

Norma primaria de calidad del aire para arsénico

Presentación Comité Operativo Ampliado | SESIÓN N°3/2022
Jueves 29 de diciembre, 2022

Emmanuel Mesías Rojas
División de Calidad del Aire
Ministerio del Medio Ambiente



Tabla sesión

- **Primera presentación:** Presentación borrador Anteproyecto Norma Primaria de Calidad del Aire para Arsénico.

Expositor: Emmanuel Mesías Rojas, profesional Departamento de Planes y Normas, Ministerio del Medio Ambiente

- **Segunda presentación:** Resultados preliminares AGIES

Expositor: Nicolás Trivelli Sporke, profesional Departamento de Economía Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente



Próximas Reuniones

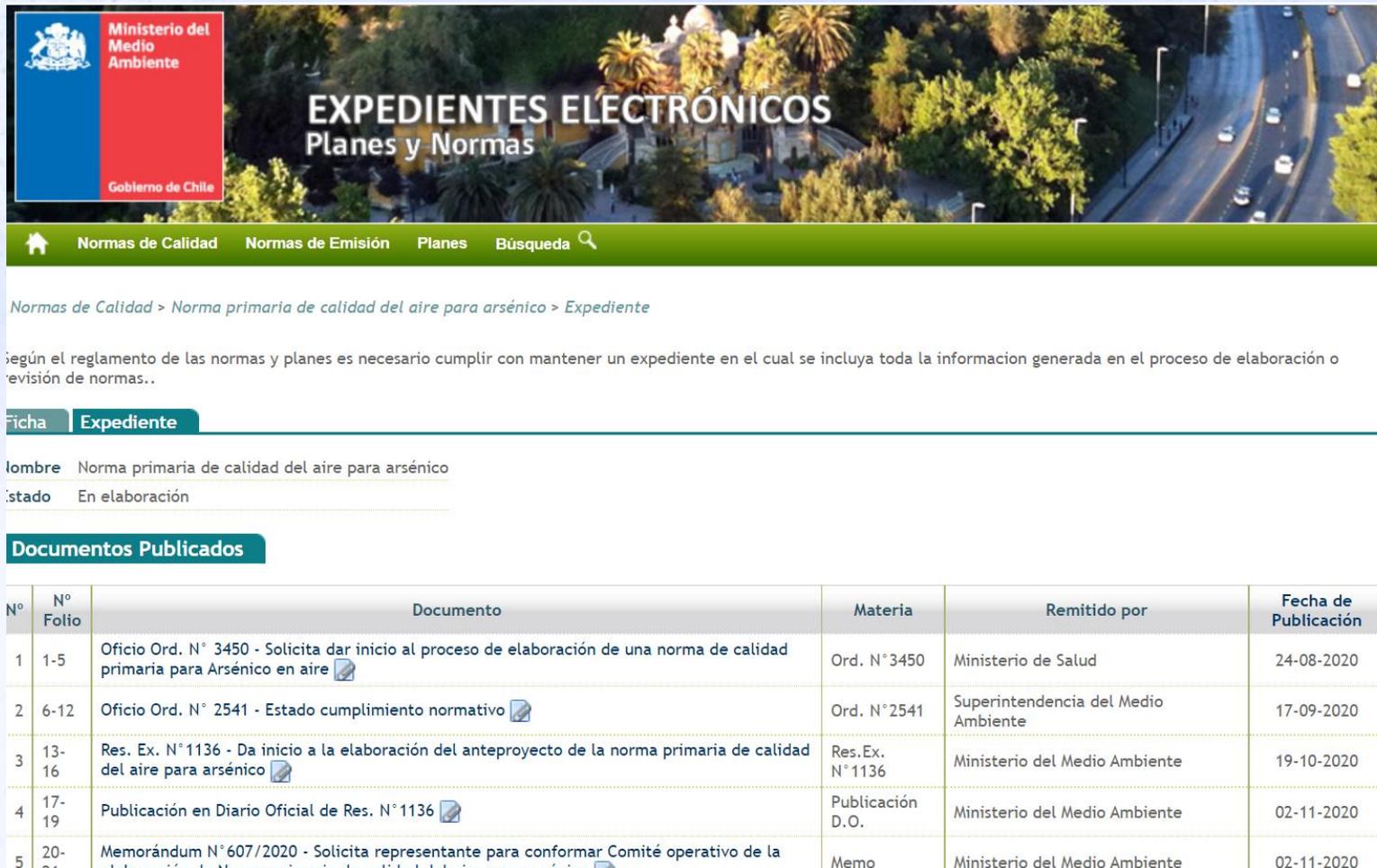
Actividad	Objetivos	Fecha tentativa
4 reunión C.O.A.	(1) Presentación Anteproyecto de Norma definitivo Expositor: Emmanuel Mesías - MMA	16 de marzo
	(1) Presentación Resultados AGIES definitivo Expositor: Nicolás Trivelli o Jessica Casanova - MMA	
5 reunión C.O.A.	(1) Plan de participación Consulta pública	Finales de marzo



Expediente electrónico

889

https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=937833



Ministerio del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

EXPEDIENTES ELECTRÓNICOS

Planes y Normas

Normas de Calidad Normas de Emisión Planes Búsqueda

Normas de Calidad > Norma primaria de calidad del aire para arsénico > Expediente

Según el reglamento de las normas y planes es necesario cumplir con mantener un expediente en el cual se incluya toda la información generada en el proceso de elaboración o revisión de normas..

Ficha **Expediente**

Nombre Norma primaria de calidad del aire para arsénico
Estado En elaboración

Documentos Publicados

N°	N° Folio	Documento	Materia	Remitido por	Fecha de Publicación
1	1-5	Oficio Ord. N° 3450 - Solicita dar inicio al proceso de elaboración de una norma de calidad primaria para Arsénico en aire	Ord. N° 3450	Ministerio de Salud	24-08-2020
2	6-12	Oficio Ord. N° 2541 - Estado cumplimiento normativo	Ord. N° 2541	Superintendencia del Medio Ambiente	17-09-2020
3	13-16	Res. Ex. N° 1136 - Da inicio a la elaboración del anteproyecto de la norma primaria de calidad del aire para arsénico	Res.Ex. N° 1136	Ministerio del Medio Ambiente	19-10-2020
4	17-19	Publicación en Diario Oficial de Res. N° 1136	Publicación D.O.	Ministerio del Medio Ambiente	02-11-2020
5	20-24	Memorándum N° 607/2020 - Solicita representante para conformar Comité operativo de la elaboración de Norma primaria de calidad del aire para arsénico	Memo	Ministerio del Medio Ambiente	02-11-2020



Antecedentes considerados para la elaboración de la normativa



Antecedentes generales

Origen

- Elemento natural
- Distribuido ampliamente en la corteza terrestre de nuestro país



Clasificación química

- Metaloide

En el medio ambiente

- Forma inorgánica → O₂, Cl o S
- Forma orgánica → C e H → arsenobetaína
- **Formas químicas inorgánicas son más tóxicas que la org**



Emisiones atmosféricas:

- Naturales → resuspensión de polvo y erupciones volcánicas
- Antropogénicas → Procesos de extracción y fundición de minerales, funcionamiento de plantas de energía a carbón.
- Inventario de emisiones Nacional actualizado al 2020, estima 473 t/a, donde el **99% provienen de las fundiciones de cobre.**



El estudio de Antecedentes para la elaboración de la Norma, realizó un diagnóstico del estado del arte de monitoreo de arsénico en el aire, tanto a nivel nacional como internacional, concluyendo que:

A nivel nacional

- El arsénico es medido a partir de muestras de material particulado, en estaciones de monitoreo discreto,
- El muestreo en filtros se efectúa a lo menos **1 vez cada 3 días**. Luego, esta muestra es analizada químicamente para saber el contenido del arsénico en el material particulado.
- Se recopiló información respecto a niveles de arsénico atmosférico para 46 estaciones. → 32 estaciones en zonas impactadas por fundiciones (17 tiene EMRP-MP10).

A nivel internacional

- Los métodos de referencia que proporcionan metodologías documentadas y revisadas técnicamente para determinar las concentraciones de arsénico, recomendados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (“US EPA” en sus siglas en inglés), 1999a), el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (“NIOSH” en sus siglas en inglés) y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (“OSHA” en sus siglas en inglés), incluyen muestreadores de:

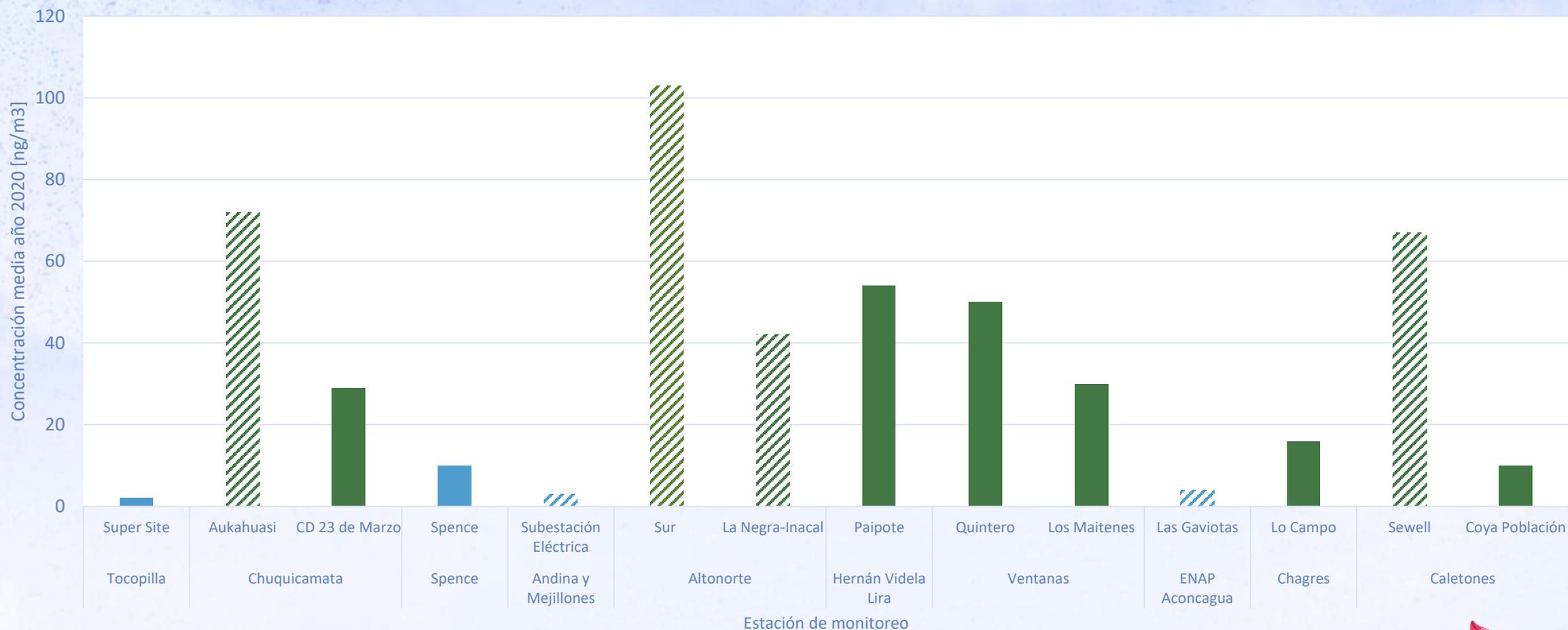
Alto volumen, bajo volumen, dicotómicos y Partisol.



Diagnóstico Calidad del aire:

Estaciones con mayores concentraciones de As [ng/m³N]

Concentración Promedio Anual de As [contenido en MP10] Año 2020



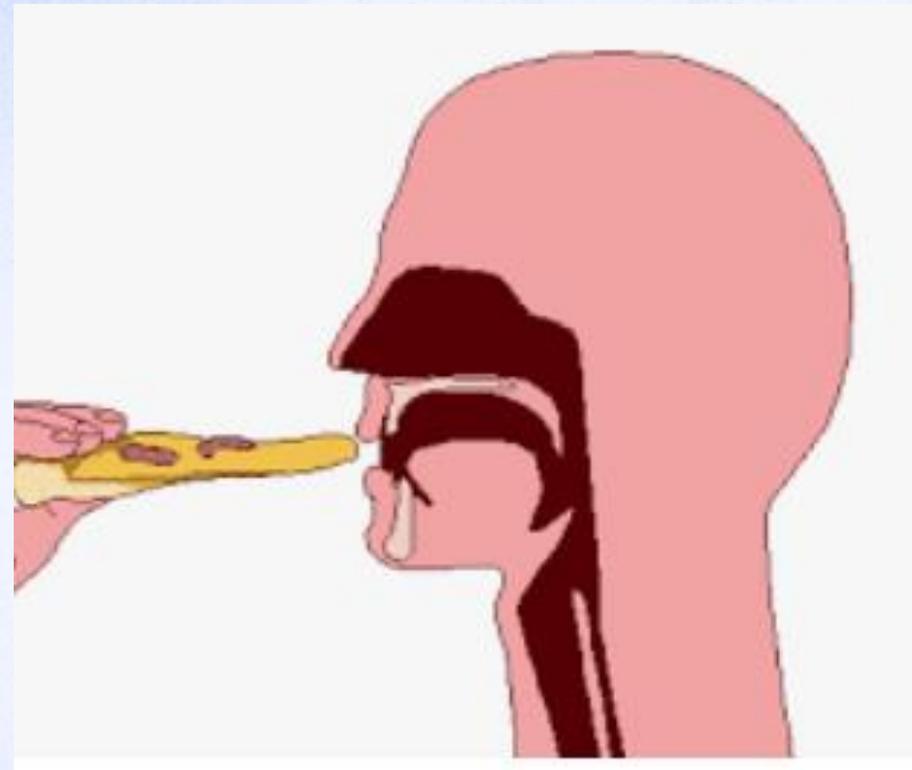
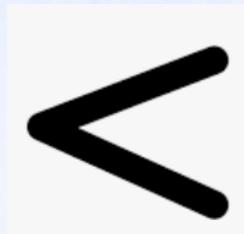
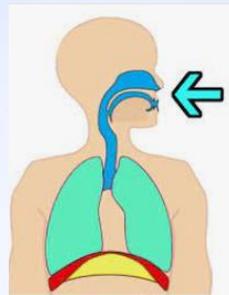
- Estación cercana a fundición, representativa para MP10
- ▨ Estación cercana a fundición, no representativa para MP10
- Estación cercana a otro tipo de fuente emisora de As, representativa para MP10
- ▨ Estación cercana a otro tipo de fuente emisora de As, no representativa para MP10

*Se excluye la estación Doña Inés (fundición Potrerillos), ya que se escapa del orden de magnitud (promedio anual = 1.056 ng/m³)



Rutas de exposición

La inhalación normalmente aporta menos del 1% de la dosis total absorbida de arsénico en el ser humano, **siendo la ingesta la principal vía de exposición** (European Commission. (2000). Ambient Air Pollution by AS, CD and NI compounds).



Efectos sobre la salud

Dependiendo del tiempo de exposición al arsénico en el aire, es decir, de corto plazo (exposición aguda) o largo plazo (exposición crónica), el desarrollo de síntomas clínicos varía.

- **Corto plazo:** Debe existir exposición a dosis particularmente altas, tanto que éstas no se ven en ambientes comunitarios, sino solamente en exposiciones ocupacionales y que pueden producir daños en los órganos que pueden provocar la muerte.

El nivel de exposición que produce estos efectos no se conoce con certeza, sin embargo, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional ("NIOSH" en sus siglas en inglés), ha establecido una concentración Inmediatamente Peligrosa para la Vida o Salud ("IDLH" en sus siglas en inglés) de **5 miligramos de arsénico por metro cúbico de aire (mg/m³)** durante una exposición breve (equivalente a 5.000.000 ng/m³). (Fuente: <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/7440382.html>)

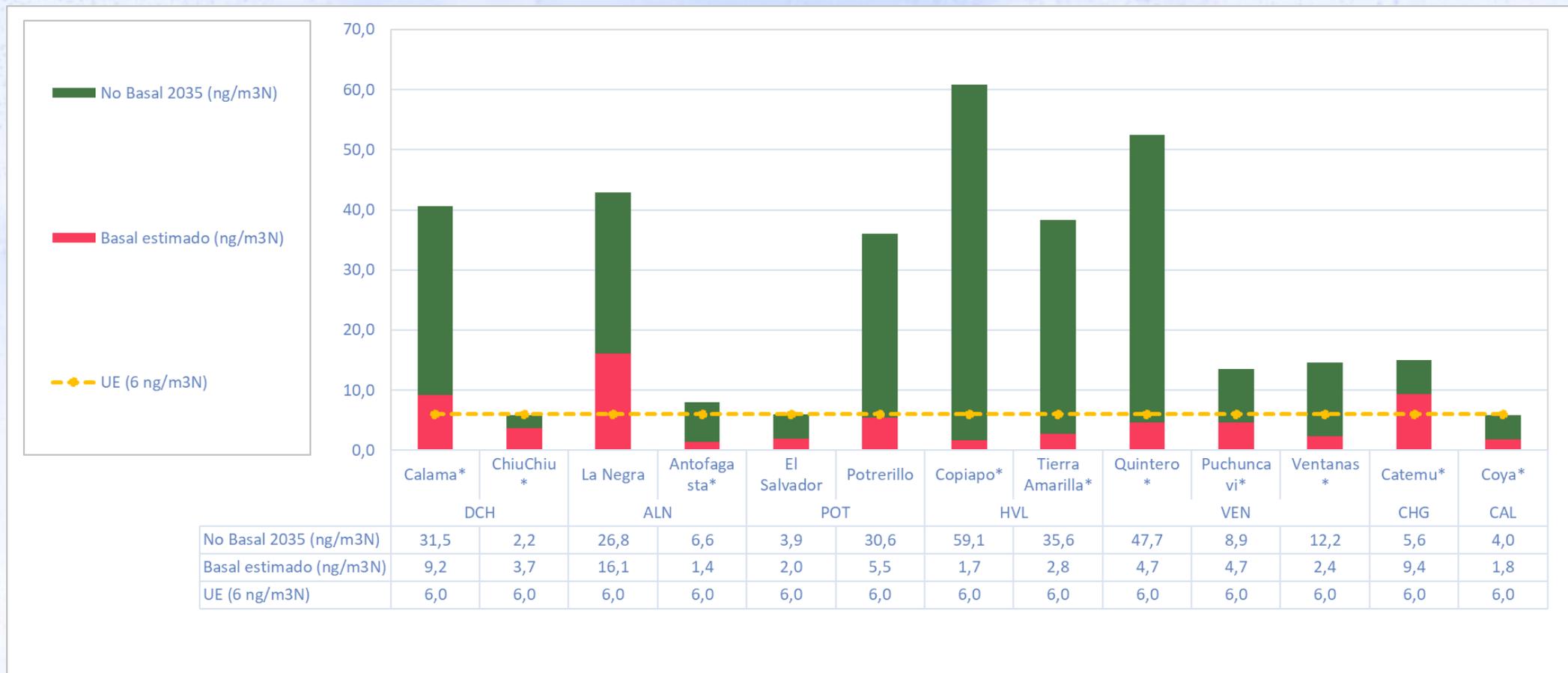
- **Largo plazo:** Estudios de exposición ocupacional han mostrado una clara correlación entre la exposición al arsénico inorgánico y la mortalidad por cáncer de pulmón (efecto crítico), motivo por el cual múltiples organizaciones los han clasificado como **carcinógeno en humanos**.



Escenario regulatorio internacional

- La mayoría de los países analizados establecen los valores cercanos a 6 ng/Nm^3 (como “valor objetivo”), que corresponde al contenido promedio de As como fracción de MP_{10} durante un año (Directiva 2004/107/EC de la UE).

Proyección base 2035: Concentración As [ng/m³N] medido en MP_{10}



* Localidad cuenta con estación con representatividad de MP_{10}

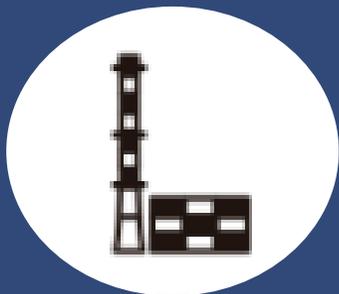


Escenario regulatorio internacional

- La estimación del riesgo de cáncer de por vida para las sustancias cancerígenas por la vía de inhalación, se lleva a cabo usando las concentraciones en el aire de la sustancia cancerígena y el criterio de toxicidad que en este caso corresponde el Riesgo Unitario Inhalatorio (IUR en sus siglas en inglés).

Criterio de toxicidad Inhalation Unit Risk (IUR) x E-06 (ng/m ³)	Concentración asociada con riesgo de 1 en 1.000.000 (ng/m ³)	Concentración asociada con riesgo de 1 en 100.000 (ng/m ³)	Concentración asociada con riesgo de 1 en 10.000 (ng/m ³)	Efecto crítico	Fuente
4,3	0,2	2,3	23,3	Cáncer pulmonar	(USEPA, 2011)
3,3	0,3	3,0	30,3	Cáncer pulmonar	(CARB, 1990)
1,5	0,7	6,7	66,7	Cáncer pulmonar	WHO Air Quality Guidelines for Europe. (OMS)
0,7	1,4	14,3	142,9	Cáncer pulmonar	Netherlands (Dutch Expert Committee on Occupational Safety, DECOS) (Lewis et al., 2015)
0,2	6,7	66,7	666,7	Cáncer pulmonar	TCEQ (Erraguntla et al., 2012)





DIAGNÓSTICO FUENTES EMISORAS

- Inventario de emisiones Nacional actualizado al 2020, estima 473 t/a, donde el 99% provienen de las fundiciones de cobre.

- En estaciones con EMRP-MP₁₀, las mayores concentraciones de As (como promedio anual), se observan entorno a las fundiciones con niveles entre 6 - 57 ng/m³. En zonas no impactadas por fundiciones, las concentraciones varían entre 0 - 10 ng/m³, donde el valor más alto es registrado entorno a minera Spence.

- A nivel nacional, el arsénico es medido a partir de muestras de material particulado, en estaciones de monitoreo discreto, cuyo muestreo en filtros se efectúa a lo menos 1 vez cada 3 días. Luego, esta muestra es analizada químicamente para saber el contenido del arsénico.



EFFECTOS EN SALUD

- La inhalación normalmente aporta menos del 1% de la dosis total absorbida de arsénico en el ser humano, siendo la ingesta la principal vía de exposición.

- El As afecta la mayoría de los procesos celulares y funciones de los órganos humanos.

- Exposición en corto plazo no se ven en ambientes comunitarios, sino solamente en exposiciones ocupacionales. El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), ha establecido una concentración Inmediatamente Peligrosa para la Vida o Salud (IDLH) de 5 mg/m³ durante una exposición breve (equivalente a 5.000.000 ng/m³).

- La exposición a largo plazo puede provocar **CÁNCER PULMÓN**



ESCENARIO REGULACIÓN INTERNACIONAL

- La mayoría de los países analizados tiene como valor objetivo EU (~6ng/m³ anual).

- Existe una gran variabilidad en las normas de arsénico a nivel mundial, lo que demuestra que no existe un consenso respecto a los riesgos por inhalación de este contaminante.

- Coeficientes de riesgo unitario por inhalación (IUR) y Criterios de toxicidad.

- Las metodologías de referencia para medir arsénico a nivel internacional, recomendadas por la EPA, NIOSH y OSHA, son los equipos de muestreo de **Alto volumen, bajo volumen, dicotómicos y Partisol**

CONSIDERACIONES PARA ELABORAR EL BORRADOR ANTEPROYECTO

- Conforme a la información que se dispuso en el proceso de elaboración de la norma, se destaca que el arsénico es una sustancia la cual, en el orden de magnitud que se encuentra normalmente en Chile, tiene efectos crónicos sin observarse episodios agudos.

- El arsénico se determina a través del análisis de laboratorio del muestreo de material particulado en los filtros en un tiempo determinado, lo que significa que se obtienen valores promedios de 24 horas y no promedios móviles ni valores horarios, y por otro lado los resultados se conocen con varios días de desfase, por lo cual técnicamente resultaría inviable establecer de manera oportuna acciones para enfrentar eventuales situaciones de emergencia ambiental

Propuesta regulatoria



Límite de concentraciones para As y condiciones de superación

Artículo 3. Límite de concentraciones:

La norma primaria de calidad del aire para arsénico es de **23 ng/m³** como concentración anual.

Artículo 4. Condiciones de superación:

Se considerará sobrepasada la norma cuando el promedio aritmético de los valores de **concentración anual de tres años sucesivos** sea superior o igual al nivel de la norma en **cualquier estación de monitoreo discreta calificada como EMRP-MP10**, identificadas en el programa de monitoreo contenido en el artículo 11.

Valores Críticos que determinan las situaciones de emergencia ambiental

La presente norma no contiene los valores críticos que determinan las situaciones de emergencia ambiental mencionados en el artículo 28 del D.S. N° 38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y por el artículo 32 de la Ley N° 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente. Lo anterior, se justifica en las dos razones anteriormente expuestas:

- (i) el arsénico presente en el aire no es capaz, en términos generales, de provocar efectos agudos en la salud de las personas; y,
- (ii) el arsénico se determina mediante el análisis químico de laboratorio a partir de filtros de material particulado expuestos por 24 horas y cuya masa se ha determinado gravimétricamente. El proceso de muestreos y análisis del material particulado en los filtros demora aproximadamente 1 mes, lo que no permite obtener valores de promedios móviles ni horarios, imposibilitando técnicamente el establecimiento de manera oportuna de las acciones para enfrentar eventuales situaciones de emergencia ambiental debido a episodios críticos de contaminación.



Estaciones de Monitoreo y Metodología de Medición

Artículo 7. El muestreo discreto de material particulado, para efectos de la presente norma, se deberá efectuar a lo menos una vez cada 2 días.

Artículo 8. Las metodologías de medición para el monitoreo y la vigilancia de la presente norma se establecerán por la Superintendencia del Medio Ambiente, mediante una Resolución dictada en el plazo de 12 meses contado desde la entrada en vigencia de este decreto, la que se publicará en el Diario Oficial.

Artículo 9. Para efectos de las declaraciones de zona, se podrán utilizar los datos obtenidos con anterioridad a la entrada en vigencia de la presente norma, siempre y cuando cumplan con la metodología indicada en los artículos transitorios y las estaciones estén contenidas en el programa de monitoreo señalado en el artículo 11.

Fiscalización de la Norma

Artículo 10. Corresponderá a la **Superintendencia del Medio Ambiente** fiscalizar el cumplimiento de la presente norma primaria de calidad ambiental.

Artículo 11. Para el seguimiento de la presente norma primaria, corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente definir un **Programa de monitoreo de arsénico** en las estaciones de calidad del aire que sean parte de las redes de monitoreo **públicas y/o privadas**. Dicho programa deberá ser aprobado mediante resolución en el plazo de 6 meses contados desde la publicación del presente decreto, previo informe de la Superintendencia del Medio Ambiente. El plazo de implementación de dicho programa se indicará en la resolución, sin embargo, no podrá exceder de 12 meses desde emitida la resolución respectiva.



Fiscalización de la Norma

Artículo 12. El Ministerio del Medio Ambiente, en conjunto con la Superintendencia del Medio Ambiente, deberán considerar a lo menos los siguientes antecedentes para efectos de determinar los lugares prioritarios, dentro del país, en que se deberán instalar (o ser consideradas, en el caso de las existentes) estaciones de monitoreo discreto con representatividad poblacional por MP_{10} , con la finalidad de evaluar el cumplimiento de la norma de arsénico:

- a) Población expuesta;
- b) Presencia de desarrollos de procesos de extracción y fundición de minerales, funcionamiento de plantas de energía u otros procesos de combustión de carbón;
- c) Valores de concentraciones de arsénico en aire medido, y tendencias históricas.



Fiscalización de la Norma

Artículo 13. Las estaciones de monitoreo con EMRP-MP₁₀, cercanas a fuentes de emisión afectas por el decreto supremo N° 28, de 2013, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Norma de Emisión para Fundiciones de cobre y Fuentes emisoras de arsénico, o el que lo reemplace, deberán ser evaluadas para su incorporación en el programa de monitoreo contenido en el artículo 11.

Artículo 14. Los propietarios de una o más estaciones calificadas como EMRP-MP₁₀, contenidas en el programa de monitoreo del artículo 11, deberán reportar los resultados a la Superintendencia del Medio Ambiente, de acuerdo con las directrices y protocolos que para tales efectos establezca dicha entidad.



Fiscalización de la Norma

Artículo 15. La Superintendencia del Medio Ambiente deberá informar dentro del primer semestre de cada año a las respectivas Secretarías Regionales Ministeriales del Medio Ambiente, y al Ministerio del Medio Ambiente, acerca de los resultados de las mediciones de las estaciones EMRP-MP₁₀ contenidas en el programa de monitoreo del artículo 11, con la finalidad de evaluar el cumplimiento de la presente norma primaria de calidad del aire.

Artículo 16. El Ministerio del Medio Ambiente con el fin de poner en conocimiento a la ciudadanía del estado de la calidad del aire, publicará el informe mencionado en el artículo 15, en un sistema de información público, de libre acceso y disponible en línea.



Vigencia y artículos transitorios

Artículo 17. El presente decreto entrará en vigencia el día de su publicación en el Diario Oficial.

Artículo 1° transitorio. Para efectos de evaluar el cumplimiento de la norma como concentración anual, si el periodo de medición en una estación monitora EMRP-MP10 no comenzase el 1º de enero, se considerarán los tres primeros periodos de 12 meses a partir del mes de inicio de las mediciones, hasta disponer de tres años calendario sucesivos de mediciones.



Vigencia y artículos transitorios

Artículo 2° transitorio. Mientras no se haya dictado la resolución a que se refiere el artículo 8, del presente decreto, la medición de la concentración de arsénico en aire comprenderá dos etapas: el muestreo de material particulado respirable MP₁₀ en filtro en un tiempo determinado, y el análisis de arsénico contenido en éste, que se describen a continuación:

a) Muestreo

Para efectos del monitoreo del Material Particulado Respirable MP₁₀, se deberán emplear instrumentos de medición de concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos incluidos en la lista de Métodos Denominados de Referencia y Equivalentes publicada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA), o que cuenten con certificación de alguna de las agencias de los países miembros de la Comunidad Europea, que implementan las directrices del Comité Europeo para Estandarizaciones.

El monitoreo deberá realizarse en concordancia con los requerimientos para instalación, calibración y operación de los equipos de muestreo y análisis, según lo dispuesto en el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, establecido por el D.S. N° 61, de 2008, del Ministerio de Salud o el que lo reemplace.

b) Análisis del arsénico en Material particulado

Los métodos analíticos para el análisis del arsénico en filtro, deberán ser aquellos reconocidos por organismos internacionales como NIOSH, EPA o ASTM.

Conclusiones

- Considerando que el arsénico presente en el aire no es capaz, en términos generales, de provocar efectos agudos (corto plazo) en la salud de las personas, pues debe existir una exposición a dosis particularmente altas, tanto que éstas no se ven en ambientes comunitarios, sino solamente en exposiciones ocupacionales (de acuerdo con El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), ha establecido una concentración Inmediatamente Peligrosa para la Vida o Salud (IDLH) de 5 mg/m³ durante una exposición breve (equivalente a 5.000.000 ng/m³); y,
- La medición de arsénico se determina mediante el análisis químico de laboratorio a partir de filtros de material particulado expuestos por 24 horas y cuya masa se ha determinado gravimétricamente. El proceso de muestreos y análisis del material particulado en los filtros demora aproximadamente 1 mes, lo que no permite obtener valores de promedios móviles ni horarios, imposibilitando técnicamente el establecimiento de manera oportuna de las acciones para enfrentar eventuales situaciones de emergencia ambiental debido a episodios críticos de contaminación.
- La presente norma **no contiene los valores críticos que determinan las situaciones de emergencia ambiental** mencionados en el artículo 28 del D.S. N° 38, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece Reglamento para la Dictación de Normas de Calidad Ambiental y de Emisión, y por el artículo 32 de la Ley N° 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente.



Análisis General de Impacto Económico y Social

ANTEPROYECTO DE LA NORMA PRIMARIA DE CALIDAD DEL
AIRE PARA ARSÉNICO

Departamento de Economía Ambiental



¿Qué es un AGIES y qué evalúa?

Análisis General de Impacto Económico y Social

Es una herramienta que permite entregar información técnico-económica para la toma de decisiones sobre medidas de descontaminación ambiental, enfocada en el Análisis Costo Beneficio (ACB), pero no limitado a él.

Carácter y alcance:

- **General:** Es un indicador y no debieras ser considerado como el único criterio de decisión de una política pública (Arrow et al., 1997).

Evalúa

- **Beneficios:** externalidades positivas que tiene una normativa.

Ej: Efectos en salud evitados, protección al medio ambiente (e.g. biodiversidad), etc.

- **Costos:** costos **adicionales** que la normativa introduce a los agentes de la sociedad.

Ej: inversión, operación y mantención para medidas de abatimiento, monitoreo, fiscalización, entre otros.

No evalúa

- No es un análisis macroeconómico

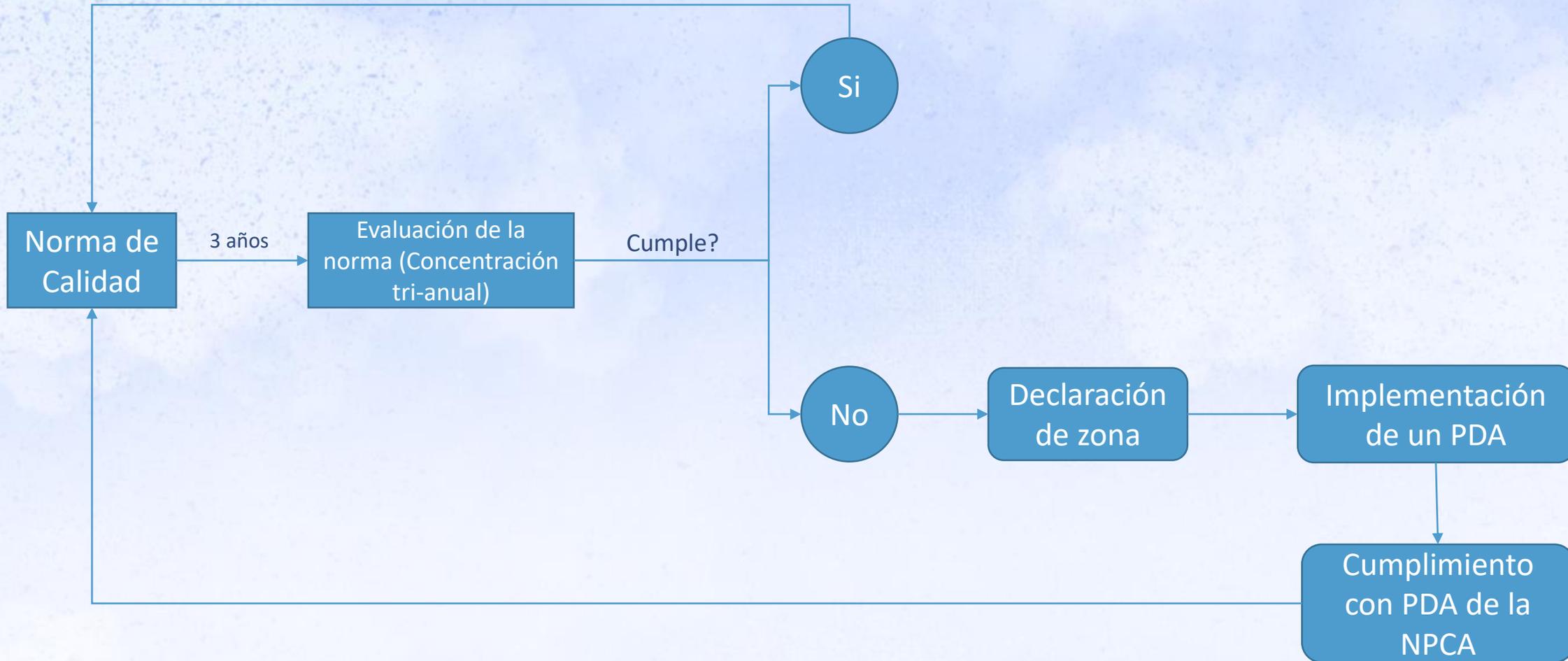
Ej: No evalúa ingeniería de proyectos, cambio de precios o tarifas, cambios en empleo, etc.



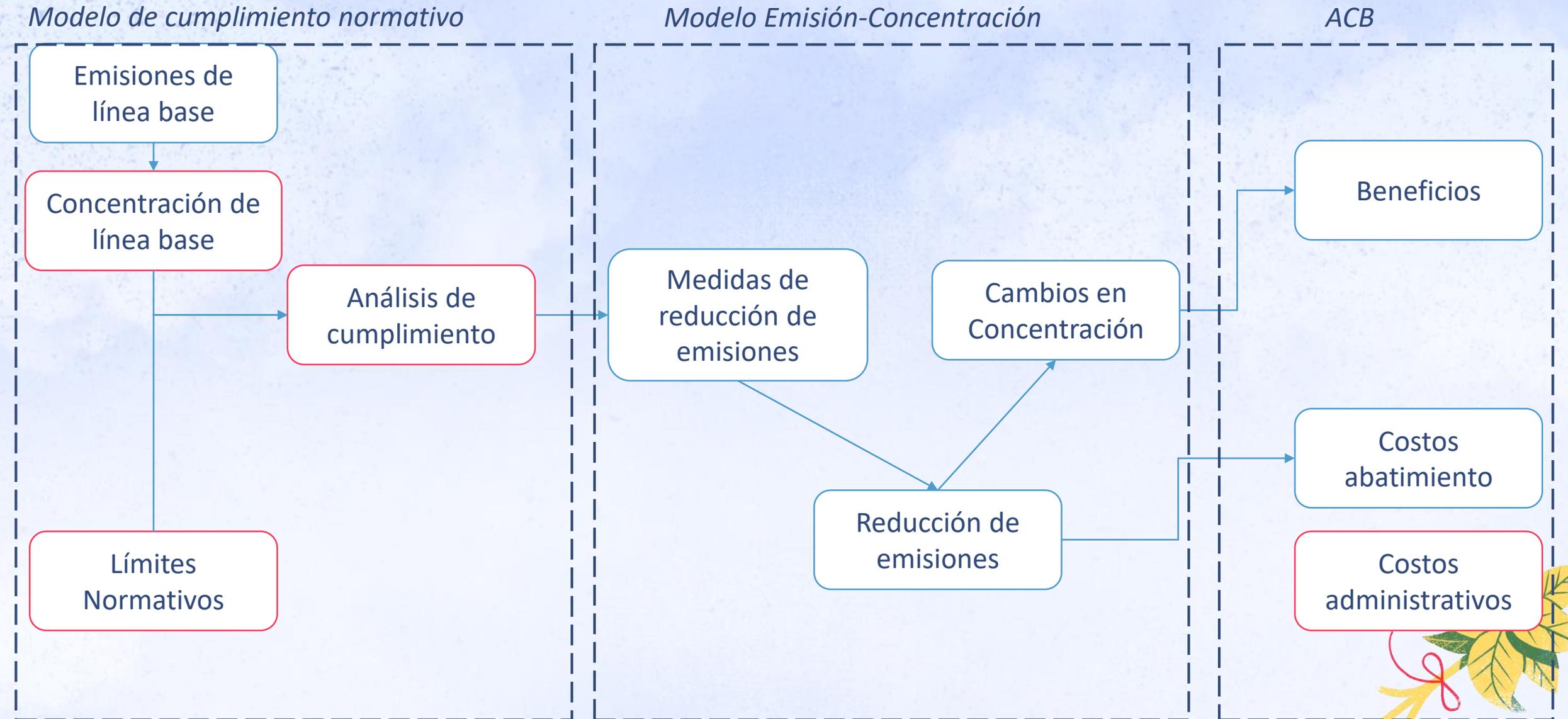
Norma Propuesta

- Norma Propuesta: 23 ng/m^3 ($0,023 \text{ } \mu\text{g/m}^3$)
- Criterio de superación:
 - Se considerará sobrepasada la norma cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años sucesivos sea superior o igual al nivel de la norma en cualquier estación de monitoreo discreta calificada como EMRP-MP₁₀, identificadas en la resolución dictada por el Ministerio del Medio Ambiente, conforme se establece en artículo 11

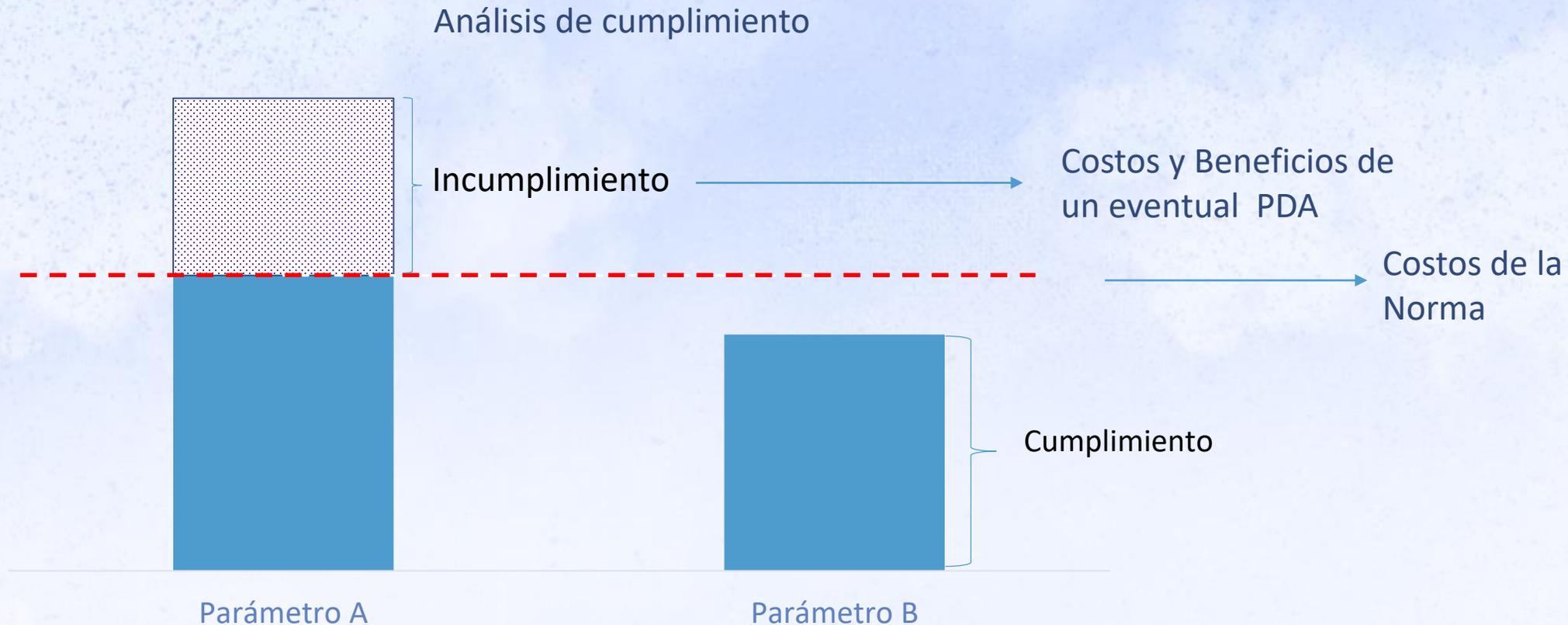




Metodología general del AGIES



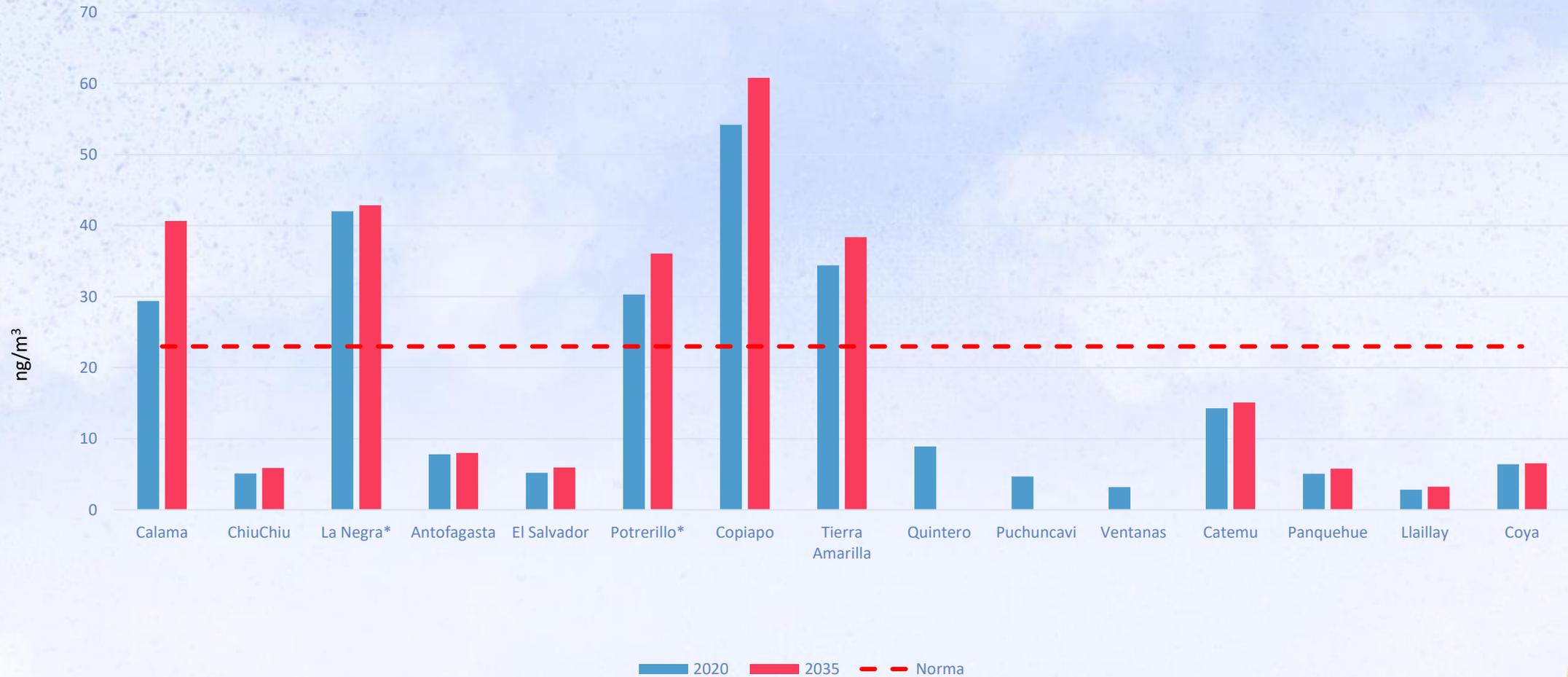
Metodología general del AGIES



Existirá una evaluación de costos y beneficios, cuando existan incumplimientos a los límites normativos propuestos. De lo contrario solo se evaluarán los costos de la norma.



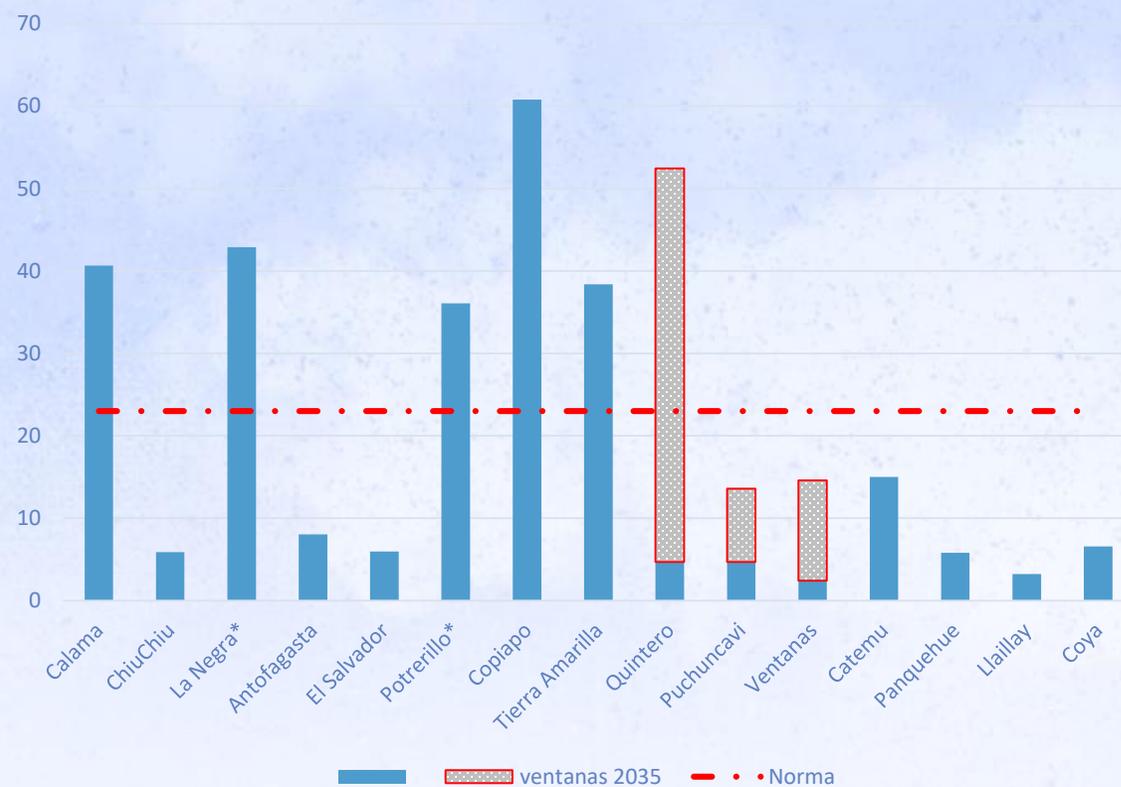
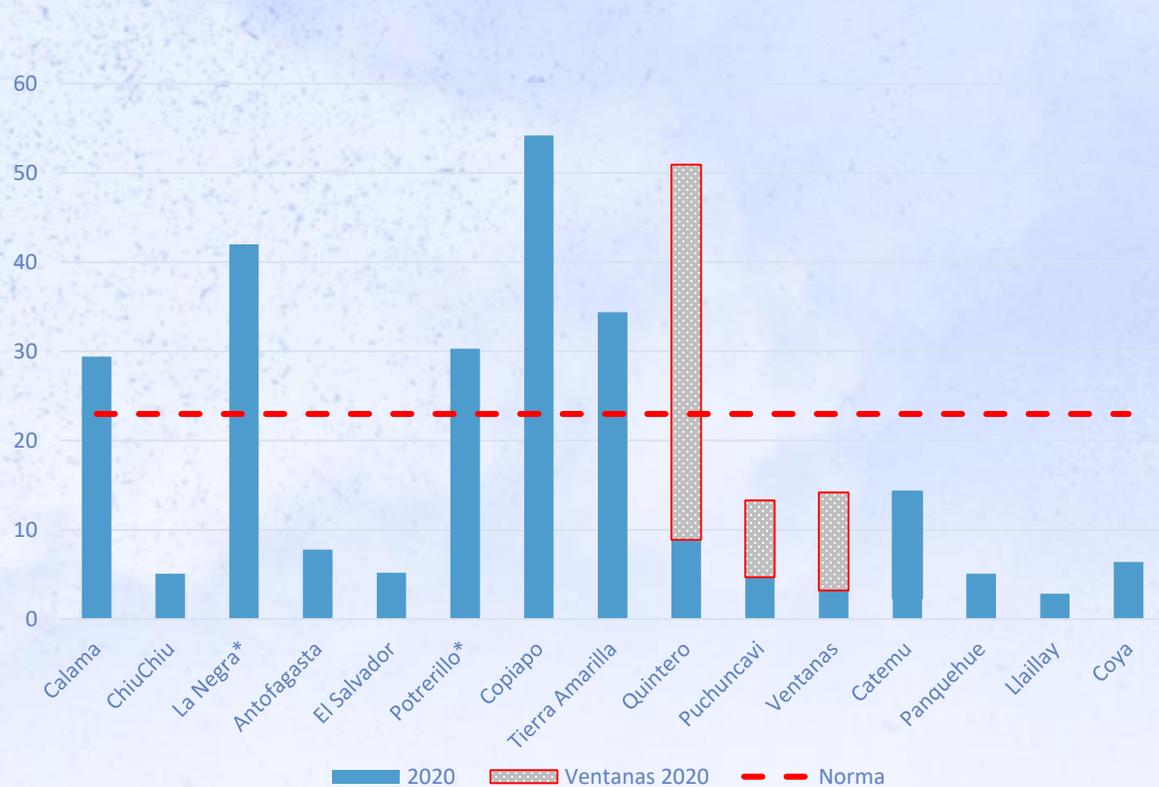
Análisis de Cumplimiento



* Estación La Negra y Potrerillos no cuentan con Representatividad poblacional. El análisis considera la salida de Ventanas, por consiguiente se descuenta sus aportes en las comunas de Quintero, Puchuncaví, Ventanas y Catemu.



Análisis de Cumplimiento



* Estación La Negra y Potrerillos no cuentan con Representatividad poblacional.

El análisis considera la salida de Ventanas, por consiguiente se descuenta sus aportes en las comunas de Quintero, Puchuncavi y Ventanas.



Costos

Fundiciones	Tipo de Costo	Costos NPCA [UF/Año]
Fundición Chuquicamata	Inversión	232.000
	O&M	29.700
		6.195
	Detención para instalación medidas	
Fundición HVL	Inversión	195.700
	O&M	10.790
		966
	Detención para instalación medidas	
Total		475.351

Fundición	ΔEmisión [t/año]	Costos [UF/año]
Fundición Chuquicamata	158,6	267.895
Fundición HVL	14,6	207.456
Costos de fiscalización		1.256
Total	173,2	476.607

Se excluye de la evaluación a la fundición ventanas



Beneficios

Fundición	Cáncer*	Mortalidad*	Beneficios
	[casos/año]	[casos/año]	[UF/año]
Calama	0,19	3,9	77.502
Copiapó, Tierra Amarilla	0,41	12	234.146
Total	0,68	15,9	311.648

Norma	Beneficios **	Costos	Razón
	[UF/año]	[UF/año]	B/C
(23 ng/m3)	311.648	476.607	0,7

* Se consideran efectos Crónicos para Arsénico.

**Se debe considerar que los beneficios no son altos debido a la población afecta, poblaciones pequeñas con pocos habitantes, por ende el número de casos es bajo.





Ministerio del
Medio
Ambiente

Gobierno de Chile

