenta la alternativa base (la cual considera requerimientos de reducción, pero debido a una norma diaria más estricta de PM10 presenta el mismo beneficio neto). Las alternativas son las siguientes:

Tabla 6 - Alternativas de Norma Anual para MP2,5 (ug/m³N)

Año Vigencia	Alternativa1	Alternativa2	Alternativa3	Alternativa4
2012	20	25	25	25
2022	15	15	20	20
2032	10	10	10	15

Fuente: Elaboración propia, en base a Estudio Antecedentes AGIES, DICTUC (2009).

Adicionalmente el estudio AGIES, considera también una situación base, la cual toma una norma diaria de PM10 de 120 ug/m³N, lo que es equivalente a 40 ug/m³N anual en PM10. En este sentido, utilizando el supuesto de relación de AGIES para la norma (PM2,5/PM10=0,6 en la zona centro-interior) esto sería equivalente a una norma anual de 24 ug/m³N para PM2,5.

Para realizar una crítica homogénea se toma del mismo estudio AGIES los valores presentes (VP) de los beneficios y los costos distribuidos por agentes (privados, estado y población). Los valores obtenidos se resumen en la siguiente:

Tabla 7 - Valores Presentes Beneficios y Costos por Agentes Económicos (millones USD)

Item	Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Beneficios (Millones de USD)					
Privados	\$ 1.809	\$ 2.197	\$ 2.105	\$ 1.986	\$ 1.806
Estado	\$ 5.428	\$ 6.591	\$ 6.316	\$ 5.959	\$ 5.417
Población	\$ 37.999	\$ 46.139	\$ 44.215	\$ 41.711	\$ 37.918
Total	\$ 45.237	\$ 54.928	\$ 52.637	\$ 49.656	\$ 45.140
Costos (Millones de USD)					
Privados	\$ 2.910	\$ 9.151	\$ 6.820	\$ 6.275	\$ 4.913
Estado	\$ 2.370	\$ 6.331	\$ 5.435	\$ 4.449	\$ 3.153
Población	\$ 6.021	\$ 8.139	\$ 7.772	\$ 4.934	\$ 3.186
Total	\$ 11.301	\$ 23.621	\$ 20.027	\$ 15.658	\$ 11.252
Beneficio Neto	\$ 33.936	\$ 31.307	\$ 32.610	\$ 33.998	\$ 33.888

Fuente: Elaboración propia, en base a Estudio Antecedentes AGIES, DICTUC (2009).

Una de las críticas más fuertes en la literatura al estudio AGIES consiste en que a pesar que los valores son relativamente similares entre las opciones, se opta por la normativa más severa, de 10 ug/m³N.

Siguiendo el argumento apoyado por el Departamento de Ingeniería y Gestión Ambiental de SOFOFA, al observar beneficios netos similares, lo mejor medida sería la alternativa base, la cual fue evaluada con la modificación de la norma diaria de MP10 a 120 ug/m³N, lo que equivale a una reducción en la norma anual de MP10 de los 50 a los 40 ug/m³N. En otras palabras, de un enfoque de beneficio neto convendría más la alternativa base, la cual es la menos severa.

Al analizar todas las opciones presentadas se puede notar que la alternativa base, la alternativa 3 y alternativa 4, presentan beneficios sumamente parecidos, difiriendo únicamente en la tercera

cifra significativa (33.936, 33.998 y 33.888 respectivamente), por ende desde un punto de vista de practicidad, resultaría más conveniente el nivel de norma menos severo, dado que se reduce la incertidumbre de incumplimiento y se alcanzan las metas con costos más módicos. Adicionalmente, es en el punto de los costos en donde SOFOFA señala que en la evaluación existiría una mayor incertidumbre, asociada a un incremento exponencial de ellos dadas mayores exigencias normativas.

Otro aspecto del análisis de INGEA trata sobre la rigurosidad en el testeo de la validez de los supuestos considerados para la normativa. Por un lado, el estudio AGIES considera **un escenario bajo, con un beneficio de US\$7/persona * ug/m³N MP2,5, y por el otro lado un escenario alto de US\$33/persona * ug/m³N.**

El cálculo es bastante simple, multiplicando dichos valores por la población respectiva a cada ciudad expuesta y por las reducciones en concentración se obtienen los beneficios sociales de la normativa (obviamente estos valores deben ser proyectados en el tiempo para representar el periodo el cual se está evaluando). Por ende, al analizar por ciudad se debiese considerar que los beneficios netos serían mayores en ciudades con un mayor número de habitantes.

Para ilustrar lo mencionado anteriormente, la tabla que aparece en el Anexo1b, determina el beneficio social (bajo la metodología señalada) considerando un escenario bajo (7 US\$ /persona * ug/m³N MP2,5). De acuerdo a los antecedentes AGIES, de las localidades analizadas, 16 tendrían niveles sobre los 25 ug/m³N. Dicho esto, lo que se busca mostrar con la tabla son los niveles de reducción para una norma de 25 ug/m³N, de 10 ug/m³N, y los beneficios sociales de ambas opciones.

Como se puede ver, los beneficios sociales anuales de lograr una meta de 10 ug/m³N vs una meta de 25 ug/m³N son aproximadamente 3,4 veces más. Otro punto relevante en el análisis, es el peso

que el Gran Santiago tiene por sobre otras localidades, este contribuye en beneficio social para una meta de 25 ug/m³N un 80% del total y para la opción de 10 ug/m³N un 77% del total.

Por otro lado, asumiendo el modelo matemático de costos utilizado en AGIES, para el caso del Gran Santiago, de la opción de norma de 25 ug/m³N a la opción de 10 ug/m³N en términos de costos, la diferencia se aproxima a un aumento de costos cercano a 31 veces la medida menos estricta²⁸.

4.1c Sobre reducciones necesarias para cumplir con la norma propuesta y la determinación de los costos.

Tomando en consideración unas de las principales ciudades del país y ocupando la información entregada por el estudio Antecedentes AGIES, se evidencia una realidad bastante impresionante:

Tabla 8 - Contraste Reducciones Necesarias y Efectivas de Ciudades Relevantes

Ciudad	Reducción Necesaria	Reducción Efectiva	Factor
Calama	8,2	6,17	1,33
Tocopilla	12,4	2,31	5,37
Quinta Región	14,19	6,71	2,12
Gran Valparaíso	0	2,22	0
Gran Santiago	22,4	6,58	3,4
Sexta Región	21,4	3,52	6,07
Gran Concepción	14,9	9,26	1,61
Gran Temuco	25,39	10,45	2,43

Fuente: Elaboración propia en base a Estudio Antecedentes para el AGIES de Calidad Primaria MP2,5. DICTUC 2009.

Tan solo mirando los indicadores de reducción podemos notar que, con excepción del Gran Valparaíso, en todo el resto de las ciudades las reducciones requeridas son por mucho, mayores

²⁸ Es más, el aumento en costos es aun mayor a lo mencionado en este trabajo, dado que se utilizan los mismos datos que fueron tomados por AGIES de manera de tener comparabilidad en metodologías y propuestas. Sin embargo, SOFOFA señala que para el caso del Gran Santiago, los costos estarían subestimados.

que las reducciones efectivas o alcanzadas. Un ejemplo muy grave de esta situación es el caso de la sexta región en donde se evidencia una diferencia de 6 veces entre los valores necesarios vs los alcanzados.

En línea con los argumentos del departamento de ingeniería y gestión ambiental de SOFOFA, este trabajo concuerda en que el Estudio de Antecedentes realizado por DICTUC (2009) no entrega resolución al cómo alcanzar los niveles requeridos por la normativa de MP2,5 nacional y que la dureza de la normativa no permite llegar a las mismas metas propuestas. Por ende, despilfarrando recursos tanto fiscales como privados.

Relacionado a lo anterior en el capítulo del escrito de DICTUC (2009) se estima la distribución de costos de manera de lograr determinar aquellos sectores que necesitan una mayor inversión de recursos para lograr aquella reducción deseada por ciudad. Básicamente, para determinar los costos se extrapolan los costos simulando matemáticamente que se cumple con las reducciones requeridas. Sin embargo, una de las grandes falencias de dicha metodología consiste en que por muy fundamentada que pueda estar, siempre se conlleva el riesgo de subestimar los cálculos.

Una de las grandes observaciones que se pueden mencionar es que medidas muy estrictas pueden lograr que se hagan inviables económicamente ciertas actividades económicas producto de los costos sociales involucrados detrás no considerados, con actividades no factibles por sus altos costos, generando distorsiones en las decisiones de los agentes productivos, vale decir, cierre de fábricas y en consecuencia optar por bienes importados para luego comercializarlos.

Todo lo anterior, nos lleva a sugerir un replanteamiento de la normativa vigente. Normas establecidas gradualmente para aumentar la eficiencia, comenzando con niveles menos estrictos que impliquen esfuerzos que balanceen dureza de normativa con metas realistas de manera de lograr alcanzarlas. La idea consiste en que una vez alcanzadas dichas metas realizar evaluaciones

tanto al cumplimiento como a los posteriores niveles en caso de ser necesarios para mejorar el beneficio social.

En este sentido, (...) se propone continuar con revisiones de menor periodicidad, 5 años, como las establecidas en la Ley 19300 (SOFOFA (2009)).

- **Determinación de costos:**

La metodología para la determinación de los costos, señalada con anterioridad y utilizada en el estudio AGIES para la publicación de la normativa, consiste en la construcción de curvas de costos a partir de los inventarios nacionales de emisión (deficientes como fue mencionado y sujeto a distintos problemas en las mediciones que serán discutidos con posterioridad).

Para cada una de las fuentes disponibles se calculó el costo medio reducido en US\$/Ton de PM_{2,5}. Estos se ordenaron de manera creciente para determinar de esta forma las medidas óptimas en cuanto a costo-efectividad (es decir se eligieron las alternativas más baratas en términos de reducción de ug/m³N) de manera de que para cada disminución en concentración se tenga el costo total mínimo para alcanzarla.

La siguiente parte de la determinación de costos consiste en ajustar por medio de un polinomio cubico para las distintas ciudades de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Costo Total} = \beta * \text{red}^3$$

Dónde:

- β : Es el coeficiente de ajuste del polinomio cúbico.
- red : Es la reducción en ug/m³N del material particulado fino (MP_{2,5})

Utilizando los datos entregados por los Antecedentes AGIES Norma de Calidad Primaria MP2,5 DICTUC 2009, los resultados del ajuste cúbico a las curvas de costo fueron:

Tabla 9 – Ajuste a Curvas de Costo

Ciudad	Coefficiente β	T - test	N	Desviación Estándar	R2 Ajustado
Calama	55.841	11	92	5.025	0,56
Tocopilla	2.176	18	9	4.160	0,85
V Región	553.663	50	23	10.971	0,93
Ventanas	249	10	52	24	0,66
VI Región	530.361	14	23	36.752	0,86
Gran Concepción	55.518	26	101	2.103	0,86
Gran Temuco	5.650	10	5	3	0,71
Gran Santiago	85.694	164	229	524	0,99

Fuente: Elaboración propia en base a datos utilizados en Antecedentes AGIES Norma de Calidad Primaria MP2,5 DICTUC 2009.

Claramente cada ciudad tiene una única curva de costo por reducción de MP2,5, sin embargo en aquellas ciudades con datos insuficientes, el estudio AGIES realizó el supuesto de tomar las mismas curvas de costos para aquellas ciudades con actividades industriales, condiciones geográficas, demográficas y climatológicas similares.

A continuación se presentan los costos de reducción aplicados por zonas de interés para la muestra discutida en millones de US\$:

Tabla 10 - Costos de Reducción por Zona Representativa en MM US\$

Reducción (ug/m ³ N)	Calama	Tocopilla	Quinta	Ventanas	Sexta	Gran Concep	Gran Temuco	Gran Santiago
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,1	0,0	0,6	0,0	0,5	0,1	0,0	0,1
2	0,4	0,0	4,4	0,0	4,2	0,4	0,0	0,7
3	1,5	0,1	14,9	0,0	14,3	1,5	0,2	2,3
4	3,6	0,1	35,4	0,0	33,9	3,6	0,4	5,5
5	7,0	0,3	69,2	0,0	66,3	6,9	0,7	10,7
6	12,1	0,5	119,6	0,1	114,6	12,0	1,2	18,5
7	19,2	0,7	189,9	0,1	181,9	19,0	1,9	29,4
8	28,6	1,1	283,5	0,1	271,5	28,4	2,9	43,9
9	40,7	1,6	403,6	0,2	386,6	40,5	4,1	62,5
10	55,8	2,2	553,7	0,2	530,4	55,5	5,7	85,7
11	74,3	2,9	736,9	0,3	705,9	73,9	7,5	114,1
12	96,5	3,8	956,7	0,4	916,5	95,9	9,8	148,1
13	122,7	4,8	1.216,4	0,5	1.165,2	122,0	12,4	188,3
14	153,2	6,0	1.519,3	0,7	1.455,3	152,3	15,5	235,1
15	188,5	7,3	1.868,6	0,8	1.790,0	187,4	19,1	289,2
16	228,7	8,9	2.267,8	1,0	2.172,4	227,4	23,1	351,0
17	274,3	10,7	2.720,1	1,2	2.605,7	272,8	27,8	421,0
18	325,7	12,7	3.229,0	1,5	3.093,1	323,8	33,0	499,8
19	383,0	14,9	3.797,6	1,7	3.637,7	380,8	38,8	587,8
20	446,7	17,4	4.429,3	2,0	4.242,9	444,1	45,2	685,6
21	517,1	20,2	5.127,5	2,3	4.911,7	514,2	52,3	793,6
22	594,6	23,2	5.895,4	2,7	5.647,3	591,2	60,2	912,5

Fuente: Elaboración propia, aplicación de los parámetros y costos de Estudio Antecedentes AGIES.

Uno de los puntos que más llama la atención es la gran diferencia relativa en costos que presenta Santiago con la Sexta Región. Ambas debiesen tener niveles similares dado que en RM se han realizado planes de descontaminación (actualmente vigentes), en cambio la Sexta Región no posee ninguno. Por lo mismo, es fácil notar con los datos entregados que los costos de reducción debiesen ser menores que en Santiago, dado que en una etapa inicial estos son menores que cuando se han hecho reducciones relevantes²⁹.

Como dato histórico y a modo de ilustrar los altos costos de una norma demasiado estricta tenemos el caso de Santiago. Entre los períodos de 1989-1999 se redujo la considerable suma de

²⁹ Obviamente lo anterior se vincula a costos marginales crecientes en políticas públicas.

32,5 ug/m³N, sin embargo entre 1999-2007 se redujo solo 3,7 ug/m³N. Por ende, con la aplicación de la norma de 25 ug/m³N, la reducción a partir de la fecha mencionada debió ser de 7 ug/m³N, que era el doble de lo logrado desde 1999. Por el otro lado, con una norma de 10 ug/m³N se requería una reducción de 22 ug/m³N. Ocupando la misma relación de costos de polinomio cúbico, los costos aumentan en 31 veces si comparamos la norma de 25 ug/m³N y la norma de 10 ug/m³N. Para el caso del Gran Santiago, como podemos ver en la tabla anterior, la reducción de 7 ug/m³N costaría US\$29,4 millones de dólares anuales (de acuerdo al modelo de Antecedentes AGIES)³⁰. Tener en consideración que existe una alta probabilidad que los costos sobre todo en el Gran Santiago, estén erróneamente valorados. Esto se explicará a continuación.

- **Incertidumbre, Medición y Costos:**

Como bien señalan los economistas, y como bien nos ha mostrado la experiencia, toda incertidumbre es un factor magnificador de costos. En un sentido político ambiental, el no conocer con precisión las medidas para lograr reducciones significativas y al no tener inventarios exactos, permiten que a mayor exigencia normativa, los costos reales se eleven muy por sobre aquellos estimados con los datos obtenidos.

SOFOFA (2009), Katz (2016) estiman que los inventarios de emisión industrial están severamente sobre estimados. Para el caso de la Región Metropolitana esto es aún más relevante que para otras zonas geográficas dada la alta participación que tiene la industria en la contaminación capitalina. Unido a lo anterior, se debe considerar que los inventarios del sector provienen de los

³⁰ Tener en consideración que existe una alta probabilidad que los costos sobre todo en el Gran Santiago, estén sub estimados. Estos se explicará a continuación.

resultados entregados por las pruebas isocinéticas³¹, que se toman bajo el supuesto de que cada una de las fuentes emisoras funcionan a plena carga, para luego sumarlas a los de otras fuentes activas. En otras palabras, esto equivale a decir a que todas las fuentes estuviesen funcionando en su capacidad máxima durante todo el tiempo de medición. Más allá de de distar de lo real, este tipo de mediciones nos lleva a sobredimensionar la realidad y caer en conclusiones erróneas, por no decir, absurdas y desmesuradas. INGEA (2009) al respecto señala que en la ciudad de Santiago el día de mayor consumo industrial es equivalente a 1/3 de la capacidad efectiva de consumo del agregado de todas las fuentes asociadas a la red. Por ende, asumir dicho tercio del inventario como aproximado al valor representativo no sería una locura muy lejana. Como se comento anteriormente, AGIES utilizo supuestos de igualdad para aquellas localidades no consideradas en las 8 localidades con inventarios (Calama, Tocopilla, Vta Región, Ventanas, VI Región, Concepción, Temuco y Santiago).

Una rápida conclusión, puede ser el hecho de que a mayores exigencias a la hora de normar, los costos reales pueden llegar a ser muy superiores a los estimados. En ambientes inciertos como el presente, con inventarios disponibles deficientes en algunas regiones o inclusive con la inexistencia de ellos para ciertas localidades del país, nos conducen a este tipo de imprecisiones en políticas públicas, con claras implicancias y distorsiones para los agentes económicos.

³¹ Consiste en medir la concentración total de material particulado, que es emitido por una fuente fija. Estas mediciones se realizaron por medio de laboratorios certificados por la seremi de salud. Es un método de muestreo de material particulado en suspensión en una corriente de gas, de manera que la velocidad de muestreo (velocidad y dirección) es la misma que la de la corriente de gas en el punto de muestreo.

4.2 Otras Contribuciones y Críticas

Las restantes críticas presentes en las metodologías utilizadas para la creación de la normativa apuntan directamente a las diferencias entre dos tipos de análisis utilizados en economía, pero muchas veces no realizados por distintos motivos (alto costo, falta de información, entre otros). El análisis de costo-beneficio (ACB) y el análisis de costo-efectividad (ACE).

Acorde al BID (2016)³² ambos se basan en la presunción de que al evaluar una situación con proyecto y otra sin proyecto, ambas situaciones estarían bien especificadas. Existen básicamente dos diferencias principales entre ambas metodologías:

-Diferentes maneras de medir resultados o impactos incrementales: En el ACE, el costo se mide en unidades monetarias, mientras que los efectos incrementales se expresan en términos no monetarios. El resultado por ende es una relación costo por efecto. Por el otro lado, en un ACB los beneficios sociales netos (o adicionales), están asociados a una ganancia en el excedente social generado por la intervención. Estos beneficios netos incrementales son expresados en términos monetarios. El resultado se expresa por ende en unidades monetarias, como el valor presente neto (VPN) o como la tasa interna de retorno (TIR).

-Expresar resultados como unidad de cuenta en valor monetario o numerario en un ACB: En un ACE se comparan alternativas (excluyentes) en términos de su costo por efecto; claramente, el efecto debe ser común a todas las alternativas. En otras palabras, no podemos comparar dos intervenciones con diferentes efectos, o un mismo efecto medido de formas distintas. En siguiente

³² Información extraída el 01/05/2016 del documento “Análisis Económico General” del Banco Interamericano de Desarrollo, <http://www.iadb.org/es/temas/efectividad-en-el-desarrollo/evaluation-hub/analisis-economico-en-general-diferencias-entre-acb-y-ace,17836.html>

lugar, en un ACB, ya que tanto beneficios como costos son expresados en términos monetarios comunes, alternativas con diferentes efectos pueden ser comparados y calificados por sus beneficios netos (este fue la metodología utilizada para el AGIES en estudio).

Dicho lo anterior, es claro que existen algunos problemas de la forma de medición utilizada por AGIES. Como se puede deducir, un ACB al intentar establecer un valor monetario para cada efecto (como precios por ejemplo), tiende a crear una mayor cantidad de supuestos que en un ACE. Por el otro lado, podemos reconocer que las fuentes de información en ambas son sumamente distintas. Para el caso de una ACE, las alternativas son derivadas de evaluaciones de impacto que se basan en comparaciones muy rigurosas de los grupos de tratamiento y de control, mientras que lo anterior no es el caso típico para un ACB.

Al respecto CONAMA (1998) en su documento “Metodologías para el análisis de costos y beneficios de planes y normas ambientales” (1998) muestra una buena reseña al problema de los análisis costo beneficio:

- Entre otros aspectos, el uso del enfoque metodológico del análisis costo-beneficio es una herramienta poderosa para descubrir, dimensionar y comparar las ventajas y desventajas ambientales, económicas y sociales de implementar normas de emisión y de calidad y planes de descontaminación y prevención. Las limitantes que la literatura señala, se refieren a la gran cantidad de información y recursos requeridos para valorar económicamente la totalidad de los impactos, los problemas con impactos que se manifiestan en el largo plazo y con aquellos que tienen un componente no monetario muy grande, como los efectos sobre aspectos culturales y sobre los valores de no uso de los bienes.

- Se muestra que el análisis costo beneficio es un buen esquema básico para el análisis de los impactos de los planes y las normas, y que en algunos casos complementado con otro tipo de análisis social, dan información útil para las decisiones en materia de regulación ambiental.

4.2a. Nivel de Riesgo definido en la Norma

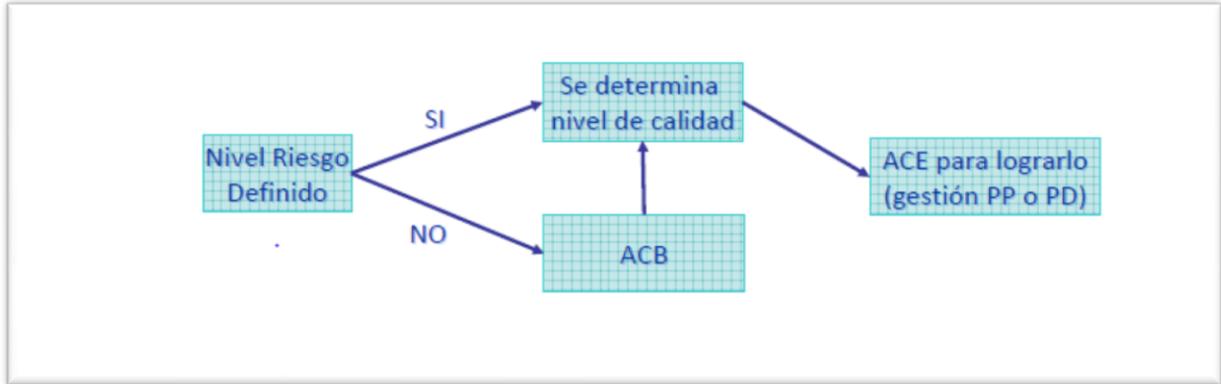
De acuerdo a la Ley 19.300, Art. 2, se define Norma Primaria de Calidad Ambiental:

*“Aquella que establece 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.”*

Dado el carácter de esta ley, la misma debió haber sido aplicada de manera uniforme en todas las zonas del país. Esto bajo el criterio de derecho de igualdad ante la ley.

Katz (2010) señala que un tema no menor es la determinación del nivel de riesgo definido por ley. De haberse definido dicho indicador, no hubiese sido necesaria la evaluación costo-beneficio, salvo como un instrumento de priorización. El siguiente diagrama muestra lo señalado:

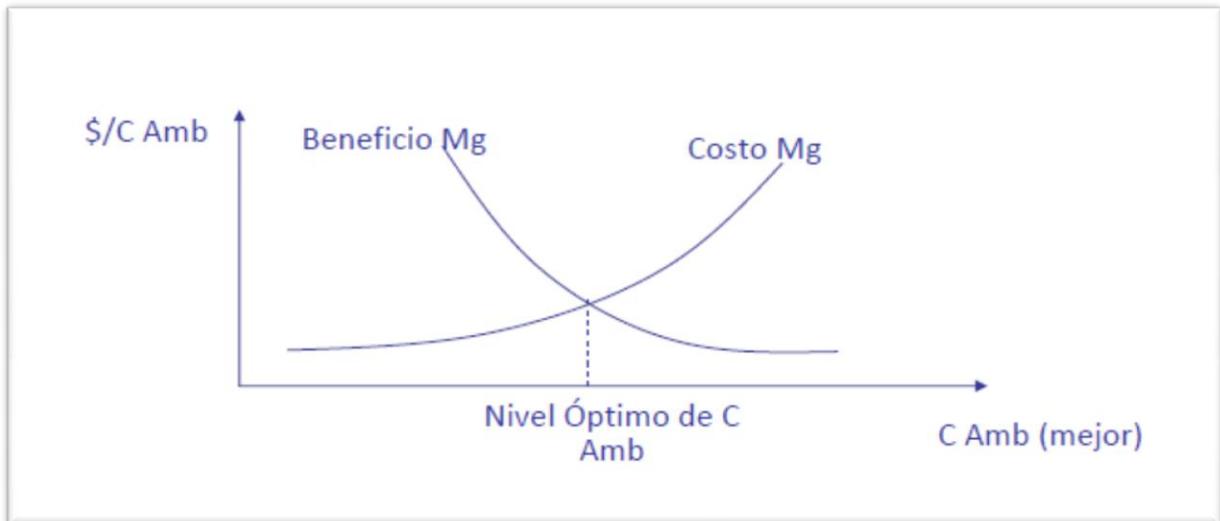
Figura 2 - Metodologías dado definición de riesgo



Fuente: Presentación Centro de Estudios Públicos, Ricardo Katz, 2010

Por lo mismo, dado que no existen niveles de riesgo definidos, la ACB es la herramienta restante para definir niveles óptimos para una Norma Primaria de Calidad.

Figura 3 - Metodología ACB



Fuente: Presentación Centro de Estudios Públicos, Ricardo Katz, 2010

Uno de los puntos más relevantes que toca Katz (2010) es el hecho de que las Normas de Emisión (de ahora en adelante NdE) son solamente un instrumento para lograr cumplir las metas de las Normas de Calidad Ambiental. Los ejemplos más usuales de NdE han sido para motocicletas, vehículos livianos y medianos, motores de buses (en RM), incineración y coincineración y MP y gases para grupos electrógenos. Para cada una de las Normas de Emisión se debió haber llevado a cabo un análisis costo efectividad que comparara entre distintos instrumentos con el fin de lograr objetivos definidos por la Normas de Calidad Ambiental. Sin embargo, Katz (2010) señala nuevamente que existen casos de NdE sin Normas de Calidad Ambiental, lo que claramente es una priorización de política pública sin la correcta fundamentación. Ejemplos de esto son:

- Contaminación Lumínica (DS N°686)
- Olores Molestos (DS N°167)
- Riles a Aguas Superficiales (DS N°90)
- Riles a Aguas Subterráneas (DS N°46)
- Ruido desde Fuentes Fijas (DS N°146)

Por lo mismo comenta, que si se avanzase de esta forma (Nde sin Normas de Calidad Ambiental), si tendría sentido la realización de un análisis costo beneficio.

Análogo a las Normas de Emisión, están los Planes de Descontaminación (PD) y los Planes de Prevención (PP). Al igual que las NdE, los PD y PP buscan cumplir con las Normas de Calidad Ambiental, Katz (2010) señala que para cada uno de ellos bastaría con el desarrollo de un ACE que compare distintas medidas identificadas³³. Ahora, dado que se utilizaron ACB se debe mencionar que los beneficios fueron calculados asumiendo que las metas eran cumplidas (lo que no ha sido

³³ Sin embargo, se advierte que existen claras restricciones legales. Como el principio de igualdad ante la ley en donde se debe asegurar “Igualdad de Disminución” de emisiones.

logrado para ningún caso anterior). En segundo lugar, un aspecto positivo es que para la implementación de los PP y PD los ACB son útiles para la etapa de priorización.

Un punto importante de la Ley 19.300, es la creación del Procedimiento de Evaluación Ambiental de Proyectos o Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Algo interesante del SEIA, es que los Proyectos solo serán aprobados, si solo si, cumplen con:

- Normativa Medio Ambiental
- Hacerse Cargo de los Impactos Asociados

El último criterio implica la proposición de medidas de mitigación³⁴, compensación³⁵, o las reparaciones correspondientes³⁶. Estas medidas son del tipo “verde” y no “económicas”. Katz (2010).³⁷

A pesar de existir beneficios económicos de los proyectos, estos no “se suman” con los costos ambientales, con la excepción de las mejoras en empleabilidad que si son consideradas.

De acuerdo a Katz (2010) se distinguen 2 canales paralelos. Por un lado están los costos ambientales – los cuales tendrían una mayor importancia en términos sociales – y los beneficios económicos – los cuales tendrían una orientación privada-. Adicionalmente se distinguen el claro

³⁴ Evitar o disminuir los efectos adversos mediante no realizar el proyecto, o alguna de sus partes, o a través de limitaciones a las obras.

³⁵ Producir o generar efectos alternativos y equivalentes (reemplazo o sustitución de los RRNN o elementos del MA afectados, por otros de similares características, clase, naturaleza y calidad).

³⁶ Reponer los componentes afectados a la condición sin proyecto.

³⁷ No existen transferencias monetarias.

problema de la distribución de costos regionales vs beneficios nacionales. Dado esto, no es sorpresa que existan problemas en las evaluaciones de impacto.

En resumidas cuentas, un AGIES debiese contemplar en su evaluación de costos y beneficios:

- La población, especies o ecosistemas directamente afectados o protegidos.
- El (los) emisor(es) que deberán cumplir la normativa.
- El estado debe garantizar el cumplimiento de las normas.

Resulta particularmente extraña la falta de documentos al respecto de estos ACB (gran parte extraviados, Katz (2010)) y el bajo presupuesto utilizado para la realización de un AGIES (en promedio ha sido una cifra cercana a los US\$15.000). Otro punto extremadamente grave, es la falta de estandarización de metodologías de cálculo para los análisis costo beneficio pertinentes.

Si bien, CONAMA creó las “Metodologías para el Estudio de los Efectos Económicos y Sociales de Planes y Normas Ambientales” (1998) la cual entrega un marco general para los ACB, no existen metodologías estandarizadas. Esto mismo se puede ver de los distintos AGIES realizados para distintos componentes:

Tabla 11 - Comparación AGIES, Costos y Beneficios Contemplados.

		NPCA MP10	NPCA Plomo	NPCA SO2	NE Generadores
Costos	Abatimiento	X	X	X	X
	Monitoreo		X		X
	Fiscalización				X
	Disminución capacidad sist. Transp.	X			
	Vida útil equipos			X	
Beneficios	Salud	X	X	X	X
	Tiempo de viaje	X			
	Reforzamiento escolar		X		
	Materiales				X
	Visibilidad				X

Fuente: Presentación Centro de Estudios Públicos, Ricardo Katz, 2010.

Algunas conclusiones relevantes al respecto:

- Los análisis costo beneficio son calculados caso a caso.
- La estandarización no parece ir más allá que la tasa de descuento social de MIDEPLAN (para el cálculo del VP).
- Los costos y beneficios “no cuantificables” son valorados para solo algunos casos. Por ejemplo no se cuantifica el valor de “no uso” del rio Maipo, pero si el valor del rio Loa.
- No se realizan ACB para algunas normas en especifico por ende se torna difícil la priorización de aquellas:
 1. Contaminantes de Vehículos Motorizados
 2. Riles a Aguas Subterráneas
 3. Aguas del rio Loa en el Sector Silvio pecuario

5. Conclusiones y Recomendaciones

La Ley 19.300, la cual dio origen a este trabajo, significó un gran avance en la generación de normas ambientales. Como bien sabemos, esta ley tiene la difícil tarea de armonizar garantías constitucionales, regulando en la manera en que interactúan y se complementan derechos aparentemente contrapuestos (conservación del medio ambiente y desarrollo económico).

Gracias a esta ley, podemos decir que la institucionalidad mejoró en muchos aspectos, por ejemplo, en términos de regulación, plazos, transparencia y participación. Por otro lado, fue capaz de introducir el criterio económico en la gestión ambiental y profesionalizar aún más la toma de decisiones.

Sin embargo, no fue definido el nivel de riesgo aceptable y por ende se llevó todo el análisis a una lógica y normativas basadas únicamente en priorización por análisis de costo beneficio. Unido a lo anterior, la elección del nivel de riesgo constituye la esencia de una norma de calidad ambiental, ya que se encuentra directamente involucrado el derecho a la vida de las personas y a la protección de su salud. Sin embargo, se optó por no incorporar ninguna indicación al respecto en la normativa.

En segundo lugar, se tomaron en consideración normas de países desarrollados, en donde efectivamente los costos de vida pueden ser similares, pero no así los beneficios, dificultando la comparación entre grupos.

En tercer lugar, a pesar de haberse realizado análisis de costo beneficio como priorización, estos no fueron aplicados homogéneamente para el territorio nacional, ni tampoco por materiales, considerando criterios distintos de medición. Es así como aparece la subjetividad por variables “no cuantificadas”. Por ello, se destaca la importancia de diferenciar lo posible de lo imposible. Aquello que no es alcanzable hoy es la estimación exacta del valor medido para material particulado fino

en cada localidad, sin embargo, considerando los potenciales errores de información, las dificultades geográficas y muchos otros elementos confundentes; hoy es totalmente posible implementar mejores mecanismos que nos permitan llegar a tan deseado objetivo. Desde el uso de análisis complementarios (ACB y ACE) hasta la utilización de modelos de medición, que alcancen mejores grados de ajuste, con metodologías que utilicen supuestos adecuados al contexto y realidad de las zonas, adicionado a igualar la situación nacional en cada uno de las localidades a modo de lograr estandarizaciones para cada normativa. En este sentido, es muy relevante recordar que si bien se han realizado análisis de costo y beneficio, sus resultados han sido ignorados o bien no han sido completos como para que ayuden efectivamente a la adopción de una norma que refleje el óptimo social (Del Fávero (2000)).

Por otro lado, es importante entender que el criterio económico debe ser solo uno más de los criterios considerados en la toma de decisiones ambientales, de esta forma se logran normar correctamente y se logra alinear los objetivos con las necesidades de los distintos interesados y afectados³⁸.

A modo de conclusión el uso del enfoque metodológico del análisis costo beneficio es una herramienta muy relevante y útil que nos permite evaluar y comparar las ventajas y desventajas ambientales, económicas y sociales de implementar normas de emisión y de calidad y planes de descontaminación y prevención. Dicho lo anterior, existen limitantes que la literatura señala y que

³⁸ Actualmente la falta de recursos (humanos y monetarios) destinados al presupuesto orientado a estas causas, la débil voluntad política y la escases de información fiable son otros de los principales agravantes de la falta de eficiencia y efectividad de nuestra normativa.

se observan en la experiencia local. Entre ellas están la gran cantidad de información y recursos (humanos y de capital) requeridos para valorar económicamente la totalidad de los impactos, el balance temporal, esto es aquellos problemas con impactos que se manifiestan en periodos largos y con aquellos que tienen un componente no monetario muy grande y difícil de valorar, como los efectos sobre la cultura y relacionados o sobre los valores de no uso de los bienes. Sin lugar a dudas estos antecedentes permiten determinar que el análisis costo beneficio es una herramienta potente para el análisis de los impactos de los planes y las normas, sin embargo, sin ser complementado con otro tipo de análisis social, la información entregada puede variar acorde a los supuestos, contexto y tiempo de medición, afectando las decisiones en materia de regulación ambiental.

En el presente estudio, se han generado una serie de críticas a la actual normativa de emisión de material particulado fino, a su forma de medición y las metodologías utilizadas. Adicionalmente, se hace un hincapié en la desigualdad de tratamiento para algunas localidades con pobres sistemas de medición, con falta o nula información al respecto. Dicho esto, el ejercicio busca poder entregar **recomendaciones de política** sólidas apoyadas en argumentos, basados en datos y en literatura relevante que logren generar impacto. Para ello se agrupó las recomendaciones en dos³⁹:

a) Visión, Fomento y Credibilidad:

Se recomienda fuertemente un aumento potente en los recursos económicos utilizados a la hora de evaluar normativas; de manera de lograr homogeneidad a lo largo del país, abarcando de lo micro (nivel zonal y regional) a lo macro (nacional). Para ello, se necesita tanto un esfuerzo

³⁹ Obviamente y dado el carácter del trabajo, íntimamente relacionadas entre sí.

gubernamental como privado, intentando capacitar y formar profesionales y líderes capaces de enfrentar el desafío de interactuar en un entorno propicio a la contaminación, como a la vez capaces de implementar y crear nuevas tecnologías no contaminantes.

Unido a lo anterior, Chile está recorriendo un camino muy peligroso, en el cual presenta el agravante de que sus recursos económicos son limitados, y que la protección ambiental compite con otras necesidades básicas del país por ser un país en vías de desarrollo (el combate contra la pobreza y las necesidades básicas en vivienda, educación y salud). Dado dicho escenario, resulta prudente pensar en distintas soluciones, algunas de ellas refugiadas en las fuerzas del mercado, para la gestión ambiental del país, lo cual resultaría coherente con el modelo que rige nuestra economía.

En segundo lugar, el análisis debiese incorporar no solo una visión “economicista”, sino una integral, capaz de tomar en consideración aspectos no monetarios, tales como el valor ecológico, el valor social de los bienes, el valor de no uso de bienes, el valor cultural, entre otros aspectos.

En tercer lugar, se recomienda establecer metas claras y creíbles, con medidas estandarizadas a la hora de reducir las emisiones o los contaminantes atmosféricos. En este sentido se entrega claridad a los agentes y se permite la incorporación de estos elementos en sus decisiones cotidianas. No generando distorsiones en los comportamientos y generando tranquilidad y credibilidad sobre los reguladores.

b) Metodologías:

Implementar análisis complementarios al análisis costo beneficio. En este sentido, es menester definir niveles de riesgo para todas las zonas analizadas, entendiendo el análisis de costo beneficio como uno más de los insumos para la toma de decisiones y no como una única vía de resolución. Dentro de las recomendaciones se sugiere utilizar los mencionados análisis costo efectividad y la incorporación de nuevas aristas no monetizables mencionadas en la sección a) de las recomendaciones de este documento.

Por otro lado, es importante estandarizar la metodología para la realización de los AGIES. De esta forma logramos obtener comparabilidad entre normativas, obtener grados de avance y de efectividad, entre otras variantes que no se han logrado hasta el momento.

Adicionalmente, se recomienda realizar los AGIES antes de los Ante-Proyectos y no después de estos, esto otorga mayor flexibilidad de análisis y permite la incorporación de elementos o modificaciones que pueden haber sido obviados por los paneles evaluadores.

Finalmente, la literatura es consistente en sugerir que las normas de emisión con metas definidas deberían evaluarse utilizando análisis de costo efectividad, más otras alternativas de control; y para el caso de normas sin meta de calidad, sujetas a priorizaciones, deberían evaluarse con análisis de costo beneficio. Sin embargo, entendiendo que todo análisis de costo beneficio debe entenderse como una herramienta de priorización, pero no como componente único de decisión.

Referencias

Alejandro Cofré (2009), Observaciones Anteproyecto Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino Respirable MP2,5, Ingeniería y Gestión Ambiental (INGEA), SOFOFA.

Banco Interamericano de Desarrollo, “Análisis Económico General”, Recuperado de <http://www.iadb.org/es/temas/efectividad-en-el-desarrollo/evaluation-hub/analisis-economico-en-general-diferencias-entre-acb-y-ace,17836.html>.

Cifuentes, L., J. J. Prieto y J. Escobari (2000), Valuation of mortality risk reductions at present and at an advanced age: Preliminary results from a contingent valuation study, Tenth Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists; Crete, Greece.

CONAMA (1998), Metodologías para el Estudio de los Efectos Económicos y Sociales de Planes y Normas Ambientales, Estado de Chile.

CONAMA (2010), Análisis General del Impacto Económico y Social de la Norma Primaria de Material Particulado PM 2,5, Ley 19.300, Estado de Chile.

CONAMA (2015). La Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA. Recuperado de <http://www.mma.gob.cl/chilecanada/1288/article-29825.html>.

Constitución Política de la República de Chile, Capítulo III, Estado de Chile.

Cropper, M.L. y A.M. Freeman III (1991), *Environmental Health Effects*, Amsterdam, North Holland: 165-211.

David B. Kittelson (2006), *Ultrafine Particle Formation Mechanisms*, Center for Diesel Research, University of Minnesota.

DICTUC. (2009), *Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Calidad Primaria para PM2.5 (AGIES)*, División del Medio Ambiente.

DICTUC. (2010), *Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma de Calidad Primaria para PM2.5 (AGIES)*, División del Medio Ambiente.

DICTUC. (2012), *Análisis General de Impacto Económico y Social del Anteproyecto de Revisión de la Norma de Calidad Primaria de MP2,5*, División del Medio Ambiente.

Figueroa, E., Gómez-Lobo, A., Jorquera, P., Labrín, F. (2013). *Develando Econométricamente los Impactos sobre la Concentración Atmosférica de Material Particulado de un Proyecto de Remodelación del Transporte Urbano: El caso del Transantiago en Chile*.

Gabriel Del Fávero; Ricardo Katz. (2000). *Gestión Ambiental en Chile*, Capítulo 7, *La Transformación Económica de Chile*, Centro de Estudios Públicos.

Gladstein, Neandross & Associates. (2013). Ultrafine Particulate Matter and the Benefits of Reducing Particle Numbers in the United States: A Report to the Manufacturers of Emission Controls Association (MECA).

Harold Wolozin (1966), The Economics of Air Pollution: Central Problems, Department of Economics, University of Massachusetts at Boston.

Health Effects Institute. (2012), Outdoor air pollution among top global health risks in 2010, Liberado a la prensa en Diciembre 13, 2012.

Health Effects Institute. (2013), Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles, Liberado a la prensa en Enero 23, 2013.

Jessica Coria, Enrique Calfucura y Rodrigo Montero (2010), ¿Significó la restricción vehicular una disminución en los niveles de contaminación de la Región Metropolitana?, Instituto de Políticas Públicas Universidad Diego Portales.

Joshua S. Graff Zivin and Matthew J. Neidell (2011), The Impact of Pollution on Worker Productivity, NBER Working Paper No. 17004.

Kristie, L., McGregor, G., McGregor, E. (2008). Climate Change, Tropospheric Ozone and Particulate Matter, and Health Impacts. Environ Health Perspect, 116, 1449-1455.

Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente. Recuperado de http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_resumen_ejecutivo2011.pdf.

Nicholas J. Sanders (2011), What Doesn't Kill you Makes you Weaker: Prenatal Pollution Exposure and Educational Outcomes, Stanford University.

Norma de Calidad Primaria para Material Particulado MP2,5 (2011), Ministerio del Medio Ambiente, República de Chile.

Organización Mundial de la Salud (2005), 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, Resumen de evaluación de los riesgos.

Raúl O'Ryan G; Manuel Díaz R; Andrés Ulloa O (2003), Algunas Aplicaciones de Economía Ambiental en Chile, Centro de Economía Aplicada, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

R. Katz, G. González y M. G. Cienfuegos (2010), Análisis Costo Beneficio en la Normativa Ambiental Chilena Bajo la Ley 19.300, Centro de Estudios Públicos.

Ricardo Katz (2010), Presentación Análisis Costo Beneficio en la Normativa Ambiental Chilena Bajo la Ley 19.300, Centro de Estudios Públicos.

Rubin ES, Taylor MR, Yeh S, Hounshell DA. (2004) Learning curves for environmental technology and their importance for climate policy analysis, *Energy* 29 (2004) 1551–1559.
[http://gspp.berkeley.edu/academics/faculty/docs/taylor_energy29\(9-10\).pdf](http://gspp.berkeley.edu/academics/faculty/docs/taylor_energy29(9-10).pdf)

Saide, P., Carmichael, G., Spak, S., Gallardo, L., Osses, A., Mena-Carrasco, M., Pagowski, M. (2011). Forecasting urban PM₁₀ and PM_{2.5} pollution episodes in very stable nocturnal conditions and complex terrain using WRF – Chem CO tracer model, *Atmospheric Environment*.

Zagar et al. (2013). Air Pollution Particles PM₁₀, PM_{2,5} and the Tropospheric Ozone Effects on Human Health. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 92, 826 – 831.

Anexo

Anexo 1a:

Tabla: Análisis Localidades Zona Norte								
	Ciudad	MP10 (ug/m3N)	MP2,5 (ug/m3N)	Relación MP2,5/MP10	Nivel de Reducción Requerida para Norma MP2,5			
					25	20	15	10
1	Arica	41,3	12	0,29	0	0	0	2
2	Alto Hospicio	50,2	18,2	0,36	0	0	3,2	8,2
3	Pozo Almonte	39	11,3	0,29	0	0	0	1,3
4	Iquique	s/i	11,3		0	0	0	1,3
5	Antofagasta	54,9	15,9	0,29	0	0	0	5,9
6	Calama	49,5	14,5	0,29	0	0	0	4,5
7	Mejillones	39,1	11,3	0,29	0	0	0	1,3
8	Sierra Gorda	41,3	12	0,29	0	0	0	2
9	Tocopilla	56	22,4	0,4	0	2,4	7,4	12,4
10	Caldera	s/i	s/i		0	0	0	0
11	Chañaral	s/i	s/i		0	0	0	0
12	Copiapó	s/i	s/i		0	0	0	0
13	Huayco	s/i	24,2		0	4,2	9,2	14,2
14	La Serena-Coquimbo	s/i	11,5		0	0	0	1,5
15	Ovalle	s/i	11,5		0	0	0	1,5

Fuente: Observaciones Anteproyecto Norma Primaria de Calidad Ambiental para MP2,5, SOFOFA, 2009.

Tabla Análisis Localidades Zona Centro								
	Ciudad	MP10 (ug/m3N)	MP2,5 (ug/m3N)	Relación MP2,5/MP10	Nivel de reducción requerida para Norma MP2,5 (ug/m3N)			
					25	20	15	10
16	La Calera	52,60	22,60	0,43	0,00	2,60	7,60	12,60
17	Cabildo	20,60	8,90	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
18	Quintero	s/i	17,50		0,00	0,00	2,50	7,50
19	Gran Valparaíso	43,10	18,70	0,43	0,00	0,00	3,70	8,70
20	Putendo	32,60	14,00	0,43	0,00	0,00	0,00	4,00
21	Llailay	38,50	16,60	0,43	0,00	0,00	1,60	6,60
22	Puchuncavi	36,60	15,70	0,43	0,00	0,00	0,70	5,70
23	Quillota	51,90	22,30	0,43	0,00	2,30	7,30	12,30
24	Catemu	54,20	23,30	0,43	0,00	3,30	8,30	13,30
25	Los Andes	28,10	12,10	0,43	0,00	0,00	0,00	2,10
26	San Antonio	s/i	19,00		0,00	0,00	4,00	9,00
27	San Felipe	s/i	19,00		0,00	0,00	4,00	9,00
28	Gran Santiago	69,10	31,70	0,46	6,70	11,70	16,70	21,70
29	Rancagua	74,20	31,90	0,43	6,90	11,90	16,90	21,90
30	Codigua	66,20	28,50	0,43	3,50	8,50	13,50	18,50
31	Requinta	56,20	24,20	0,43		4,20	9,20	14,20
32	Rengo	62,80	27,00	0,43	2,00	7,00	12,00	17,00
33	San Fernando	56,20	24,20	0,43	0,00	4,20	9,20	14,20

Fuente: Observaciones Anteproyecto Norma Primaria de Calidad Ambiental para MP2,5, SOFOFA, 2009.

Tabla Análisis Localidades Zona Sur								
	Ciudad	MP10 (ug/m3N)	MP2,5 (ug/m3N)	Relación MP2,5/MP1	Nivel de reducción requerida para Norma MP2,5			
					25	20	15	10
34	San Vicente	s/i	19,00		0,00	0,00	4,00	9,00
35	Cauquenes	s/i	12,50		0,00	0,00	0,00	2,50
36	Constitución	s/i	25,00		0,00	5,00	10,00	15,00
37	Curico	s/i	25,00		0,00	5,00	10,00	15,00
38	Linares	s/i	32,20		7,20	12,20	17,20	22,20
39	Talca	49,20	32,80	0,67	7,80	12,80	17,80	22,80
40	Chillan	51,70	24,90	0,48	0,00	4,90	9,90	14,90
41	Gran Concepción	49,00	24,00	0,49	0,00	4,00	9,00	14,00
42	Arauco	43,00	28,80	0,67	3,80	8,80	13,80	18,80
43	Los Angeles	s/i	26,60		1,60	6,60	11,60	16,60
44	San Carlos	s/i	26,60		1,60	6,60	11,60	16,60
45	Angol	s/i	26,60		1,60	6,60	11,60	16,60
46	Nueva Imperial	s/i	26,60		1,60	6,60	11,60	16,60
47	Gran Temuco	48,70	32,60	0,67	7,60	12,60	17,60	22,60
48	Osorno	s/i	32,80		7,80	12,80	17,80	22,80
49	Puerto Montt	s/i	26,60		1,60	6,60	11,60	16,60
50	Valdivia	s/i	26,60		1,60	6,60	11,60	16,60
51	Coyhaique	s/i	35,00		10,00	15,00	20,00	25,00
52	Punta Arenas	s/i	12,50		0,00	0,00	0,00	2,50

Fuente: Observaciones Anteproyecto Norma Primaria de Calidad Ambiental para MP2,5, SOFOFA, 2009.

Anexo 1b:

Tabla: Niveles de Reducción de MP2,5 según Norma de 25 ug/m3N o 10 ug/m3N y Beneficio Social para ambas Opciones por Ciudad.

Ciudad	MP10 (ug/m3N)	MP2,5 (ug/m3N)	Relación MP2,5/MP10	Nivel de Reducción Requerida para Norma MP2,5		Población	Beneficio Social para Norma MP2,5 (ug/m3N)	
				25	10		25	10
Gran Santiago	69,1	31,7	0,46	6,7	21,7	5.408.150	253,6	821,5
Gran Temuco	48,7	32,6	0,67	7,6	22,6	304.142	16,2	48,2
Talca	49,2	32,8	0,67	7,8	22,8	201.797	11	32,2
Rancagua	74,2	31,9	0,43	6,9	21,9	214.344	10,4	32,9
Osorno	s/i	32,8		7,8	22,8	145.475	7,9	23,2
Linares	s/i	32,2		7,2	22,2	83.249	4,2	12,9
Coihaique	s/i	35		10	25	50.041	3,5	8,8
Puerto Montt	s/i	26,6		1,6	16,6	175.938	2	20,4
Los Angeles	s/i	26,6		1,6	16,6	166.556	1,9	19,4
Valdivia	s/i	26,6		1,6	16,6	140.559	1,6	16,3
Arauco	43	28,8	0,67	3,8	18,8	34.873	0,9	4,6
Rengo	62,8	27	0,43	2	17	50.830	0,7	6,1
San Carlos	s/i	26,6		1,6	16,6	50.088	0,6	5,8
Angol	s/i	26,6		1,6	16,6	48.996	0,5	5,7
Nueva Imperial	s/i	26,6		1,6	16,6	40.059	0,4	4,7
Codegua	66,2	28,5	0,43	3,5	18,5	10.796	0,3	1,4
						7.125.893	316	1.064

Fuente: Observaciones Anteproyecto Norma Primaria de Calidad Ambiental para MP2,5, SOFOFA, 2009.