
ANÁLISIS GENERAL DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL **ANTEPROYECTO** DE LA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DEL AIRE PARA OZONO (O₃), ELABORADO A PARTIR DE LA REVISIÓN DEL DECRETO SUPREMO N° 112, DE 2003, DEL MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA.

Mayo de 2025

1. Contexto

El Ministerio del Medio Ambiente (MMA) es el organismo encargado de coordinar el diseño y establecimiento de normas de calidad ambiental y de emisión, así como de elaborar planes de prevención y/o descontaminación ambiental. De acuerdo con lo establecido en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (MINSEGPRES, 1994) y el Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión (DS N°38/2012 del MMA), todo proceso normativo requiere la elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES). Este análisis tiene como finalidad aportar antecedentes a los procesos de participación ciudadana (PAC) y apoyar la toma de decisiones del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad (CMS). La elaboración del AGIES es responsabilidad del Departamento de Economía Ambiental (DEA) del MMA.

El DS N°38/2012 regula, por una parte, el proceso de *dictación de una nueva norma*, estableciendo las etapas que deben seguirse para su elaboración y aprobación. El mismo reglamento establece el *proceso de revisión de normas vigentes*, el cual debe realizarse, al menos, cada cinco años. Aunque se trate de normas ya existentes, el proceso de revisión debe cumplir con las mismas exigencias procedimentales que la dictación de una norma nueva, incluyendo la obligación de elaborar un AGIES.

En este contexto, el artículo 15 del DS N°38/2012 señala que el AGIES debe establecer un escenario de evaluación que compare las condiciones actuales con las condiciones proyectadas bajo la aplicación de la nueva norma. Este análisis busca identificar y cuantificar los costos y beneficios derivados de la implementación de la propuesta normativa, considerando sus efectos en la población, los ecosistemas, las fuentes reguladas y el Estado.

Metodológicamente, el AGIES utiliza modelos estadísticos y matemáticos que permiten simular los posibles efectos de la normativa en un escenario futuro (evaluación ex-ante). Estos

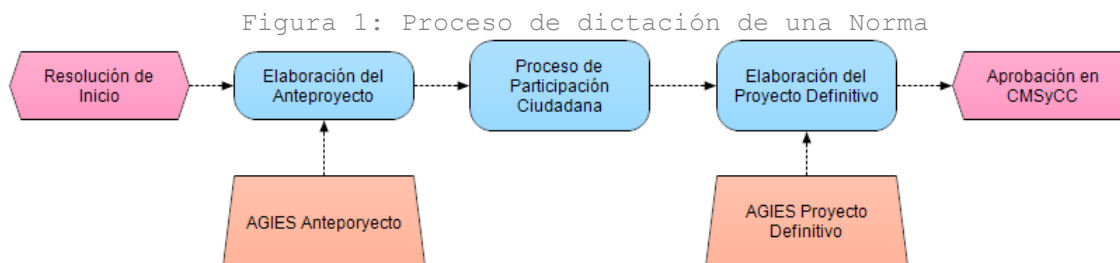
modelos permiten representar las relaciones causales entre las fuentes emisoras, la calidad del aire y los impactos en la salud de la población, lo que facilita la identificación y cuantificación de los costos y beneficios asociados.

Finalmente, el AGIES entrega al tomador de decisiones los resultados de esta modelación, junto con los antecedentes utilizados, los supuestos adoptados y las eventuales brechas de información consideradas en el análisis. Estos resultados, junto con otros antecedentes técnicos, jurídicos o sociales, permiten fundamentar la decisión de aprobar, modificar o rechazar la propuesta normativa.

2. Consideraciones Administrativas y Jurídicas

2.1 Respecto del proceso normativo

El Decreto Supremo N°38/2012, Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, establece las etapas que deben cumplirse en todo proceso de elaboración de una normativa ambiental. Entre estas se contempla la elaboración de un anteproyecto, el cual debe someterse a un proceso de consulta pública. Posteriormente, con base en los resultados de dicha consulta, se elabora un proyecto definitivo que debe ser aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad y el Cambio Climático (CMSyCC), antes de su publicación en el Diario Oficial y su posterior implementación.



Fuente: Elaboración Propia

El artículo 15 del mismo decreto establece la obligatoriedad de elaborar un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) de la propuesta normativa, esto es, la elaboración de un AGIES durante el proceso de elaboración del Anteproyecto y para el Proyecto Definitivo¹. Dicho análisis debe considerar

¹ El artículo 15 del D.S 28/2012, solo establece la obligatoriedad de la elaboración de un AGIES para el Anteproyecto de la normativa, sin embargo, se reconoce que, de existir cambios entre la propuesta del Anteproyecto y la propuesta del Proyecto definitivo, será deseable contar con una actualización de este análisis para facilitar la toma de decisión.

un escenario de evaluación que compare la situación actual con aquella proyectada con la entrada en vigencia de la normativa. Esto implica evaluar el impacto que tendría la aplicación de la propuesta frente a las condiciones existentes.

El AGIES, debe identificar los costos que implica el cumplimiento de la normativa para la población, para los titulares de fuentes o actividades reguladas, y para el Estado, en su rol fiscalizador. Asimismo, debe identificar y, cuando corresponda, cuantificar los beneficios derivados del cumplimiento de la norma para la población (en el caso de normas primarias de calidad ambiental), para los ecosistemas o especies protegidas (en normas secundarias), para las fuentes reguladas (en normas de emisión), y para el Estado, en todos los casos.

Para cumplir con este requerimiento, el DEA elabora el AGIES utilizando una metodología que combina el análisis de cumplimiento normativo- comparación de situación base con propuesta normativa- con la cuantificación de reducciones de emisiones y concentraciones- análisis de impacto-, y finaliza con una evaluación de costo-beneficio. Todo este análisis se realiza en base a información pública, técnica y actualizada, con el fin de sustentar de manera transparente y rigurosa el proceso de toma de decisiones regulatorias.

2.2 Respecto del proceso de revisión de las normativas

La revisión de las normas establecidas en el Título Cuarto del DS N° 38/2012 del MMA, el artículo 38 dispone que "toda norma de calidad ambiental y de emisión será revisada, según los criterios establecidos en este título, al menos cada cinco años". No obstante, con la entrada en vigencia de la Ley N° 21.455, Ley Marco de Cambio Climático, este plazo fue reducido a cuatro años para las normas de calidad.

Los artículos 38, 39 y 40 del D.S. N° 38/2012 **no establecen** un criterio económico ni requieren información de carácter económico para justificar la revisión de una norma. La necesidad de revisar una norma depende de otros factores.

Una vez que se ha decidido revisar una norma, debe iniciarse el "proceso normativo", el cual, dentro de sus obligaciones, incluye la realización de un AGIES (ver 2.1). Por lo tanto, este análisis responde específicamente a la obligación de evaluación dentro del proceso normativo, así los resultados del AGIES están enfocados en la propuesta de anteproyecto o

proyecto definitivo, y no en los criterios que motivan la revisión.

La revisión de una norma puede implicar que esta se modifique total o parcialmente. Estos cambios pueden determinar si:

- La metodología del AGIES puede ser aplicada completamente.
- La metodología puede ser aplicada parcialmente, y se obtienen resultados de solo una parte de ella - solo la evaluación del cumplimiento, o solo la evaluación de costos-
- La metodología no puede ser aplicada, lo que impide que se puedan obtener resultados de la evaluación.

De manera preliminar, si al evaluar un cambio en los límites normativos respecto a una situación base (situación actual), se generan incumplimientos, esto es, la situación de línea base supera al límite normativo, entonces el AGIES podrá estimar los costos y beneficios derivados de dichos cambios. Por el contrario, si los cambios no implican que los regulados deban reducir sus emisiones para cumplir con la norma, según la metodología del AGIES, no se generarán costos ni beneficios asociados a un cambio con respecto a la línea base, al no existir dichos cambios

Existen casos en los que los cambios en los límites normativos, si bien generan incumplimientos, no pueden ser cuantificados matemáticamente² al aplicar las metodologías actuales. En estos casos, aunque haya una mejora en la normativa, esta no podrá ser evaluada adecuadamente.

Existen otros criterios normativos que pueden ser evaluados, como el aumento en los monitoreos, modificaciones en los criterios de evaluación y/o fiscalización, la incorporación de nuevos parámetros dentro de la normativa, o el aumento de la cobertura de la red de monitoreo. En estos casos, aunque la metodología del AGIES no se aplique completamente, se ajustarán metodologías específicas para cuantificar los costos y, si es posible, los beneficios que incorpora la revisión.

² Un claro ejemplo de estos casos es en aquellas normativas en que las potenciales reducciones de emisiones no permiten estimar un cambio en las concentraciones, razón por la cual no se podrán estimar costos o beneficios.

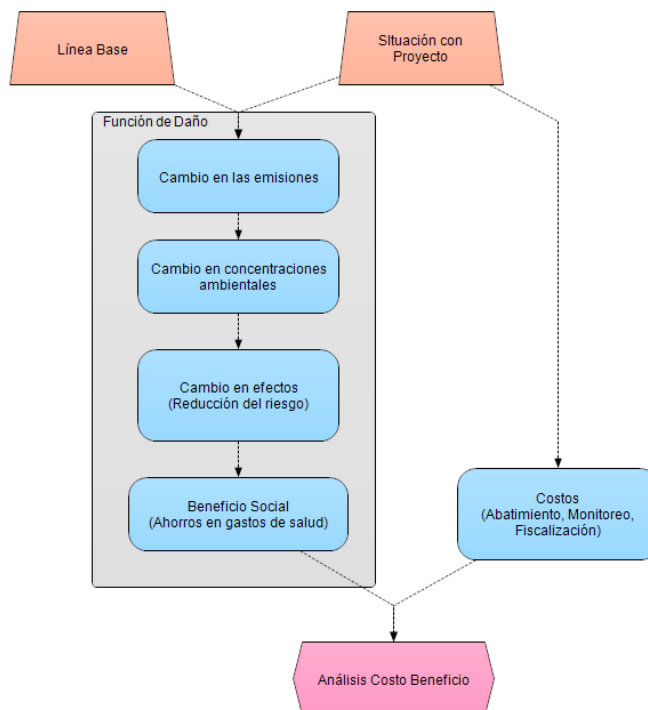
3. Consideraciones técnicas

3.1 Metodología General

La metodología empleada en la elaboración del AGIES es el Análisis Costo-Beneficio, el cual es ampliamente utilizado y recomendado en la literatura para la evaluación de proyectos sociales (Layard & Glaister, 1994; Hanley & Spash, 1996; Boardman, Greenberg, Vining, & Weimer, 2018). La reducción de emisiones asociada a normas de emisión tiene efectos medioambientales, económicos y sociales que se pueden resumir en beneficios para los receptores de las emisiones y costos para el regulado.

El AGIES se elabora utilizando una secuencia de análisis o modelos que permiten relacionar cambios en las emisiones y/o concentraciones -dependiendo de la normativa- de línea base respecto de los límites propuestos por el proyecto, con los beneficios y costos percibidos por los diferentes agentes impactados por la regulación. Para ello, el modelo integra una sección de emisiones, un modelo de emisión-concentración, un modelo de riesgo ambiental basado en estudios toxicológicos y epidemiológicos y, finalmente, un modelo de valorización de los beneficios. Paralelamente, se integra la información de los costos de las medidas que pueden ser relacionados con los beneficios para completar el análisis costo-beneficio (ver Figura 2).

Figura 2. Diagrama metodología utilizada para la evaluación del AGIES.
Análisis costo-beneficio.



Fuente: Evaluación propia basado en (EPA 2000; MMA 2013)

Los beneficios valorizados de la norma son aquellos derivados de una disminución de los efectos en salud de la población expuesta a contaminación, que se reducen debido a la disminución de la concentración ambiental de contaminantes producto de la reducción de emisiones de las fuentes reguladas. Específicamente, se valoran los eventos evitados de mortalidad prematura, morbilidad, días de actividad restringida y productividad perdida.

Paralelamente, en el AGIES se contabilizan los costos de inversión asociados a la implementación de medidas de abatimiento por parte de las fuentes emisoras (equipos de control), que son necesarios para dar cumplimiento a los límites propuestos por el proyecto. Asimismo, se incluyen costos de monitoreo y de fiscalización, este último asumido por el Estado.

Dentro de las limitantes del análisis se cuentan aquellos beneficios que, por falta de información base o inexistencia de metodologías validadas a nivel internacional, no pueden ser cuantificados. Algunos ejemplos de estos beneficios son mejoras

en la visibilidad, menor deterioro de infraestructura e inmuebles, efectos sobre ecosistemas, disminución de gases de efecto invernadero, rendimiento en la agricultura y suelos, imagen país, externalidades positivas asociadas a educación ambiental, efectos en salud en otras comunas del país y reducción de *Black Carbon*.

Es importante enfatizar que la metodología, los supuestos y las decisiones de modelación propuestas en el AGIES no son vinculantes. Esto quiere decir que los regulados no deberán cumplir con el escenario propuesto por el AGIES. Un ejemplo de esto es la decisión de la implementación de una determinada tecnología de control de emisiones para cuantificar los costos. Mientras que el AGIES utiliza como supuesto el criterio de la costo-efectividad al escoger la tecnología más adecuada, los regulados podrán optar por la tecnología que crean óptima según sus requerimientos particulares.

Los resultados del AGIES intentan orientar a los tomadores de decisiones mediante indicadores elaborados con la metodología planteada. Sin embargo, estos indicadores no deben ser considerados como el único criterio para la aprobación de una política pública (Fisher 1991; Arrow & Cropper et al. 1996). Esta debe tener una visión integral que incorpore otras variables tales como el riesgo de la población expuesta, consideraciones culturales de la zona regulada, aspectos sociales, entre otras³.

3.2 Consideraciones metodológicas asociadas a la norma específica.

La evaluación del AGIES utiliza una metodología estándar (ver capítulo anterior), con ajustes que pueden aplicarse según las características específicas de cada norma. Existen consideraciones que deben ser analizadas para determinar la pertinencia de aplicar la metodología en cada caso. Esto

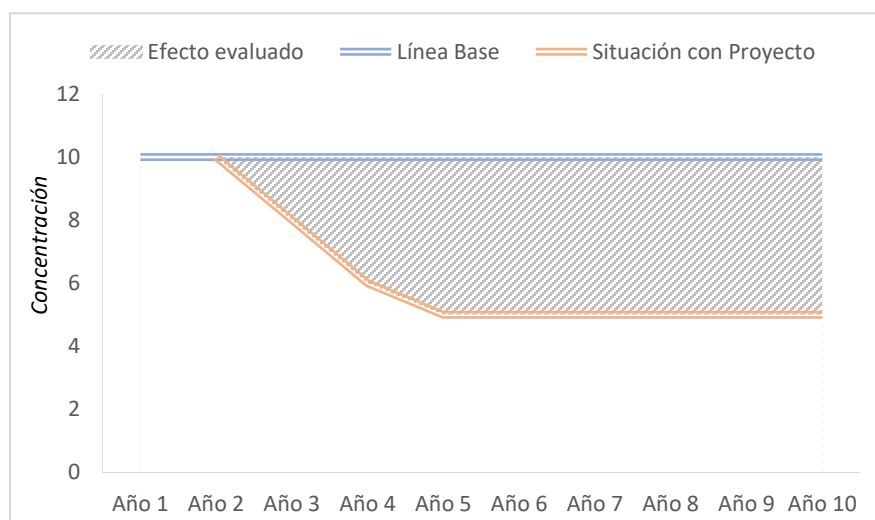
³ D.S.38 y 39/2012 del MMA incorporan, entre otras cosas, la generación de comités, la Participación Ciudadana y el Consejo de Ministros por la Sustentabilidad, los cuales también intentan incorporar los aspectos mencionados.

implica identificar si los pasos metodológicos pueden cumplirse con el escenario presentado y la información disponible.

Para la elaboración de un AGIES es necesario verificar si hay información suficiente para elaborar una línea base. Es decir, si existen datos que permitan cuantificar las emisiones de las fuentes reguladas en el caso de una norma de emisión, o mediciones de concentraciones ambientales en el caso de normas de calidad. En este punto, también es crucial identificar otros instrumentos que puedan estar asociados a una reducción en las emisiones o concentraciones, tales como otras normativas, Planes de Descontaminación, Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) o cualquier otro instrumento legal que implique cambios en la situación base. Esto tiene como objetivo identificar correctamente el efecto específico que la normativa generará, para evitar sobreestimaciones, subestimaciones o el doble conteo de costos y beneficios.

Dicho de otra forma, la evaluación cuantifica el cambio en las emisiones generado al descontar a la situación base (línea base) la situación con proyecto (límites normativos), lo que permite aislar el efecto específico que generará la norma. Esta lógica se ilustra en la Figura 3, donde el eje horizontal representa el periodo de evaluación, en años, mientras que el eje vertical muestra las emisiones. La línea azul muestra la situación de línea base y la naranja refleja la situación con proyecto. El área gris achurada entre ambas líneas se denomina el "efecto evaluado" y representa el cambio en las emisiones que será objeto de la evaluación del AGIES, y de este cambio se derivarán los costos y beneficios asociados. Para hacer esta evaluación, el AGIES se vale de criterios de análisis marginal. Esto significa que se estima el costo y el beneficio por cada unidad de contaminante reducido.

Figura 3: representación gráfica del análisis normativo



Fuente: Elaboración Propia

Es importante destacar que, pese a que existen antecedentes que demuestren que existen superaciones a la normativa, estas superaciones deben ser asociadas a la norma vigente y no son generados por el Anteproyecto presentado- se debe tener en consideración que estas superaciones se generan ya con límites establecidos y sin que la propuesta sea promulgada-, por lo que, con la finalidad de poder aislar el efecto de la norma propuesta, se considera que los potenciales costos y beneficios de cumplir con estas superaciones están asociados a la norma vigente.

En particular, la propuesta del proyecto normativo no presenta cambios respecto a los límites ya establecidos en el proyecto vigente para la métrica de concentración de 8 horas. Esto significa que, la implementación de este anteproyecto no generará cambio en las emisiones, cambio en las concentraciones ambientales, cambios en los efectos (Reducción de riesgo) y por consiguiente beneficios sociales y costos (ver Figura 2) por lo tanto, no existen efectos adicionales a los que pudiera generar la norma vigente, asumiendo que, las reducciones de emisiones son igual a cero.

Debido a que la reducción de las emisiones será cero (al igual que la reducción de las concentraciones), no se producen exigencias que impliquen costos para las fuentes reguladas o el Estado, ni cambios en los efectos en salud que beneficien a la población expuesta. Así, los beneficios y costos resultantes de la evaluación serán también cero.

3.3 Incorporación de un límite normativo para temporada alta.

La propuesta de anteproyecto, incorpora un nuevo límite de emisión el cual se denomina como "Concentración de temporada alta" y que se define como "*Periodo consecutivo de seis meses calendario donde se registran las mayores concentraciones en promedio de ozono.*", esta métrica tendrá un límite normativo de 51 ppb (100 ug/m³) y corresponderá al valor máximo obtenido de la concentración a través de un promedio móvil de 8 horas en un período de 6 meses durante un año calendario.

Dado que se trata de una métrica nueva, y considerando que existen antecedentes que indican que algunas estaciones superan este umbral, resulta necesario realizar un análisis que permita identificar el potencial nivel de cumplimiento y determinar si este nuevo límite generará costos y/o beneficios.

La Tabla 7 del Anexo A, presenta las concentraciones de temporada alta medidas en distintas estaciones a nivel nacional durante el período 2018-2024. Debido a la escasez de datos, se incluyeron todas las estaciones, aquellas públicas sin representatividad poblacional y aquellas estaciones privadas, con el fin de robustecer el análisis.

Al comparar el límite normativo (51 ppb) con los datos de la Tabla 7, se identifican estaciones que exceden dicho valor (resaltadas en color rojo). Estas superaciones corresponden a la estación "Los Andes" entre los años 2018 y 2021, "Las Condes" durante los años 2019, 2020, 2022, 2023 y 2024, y la estación "Rengo" en el año 2023.

3.3.1 Evaluación de cumplimiento del límite de temporada alta.

Tal como se establece en los capítulos 3.1 y 3.2 del presente documento, para efectos de la presente evaluación se considera que la política vigente forma parte de la línea base. Esto implica que, en el marco de este AGIES, debe asumirse que dicha

norma se encuentra en pleno cumplimiento⁴. Es decir, si se registra un valor de concentración que exceda el límite establecido por la norma vigente, este se ajusta al valor normativo propuesto en el anteproyecto.

Para ejemplificar este supuesto, podemos observar lo que sucede con la estación El Bosque (ver Tabla 6) la cual presenta una concentración de 74 ppb. No obstante, dicha superación se atribuye a la norma vigente- ya que por temporalidad ocurre dentro de la vigencia de la normativa actual-, por lo que no es considerada dentro de las reducciones de la nueva propuesta. En consecuencia, para efectos del presente AGIES este valor se ajusta a 61 ppb- valor del límite actual-. Este ajuste permite aislar el efecto de la nueva norma y cuantificar adecuadamente sus costos y beneficios.

Se plantea la existencia de una relación entre el límite horario de 8 horas y el límite de temporada alta. Es decir, si se reduce la concentración de la métrica de 8 horas, se espera una reducción proporcional en la concentración de temporada alta. Bajo esta hipótesis, a continuación, se presenta una metodología que permitirá evaluar este nuevo parámetro bajo los siguientes pasos metodológicos:

1.-Se realizará un análisis de regresión estadística (lineal y no lineal), para identificar si existe una relación entre ambas métricas que permitan establecer cambios de una métrica reflejados en otra.

2.- Se establecerá una relación numérica entre una variable dependiente (concentración en temporada alta) y una independiente (concentración en 8 horas) con la finalidad de poder calcular reducciones entre ambas métricas.

3.- Se definirá a través del método de los mínimos cuadrados un valor que represente la concentración en temporada alta respecto de la métrica de 8 horas. Esto es establecer cuantos $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración en temporada alta equivalen a 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la métrica de 8 horas, este valor será denominado como "Coeficiente de regresión".

⁴Es estrictamente necesario recalcar que, este supuesto se debe considerar para poder efectuar una correcta modelación de la norma, a fin de poder identificar el impacto de la propuesta independiente de otras políticas.

4.- Se determinará la reducción que se debió generar para el cumplimiento de la norma vigente- Δ de reducción generado - a través de la siguiente ecuación:

| | |
|--|---|
| Δ Reducción generada = Concentración _{a,b} - valor norma | 1 |
|--|---|

Donde:

Δ Reducción generada: corresponde a la concentración en ppb necesaria a reducir para dar cumplimiento a los límites de la norma vigente-.

Concentración_{a,b} = Corresponde al percentil 99 de las concentraciones anuales medidas en un período de 8 horas de la estación "a" para el año "b", ver Tabla 6.

Valor norma: corresponde al valor normado para la métrica seleccionada (61 ppb, para este caso)

5.- Se determinará el " Δ de reducción necesario", el cual corresponde a la reducción necesaria para dar cumplimiento al límite de temporada alta, determinado por la siguiente ecuación:

| | |
|---|---|
| Δ Reducción necesaria = Concentración temp alta _{a,b} - valor norma temp alta | 2 |
|---|---|

Donde:

Δ Reducción necesaria: corresponde a la concentración en ppb necesaria a reducir para dar cumplimiento a los límites del nuevo límite propuesto.

Concentración temp alta_{a,b} = Corresponde al percentil 99 de las concentraciones de temporada alta de la estación "a" para el año "b", ver Tabla 7 .

Valor norma temp alta: corresponde al valor normado para la métrica seleccionada (51 ppb, para este caso)

5.-Se establecerá la relación entre Δ de reducción generado el "Coeficiente de regresión", y el Δ de reducción generado ajustado, con estos antecedentes se realizará una comparación con el Δ de reducción necesario, permitiendo establecer si la disminución en las concentraciones de la métrica de 8 horas

permitirá cumplir con el límite establecido para la temporada alta.

Numéricamente lo que acá se establece es que, al igualar los valores bajo una misma métrica, la comparación del Δ de reducción generado con el Δ de reducción necesario permite identificar las reducciones que potencialmente generará el cumplimiento del límite vigente sobre la métrica de temporada alta. Para ello, se compararán ambos valores según la siguiente regla:

Se generará el cumplimiento del valor "temporada alta" si:

| | |
|---|---|
| Δ reducción generado ajustado > Δ reducción necesario | 3 |
|---|---|

Con esto se determinará si la reducción dada por el cumplimiento de la norma de 8 horas permite dar cumplimiento a la norma de temporada alta.

3.3.2 Establecimiento de la relación entre variables.

A través de una modelación estadística se identificó en un primer paso, que existe una fuerte relación lineal entre la variable dependiente y la variable independiente, al emplearse una regresión lineal, ver Tabla 1.

Tabla 1: estadígrafos asociados a la regresión empleada

| Pendiente (β) | Intercepto (α) | R ² | Modelo |
|-----------------------|-------------------------|----------------|--------|
| 0,59 | 2,75 | 0,85 | Lineal |

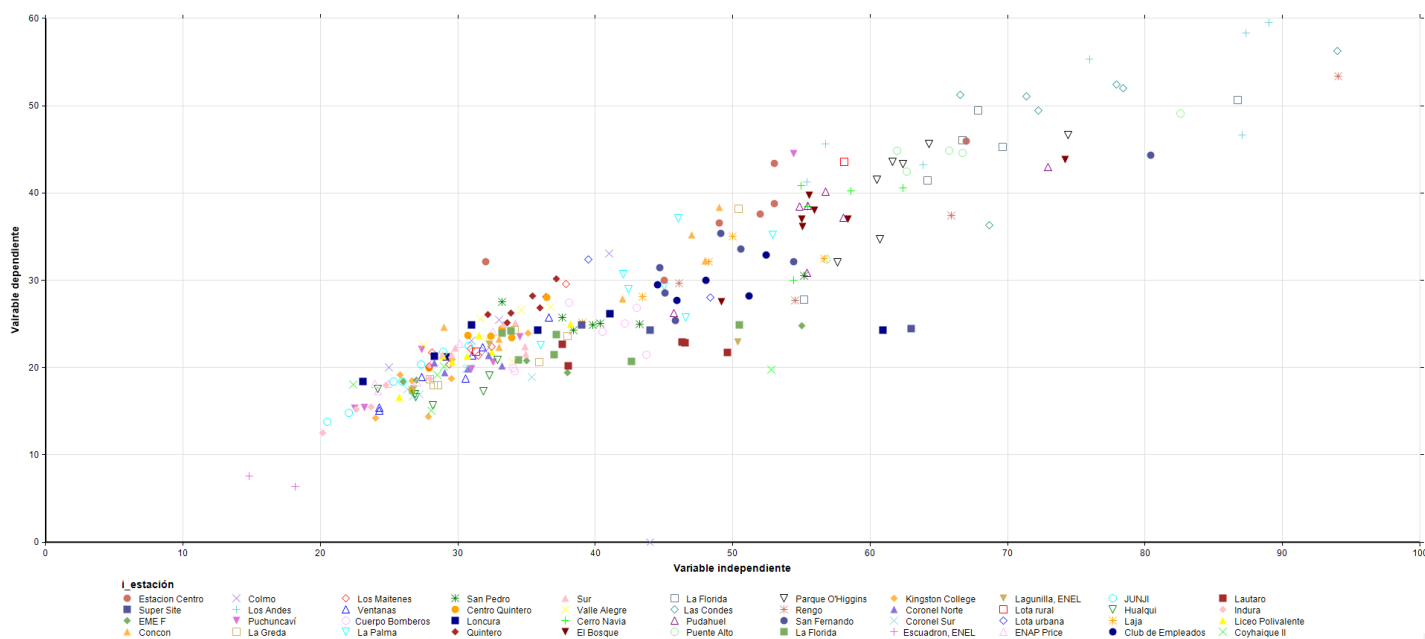
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente se evaluaron otros modelos de regresión no lineal. Si bien algunos de ellos, como el modelo polinomial cuadrático, lograron predecir adecuadamente la relación entre las variables, las mejoras obtenidas en comparación con la regresión lineal no fueron significativas. Por esta razón, se optó por utilizar el modelo lineal, dada su mayor simplicidad e interpretabilidad.

El coeficiente de determinación R² obtenido es de 0,85. Esto significa que el modelo logra explicar el 85% de la variabilidad observada en la variable dependiente a partir de las variables explicativas incluidas. En otras palabras, existe un alto grado de ajuste entre los valores observados y los valores predichos por el modelo, lo que sugiere que este tiene un buen poder explicativo. En consecuencia, se concluye que existe una relación entre ambas variables, lo que permite

estimar las concentraciones en "temporada alta" a partir de las concentraciones de la métrica de 8 horas. Esto se puede observar a su vez en el Gráfico 1 en donde se presentan los valores al comparar la variable dependiente e independiente, observándose la clara linealidad de los datos.

Gráfico 1: Gráfico de la regresión entre la variable dependiente y la variable independiente



Fuente: Elaboración Propia

Utilizando una regresión lineal basada en el método de mínimos cuadrados, se definió la relación entre ambas variables a nivel de estaciones para facilitar la comparabilidad. Esta relación está dada por la "Pendiente (β)" de la regresión y establece que 1 ppb de concentración de 8 horas se traduce en una reducción de 0,59 ppb en la concentración en temporada alta, tal como se muestra en la Tabla 1. A continuación, se presenta dicha relación.

Una vez que se han estimado la relación entre variables, resta por estimar los deltas de reducción para la métrica de 8 horas y la normativa vigente. Para esto se aplicó la ecuación N°1- considerando los valores de la Tabla 6-. La siguiente tabla presenta estos valores para la concentración de 8 horas:

Tabla 2: Delta de concentración para dar cumplimiento a la norma vigente.

| Estación | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| Estación Centro | | | | | | 6,00 | |
| Super Site | | | | | 2,00 | | |
| Los Andes | 26,07 | 26,31 | 28,00 | 14,97 | | 2,86 | |
| Cerro Navia | | | | | | | 1,40 |
| El Bosque | | | | | | 13,18 | |
| La Florida | | 3,19 | | 8,63 | 6,87 | 25,74 | 5,73 |
| Las Condes | 7,64 | 17,43 | 10,36 | 11,22 | 5,53 | 33,00 | 16,94 |
| Pudahuel | | | | | | 11,96 | |
| Puente Alto | | 4,76 | | 1,68 | 0,97 | 21,58 | 5,73 |
| Parque O'Higgins | | | 1,38 | 3,29 | 0,60 | 13,38 | |
| Rengo | | | | | 4,90 | 33,02 | |
| San Fernando | | | | | | 19,39 | |

Fuente: Elaboración Propia.

Se aplicó la ecuación N°2-para los valores de la Tabla 7-. La siguiente tabla presenta los resultados definidos como deltas de concentración de "temporada alta".

Tabla 3: Delta de concentración para da cumplimiento en temporada alta.

| Estación | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Los Andes | 7,33 | 8,50 | 4,37 | | | | |
| Las Condes | 1,05 | 0,10 | | 0,25 | 5,26 | 1,40 | |
| Rengo | | | | | 2,40 | | |

Fuente: Elaboración Propia.

Con la finalidad de identificar las reducciones que potencialmente se generarían en la métrica "temporada alta" dada las superaciones en la métrica de 8 horas, Se multiplicó cada uno de valores por la pendiente(Tabla 1)"coeficientes de regresión" con los delta de reducción para la métrica de 8 horas (Tabla 2):

Tabla 4: Deltas de concentración de 8 horas ajustados por "coeficiente de regresión".

| Estación | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|
| Estación Centro | | | | | | 3,54 | |
| Super Site | | | | | 1,18 | | |
| Los Andes | 15,38 | 15,52 | 16,52 | 8,83 | | 1,69 | |
| Cerro Navia | | | | | | | 0,83 |
| El Bosque | | | | | | 7,77 | |
| La Florida | | 1,89 | | 5,09 | 4,05 | 15,19 | 3,38 |
| Las Condes | 4,51 | 10,28 | 6,11 | 6,62 | 3,26 | 19,47 | 10,00 |
| Pudahuel | | | | | | 7,06 | |
| Puente Alto | | 2,81 | | 0,99 | 0,57 | 12,73 | 3,38 |
| Parque O'Higgins | | | 0,81 | 1,94 | 0,35 | 7,89 | |
| Rengo | | | | | 2,89 | 19,48 | |
| San Fernando | | | | | | 11,44 | |

Fuente: Elaboración Propia.

La Tabla 4 presenta las reducciones de concentración que se generarían en la métrica de "temporada alta" –denominadas como reducciones generadas–. Esto implica que el cumplimiento de la norma vigente tendría como efecto asociado una disminución en las concentraciones de temporada alta en las magnitudes indicadas.

Dado que solo se registran superaciones del límite en la métrica de temporada alta en tres estaciones, el análisis se centrará en ellas, con el objetivo de determinar si las reducciones proyectadas serían suficientes para cumplir con la nueva métrica propuesta.

Mediante la aplicación de la Ecuación N°3, se realiza una comparación entre los valores de la Tabla 4 y la Tabla 3. Si las reducciones generadas son mayores o iguales a las requeridas, se podrá concluir que la estación cumpliría con el nuevo límite. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de este análisis.

Tabla 5: Cumplimiento de los escenarios sobrepasados.

| Estación | Año | Reducción necesaria | Reducción generada | Cumplimiento |
|-------------------|------------|----------------------------|---------------------------|---------------------|
| Los Andes | 2019 | 7,33 | 15,52 | Cumple |
| Los Andes | 2020 | 8,5 | 16,52 | Cumple |
| Los Andes | 2021 | 4,37 | 8,83 | Cumple |
| Las Condes | 2019 | 1,05 | 10,28 | Cumple |
| Las Condes | 2020 | 0,1 | 6,11 | Cumple |
| Las Condes | 2022 | 0,25 | 3,26 | Cumple |
| Las Condes | 2023 | 5,26 | 19,47 | Cumple |
| Las Condes | 2024 | 1,4 | 3,38 | Cumple |
| Rengo | 2023 | 2,4 | 19,48 | Cumple |

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados de la Tabla 5 establecen que las reducciones atribuibles a la normativa vigente generarán una disminución mayor que la necesaria para dar cumplimiento al nuevo límite establecido para la concentración en temporada alta. En consecuencia, el análisis del presente AGIES debe considerar que el cumplimiento de las superaciones de los datos de temporada alta debiese lograrse mediante la implementación de reducciones en la métrica de 8 horas anual, considerando que ambas reducciones forman parte de la política vigente. Bajo este supuesto, se concluye que la nueva métrica incorporada en la revisión cumple su objetivo, en la medida que las reducciones en las concentraciones de la métrica de 8 horas se materialicen según lo estimado.

Por lo tanto, el AGIES de la revisión de la Norma Primaria de Calidad del Aire para Ozono (O₃) establece que, al mantenerse sin modificaciones los límites para la métrica de 8 horas, no se generarán costos ni beneficios adicionales atribuibles a la revisión. Asimismo, la incorporación del nuevo límite de temporada alta no implicaría costos ni beneficios adicionales, ya que se estima que las reducciones derivadas del cumplimiento de la normativa vigente serían suficientes para alcanzar este nuevo umbral.

4. Bibliografía

Arrow, K; M. Cooper, et al. (1996). "Is There a Role for Benefit-Cost Analysis in Environmental, Health, and Safety Regulation?".

Boardman. A. E.. D. H. Greenberg. et al. (2018). Cost-benefit analysis: concepts and practice. NJ: Prentice Hall.

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

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

Hanley. N. D. and C. L. Spash (1996). Cost-Benefit Analysis and the Environment. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Ltd.

Layard. R. and S. Glaister (1994). Cost-Benefit Analysis. Cambridge University Press. London.

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

5. Anexo A

Tabla 6: concentraciones de Ozono en ppb, para el percentil 99 anual de 8 horas, para los últimos 7 años

| Estación | EMRP | Propietario | P99 anual 8 horas | | | | | | |
|-------------------|------|-------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Estacion Centro | No | Publica | 53 | 52 | 49 | 32 | 45 | 67 | 53 |
| Super Site | No | Privada | | | | 44 | 63 | | 39 |
| EME F | No | Privada | | 35 | 26 | 38 | 55 | | 27 |
| Concon | No | Privada | 33 | 42 | 49 | 47 | 48 | 33 | 29 |
| Colmo | No | Privada | | 44 | 41 | 33 | 32 | 31 | 25 |
| Los Andes | No | Publica | 87 | 87 | 89 | 76 | 57 | 64 | 55 |
| Puchuncaví | No | Privada | 33 | 35 | 27 | 23 | 22 | 31 | 54 |
| La Greda | No | Privada | 28 | 29 | 28 | 36 | 34 | 38 | 50 |
| Los Maitenes | No | Privada | 32 | 31 | 28 | 28 | 29 | 32 | 38 |
| Ventanas | No | Privada | 32 | 31 | 27 | 24 | 24 | 31 | 37 |
| Cuerpo Bomberos | No | Privada | 41 | 38 | 34 | 34 | 44 | 43 | 42 |
| La Palma | No | Privada | 36 | 47 | 42 | 45 | 53 | 46 | 42 |
| San Pedro | No | Privada | 40 | 33 | 38 | 40 | 38 | 43 | 55 |
| Centro Quintero | No | Privada | 33 | 31 | 28 | 27 | 32 | 34 | 36 |
| Loncura | No | Privada | 61 | 36 | 29 | 41 | 31 | 28 | 23 |
| Quintero | No | Privada | 36 | 34 | 32 | 34 | 35 | 36 | 37 |
| Sur | No | Privada | 33 | 34 | 30 | 35 | 29 | 35 | 30 |
| Valle Alegre | No | Privada | 37 | 35 | 32 | 32 | 28 | 34 | 29 |
| Cerro Navia | No | Publica | 54 | 59 | | 55 | 55 | | 62 |
| El Bosque | Si | Publica | 49 | 55 | 55 | 58 | 56 | 74 | 56 |
| La Florida | Si | Publica | 55 | 64 | | 70 | 68 | 87 | 67 |
| Las Condes | Si | Publica | 69 | 78 | 71 | 72 | 67 | 94 | 78 |
| Pudahuel | Si | Publica | 46 | 55 | 57 | 55 | 55 | 73 | 58 |
| Puente Alto | No | Publica | 57 | 66 | | 63 | 62 | 83 | 67 |
| Parque O'Higgins | Si | Publica | 58 | 60 | 62 | 64 | 62 | 74 | 61 |
| Rengo | No | Publica | | | | 55 | 66 | 94 | 46 |
| San Fernando | No | Publica | 46 | 51 | 49 | 45 | 54 | 80 | 45 |
| La Florida | No | Publica | 37 | 37 | 34 | 43 | 33 | 50 | 34 |
| Kingston College | No | Privada | 28 | 30 | 30 | 24 | 27 | 26 | 35 |
| Coronel Norte | No | Privada | | | 33 | 31 | 29 | 28 | 32 |
| Coronel Sur | No | Privada | 35 | | 31 | 27 | 27 | 26 | 31 |
| Escuadron, ENEL | No | Privada | | | | | 15 | 18 | |
| Lagunilla, ENEL | No | Privada | | | | 50 | 27 | 32 | |
| Lota rural | No | Privada | | | | | 31 | 58 | |
| Lota urbana | No | Privada | | | | 48 | 39 | | |
| ENAP Price | No | Privada | 25 | 24 | 33 | 30 | 28 | 24 | 27 |
| JUNJI | No | Privada | 22 | 21 | 31 | 29 | 26 | 25 | 27 |
| Hualqui | No | Publica | 32 | 24 | 27 | 27 | 28 | 32 | 33 |
| Laja | No | Privada | | | 48 | 57 | 43 | 39 | 50 |
| Club de Empleados | No | Privada | | | 48 | 51 | 45 | 46 | 52 |
| Lautaro | No | Privada | | | 50 | 46 | 38 | 38 | 47 |
| Indura | No | Privada | 20 | | 28 | 25 | 24 | 23 | 28 |
| Liceo Polivalente | No | Publica | 32 | 26 | 31 | 29 | 30 | 38 | 32 |
| Coyhaique II | No | Publica | | 22 | 53 | 27 | 28 | 29 | 29 |

Fuente: Elaboración propia en Base a datos SINCA

Tabla 7: Concentraciones de Ozono en ppb para temporada alta últimos 7 años

| Estación | EMRP | Propietario | Temporada Alta | | | | | | |
|-------------------|------|-------------|----------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Estacion Centro | No | Publica | 39 | 38 | 37 | 32 | 30 | 46 | 43 |
| Super Site | No | Privada | | | | 24 | 24 | | 25 |
| EME F | No | Privada | | 21 | 18 | 19 | 25 | | 19 |
| Concon | No | Privada | 22 | 28 | 38 | 35 | 32 | 23 | 25 |
| Colmo | No | Privada | 21 | | 33 | 25 | 22 | 23 | 20 |
| Los Andes | No | Publica | 47 | 58 | 59 | 55 | 46 | 43 | 41 |
| Puchuncaví | No | Privada | 21 | 23 | 22 | 15 | 15 | 20 | 45 |
| La Greda | No | Privada | 18 | 18 | 19 | 21 | 24 | 24 | 38 |
| Los Maitenes | No | Privada | 21 | 22 | 22 | 20 | 20 | 22 | 30 |
| Ventanas | No | Privada | 22 | 21 | 19 | 15 | 15 | 19 | 26 |
| Cuerpo Bomberos | No | Privada | 24 | 27 | 20 | 20 | 21 | 27 | 25 |
| La Palma | No | Privada | 23 | 26 | 29 | 29 | 35 | 37 | 31 |
| San Pedro | No | Privada | 25 | 28 | 24 | 25 | 26 | 25 | 31 |
| Centro Quintero | No | Privada | 24 | 24 | 20 | 17 | 24 | 23 | 28 |
| Loncura | No | Privada | 24 | 24 | 21 | 26 | 25 | 21 | 18 |
| Quintero | No | Privada | 28 | 26 | 26 | 25 | 28 | 27 | 30 |
| Sur | No | Privada | 25 | 25 | 22 | 22 | 21 | 22 | 21 |
| Valle Alegre | No | Privada | 27 | 27 | 26 | 23 | 23 | 21 | 21 |
| Cerro Navia | No | Publica | 30 | 40 | | 38 | 41 | | 41 |
| El Bosque | Si | Publica | 28 | 36 | 37 | 37 | 40 | 44 | 38 |
| La Florida | Si | Publica | 28 | 41 | 48 | 45 | 49 | 51 | 46 |
| Las Condes | Si | Publica | 36 | 52 | 51 | 49 | 51 | 56 | 52 |
| Pudahuel | Si | Publica | 26 | 31 | 40 | 38 | 38 | 43 | 37 |
| Puente Alto | No | Publica | 32 | 45 | 0 | 42 | 45 | 49 | 45 |
| Parque O'Higgins | Si | Publica | 32 | 42 | 43 | 46 | 44 | 47 | 35 |
| Rengo | No | Publica | | | | 28 | 37 | 53 | 30 |
| San Fernando | No | Publica | 25 | 34 | 35 | 29 | 32 | 44 | 31 |
| La Florida | No | Publica | 21 | 24 | 21 | 21 | 24 | 25 | 24 |
| Kingston College | No | Privada | 14 | 19 | 21 | 14 | 18 | 19 | 24 |
| Coronel Norte | No | Privada | | | 20 | 20 | 19 | 21 | 21 |
| Coronel Sur | No | Privada | 19 | 0 | 20 | 17 | 17 | 18 | 20 |
| Escuadron, ENEL | No | Privada | | | | | 8 | 6 | 16 |
| Lagunilla, ENEL | No | Privada | | | | 23 | 18 | 23 | 34 |
| Lota rural | No | Privada | | | | | 22 | 44 | 20 |
| Lota urbana | No | Privada | | | | 28 | 32 | 31 | 21 |
| ENAP Price | No | Privada | 18 | 17 | 24 | 23 | 21 | 18 | 18 |
| JUNJI | No | Privada | 15 | 14 | 23 | 22 | 18 | 18 | 20 |
| Hualqui | No | Publica | 19 | 18 | 17 | 17 | 16 | 17 | 21 |
| Laja | No | Privada | | | 32 | 32 | 28 | 25 | 35 |
| Club de Empleados | No | Privada | | | 30 | 28 | 29 | 28 | 33 |
| Lautaro | No | Privada | | | 22 | 23 | 23 | 20 | 23 |
| Indura | No | Privada | 13 | | 20 | 18 | 15 | 15 | 19 |
| Liceo Polivalente | No | Publica | 22 | 17 | 21 | 21 | 21 | 25 | 24 |
| Coyhaique II | No | Publica | | 18 | 20 | 17 | 15 | 19 | 20 |

Fuente: Elaboración propia en Base a datos SINCA

6. Anexo B

| ÍTEM | GLOSA | DESCRIPCIÓN |
|-------------|---|--|
| Identificac | Nombre AGIES | Análisis General del Impacto Económico y Social del Anteproyecto de la Norma Primaria de Calidad del Aire para Ozono (O ₃), elaborado a partir de la Revisión del Decreto Supremo N°4112 de 2003, del Ministerio Secretaría General de la República. |
| | Versión de AGIES | Versión 1 (Anteproyecto) |
| | Tipo de regulación | Norma Primaria de Calidad Ambiental |
| | Alcance geográfico | Nacional |
| | Instrumento nuevo o revisión | Revisión |
| | Área de aplicación | Asuntos Atmosféricos |
| Metodología | Metodología | Análisis de cumplimiento normativo más análisis de Costo-Beneficio en base a (<u>MMA 2013</u>) |
| | Normativas consideradas de línea base | Decreto Supremo N°112 de 2003 |
| | Nivel de evaluación de beneficios | No se consideran beneficios |
| | Tasa de descuento | 5,5% |
| | Reducción de concentraciones por parámetro | 0 µg/m ³ N |
| | Reducción de emisiones | 0 ton/año |
| | Año de evaluación | 2025 |
| Resultados | Costos estimados en MM USD valor presente | 0 |
| | Beneficios estimados en MM USD (valor presente) | 0 |

Fuente: Elaboración propia