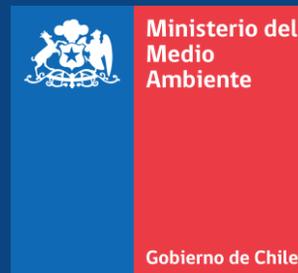


Comité Operativo Ampliado

# Revisión de la Norma Primaria de Calidad Ambiental para $MP_{2,5}$

SESIÓN N°3  
09 de noviembre, 2023



# Tabla de sesión

- Propuestas normativas del estudio de antecedentes para el  $MP_{2,5}$  anual y de 24 horas.

Dr. Felipe Reyes, miembro del equipo consultor a cargo del estudio de antecedentes.

- Análisis de costo y beneficios de los escenarios propuestos en el estudio de antecedentes.

Dr. Cristóbal de la Maza, miembro del equipo consultor a cargo del estudio de antecedentes.

- Análisis de la normativa internacional del  $MP_{2,5}$ .

Dr. Ernesto Gramsch, miembro del Comité Operativo Ampliado - Universidad de Santiago de Chile.



# Calendario próximas sesiones

000322

Tabla 1: Planificación tentativa de próximas sesiones.

Sesión	Objetivos	Fecha tentativa
4°	-Borrador de Anteproyecto.	Inicio de diciembre
5°	-Retroalimentación de observaciones. -Programa participación ciudadana.	Mediados de diciembre



# Expediente electrónico

[https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id\\_expediente=939510](https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=939510)

Ministerio del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

## EXPEDIENTES ELECTRÓNICOS Planes y Normas

Normas de Calidad Normas de Emisión Planes Búsqueda

Normas de Calidad > Revisión Norma de Calidad Primaria de MP2.5, D.S. N° 12 de 2011 > 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 Revisión Norma de Calidad Primaria de MP2.5, D.S. N° 12 de 2011

Estado En elaboración

**Documentos Publicados**

N°	N° Folio	Documento	Materia	Remitido por	Fecha de Publicación
1	1 - 2	Resolución Inicio Anteproyecto	Resolución N° 1319	Ministerio del Medio Ambiente	22-11-2021
2	3	Rectifica Resolución N° 1319	Resolución N° 1382	Ministerio del Medio Ambiente	09-12-2021
3	4-5	Publicación Diario Oficial	Publicación D.O.	Ministerio del Medio Ambiente	24-12-2021
4	6	Publicación Diario Oficial	Publicación D.O.	Ministerio del Medio Ambiente	24-12-2021





**Centro  
Mario  
Molina**

Investigación & desarrollo

# **Propuesta de Escenarios Normativos**

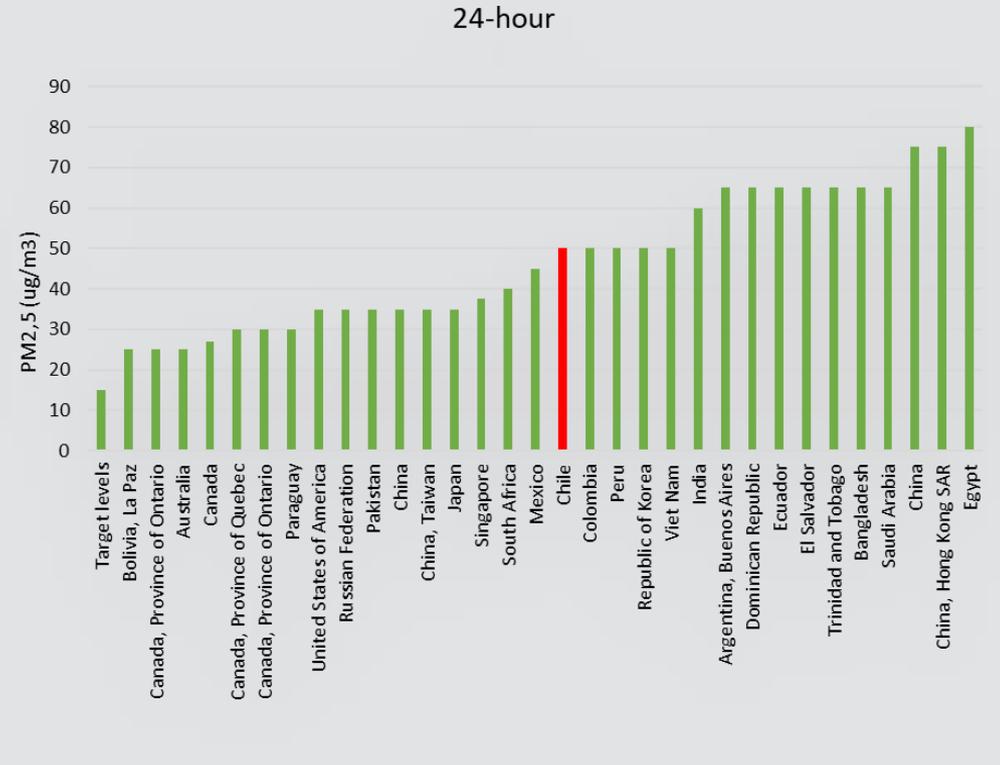
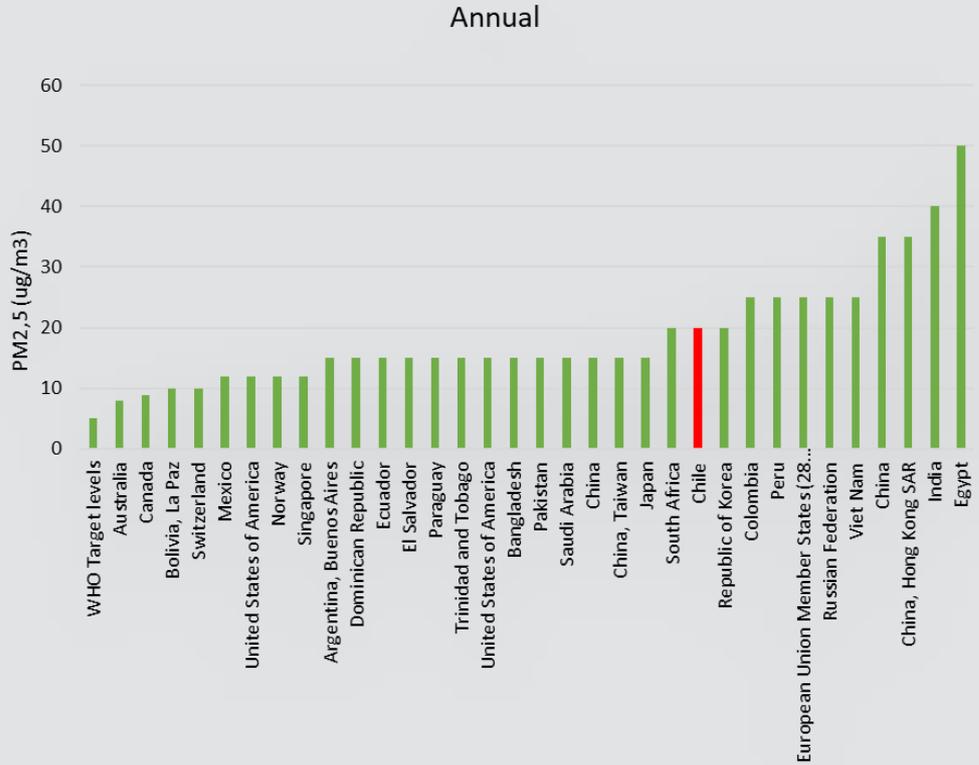
Revisión Norma de MP<sub>2,5</sub>  
Jueves 26 de Octubre de 2023



## Criterios para Propuesta de nuevos escenarios Regulatorios

- Revisión de los **antecedentes internacionales más importantes** regulatorios (UE, USEPA, OMS)
- **Principio de no regresión**, es decir, no se pueden establecer niveles menos exigentes que los actuales.
- **Nivel de avance en la implementación** de las actuales medidas más importantes de los Planes de Descontaminación.
- **Nivel de cumplimiento actual** de la norma a nivel nacional
- **Población expuesta** a valores sobre los límites predefinidos
- **Costos de cumplimiento** para cada uno de los escenarios propuestos
- **Factibilidad técnica**
- **Nivel background de concentración** (no existe monitoreo del background).

# Situación Actual vs Internacional



Estándar	UE		USEPA		OMS	
A anual	-	-	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	A anual Intermedio 1
A anual	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	A anual Intermedio 2
A anual	20 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia recomendaciones OMS al año 2030 (10 µg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-
A anual	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	A anual Intermedio 3
A anual	-	-	12 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia un valor entre el rango 8-11 µg/m <sup>3</sup>	-	-
A anual	-	-	-	-	10 µg/m <sup>3</sup>	A anual Intermedio 4
A anual	-	-	-	-	5 µg/m <sup>3</sup>	A anual (Valor Guía)
24 horas	-	-	-	-	75 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 1)
24 horas	-	-	-	-	50 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 2)
24 horas	-	-	-	-	37,5 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 3)
24 horas	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 98, promedio en tres años. Eventualmente se puede disminuir a 25 µg/m <sup>3</sup>	-	-
24 horas	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 4)
24 horas	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Valor guía)

# Escenario 1- Norma Vigente

000325 VTA

Estándar	UE		USEPA		OMS	
Anual	-	-	-	-	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual Intermedio 1
Anual	-	-	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual Intermedio 2
Anual	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia recomendaciones OMS al año 2030 (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	-	-	-	-
Anual	-	-	-	-	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual Intermedio 3
Anual	-	-	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia un valor entre el rango 8-11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Anual	-	-	-	-	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual Intermedio 4
Anual	-	-	-	-	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anual (Valor Guía)
24 horas	-	-	-	-	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 99 (Intermedio 1)
24 horas	-	-	-	-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 99 (Intermedio 2)
24 horas	-	-	-	-	37,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 99 (Intermedio 3)
24 horas	-	-	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 98, promedio en tres años. Eventualmente se puede disminuir a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
24 horas	-	-	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 99 (Intermedio 4)
24 horas	-	-	-	-	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Percentil 99 (Valor guía)

# Escenario 2- Valor intermedio 3 OMS

000326

Estándar	UE		USEPA		OMS	
Anual	-	-	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 1
Anual	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 2
Anual	20 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia recomendaciones OMS al año 2030 (10 µg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-
Anual	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 3
Anual	-	-	12 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia un valor entre el rango 8-11 µg/m <sup>3</sup>	-	-
Anual	-	-	-	-	10 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 4
Anual	-	-	-	-	5 µg/m <sup>3</sup>	Anual (Valor Guía)
24 horas	-	-	-	-	75 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 1)
24 horas	-	-	-	-	50 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 2)
24 horas	-	-	-	-	37,5 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 3)
24 horas	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 98, promedio en tres años. Eventualmente se puede disminuir a 25 µg/m <sup>3</sup>	-	-
24 horas	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 4)
24 horas	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Valor guía)



# Escenario 3- Valor actual USEPA (2020)

000326 VTA

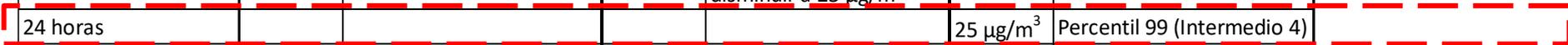
Estándar	UE		USEPA		OMS	
Anual	-	-	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 1
Anual	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 2
Anual	20 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia recomendaciones OMS al año 2030 (10 µg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-
Anual	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 3
Anual	-	-	12 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia un valor entre el rango 8-11 µg/m <sup>3</sup>	-	-
Anual	-	-	-	-	10 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 4
Anual	-	-	-	-	5 µg/m <sup>3</sup>	Anual (Valor Guía)
24 horas	-	-	-	-	75 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 1)
24 horas	-	-	-	-	50 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 2)
24 horas	-	-	-	-	37,5 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 3)
24 horas	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 98, promedio en tres años. Eventualmente se puede disminuir a 25 µg/m <sup>3</sup>	-	-
24 horas	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 4)
24 horas	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Valor guía)



# Escenario 4- Valor Intermedio 4 OMS

000327

Estándar	UE		USEPA		OMS	
Anual	-	-	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 1
Anual	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 2
Anual	20 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia recomendaciones OMS al año 2030 (10 µg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-
Anual	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 3
Anual	-	-	12 µg/m <sup>3</sup>	Promedio anual de 3 años Intención de avanzar hacia un valor entre el rango 8-11 µg/m <sup>3</sup>	-	-
Anual	-	-	-	-	10 µg/m <sup>3</sup>	Anual Intermedio 4
Anual	-	-	-	-	5 µg/m <sup>3</sup>	Anual (Valor Guía)
24 horas	-	-	-	-	75 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 1)
24 horas	-	-	-	-	50 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 2)
24 horas	-	-	-	-	37,5 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 3)
24 horas	-	-	35 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 98, promedio en tres años. Eventualmente se puede disminuir a 25 µg/m <sup>3</sup>	-	-
24 horas	-	-	-	-	25 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Intermedio 4)
24 horas	-	-	-	-	15 µg/m <sup>3</sup>	Percentil 99 (Valor guía)



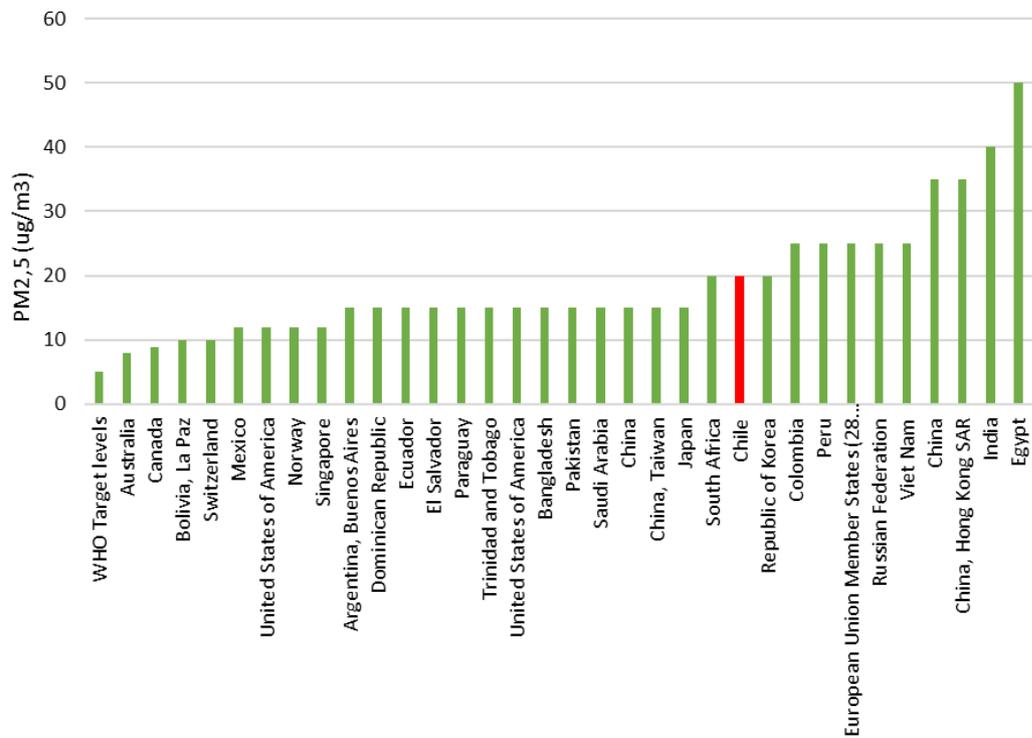
# Escenarios propuestos para ser evaluados

Escenarios	Valores ug/m <sup>3</sup>		Observación
	Anual	24 horas	
1	20	50	<p><b>Alcanzar el cumplimiento de la norma vigente (Chile)</b></p> <p>Este escenario no significa que el equipo consultor recomiende no modificar la norma vigente, sino más bien evaluar los costos/beneficios de cumplir con ella, dado que actualmente la mayor parte de las ciudades supera ampliamente estos niveles.</p>
2	15	37,5	<p><b>Meta intermedia 3 de la última guía de la OMS (OMS 3)</b></p> <p>Norma vigente en Chile es más exigente que Meta Intermedia 2 OMS (25 Anual – 50 Diaria)</p>
3	12	35	<p><b>Norma vigente en Estados Unidos (EPA)</b></p>
4	10	25	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meta intermedia 4 de la última guía de la OMS (OMS 4)</li> <li>• Valores propuestos en la revisión de la norma de la Unión Europea.</li> </ul>

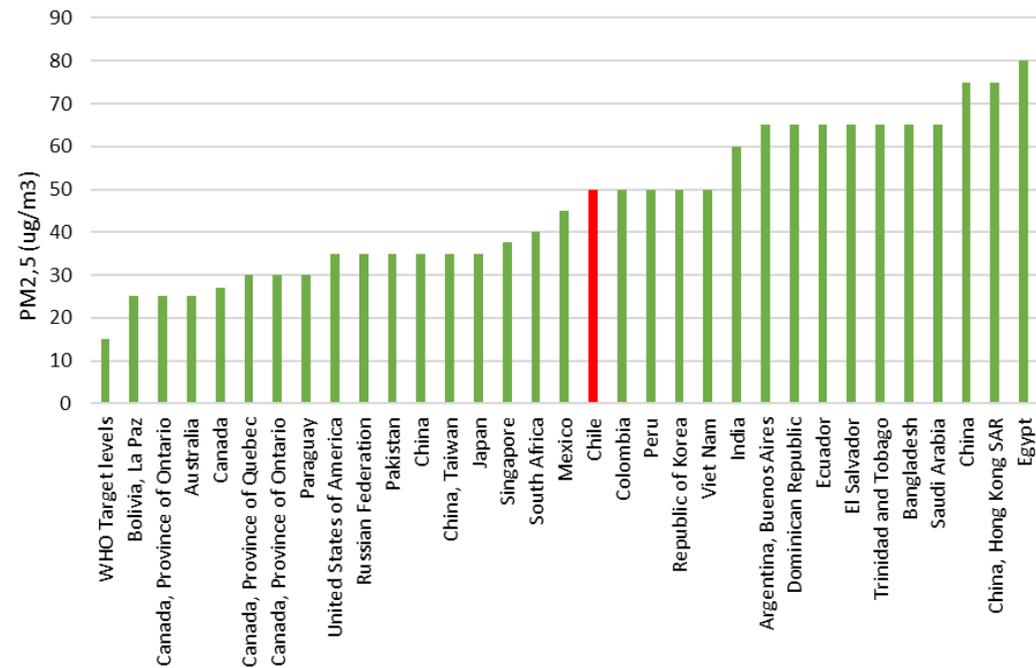
# Escenario 1-Situación Actual

000328

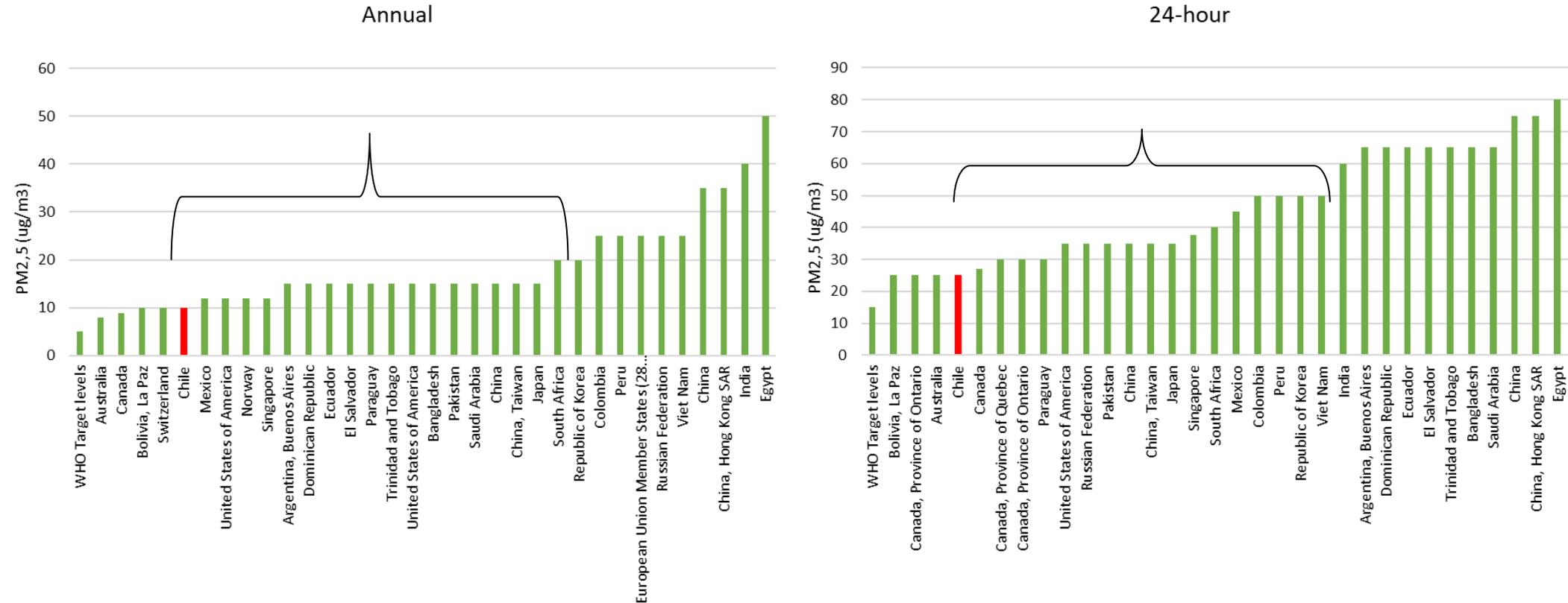
Annual



24-hour



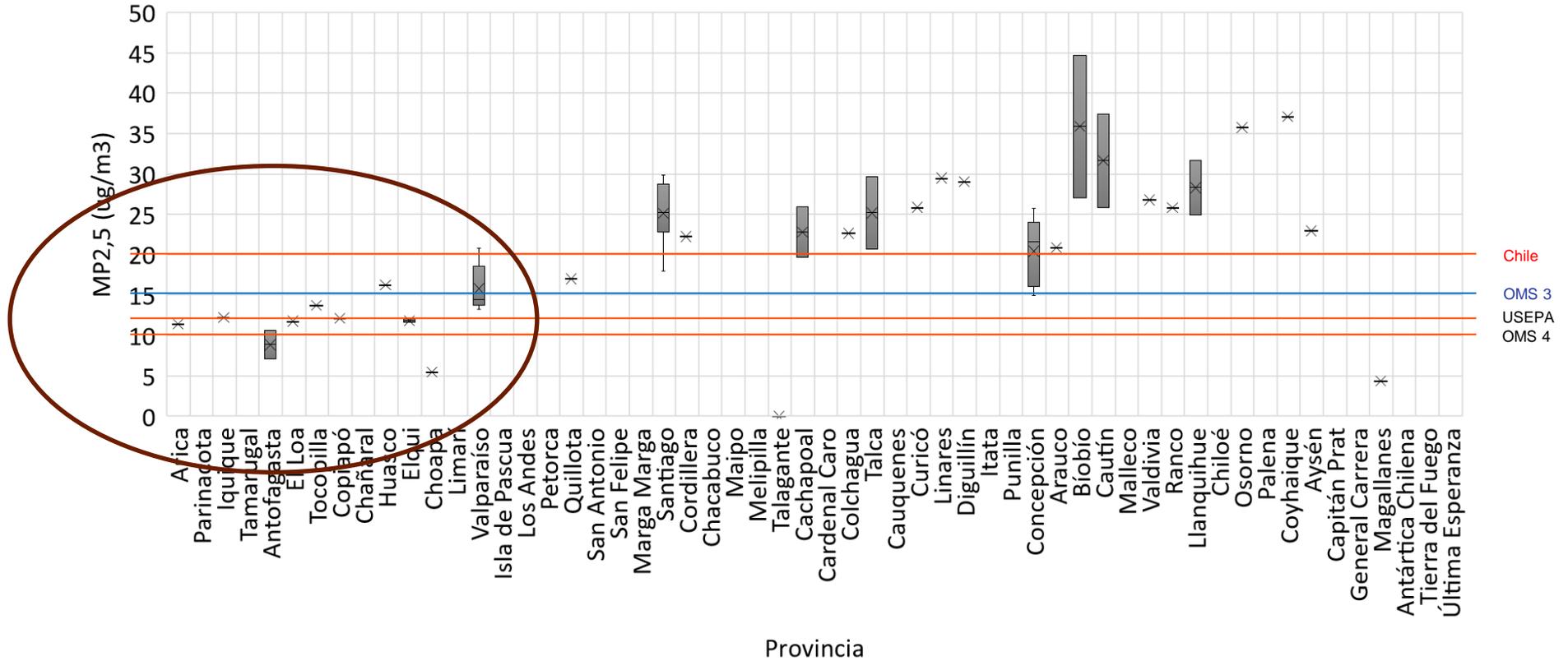
# Escenario 4-Valor Intermedio 3 OMS



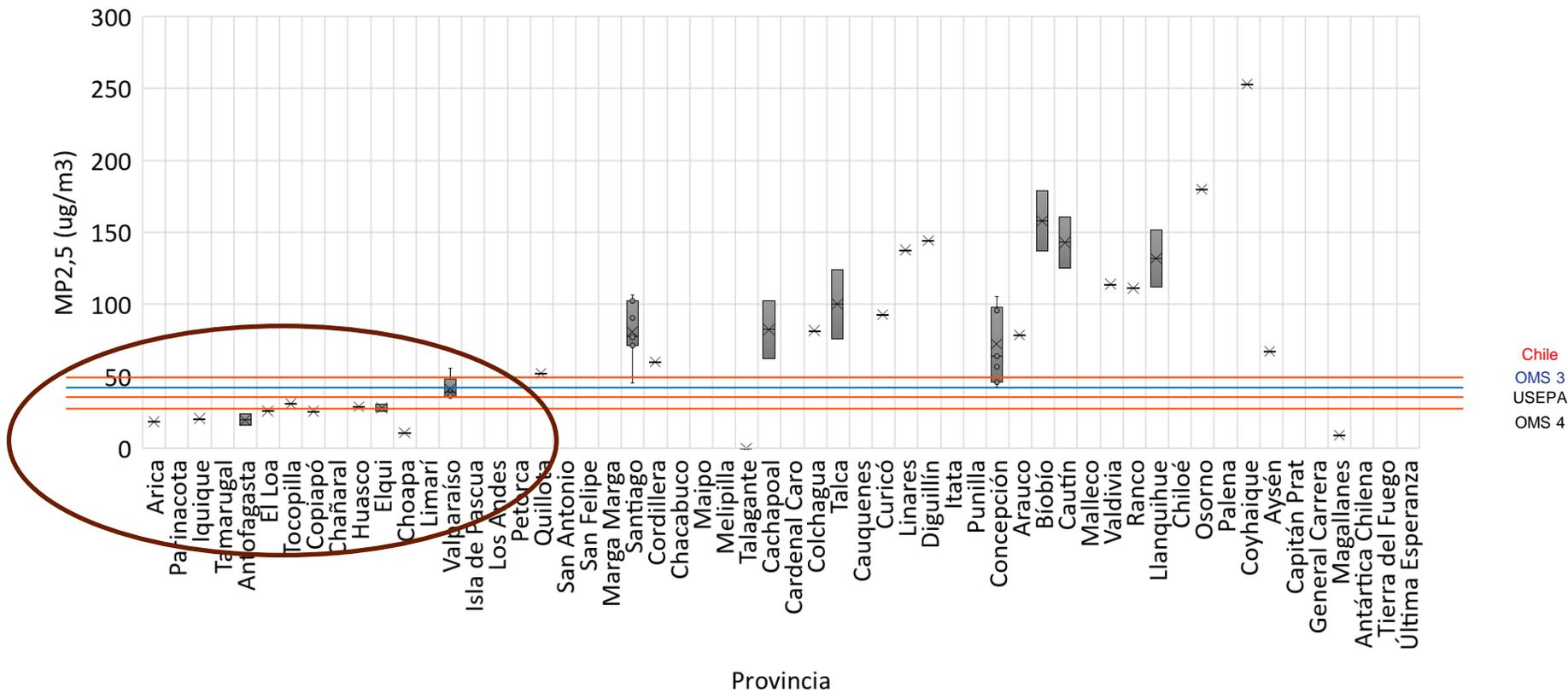
El escenario 4 posicionaría a Chile como uno de los países más estrictos

¿Qué generan estos escenarios?

Norma Anual



Norma Diaria



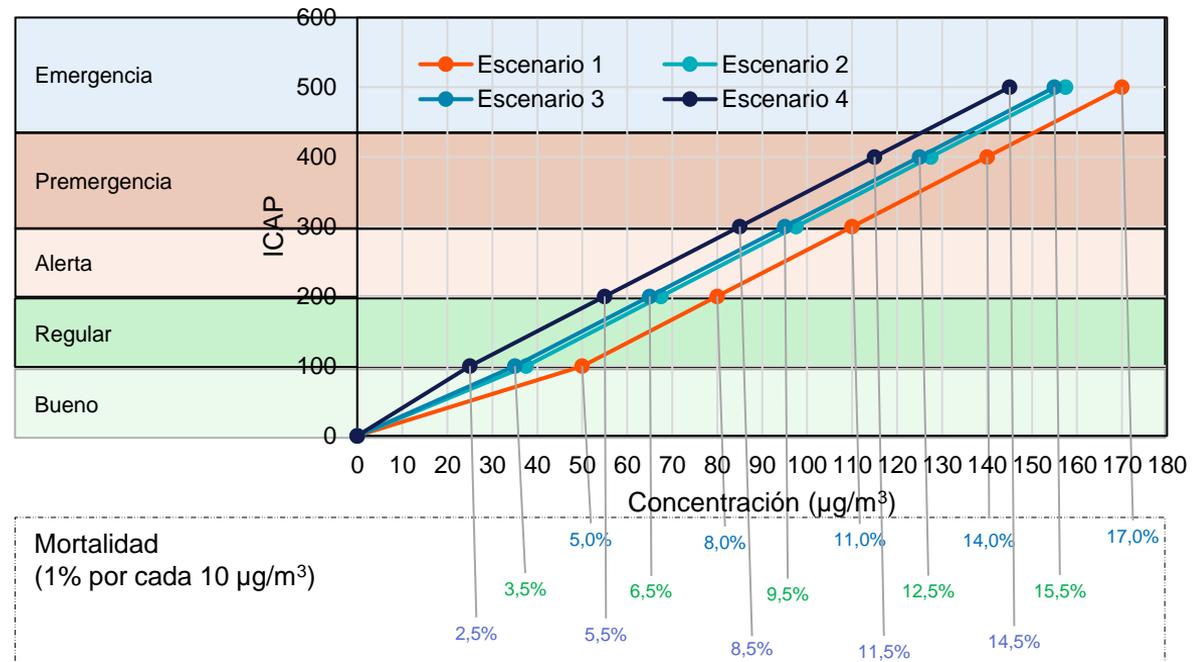
# Estaciones públicas sobre la norma

<b>Norma</b>	<b>Año</b>	<b>N</b>	<b>Escenario1</b>	<b>Escenario2</b>	<b>Escenario3</b>	<b>Escenario4</b>
P98	2020	53	60%	74%	75%	85%
	2021	52	69%	79%	81%	88%
	2022	56	71%	79%	80%	86%
Anual	2020	51	57%	78%	88%	94%
	2021	51	55%	71%	82%	94%
	2022	51	51%	71%	82%	92%

# Análisis Niveles de contingencia (Episodios)

Tipo	UE	USEPA	OMS	Escenario
Anual	-	-	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a)	<b>Escenario 1</b> <b>Escenario 2</b> <b>Escenario 3</b> <b>Escenario 4</b>
Anual	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (b)	
<b>Anual</b>	<b>20 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (c)</b>	-	-	
Anual	-	-	<b>15 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (d)</b>	
Anual	-	<b>12 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (e)</b>	-	
Anual	-	-	<b>10 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (f)</b>	
Anual	-	-	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (g)	
24 horas	-	-	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (h)	<b>Escenario 1</b> <b>Escenario 2</b> <b>Escenario 3</b> <b>Escenario 4</b>
24 horas	-	-	<b>50 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (i)</b>	
24 horas	-	-	<b>37,5 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (j)</b>	
24 horas	-	<b>35 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (k)</b>	-	
24 horas	-	-	<b>25 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (l)</b>	
24 horas	-	-	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (m)	

Tipo	UE	USEPA	OMS	Escenario
Anual	-	-	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a)	Escenario 1 Escenario 2 Escenario 3 Escenario 4
Anual	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (b)	
<b>Anual</b>	<b>20 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> (c)</b>	-	-	
Anual	-	-	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (d)	
Anual	-	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (e)	-	
Anual	-	-	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (f)	
Anual	-	-	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (g)	
24 horas	-	-	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (h)	Escenario 1 Escenario 2 Escenario 3 Escenario 4
24 horas	-	-	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (i)	
24 horas	-	-	37,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (j)	
24 horas	-	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (k)	-	
24 horas	-	-	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (l)	
24 horas	-	-	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (m)	



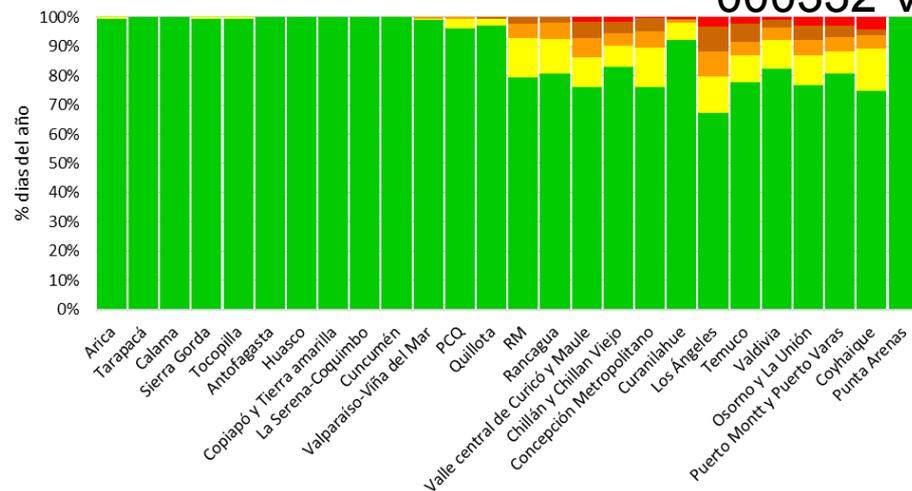
Los escenarios se construyeron manteniendo los mismos rangos de concentración de la situación actual ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### N° de episodios año 2021

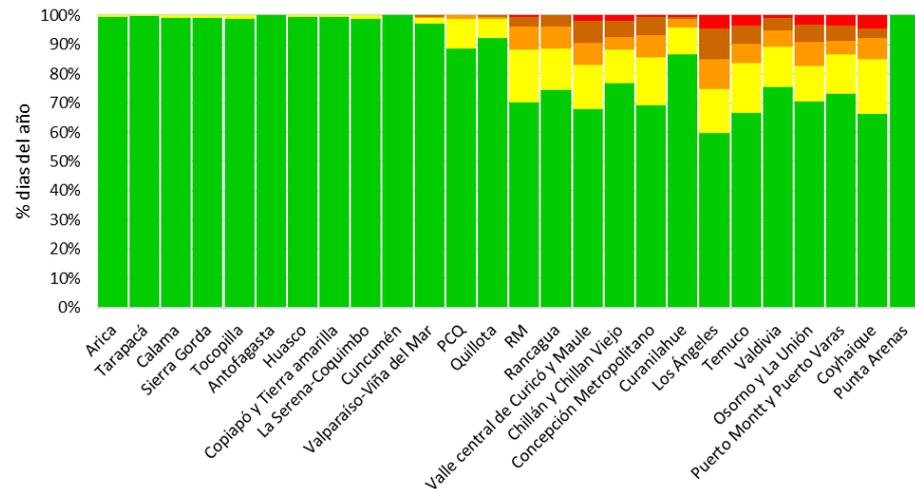
Zona	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Arica	-	-	-	-
Tarapacá	-	-	-	-
Calama	-	-	-	-
Sierra Gorda	-	-	-	2
Tocopilla	-	-	-	2
Antofagasta	-	-	-	-
Huasco	-	-	-	-
Copiapó y Tierra amarilla	-	-	-	-
La Serena-Coquimbo	-	-	-	-
Cuncumén	-	-	-	-
Valparaíso-Viña del Mar	3	4	4	4
PCQ	1	6	8	16
Quillota	1	5	6	13
RM	36	56	62	80
Rancagua	38	51	53	77
Valle central de Curicó y Maule	64	80	85	98
Chillán y Chillan Viejo	49	67	70	85
Concepción Metropolitano	55	73	80	100
Curanilahue	14	31	31	44
Los Ángeles	99	117	121	140
Temuco	63	75	77	94
Valdivia	46	64	69	84
Osorno y La Unión	67	87	92	113
Puerto Montt y Puerto Varas	64	74	77	90
Coyhaique	55	77	80	110
Punta Arenas	-	-	-	-

### Situación Actual Año 2021

000332 VTA



### Escenario 2 Año 2021

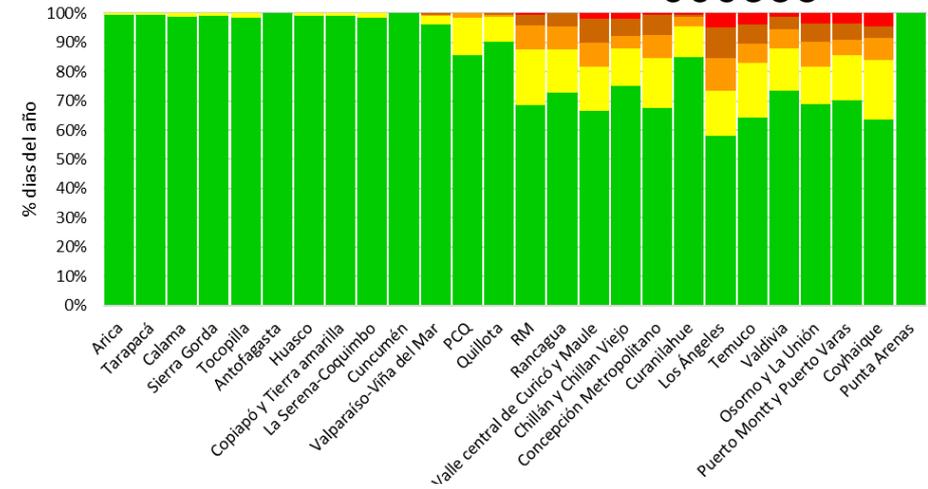


### N° de episodios año 2021

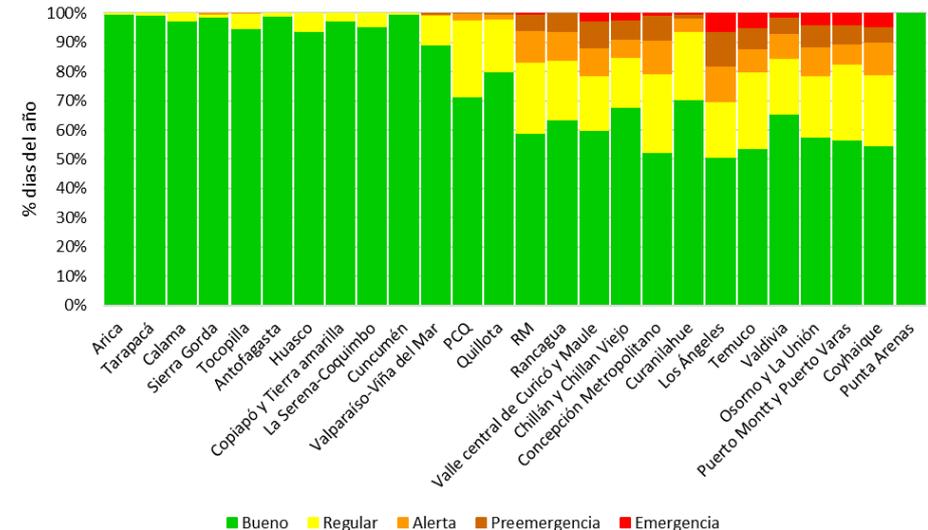
Zona	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Arica	-	-	-	-
Tarapacá	-	-	-	-
Calama	-	-	-	-
Sierra Gorda	-	-	-	2
Tocopilla	-	-	-	2
Antofagasta	-	-	-	-
Huasco	-	-	-	-
Copiapó y Tierra amarilla	-	-	-	-
La Serena-Coquimbo	-	-	-	-
Cuncumén	-	-	-	-
Valparaíso-Viña del Mar	3	4	4	4
PCQ	1	6	8	16
Quillota	1	5	6	13
RM	36	56	62	80
Rancagua	38	51	53	77
Valle central de Curicó y Maule	64	80	85	98
Chillán y Chillan Viejo	49	67	70	85
Concepción Metropolitano	55	73	80	100
Curanilahue	14	31	31	44
Los Ángeles	99	117	121	140
Temuco	63	75	77	94
Valdivia	46	64	69	84
Osorno y La Unión	67	87	92	113
Puerto Montt y Puerto Varas	64	74	77	90
Coyhaique	55	77	80	110
Punta Arenas	-	-	-	-

### Escenario 3 Año 2021

000333

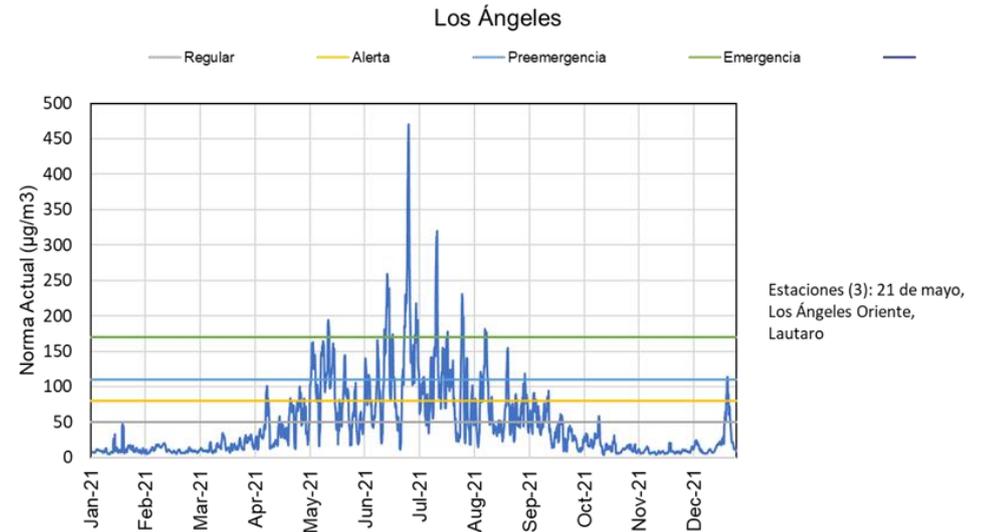


### Escenario 4 Año 2021



# Incremento en los días episodios

El incremento de ellos puede llegar a 140 días al año en el caso del escenario 4 (Más de cuatro meses de días episodios en los Ángeles).



# Resumen

- Los escenarios normativos propuestos abarcan un rango amplio desde la situación actual ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diaria,  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anual) a uno muy exigido ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diaria,  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  anual). **El escenario 4 posicionaría a Chile como uno de los países más exigentes.**
- **Aun manteniendo el Escenario actual hay desafíos sustantivos**, especialmente en la zona Central y Sur de Chile, especialmente por el P98.
- El establecimiento del **Escenario 4** hace que prácticamente **más del 90% de las estaciones públicas estén en condición de Saturación**. Actualmente son 70%.
- La modificación de los valores para situaciones de contingencia (manteniendo las mismas proporciones actuales) haría que  **aumenten significativamente los episodios**, llegando hasta a cuatro meses (Escenario 4-en Los Ángeles).



# Análisis de Costos y Beneficios

“Estudio de antecedentes para la revisión de la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable (MP2,5)”

**Licitación ID: 608897-106-LP22**

Cristóbal De La Maza

26 de Octubre 2023

Presentación preparada para MMA





# Contenido

1. Metodología
2. Información
3. Resultados



# Analisis de Costos y Beneficios

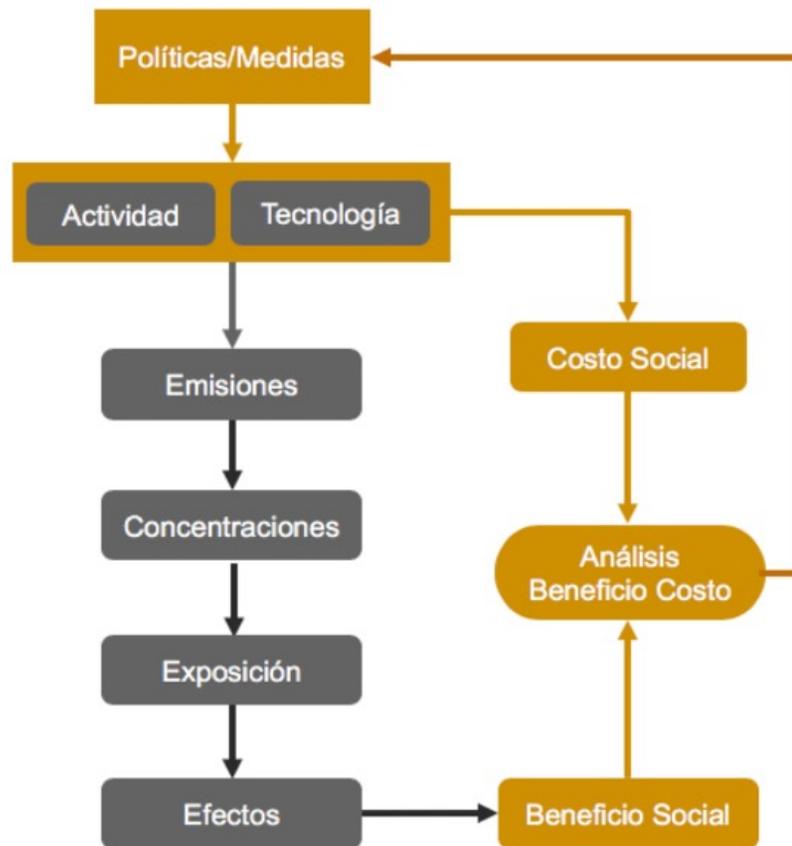


Figura1:Esquema metodológico análisis costo-beneficio en base a MMA (2019) y DICTUC (2019)



# Metodología estimación de beneficios

$$BE = \sum_m \sum_j \sum_k g_{j,k,m}(C_{p,k}, P_{k,m}) \times Valor\ unitario_{j,m}$$

Donde:

- BE: Beneficio económico derivado de la reducción de impactos en salud.
- $g_{j,k,m}$ : función de impacto a la salud  $j$  para la población de la comuna  $k$ , perteneciente al grupo de edad  $m$ , y dependiente de las concentraciones del contaminante  $p$ .
- Valor Unitario  $_{j,m}$ : valoración social por reducción en una unidad del impacto a la salud  $j$  en la población perteneciente al grupo de edad  $m$ .



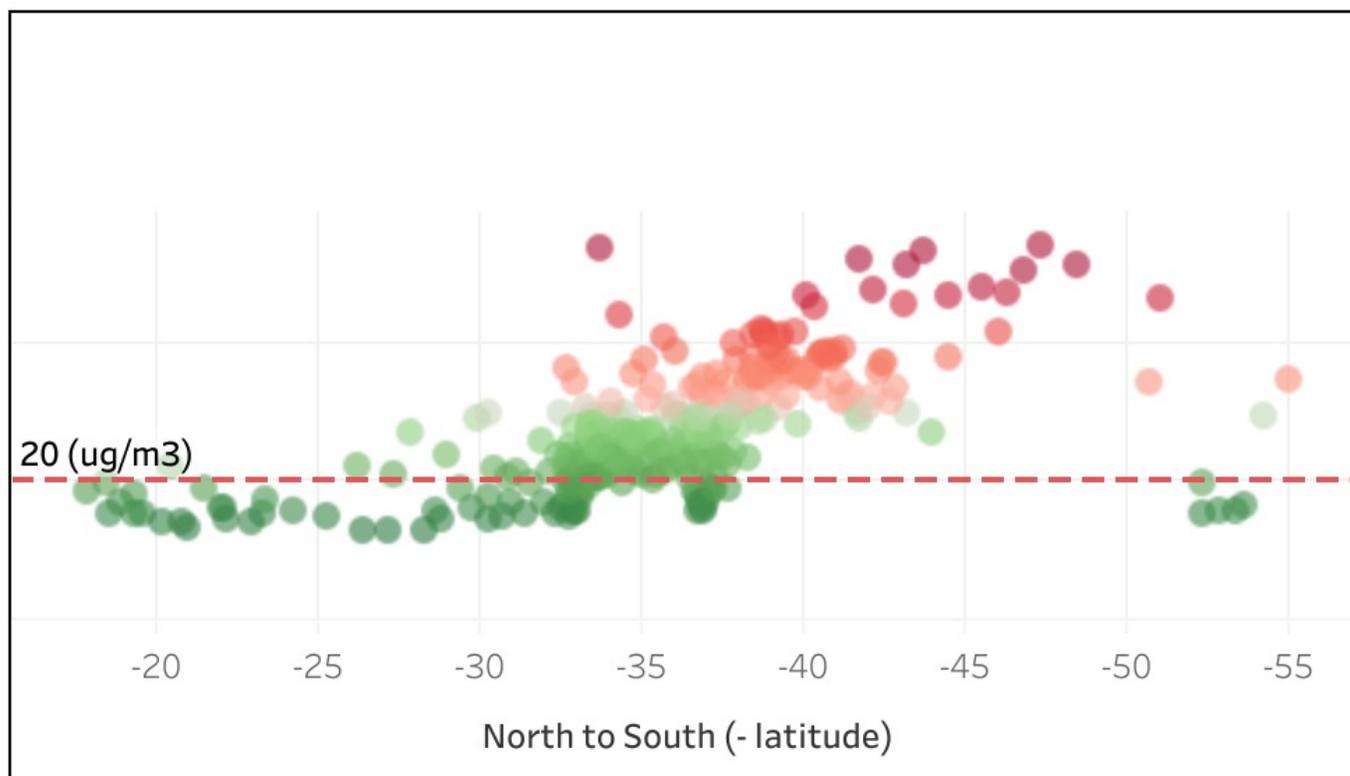
# Beneficio Unitario

Región	Beneficio unitario (USD-año/ug-m3 MP <sub>2,5</sub> -Hab)
Arica y Parinacota	259
Tarapacá	402
Antofagasta	403
Atacama	1.073
Coquimbo	635
Valparaíso	719
Metropolitana de Santiago	258
Libertador Gral. Bernardo O'Higgins	1.222
Maule	1.084
Ñuble	1.667
Biobío	858
Araucanía	1.354
Los Ríos	1.316
Los Lagos	1.410
Aysén del Gral. Carlos Ibañez del Campo	3.452
Magallanes y de la Antártica Chilena	827
Total	680





# Concentración MP2.5 por comuna



Fuente: Donkelaar et al(2021)





# Población por comuna

Región	<18	18-29	30-64	65+	Total
Arica y Parinacota	62.720	47.645	116.978	32.459	259.802
Tarapacá	105.907	76.040	183.075	36.566	401.588
Antofagasta	173.902	138.127	340.353	61.760	714.142
Atacama	82.117	50.952	147.648	38.331	319.048
Coquimbo	205.425	142.620	398.215	122.843	869.103
Valparaíso	432.167	340.649	914.750	323.283	2.010.849
Metropolitana de Santiago	1.822.946	1.491.972	4.036.981	1.015.891	8.367.790
Libertador Gral. Bernardo O'Higgins	231.477	145.619	489.568	151.037	1.017.701
Maule	264.560	179.188	542.827	176.066	1.162.641
Ñuble	113.186	76.245	243.167	86.839	519.437
Biobío	374.002	279.794	785.725	241.909	1.681.430
Araucanía	239.208	164.202	470.203	154.588	1.028.201
Los Ríos	90.811	67.500	191.108	61.786	411.205
Los Lagos	204.638	140.248	439.854	122.689	907.429
Aysén del Gral. Carlos Ibañez del Campo	26.838	14.770	53.735	12.963	108.306
Magallanes y de la Antártica Chilena	38.379	30.229	88.491	25.118	182.217
<b>Total</b>	<b>4.468.283</b>	<b>3.385.800</b>	<b>9.442.678</b>	<b>2.664.128</b>	<b>19.960.889</b>



# Valores unitarios

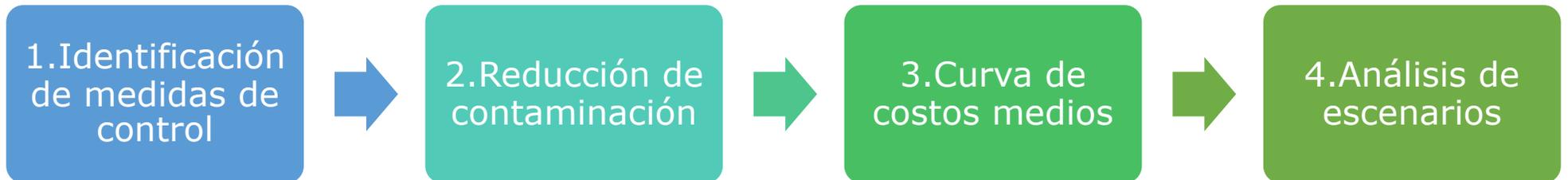
Tabla. Valores económicos asociados a los efectos en salud (y causas) según grupo de edad (USD por caso).

Tipo de efecto	Efectos	Causa	<18	18–29	30–64	65+
<b>Mortalidad prematura</b>	MLT	CPM	1.343.653	1.343.653	1.343.653	1.343.653
<b>Acciones médicas</b>	HA	ASTH	880	880	880	964
		COPD	1.131	1.131	1.131	1.131
		CVD	-	1.886	1.886	1.844
		PNEU	1.216	1.216	1.216	1.216
		RSP	754	1.006	1.006	1.216
	ERV	ASTH	42	42	42	42
<b>Restricción actividad</b>	WLD	-	-	29	29	-
	RAD	-	-	8	8	-





# Metodología estimación de costos





# Metodología estimación de costos

1. Emisiones según fuente emisora, comuna y contaminante.

2. Eficiencias de reducción según medida de control y contaminante.

3. Costos medios (USD por tonelada de contaminante reducido) según medida de control.

4. Fracción de componentes elementales MP2,5





# Fuentes de información

AGIES Normas de Calidad del Aire

AGIES Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica

Estudio Carbono Neutralidad en el Sector Energía

Base de Datos de Medidas de Control para Fuentes Fijas de la EPA





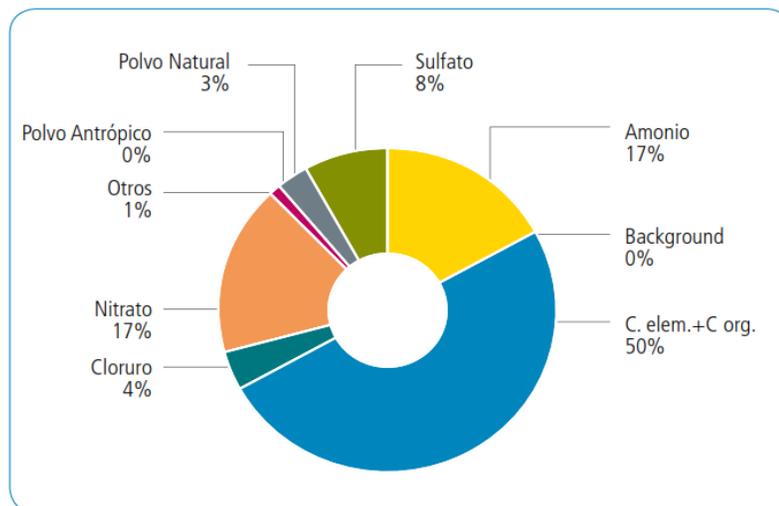
# Identificación de medidas de control

- Para cada fuente emisora a nivel nacional se seleccionó una medida de control, según:
  - Origen(p.ej. Fuentes móviles o fijas)
  - Sector(p.ej. Industrial o residencial)
  - Tipo(p.ej. pasajeros o carga)
  - Energético(p.ej. Diesel o gas)
  - Otros
- CCF8 fue la fuente principal de vinculación entre fuente emisora y medida de control.
- Perspectiva conservadora (p.ej. Para alternativas similares se escogió aquella de mayor costo y/o menor reducción).
- Fuente de información: 450 medidas desde AGIES disponibles MMA, US-EPA Control Strategy Tool y Análisis Carbono Neutralidad Ministerio de Energía.



## Reducción de emisiones y concentración de MP2,5

- Para cada fuente emisora a nivel nacional se estimó la reducción de concentración de MP2,5 según las emisiones reducidas (MP, NH3, NOX, SO2).
- Para ellos se consideraron:
  - Eficiencias de reducción según medida de control y contaminante.
  - Factores de Emisión-Concentración según comuna y contaminante.



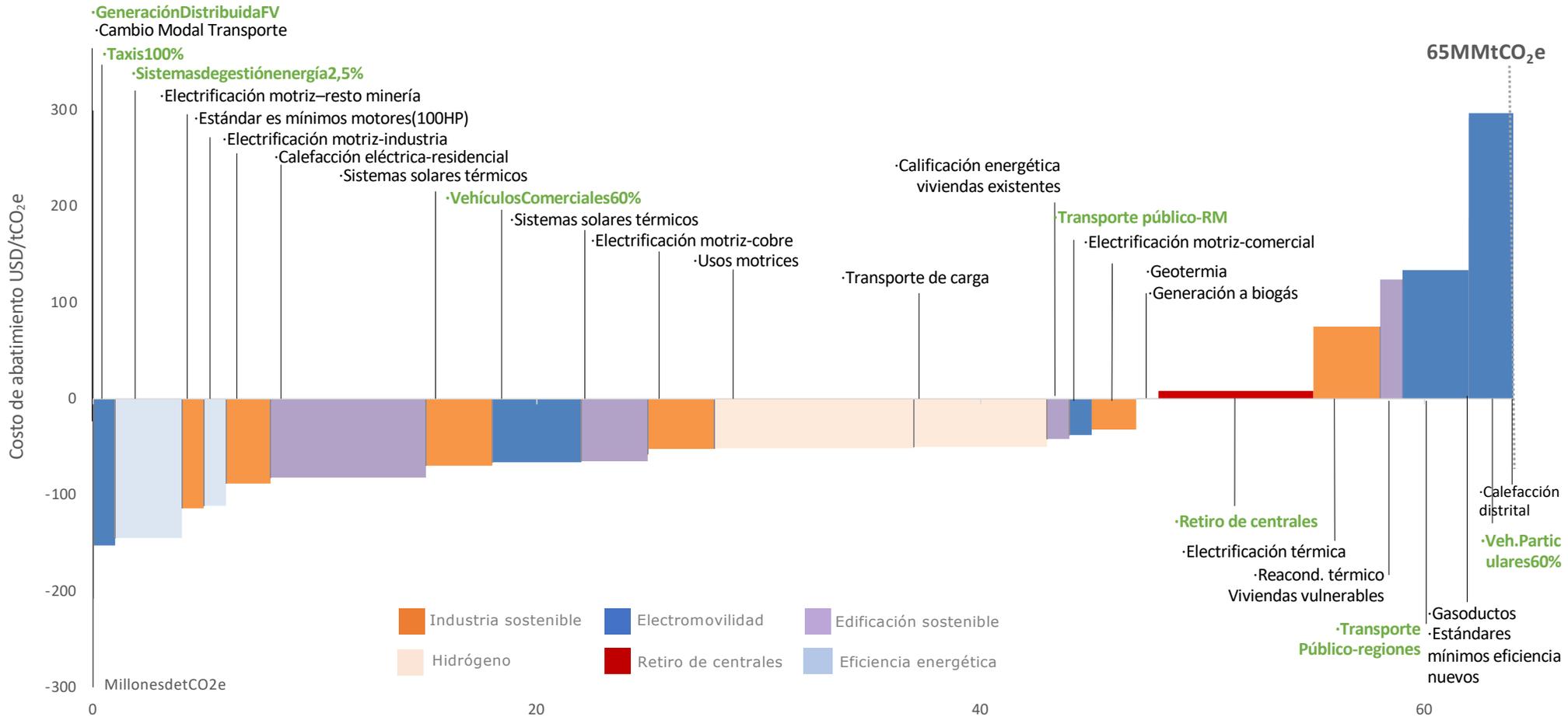


# Curvas de costos

- Para cada comuna se estimó una curva de curva de costos unitarios.
- Medidas con Costos Medios negativos fueron truncados en cero
- Para ello se ordenaron los costos medios de abatimiento de las medidas seleccionadas según su costo-efectividad (USD por  $\mu\text{g-m}^3$  de MP2,5 reducido).

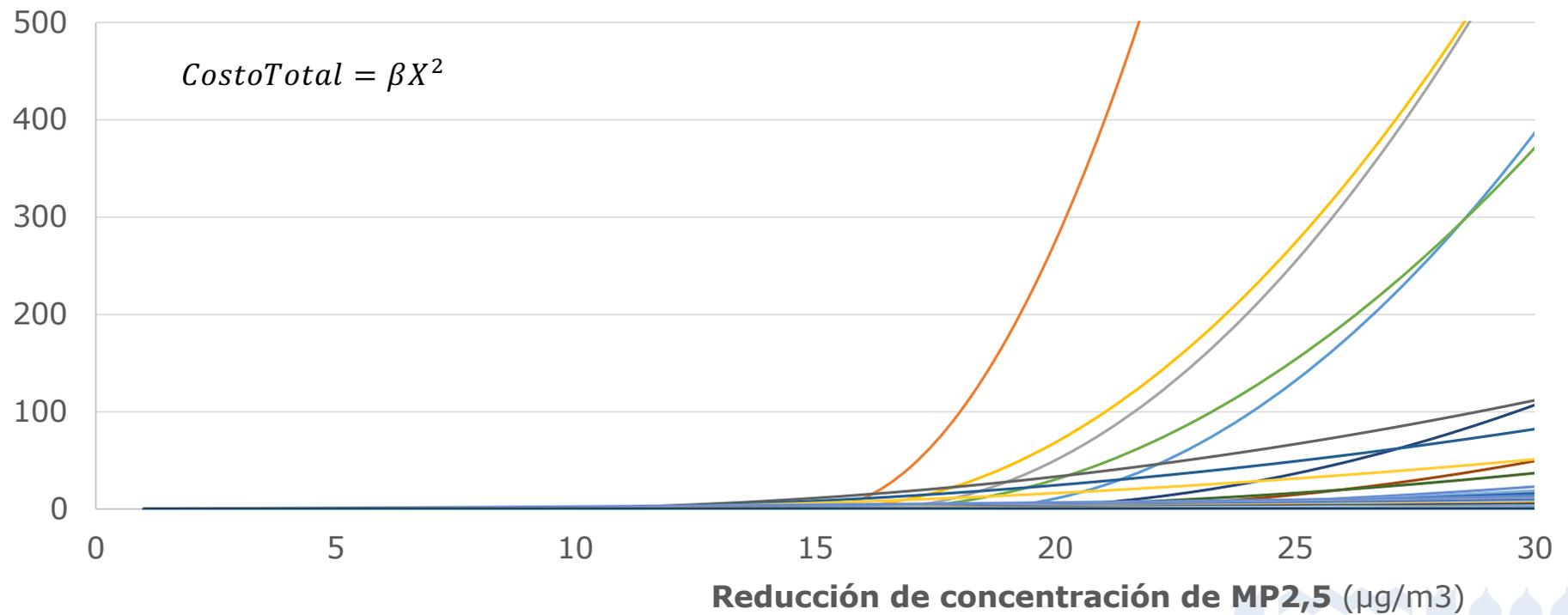


# Curva de costos de mitigación



# Curvas de costos por comuna

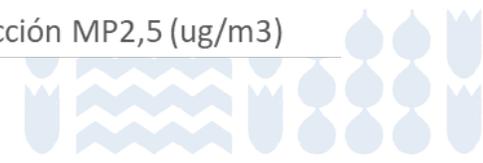
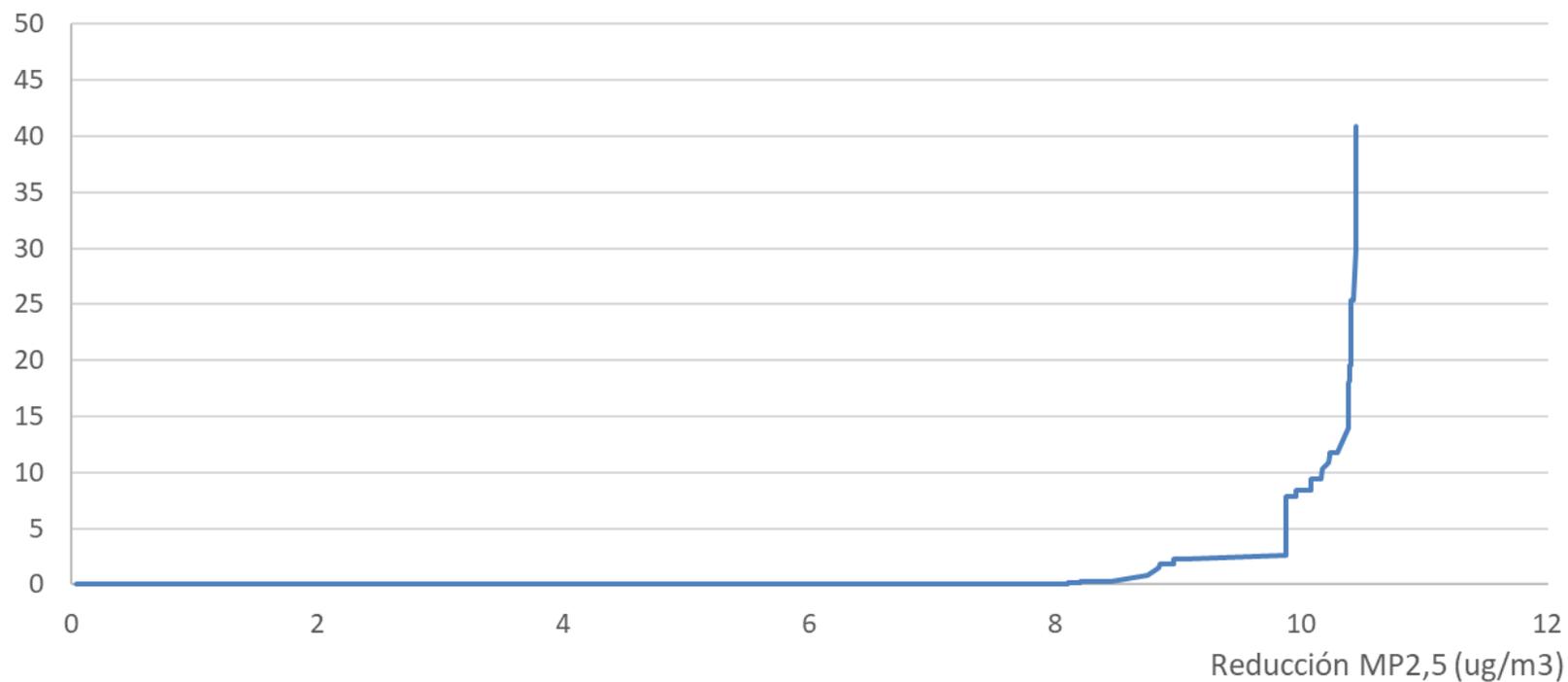
Millones de USD





## Costo medio por mg-m3 de MP2,5 reducidos en Quilicura

Millones de USD por ug/m3



# Inventario de emisiones (Ton/año)

Sector	CH4	CO2	N2O	MP25	MP25rs	NH3	MP10	NOx	SO2
Calefacciónresidencial	139	422,694	9	103,566	0	9	17,558	536	139
Edificaciones	184	8,371,845	105	1,217	0	41	15,769	578	184
Construcción	176	2,784,220	115	2,286	0	4	18,649	85	176
Electricidad	460	29,093,342	1,338	616	0	5	46,956	24,674	460
Industria	1,371	38,088,989	919	40,502	439	486	57,239	110,598	1,371
Minería	168	6,335,210	76	5,012	31,427	25	24,231	93,170	168
Residuos	2	113,401	1	17	0	1	266	2	2
Silvoagropecuario	2,116	2,909,032	114	7,418	0	800	16,738	832	2,116
Transporte	1,042	28,276,963	769	5,715	2,893	643	118,223	680	1,042
Usodelatierra	6,302	2,332,017	371	17,388	0	1,098	4,778	642	6,302
<b>Total</b>	<b>11,959</b>	<b>118,727,714</b>	<b>3,816</b>	<b>183,737</b>	<b>34,759</b>	<b>3,111</b>	<b>320,407</b>	<b>231,797</b>	<b>11,959</b>

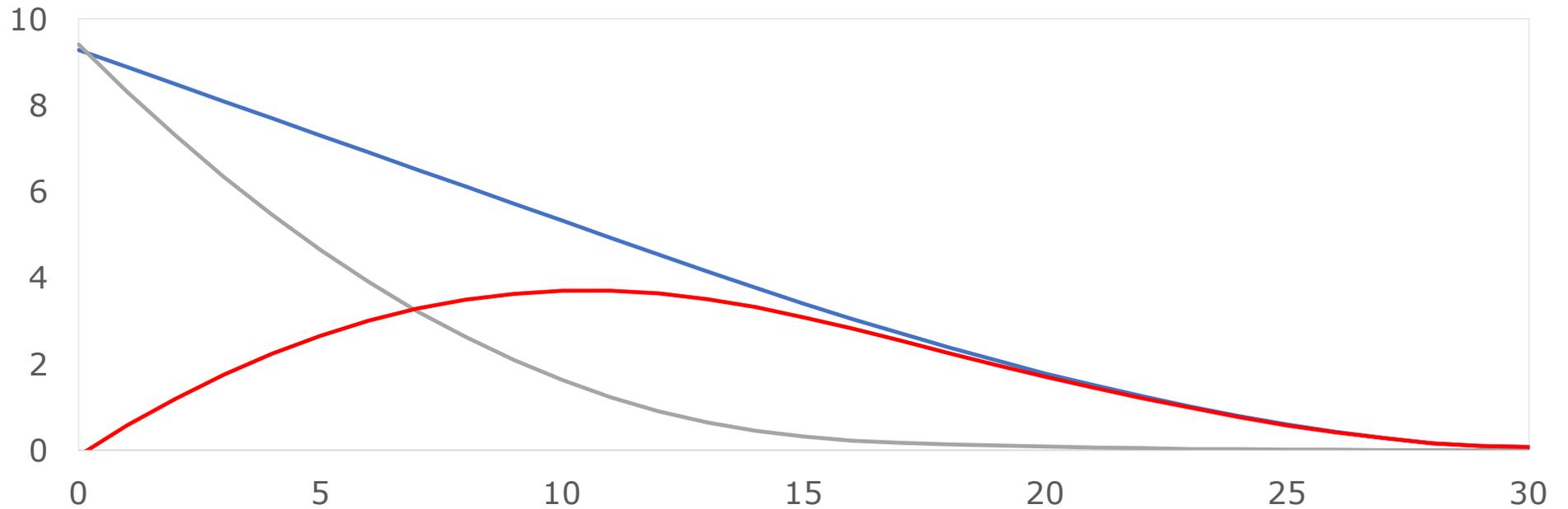




# Resultados | Flujo anual

Miles de millones de USD

— Beneficios — Costos — Diferencial



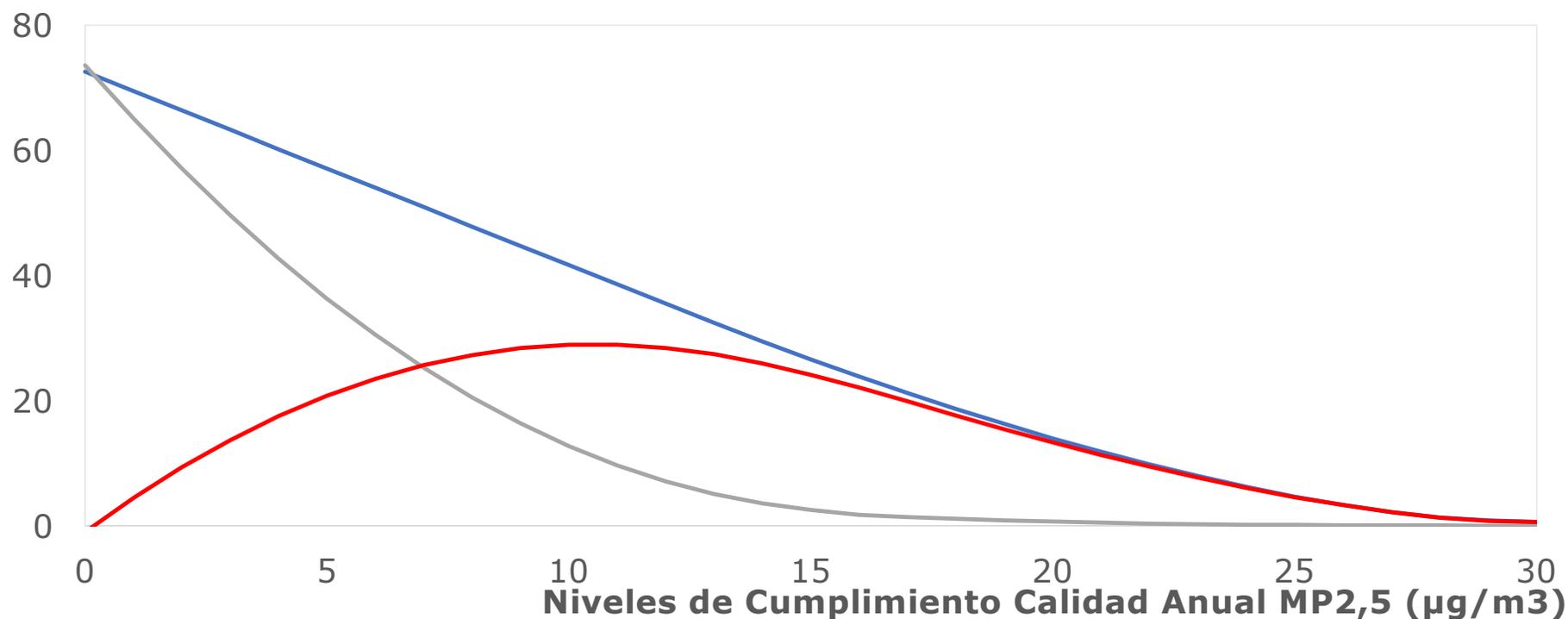
Niveles de Cumplimiento Calidad Anual MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



# Resultados | Valor presente

Miles de millones de USD

— Beneficios — Costos — Diferencial





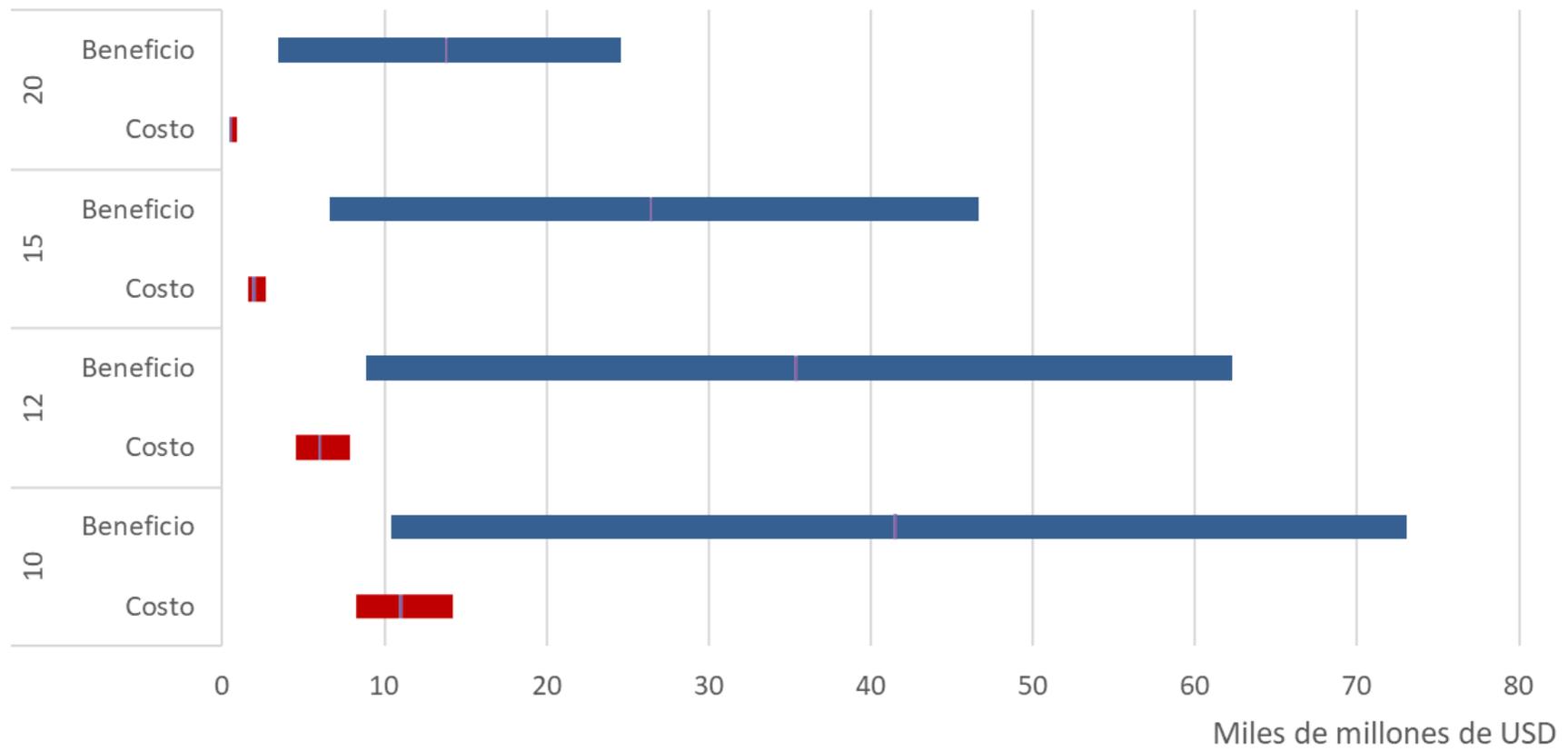
Valor presente para diversos escenarios de concentración anual de  $MP_{2,5}$

Escenario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Costo (MMUSD)	Beneficios (MMUSD)	Beneficio Neto (MMUSD)
10	12.700	41.600	28.900
12	7.000	35.500	28.400
15	2.500	26.500	24.000
20	650	14.000	13.300



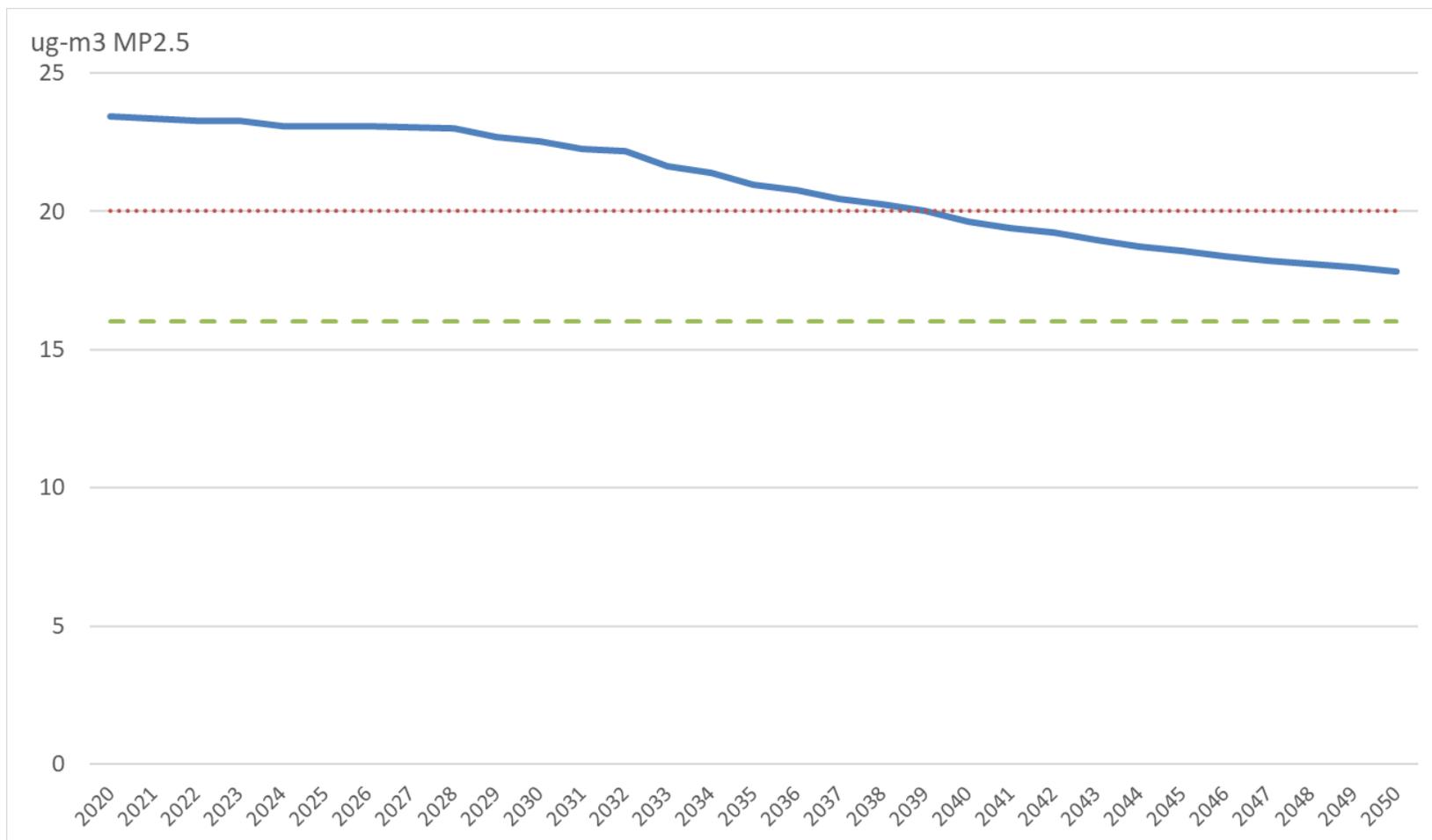


Valor presente a nivel nacional para escenarios de norma de MP2,5 con incertidumbre.





## Proyección exposición de la población a MP<sub>2,5</sub> a nivel nacional





Valor presente para diversos escenarios de concentración anual de MP2,5 (MMUSD)

Escenario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Escenario A: Costo=/ Beneficio=	Escenario B: Costo-/ Beneficio=	Escenario C: Costos-/ Beneficios+
10	28.900	27.200	34.400
12	28.400	24.200	29.800
15	24.000	17.900	21.600
20	13.300	7.600	9.000





## Resultados | Medidas con mayores reducciones MP2.5

- Recambio calefactor leña a Aire Acondicionado
- Electromovilidad-particular liviano y mediano
- Hidrógeno Verde-Carga
- Electromovilidad-transporte público
- Quemadas agrícolas
- Electromovilidad-Taxis





UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE

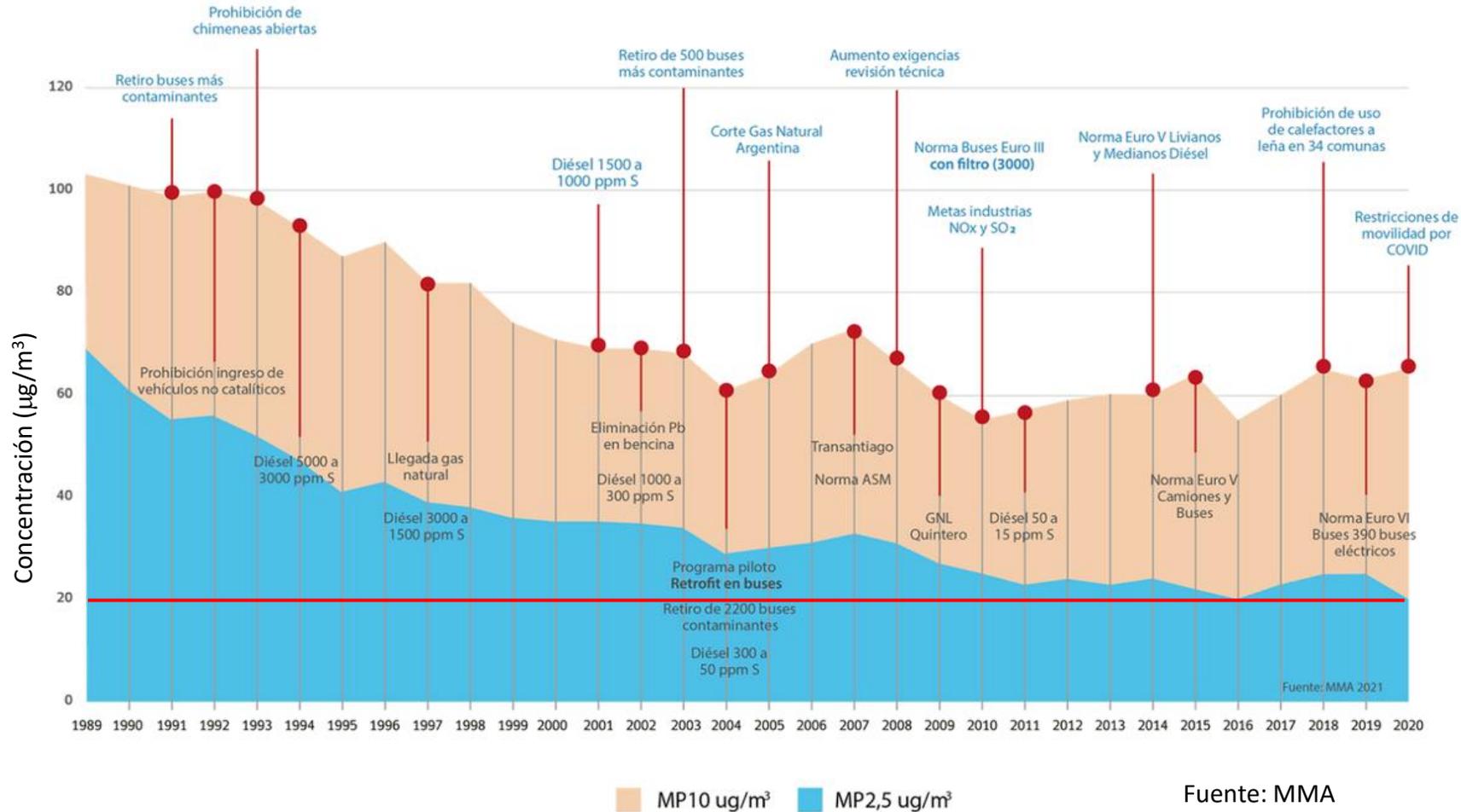
000347

# Análisis de normativa internacional para $MP_{2,5}$

Ernesto Gramsch  
Departamento de Física  
Universidad de Santiago de Chile



## Tendencias en $MP_{2,5}$ y $MP_{10}$ en Santiago

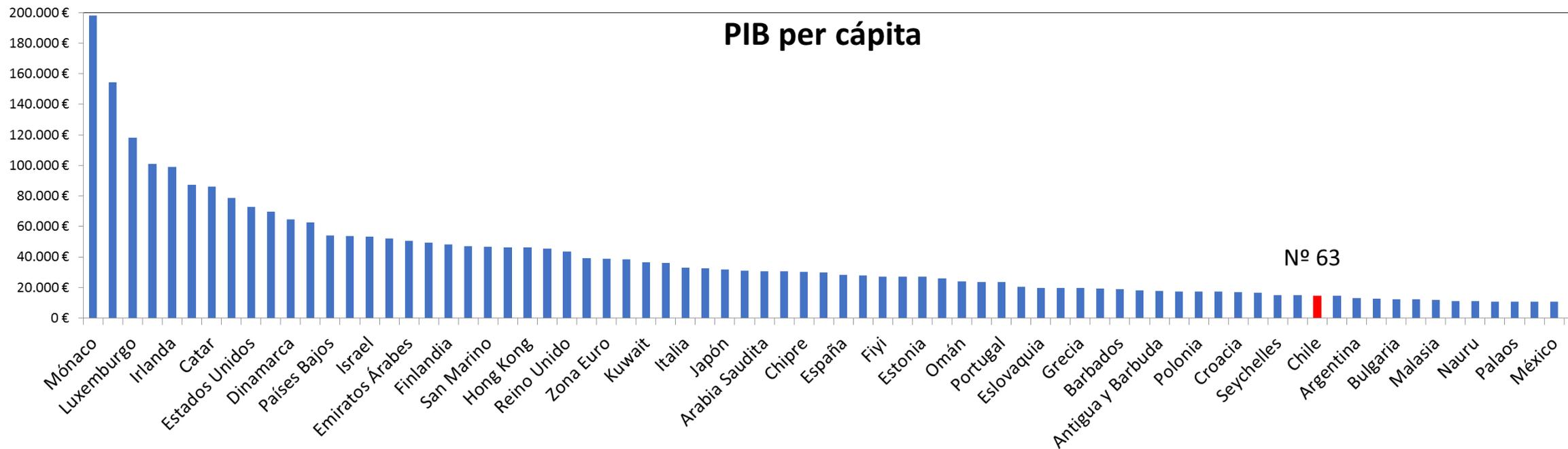


Ultimos 10 años

- Estabilización o leve baja en  $MP_{2,5}$
- Estabilización o leve alza en  $MP_{10}$



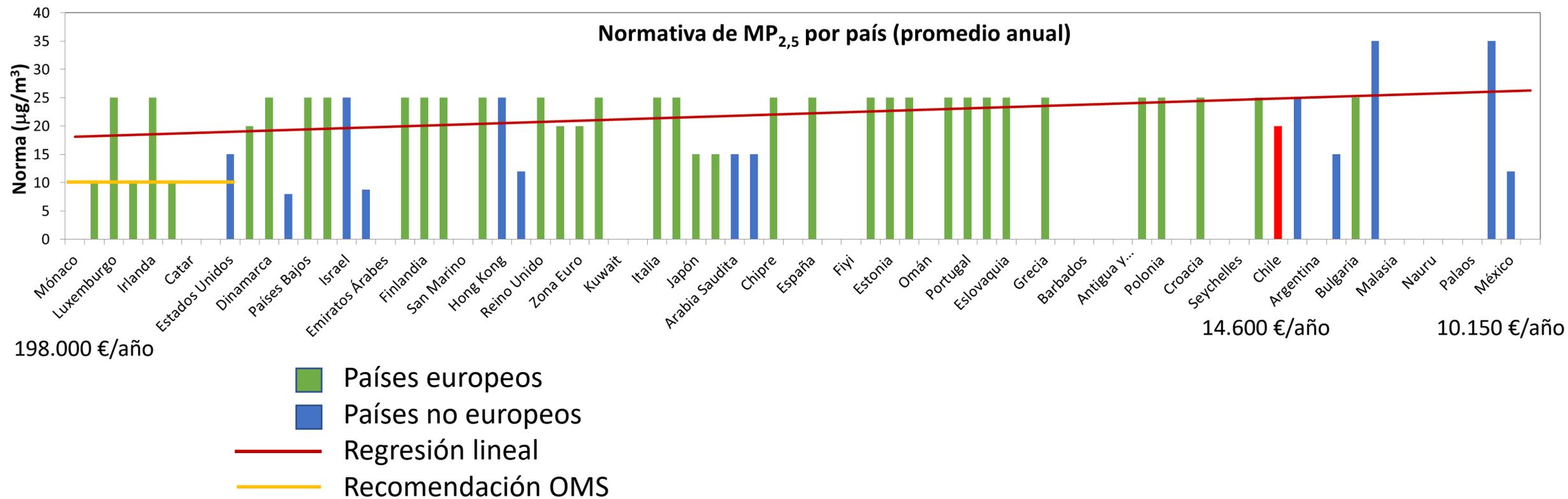
## Contexto



PIB tiene relación con la capacidad promedio de la persona de gastar dinero en alguna actividad o comprar un bien.



## Norma $MP_{2,5}$ Países ordenados por PIB



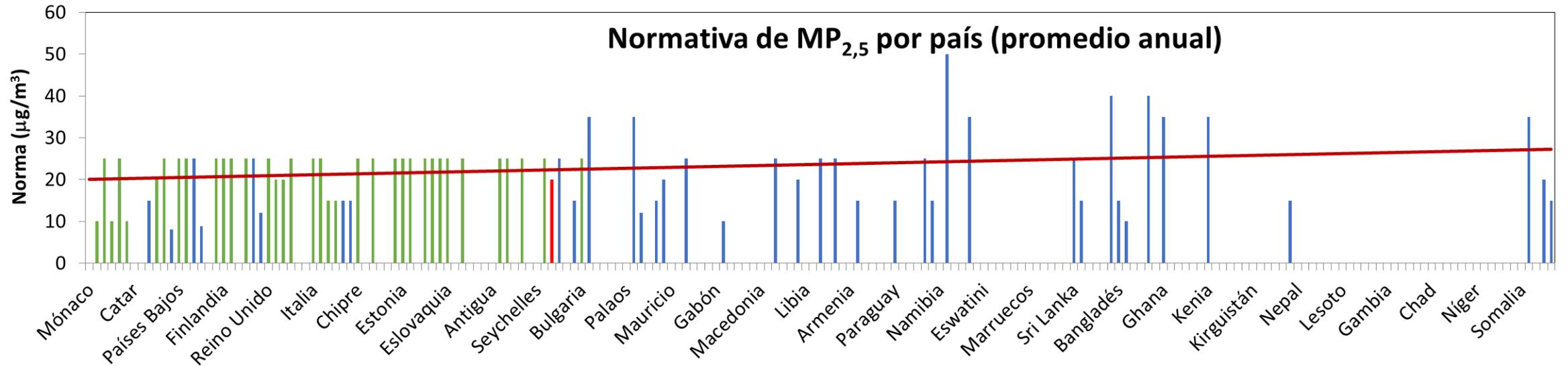


## Recomendación

- Mantener norma actual
- Comparando con otros países, una regresión lineal simple indica que la norma en Chile debería ser  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Endurecer la norma puede conducir a la generación de mayores niveles de informalidad (ejemplo: uso de leña. Se estima que existen 5900 estufas a leña en la zona A de Santiago a pesar de estar prohibido)



# Norma $MP_{2,5}$ Países ordenados por PIB



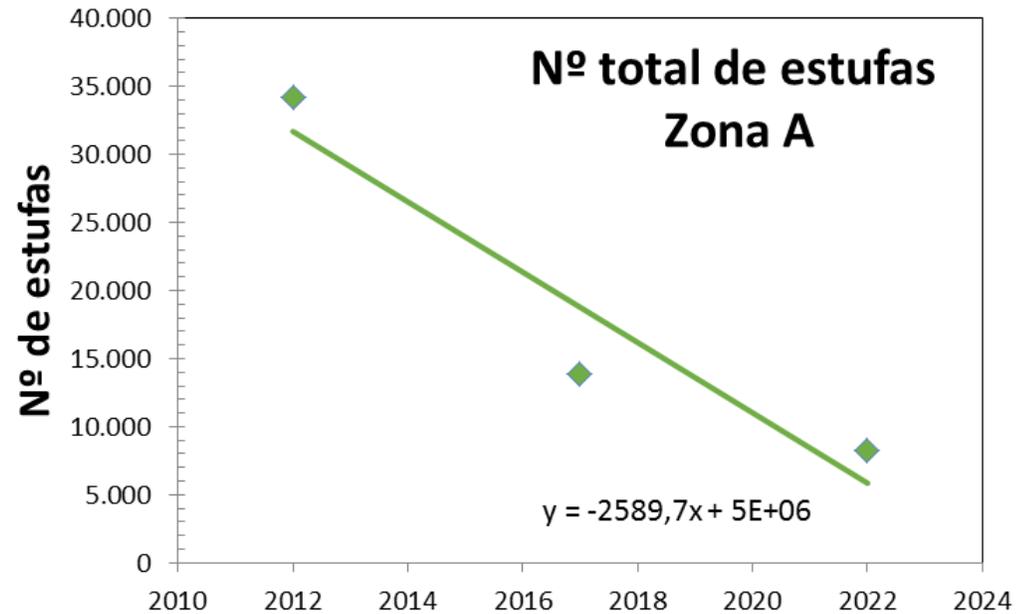
198.000 €/año

233 €/año

- Países europeos
- Países no europeos
- Regresión lineal



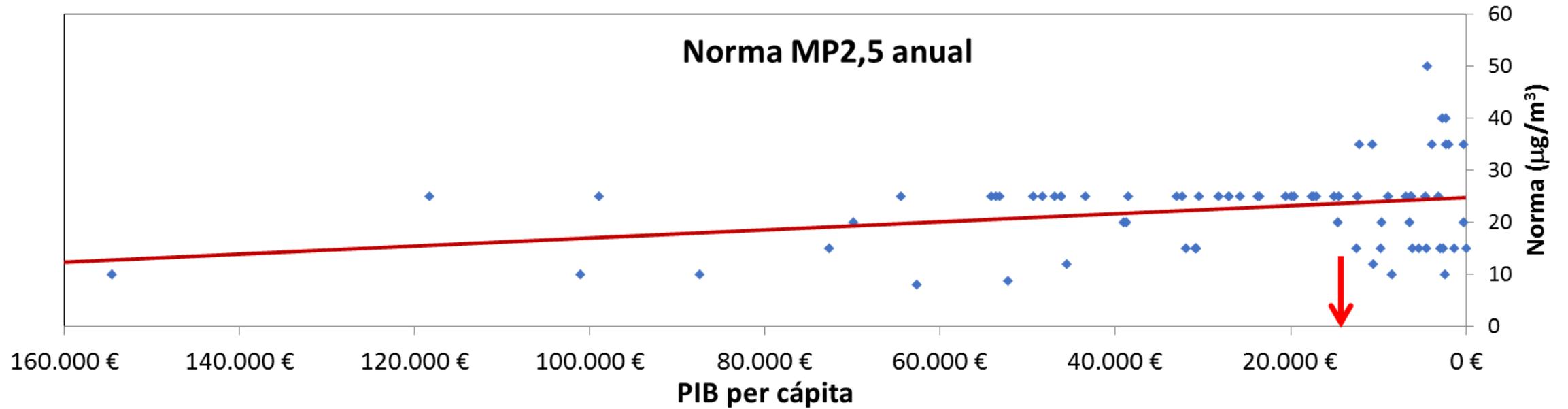
## Comunas urbanas (Zona A)



- El gráfico muestra el total del uso de leña en las comunas urbanas de la Región Metropolitana.
- La línea verde muestra una aproximación lineal a los resultados de los tres estudio.
- Estudios: CDT 2012, Casen 2017, Casen 2022

De acuerdo a lo anterior, una aproximación razonable para el número total de estufas en la Zona A es de: 5.900

# Norma MP<sub>2,5</sub> V/S PIB per cápita



— Ajuste lineal