

# EVALUACIÓN DE LOS PLANES DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN **HUASCO, QUINTERO/PUCHUNCAVÍ Y TOCOPILLA** Y SU COMPARACIÓN CON LOS ESTÁNDARES RECOMENDADOS POR LA OMS



P R O G R A M A

**CHILE SUSTENTABLE**

Propuesta Ciudadana para el Cambio

**EVALUACIÓN DE LOS PLANES DE  
DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA  
EN HUASCO, QUINTERO/PUCHUNCAVÍ Y  
TOCOPILLA Y SU COMPARACIÓN CON LOS  
ESTÁNDARES RECOMENDADOS POR LA OMS**



- **Autores:**  
Resumen Ejecutivo del Estudio realizado por KAS ingeniería para Chile Sustentable
- **Edición de contenidos:**  
Sara Larraín y Javiera Lecourt
- **Edición de textos:**  
Ximena Salinas
- **Diagramación y Diseño de Portada:**  
Emiliano Méndez

# **EVALUACIÓN DE LOS PLANES DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN HUASCO, QUINTERO/PUCHUNCAVÍ Y TOCOPILLA Y SU COMPARACIÓN CON LOS ESTÁNDARES RECOMENDADOS POR LA OMS**

Documento preparado por  
KAS Ingeniería para Fundación Chile Sustentable

Marzo 2022

# Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>1. ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE CONTAMINANTES POR GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD</b> .....	<b>6</b>
<b>2. ESCENARIOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y CRONOGRAMA DE SALIDA DEL CARBÓN AL AÑO 2030 Y AL 2040</b> .....	<b>12</b>
<b>3. PLANES DE DESCONTAMINACIÓN</b> .....	<b>15</b>
<b>4. NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE DESCONTAMINACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>5. NORMAS DE EMISIÓN EN CHILE COMPARADAS CON LAS RECOMENDADAS POR LA OMS</b> .....	<b>29</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>38</b>

## Introducción

En el año 2019 el gobierno de Chile anunció el inicio del proceso de cierre de las 28 termoeléctricas a carbón que operan en el país. Las emisiones de estas centrales constituyen el 25 % de los gases de efecto invernadero (GEI) a nivel nacional y afectan la calidad del aire en los lugares donde operan. Tocopilla, Huasco y Quintero- Puchuncaví son 3 de las localidades en donde estas centrales se ubican, quedando sometidas a Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) debido a los altos índices de contaminación generados por la operación de estas.

Los PPDA son instrumentos de gestión ambiental “a través de la definición e implementación de medias y acciones específicas, tienen como finalidad reducir los niveles de contaminación del aire, con el objeto de resguardar la salud de la población”<sup>1</sup>.

El cronograma de cierre de estas industrias incluyó la salida de 8 unidades al 2025 y puso como fecha límite para el resto, el año 2040. Pero este plan se aceleró producto de las negociaciones climáticas (COP<sup>2</sup> 25 y 26) y las presiones de organizaciones ciudadanas. Actualmente el cronograma contempla el cierre de 18 centrales al 2025, dejando 10 unidades aún sin fecha de cierre. Por lo tanto, las 3 localidades donde operan tendrán que vivir por, al menos 20 años más, con altos índices de emisiones contaminantes de dióxido de azufre (**SO<sub>2</sub>**), óxidos de nitrógeno (**NO<sub>x</sub>**) y material particulado (**MP**), además de otros gases de la combustión a carbón y de las emisiones de GEI.

Este estudio tiene como objetivo la simulación de la operación del parque de generación a carbón al año 2040, fecha límite de acuerdo con el compromiso gubernamental, y al año 2030, fecha límite demandada por los ciudadanos y parlamentarios de la Coalición Chao Carbón para su salida. En ambos escenarios se estimarán las emisiones de dióxido de carbono (**CO<sub>2</sub>**), dióxido de azufre (**SO<sub>2</sub>**), óxidos de nitrógeno (**NO<sub>x</sub>**) y material particulado (**MP**) y se evaluarán las estimaciones de reducción de emisiones.

Asimismo, el estudio presenta la evaluación del cumplimiento efectivo de las metas establecidas en los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica de las ciudades de Tocopilla, Huasco y Quintero/ Puhuncaví respecto de las emisiones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y MP. Además de evaluar cuánto aporta el cierre de las centrales termoeléctricas a carbón al cumplimiento de las normas vigentes en Chile, como asimismo respecto de los estándares de emisión de los mismos contaminantes recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

---

1 Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente <https://ppda.mma.gob.cl/#:~:text=Los%20Planes%20de%20Preveni%C3%B3n%20y,la%20salud%20de%20la%20poblaci%C3%B3n>.

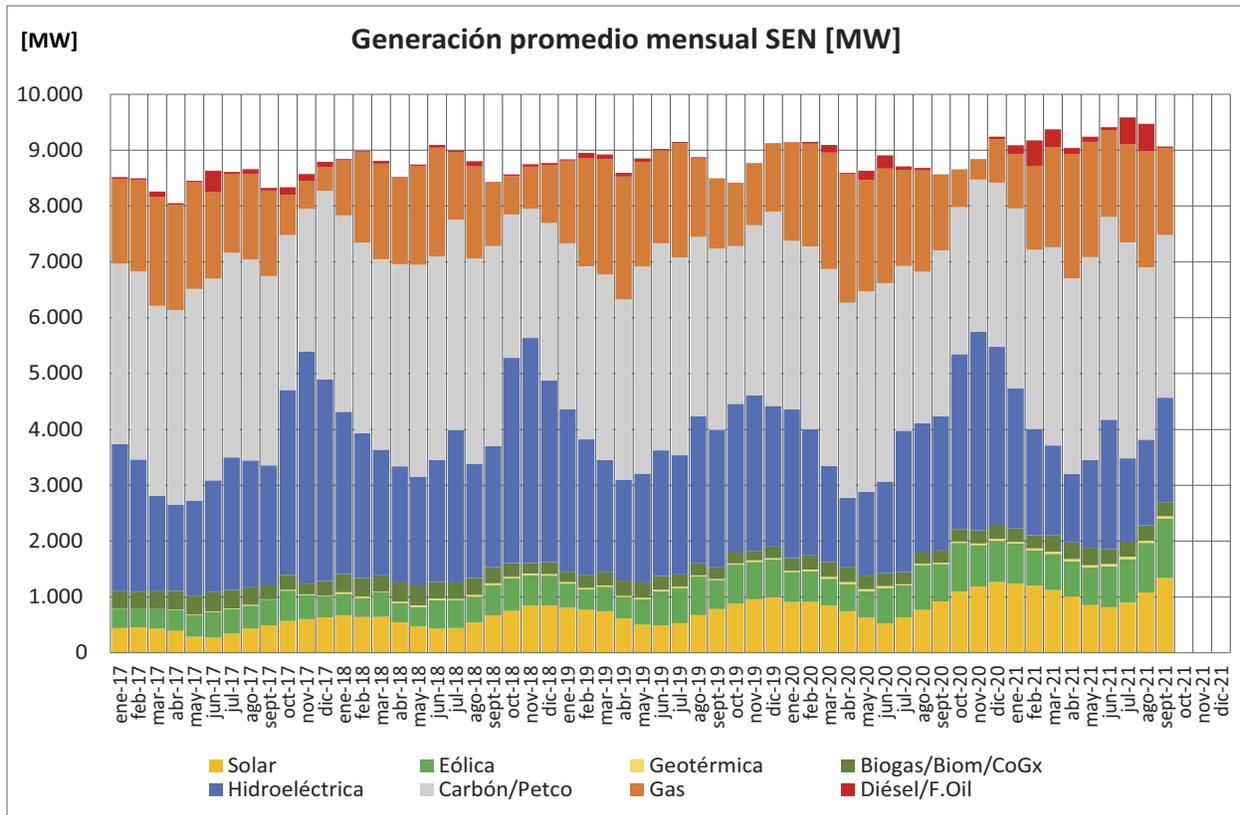
2 Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

# 1. ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE CONTAMINANTES POR GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

En Chile la magnitud de la generación en base a carbón es relativamente reciente. Históricamente el predominio que tuvo la hidroelectricidad, debido a las sequías, dio paso primero al gas natural proveniente de Argentina, respaldado con terminales de regasificación en Quintero y en Mejillones, para luego masificar la construcción de unidades de generación a carbón, en respuesta a la crisis del gas por la reducción del abastecimiento desde Argentina.

El avance y dominio de la generación térmica en los últimos 5 años, ha sido moderado por la penetración de las energías renovables no convencionales (ERNC) que ha desplazado, en cierto porcentaje, a las fuentes convencionales, mas no lo suficiente como para reemplazar el despacho térmico, como muestra la Figura 1 sobre generación promedio mensual entre enero de 2017 y septiembre de 2021.

Figura 1 | Generación promedio mensual del Sistema Eléctrico Nacional



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Coordinador Eléctrico Nacional<sup>B</sup>

Es importante destacar que, tal como muestra la Tabla 1, la generación térmica en base a combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo) entre 2017 y 2021 se ha mantenido estable en términos anuales (entre 54% y 59%), lo cual significa **que las emisiones de contaminantes del sector generación de electricidad se han mantenido en los mismos niveles, aun cuando algunas de las plantas a carbón más antiguas hayan salido de servicio**. Esto último muestra claramente que el efecto de la salida de servicio de las unidades más antiguas en cuanto a emisiones es despreciable, ya que su nivel de despacho era muy bajo.

**Tabla 1 | Generación promedio anual SEN [MW]\***

POTENCIA MEDIA ANUAL [MW]	2017	2018	2019	2020	2021
Solar	448	625	729	870	1.177
Eólica	410	465	550	631	810
Geotérmica	7	24	23	28	37
Biogas/Biom/CoGx	297	289	223	235	265
Hidroeléctrica	2.486	2.655	2.378	2.349	1.843
<b>Carbón/Petco</b>	<b>3.356</b>	<b>3.344</b>	<b>3.285</b>	<b>3.113</b>	<b>3.247</b>
Gas	1.376	1.336	1.613	1.561	1.670
Diésel/F.Oil	96	35	33	64	215
<b>Total</b>	<b>8.476</b>	<b>8.774</b>	<b>8.834</b>	<b>8.851</b>	<b>9.264</b>
<b>% Gen Térmica</b>	<b>57,0%</b>	<b>53,7%</b>	<b>55,8%</b>	<b>53,5%</b>	<b>55,4%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Coordinador Eléctrico Nacional. (año 2021 muestra promedio enero-sept)

## 1.1. EMISIONES DE CONTAMINANTES POR TIPO DE COMBUSTIBLE UTILIZADO

La generación térmica en base a combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo) genera emisiones de gases contaminantes que tienen graves efectos en la salud de la población y el medio ambiente. Cada combustible emite diferentes cantidades de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP en cantidades muy altas, además de metales pesados como mercurio, vanadio y níquel no incorporados en las normas de emisión para termoeléctricas.

En las siguientes tablas se presentan los registros de emisión de dichos contaminantes según tipo de combustible para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y entre enero y junio de 2021. Los datos fueron rescatados desde el sistema SNIFA<sup>4</sup> y corresponden a las mediciones a la salida de la chimenea, es decir, una vez que han actuado todos los filtros instalados para abatir emisiones, por lo tanto, son emisiones directas a la atmósfera.

En cuanto a los niveles de operación, el carbón es el combustible más utilizado, seguido por el gas natural y el petróleo diésel, este último utilizado solo para situaciones de emergencia o falla en el sistema.

En cuanto a emisiones, En la Tabla 2 se observa que la generación a carbón es la más intensiva en emisiones de CO<sub>2</sub> (25,8 millones toneladas anuales<sup>5</sup>), de NO<sub>x</sub> (30 mil toneladas anuales), de SO<sub>2</sub> (26 mil toneladas anuales) y finalmente de MP (1268 toneladas anuales).

4 Página web: <https://snifa.sma.gob.cl/DatosAbiertos>

5 Todas estas son toneladas anuales promedio, el cual comprende el periodo 2017 a 2021. En 2021, dada la disponibilidad de datos solo hasta junio del mismo año, se estimó el total anual como el doble de lo medido durante el primer semestre.

**Tabla 2 | Generación anual a carbón (en MWh) y emisión de contaminantes (en toneladas)**

Año	Generación [MWh]	Emisión CO <sub>2</sub> [Ton]	Emisión NO <sub>x</sub> [Ton]	Emisión SO <sub>2</sub> [Ton]	Emisión MP [Ton]
2017	28.991.135	26.190.589	32.585	28.040	1.448
2018	28.869.507	26.233.014	32.141	27.701	1.470
2019	28.043.374	25.423.286	29.279	25.883	1.108
2020	26.964.417	24.044.157	27.668	23.116	1.167
2021	14.618.146	13.495.613	14.625	12.490	573
<b>Promedio</b>	<b>28.420.945</b>	<b>25.776.454</b>	<b>30.185</b>	<b>25.944</b>	<b>1.268</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

En cuanto a las emisiones por generación a gas natural, en la Tabla 3 destacan en intensidad las de CO<sub>2</sub> (5,4 millones toneladas anuales<sup>6</sup>), seguidas por NO<sub>x</sub> ( 2799 toneladas anuales<sup>7</sup>), MP (129 toneladas anuales) y SO<sub>2</sub> (79 toneladas anuales).

**Tabla 3 | Generación anual a gas natural (en MWh) y emisiones contaminantes (en toneladas)**

Año	Generación [MWh]	Emisión CO <sub>2</sub> [Ton]	Emisión NO <sub>x</sub> [Ton]	Emisión SO <sub>2</sub> [Ton]	Emisión MP [Ton]
2017	10.316.661	4.914.867	2.497	19	143
2018	10.534.209	4.808.461	2.812	66	152
2019	12.463.713	5.302.499	2.872	65	147
2020	12.105.318	6.171.217	2.853	115	96
2021	5.937.996	2.845.647	1.480	66	53
<b>Promedio</b>	<b>11.459.179</b>	<b>5.377.668</b>	<b>2.799</b>	<b>79</b>	<b>129</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

Finalmente, en la Tabla 4 se muestra que las emisiones por generación a petróleo diésel son intensivas en CO<sub>2</sub> (563 mil toneladas), SO<sub>2</sub> (1656 toneladas), NO<sub>x</sub> (718 toneladas) y MP (43 toneladas).

**Tabla 4 | Generación anual a petróleo diésel (MWh) y emisiones contaminantes (en toneladas)**

Año	Generación [MWh]	Emisión CO <sub>2</sub> [Ton]	Emisión NO <sub>x</sub> [Ton]	Emisión SO <sub>2</sub> [Ton]	Emisión MP [Ton]
2017	866.661	720.681	1.007	7.149	81
2018	392.166	356.229	566	178	50
2019	272.869	253.508	300	137	14
2020	489.045	402.759	523	211	29
2021	600.923	540.787	596	301	21
<b>Promedio</b>	<b>644.518</b>	<b>562.950</b>	<b>718</b>	<b>1.656</b>	<b>43</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

6 Todas estas son toneladas anuales promedio, el cual comprende el periodo 2017 a 2021. En 2021, dada la disponibilidad de datos solo hasta junio del mismo año, se estimó el total anual como el doble de lo medido durante el primer semestre.

7 Todas estas son toneladas anuales promedio, el cual comprende el periodo 2017 a 2021. En 2021, dada la disponibilidad de datos solo hasta junio del mismo año, se estimó el total anual como el doble de lo medido durante el primer semestre.

## 1.2. FACTORES DE EMISIÓN DE LOS CONTAMINANTES EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA

La comparación de emisiones entre combustibles se estima en base a un factor de emisión por combustión de cada fósil; lo cual entrega la tasa de emisión por cada MWh generado. **Tal como se muestra en las tablas siguientes, el carbón supera a los demás fósiles en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub>, y es el mayor emisor de contaminantes por MWh generado. No obstante, el petróleo diésel presenta factores de emisión mayores a los del carbón y el gas natural para los contaminantes NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP.** El combustible que “contamina menos” es el gas natural, el cual presenta factores de emisión mucho menores respecto del carbón un 52% para CO<sub>2</sub>; un 23% para NO<sub>x</sub>, un 1% para SO<sub>2</sub> y 26% para MP.

Tabla 5 | Factores de emisión para el carbón

Año	CO <sub>2</sub> [Ton/MWh]	NO <sub>x</sub> [Ton/MWh]	SO <sub>2</sub> [Ton/MWh]	MP [Ton/MWh]
2017	0,903	0,001124	0,000967	0,000050
2018	0,909	0,001113	0,000960	0,000051
2019	0,907	0,001044	0,000923	0,000040
2020	0,892	0,001026	0,000857	0,000043
2021	0,923	0,001000	0,000854	0,000039
<b>Promedio</b>	<b>0,907</b>	<b>0,001062</b>	<b>0,000912</b>	<b>0,000045</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

Tabla 6 | Factores de emisión para el gas natural

Año	CO <sub>2</sub> [Ton/MWh]	NO <sub>x</sub> [Ton/MWh]	SO <sub>2</sub> [Ton/MWh]	MP [Ton/MWh]
2017	0,476	0,000242	0,000002	0,000014
2018	0,456	0,000267	0,000006	0,000014
2019	0,425	0,000230	0,000005	0,000012
2020	0,510	0,000236	0,000009	0,000008
2021	0,479	0,000249	0,000011	0,000009
<b>Promedio</b>	<b>0,469</b>	<b>0,000245</b>	<b>0,000007</b>	<b>0,000011</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

Tabla 7 | Factores de emisión para el petróleo diésel

Año	CO <sub>2</sub> [Ton/MWh]	NO <sub>x</sub> [Ton/MWh]	SO <sub>2</sub> [Ton/MWh]	MP [Ton/MWh]
2017	0,832	0,001163	0,008249	0,000094
2018	0,908	0,001444	0,000454	0,000129
2019	0,929	0,001099	0,000504	0,000050
2020	0,824	0,001070	0,000432	0,000060
2021	0,900	0,000992	0,000501	0,000035
<b>Promedio</b>	<b>0,878</b>	<b>0,001154</b>	<b>0,002028</b>	<b>0,000073</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

### 1.3. EMISIONES CONTAMINANTES POR COMUNA

En base a la información de cada unidad de generación a carbón, es posible estimar las emisiones contaminantes para el periodo entre enero de 2017 y junio de 2021, de las plantas que operan en las comunas de Tocopilla<sup>8</sup>, Huasco<sup>9</sup> y Quintero -Puchuncaví<sup>10</sup> y coronel declaradas latentes y saturadas.

Para el caso de Tocopilla (Tabla 8), se puede apreciar que los factores de emisión han ido bajando a través de los años. Esto se debe a que las unidades a carbón más antiguas y contaminantes han operado cada vez menos horas y algunas de ellas (Tocopilla U12 y U13) fueron retiradas definitivamente en el año 2019.

Tabla 8 | Generación y emisión de contaminantes en Tocopilla

Año	Generación	Emisiones				Factores de emisión			
	[MWh]	CO <sub>2</sub> [Ton]	NO <sub>x</sub> [Ton]	SO <sub>2</sub> [Ton]	MP [Ton]	Ton/MWh CO <sub>2</sub>	kg/MWh NO <sub>x</sub>	kg/MWh SO <sub>2</sub>	kg/MWh MP
2017	4.764.444	4.374.337	6.730	5.744	200	0,918	1,41	1,21	0,042
2018	4.087.807	3.413.999	5.051	4.120	131	0,835	1,24	1,01	0,032
2019	3.158.766	2.210.761	3.271	2.406	97	0,700	1,04	0,76	0,031
2020	2.931.209	2.104.814	2.556	2.085	83	0,718	0,87	0,71	0,028
2021	1.444.220	1.055.557	1.477	966	40	0,731	1,02	0,67	0,028

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

En el caso de Huasco (Tabla 9), para el período 2017 al 2021, en promedio por cada MWh generado, se emite a la atmósfera 1 tonelada de CO<sub>2</sub>; 0,91 kg de NO<sub>x</sub>; 0,87 kg de SO<sub>2</sub> y 0,038 kg de MP. En este caso, como la generación es sólo en base a carbón (las 5 unidades de Guacolda), los parámetros son más altos comparados con las otras comunas y en los últimos años se observa una leve tendencia al alza en los factores de emisión.

Tabla 9 | Generación y emisión de contaminantes en Huasco

Año	Generación	Emisiones				Factores de emisión			
	[MWh]	CO <sub>2</sub> [Ton]	NO <sub>x</sub> [Ton]	SO <sub>2</sub> [Ton]	MP [Ton]	ton/MWh CO <sub>2</sub>	kg/MWh NO <sub>x</sub>	kg/MWh SO <sub>2</sub>	kg/MWh MP
2017	3.576.167	3.486.296	3.390	2.917	211	0,975	0,95	0,82	0,059
2018	4.570.785	4.494.285	3.993	4.063	186	0,983	0,87	0,89	0,041
2019	5.118.764	5.080.794	4.353	4.537	130	0,993	0,85	0,89	0,025
2020	4.692.419	4.763.187	4.239	3.697	160	1,015	0,90	0,79	0,034
2021	2.499.076	2.554.556	2.478	2.427	76	1,022	0,99	0,97	0,031

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA

8 Para el caso del sitio de Tocopilla, que se muestra en la Tabla 8, incluye las unidades generadoras de la Central Termoeléctrica de Tocopilla (hoy Engie Energía Chile), con sus unidades a carbón U12, U13, U14 y U15, el central ciclo combinado a gas natural denominada U16 y las turbinas a petróleo diésel TG1, TG2 y TG3. Además, también se encuentran en este sitio las unidades de la Central Termoeléctrica Norgener de AES Gener, con sus unidades a carbón NTO1 y NTO2.

9 Para el caso de Huasco, que se muestra en la Tabla 10, se incluyen las 5 unidades a carbón de Central Termoeléctrica Guacolda.

10 Para el caso de Quintero-Puchuncaví, que se muestra en la Tabla 11, se incluye solamente las emisiones debido a generación eléctrica, ya que en los sitios existen otras fuentes emisoras de contaminantes. Estas corresponden a las centrales Ventanas 1 y 2, Nueva Ventanas y Campiche.

Los datos sobre generación registrados para el caso de Quintero-Puchuncaví (Tabla 10) muestran una tendencia a la baja entre el 2018 y 2021. Los factores de emisión promedio también presentan una leve tendencia a la baja para  $\text{NO}_x$  y MP en los últimos años.

**Tabla 10 | Generación y emisión de contaminantes en Quintero y Puchuncaví**

Año	Generación	Emisiones				Factores de emisión			
	[MWh]	$\text{CO}_2$ [Ton]	$\text{NO}_x$ [Ton]	$\text{SO}_2$ [Ton]	MP [Ton]	ton/MWh $\text{CO}_2$	kg/MWh $\text{NO}_x$	kg/MWh $\text{SO}_2$	kg/MWh MP
2017	11.830.488	7.656.768	8.610	5.234	329	0,647	0,73	0,44	0,028
2018	12.147.421	8.088.229	9.307	6.262	308	0,666	0,77	0,52	0,025
2019	11.535.949	7.181.685	7.860	5.105	170	0,623	0,68	0,44	0,015
2020	10.692.391	7.017.068	7.231	5.089	105	0,656	0,68	0,48	0,010
2021	5.654.734	3.629.683	3.571	2.634	48	0,642	0,63	0,47	0,008

Fuente: Elaboración propia en base a datos disponibles en SNIFA



## 2. ESCENARIOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y CRONOGRAMA DE SALIDA DEL CARBÓN AL AÑO 2030 Y AL 2040

Con el objeto de estimar las emisiones del parque generador a carbón durante las próximas 2 décadas, en este capítulo se presentan dos escenarios de operación para el Sistema Eléctrico Nacional -que abastece la demanda eléctrica desde Arica a Chiloé- en base a la información de proyecciones de la Comisión Nacional ESCENARIOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y CRONOGRAMA DE SALIDA DEL CARBÓN AL AÑO 2030 Y AL 2040. Para cada escenario se determinó la cantidad de emisiones anuales de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP, asociada a la generación térmica (carbón, gas natural y petróleo diésel).

Tabla 11 | Fechas comprometidas para retiro/reconversión de centrales a carbón

Sitio	Central	Unidad	Fecha Reconversión	Fecha Cierre
Tarapacá	Tarapacá	CCTAR		Dic-2019
Tocopilla	Tocopilla	U12		Jun-2019
		U13		Jun-2019
		U14		Ene-2022
		U15		Ene-2022
	Norgener	NTO1		Dic-2040
		NTO2		Dic-2040
Mejillones	CTM	CTM1		Dic-2024
		CTM2		Dic-2024
		CTA	Ene-2026: Biomasa	
		CTH	Ene-2026: Biomasa	
		IEM	Ene-2026: Gas Natural	
		Angamos	ANG1	
	ANG2			Dic-2025*
	Cochrane	CHR1		Dic-2040
		CHR2		Dic-2040
	Huasco	Guacolda	Guacolda 1	
Guacolda 2				Dic-2040
Guacolda 3				Dic-2040
Guacolda 4				Dic-2040
Guacolda 5				Dic-2040
Quintero	Ventanas	Ventanas 1		Dic-2020 (ERE**)
		Ventanas 2		Dic-2022 (ERE**)
		Campiche		Dic-2025*
		Nueva Ventanas		Dic-2025*
Coronel	Bocamina	Bocamina 1		Dic-2020
		Bocamina 2		May-2022
	Santa María	Santa María 1		Dic-2040

\* Estas centrales fueron declaradas "disponibles para cierre", a criterio de las autoridades

\*\* ERE: Estado de Reserva Estratégica: Centrales que anuncian su salida de servicio y pueden solicitar permanecer hasta 5 años en "estado de reserva". Su eventual despacho requiere un aviso anticipado de 60 días.

Fuente: Plan de retiro y/o reconversión de unidades a carbón<sup>11</sup>

11 [https://energia.gob.cl/sites/default/files/plan\\_de\\_retiro\\_y\\_o\\_reconversion\\_centrales\\_carbon.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/plan_de_retiro_y_o_reconversion_centrales_carbon.pdf)

Un tema importante a considerar es que mientras no exista una capacidad instalada suficiente en sistemas de almacenamiento (baterías u otras tecnologías que almacenen energía en grandes volúmenes) y diversidad de fuentes renovables que complementen la generación solar fotovoltaica y eólica, seguirá siendo necesaria la generación de las centrales térmicas. Esto es más evidente aún en períodos del día sin Sol o en invierno, por la menor radiación solar; o bien por condiciones de viento no suficientes para generación.

Un primer escenario de operación considera el retiro/reconversión de todas las unidades al año 2025 según las fechas anunciadas por el gobierno y las empresas manteniendo disponibles las restantes 10 unidades hasta el año 2040, como se indica en la Tabla 11.

Un segundo escenario considera el retiro de las 18 centrales ya anunciadas al año 2025, y el cierre de las 10 unidades carboneras para las cuales no existe fecha de cierre definida al año 2030, reemplazando su capacidad mayoritariamente por unidades que generan en base a energías renovables, y algunas en base a ciclo combinado con gas natural para asegurar un respaldo con menores emisiones contaminantes.

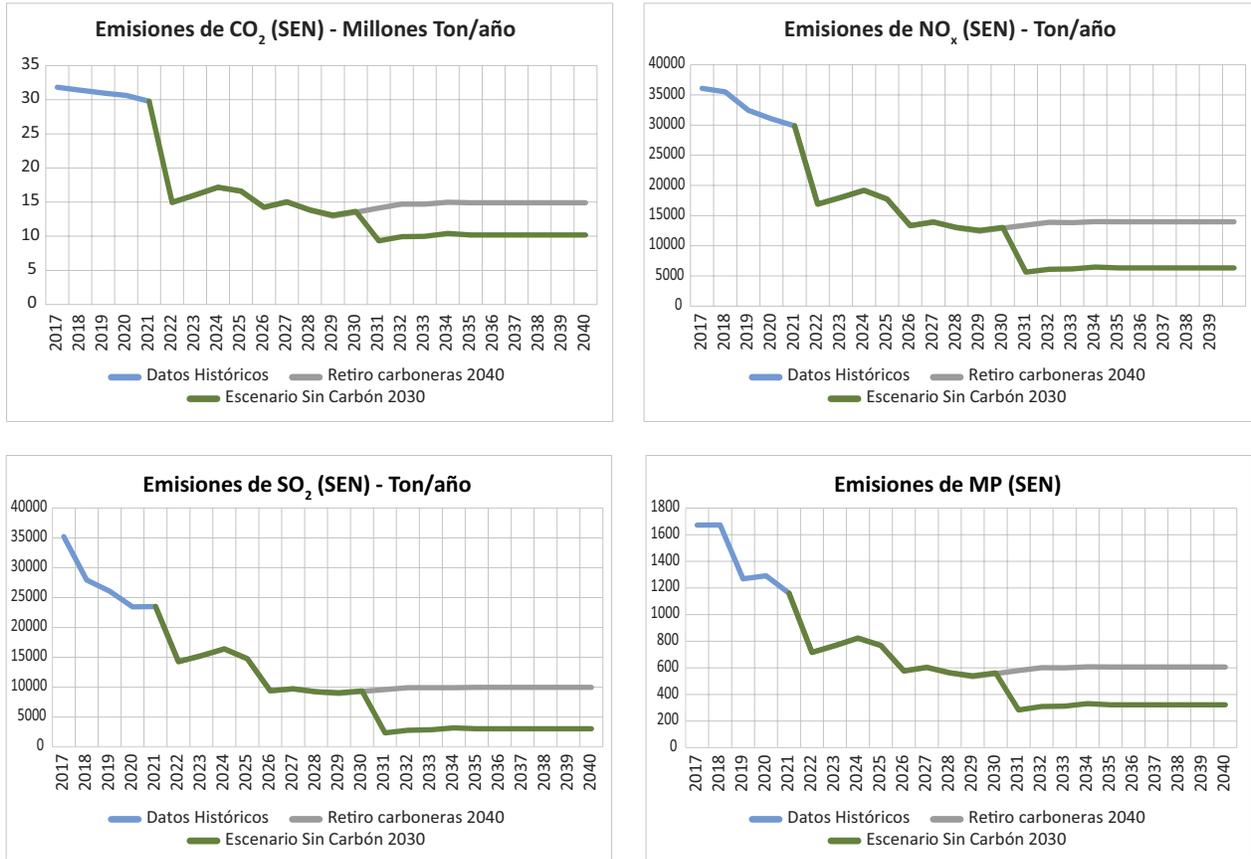
En la Figura 2 se puede apreciar que para el período 2030-2040, aún cuando la generación térmica permanece en niveles similares en ambos casos (en términos de GWh generados), el mero cambio de generación desde carbón a gas natural reduce considerablemente la emisión de los distintos contaminantes, tal como se señala en la Tabla 3 y en la Tabla 6.

Con el retiro de las 18 centrales a carbón programadas el año 2025 y manteniendo las otras 10 operativas hasta el año 2040, el escenario esperado muestra una reducción de emisiones anuales desde aproximadamente 30 a 15 millones toneladas de  $\text{CO}_2$ , desde 35 mil a 15 mil toneladas de  $\text{NO}_x$ , de 35 mil a 10 mil toneladas de  $\text{SO}_2$  y de 1600 a 600 toneladas de material particulado, para todo el sistema eléctrico Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

**En cambio, si se adelanta el cierre de las 10 centrales sin fecha de retiro desde 2040 al año 2030, las emisiones se reducen desde 30 millones a 10 millones de toneladas anuales de  $\text{CO}_2$ , desde 35 mil a 7 mil toneladas anuales de  $\text{NO}_x$ , desde 35 mil a 3 mil toneladas anuales de  $\text{SO}_2$  y de 1600 a 300 toneladas anuales de Material Particulado.**



**Figura 2 | Registro histórico de emisión de contaminantes y proyección al 2040**



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2, la línea azul representa los datos históricos de reducción de emisiones por cierre de carboneras hasta 2021. La línea verde representa la simulación de operación del sistema eléctrico a partir de 2022 y la reducción de emisiones con el retiro gradual de centrales a carbón anunciadas para el año 2025 y las 10 centrales a carbón restantes cerrando al año 2030. La línea gris representa el escenario donde las 10 centrales a carbón permanecen hasta 2040, perpetuándose las emisiones de los contaminantes CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y MP.

### 3. PLANES DE DESCONTAMINACIÓN

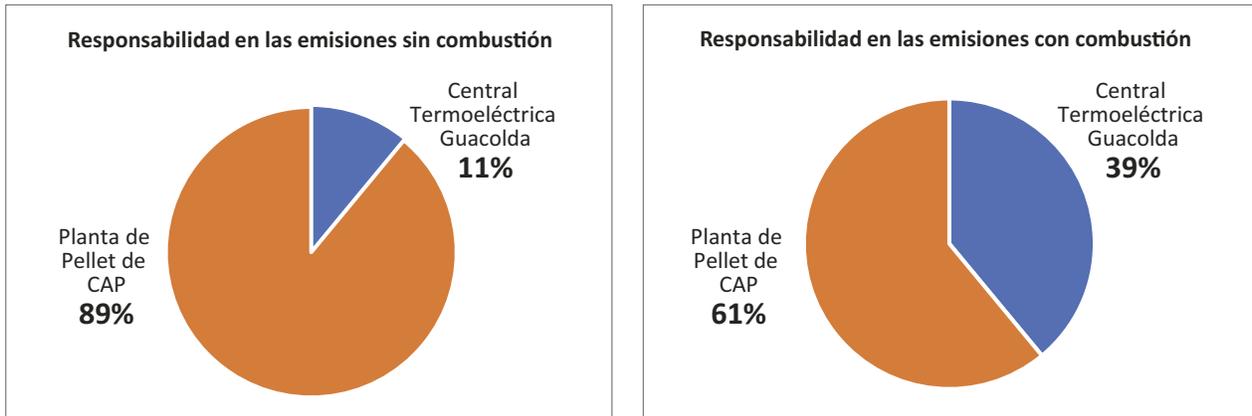
A continuación, la Tabla 12 presenta un cuadro resumen con los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica vigentes en las comunas de Tocopilla, Huasco y Quintero-Puchuncaví.

**Tabla 12 | Planes de Prevención y Descontaminación Tocopilla, Huasco y Quintero-Puchuncaví**

Comuna	Norma	Antecedentes	Metas y reducciones.
<b>Tocopilla</b>	<p>En 2010 se establece un Plan Descontaminación Atmosférica (PDA)</p> <p>Establece medidas para dar cumplimiento en 7 años a la Norma Primaria de Material Particulado Respirable MP10.</p>	<p>El 95,17% del MP10 registrado en 2001 fue producido por fuentes térmicas.</p> <p>En 2007 se declaró a la zona circundante a Tocopilla saturada por MP10 respirable como concentración anual por superación de la norma por tres años seguidos.</p>	<p>La meta de reducción de emisiones total es de 2.068 toneladas anuales, donde las termoeléctricas Electroandina y Norgener deben cumplir con reducciones de 1123 y 917 toneladas anuales respectivamente, en el plazo establecido por el PDA.</p>
<b>Huasco</b>	<p>En 2017 se establece el Plan de Prevención de Contaminación Atmosférica para reducir las concentraciones de MP10 como concentración anual, para evitar alcanzar la situación de saturación en un plazo de 10 años.</p> <p>El plan de prevención considera emisiones con combustión (proveniente de fuentes térmicas) y sin combustión (provenientes de fuentes de resuspensión en caminos) cuya responsabilidad de puede observar en la Figura 2.</p>	<p>En mayo de 2012 Huasco y área circundante se declara Zona Latente por material particulado respirable MP10, como concentración anual.</p> <p>La norma de calidad primaria para MP10 como concentración anual se encontraba en condición latente para el año 2009 y 2010 de acuerdo con el promedio de tres años calendarios consecutivos (2007, 2008, 2009 y 2010)</p> <p>El decreto N°38 que establece el Plan señala que las principales actividades emisoras de material particulado localizadas en la zona latente corresponden a la termoeléctrica Guacolda y a la planta de pellets de CAP Minería; además de movimientos y caminos de tierra.</p>	<p>Las metas de reducción para las actividades sin combustión son de 328 toneladas anuales y para las con combustión 1.291 toneladas anuales.</p> <p>Se dio a la planta de pellet de CAP 3 años plazo para adaptarse al PDA, pudiendo emitir hasta un máximo de 900 ton/año de MP y a partir del cuarto año solo 341 ton/año de MP (1100 ton de reducción).</p> <p>La Central Guacolda debería disminuir desde las 921 toneladas anuales del año base, a un máximo de 730 ton/año de MP. La meta se deberá cumplir desde el primer año de vigencia del Plan.</p>
<b>Quintero - Puchuncaví</b>	<p>El Decreto N°105 del MMA<sup>12</sup> en 2019 aprueba el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.</p>	<p>En junio de 2015 se declara Zona Saturada por material particulado fino respirable MP2.5 como concentración anual y Latente como concentración diaria; y Zona Latente por material particulado respirable MP10 como concentración anual</p> <p>Establece medidas de reducción para las emisiones para ENAP (refinería de petróleo), AES Gener (termoeléctricas de generación a carbón) y Codelco (fundición), y límites de emisión en calderas y acopio de graneles (entre ellos el carbón para generación de electricidad).</p>	<p>El Decreto establece la reducción de contaminantes regulados (MP, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>), mediante reducción en concentración anual de MP2.5.</p> <p>Se pone a ENAP la meta de reducción de 77,9% en la concentración de material particulado 2,5 (MP 2,5); AES Gener debe reducir su concentración de MP en 2,43%; y Codelco debe reducir su concentración de MP en 12,87%.</p>

Fuente: Elaboración propia según PPDA publicados en <https://ppda.mma.gob.cl/>

Figura 3 | Responsabilidad de las fuentes reguladas en las emisiones de Huasco



Fuente: Decreto N°38 – 2017 del Ministerio del Medio Ambiente



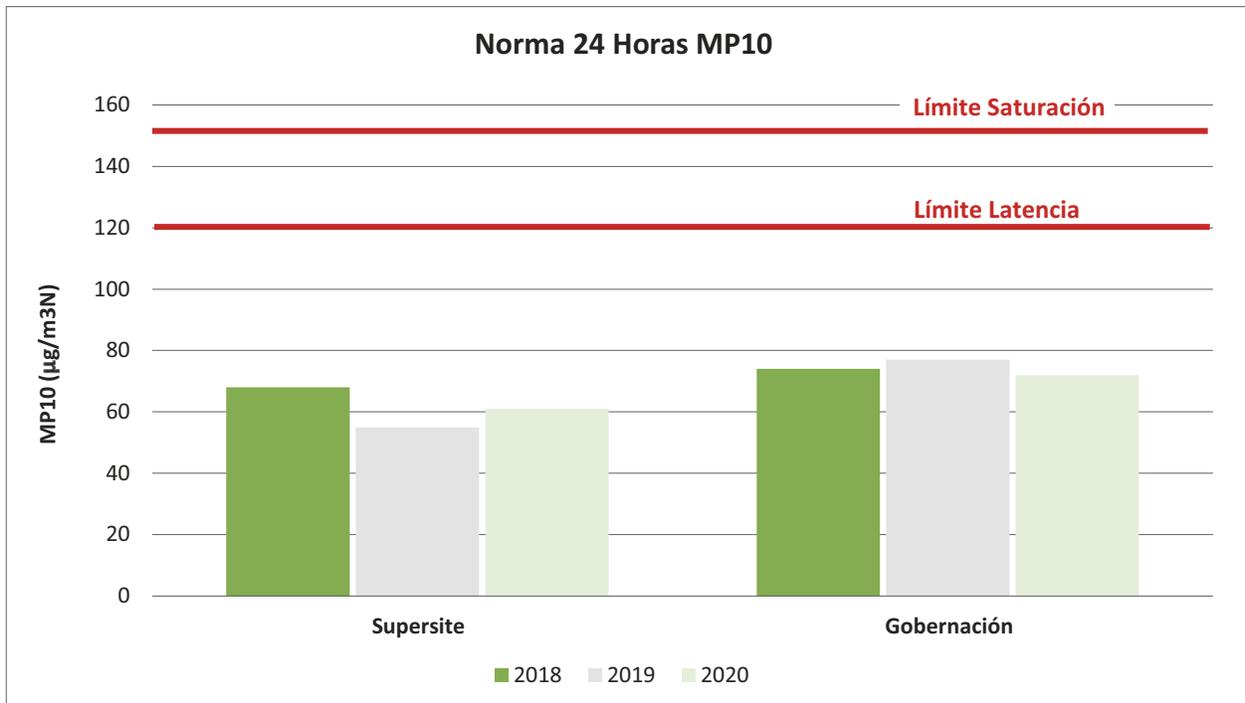
## 4. NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LOS PLANES DE DESCONTAMINACIÓN

En este apartado se analiza el nivel de cumplimiento de los Planes de Prevención y Descontaminación en las Comunas de Tocopilla, Huasco y Quintero- Puchuncaví, cada zona previamente detallada.

### 4.1. TOCOPILLA

Durante los años 2018 a 2020 los límites establecidos en el Plan de Descontaminación Atmosférica establecido en 2010 han estado muy por debajo de los máximos establecidos en la norma de 24 horas y anual<sup>13</sup> para MP10<sup>14</sup>, tal como se muestra en la Figura 4 y Figura 5.

Figura 4 | Evaluación norma 24 horas para MP10 por año - Tocopilla

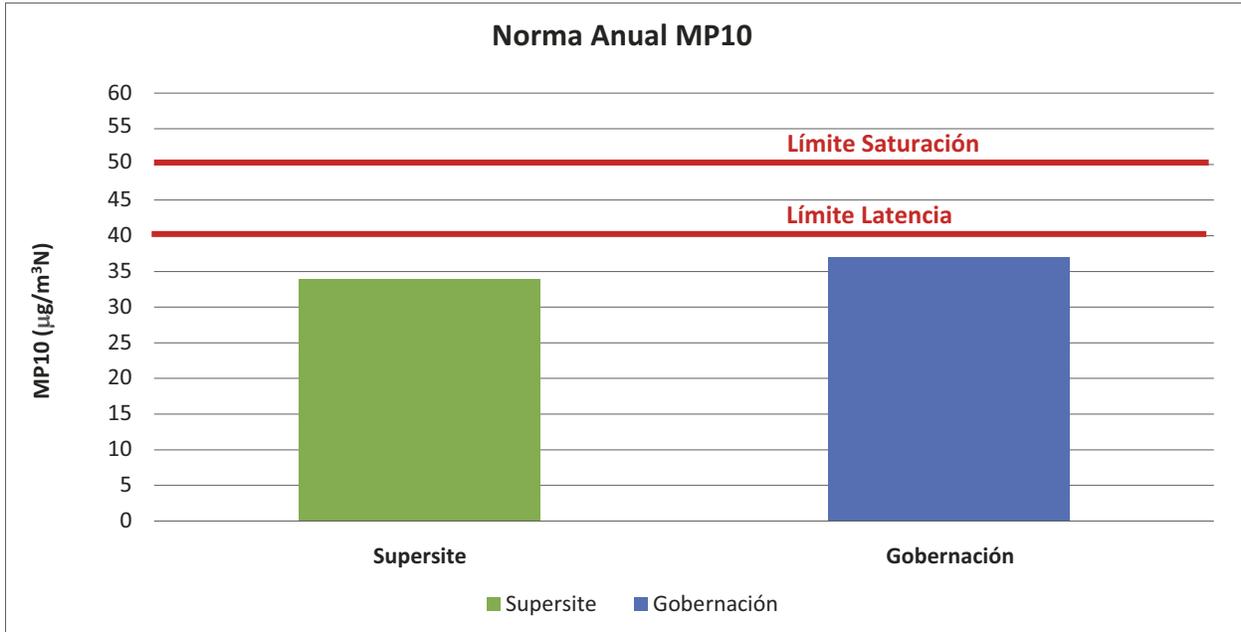


Fuente: Informe del estado de avance de las medidas e instrumentos del Plan, año 2020 (Figura 1, pág. 6)

13 Establece como límite una concentración de 50 µg/m³N, mediante el cálculo del promedio trianual (que incluye los años 2018, 2019 y 2020).

14 Fija como límite un valor de 150 µg/m³N, mediante el análisis de los datos de MP10 y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en las estaciones Supersite (ex Escuela E-10) y Gobernación.

Figura 5 | Evaluación norma anual de MP10 - Tocopilla



Fuente: Informe del estado de avance de las medidas e instrumentos del Plan, año 2020 (Figura 2, pág. 7)

Se puede afirmar que el plan de descontaminación tuvo un desempeño adecuado, logrando sus metas. No obstante, hay que explicitar que esta reducción de emisiones se debió principalmente a la reducción de la operación de las centrales Electroandina + Norgener, **desde 6.147 GWh en 2007 a 2.947GWh en 2020. Es decir, una reducción de 48% de la generación eléctrica en 2020 respecto a 2007.** En particular, Electroandina disminuyó desde 4.143 GWh en 2007 a 1.213 GWh en 2020, mientras que Norgener bajó desde 2.004 GWh el año 2007 a 1.734 GWh en 2020.

**La menor generación de las unidades de Electroandina se debe a que su costo variable es de los más altos del conjunto de centrales carboneras, quedando desplazado su despacho en el orden de mérito y, también debido a la creciente entrada en operación de centrales renovables, siendo su operación poco requerida.** Adicionalmente, es importante indicar que la generación de Electroandina durante 2020 fue 90% en base a gas natural.

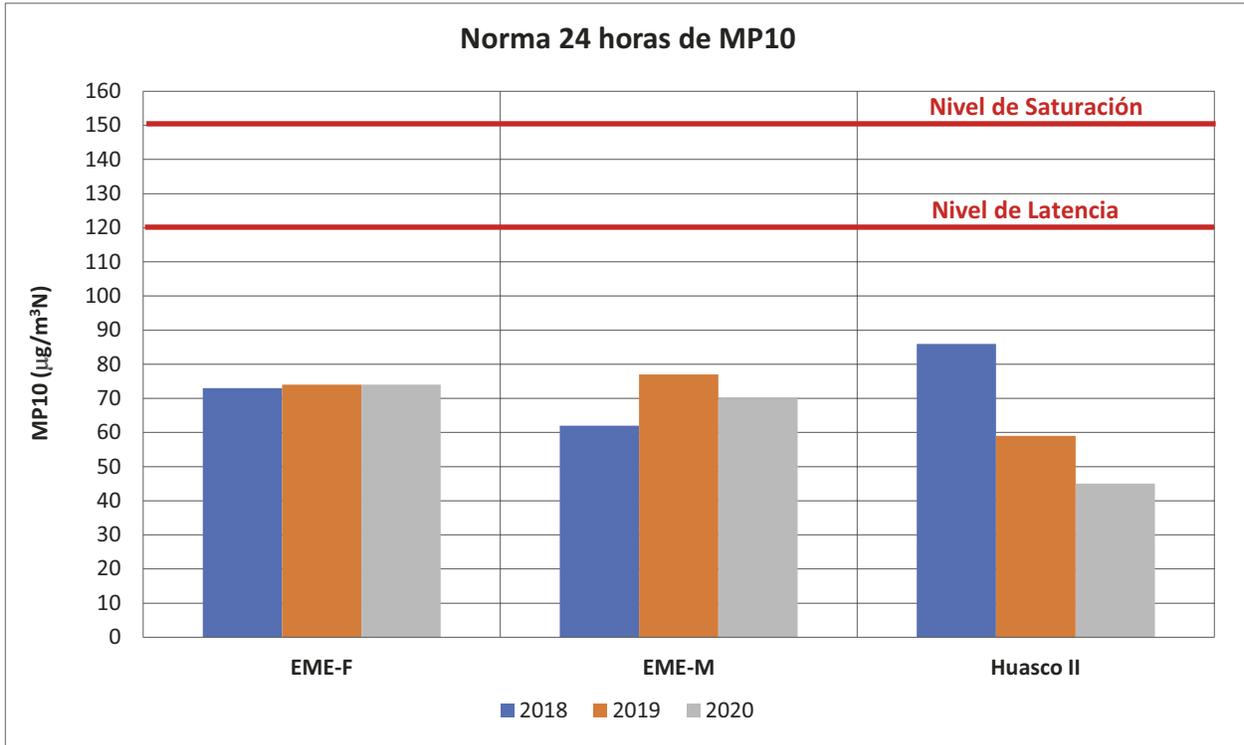
## 4.2. HUASCO

En el caso del Plan de Prevención de Huasco, como muestran la Figura 6 y la Figura 7, es posible observar que los valores de las concentraciones para la Norma de 24 horas de MP10<sup>15</sup> y para la norma anual de MP10<sup>16</sup>, no fueron sobrepasadas en los años de análisis, manteniéndose bajo el nivel de latencia.

15 Se considerará sobrepasada cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a 150 µg/m³N.

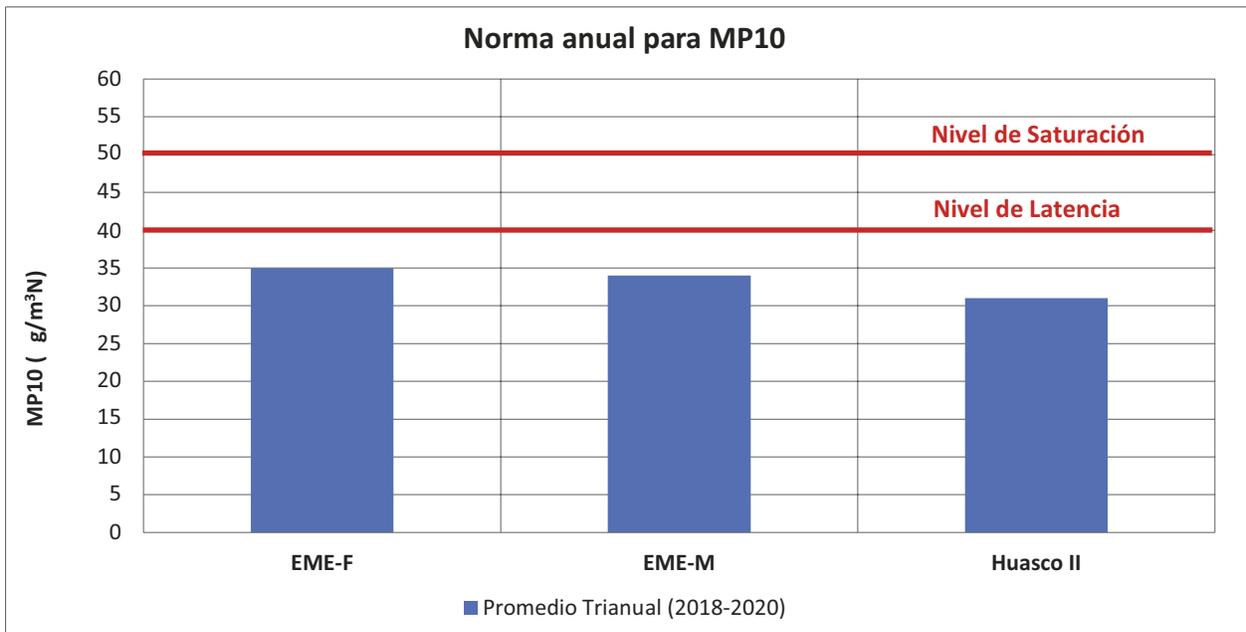
16 Se considerará sobrepasada, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 µg/m³N

Figura 6 | Norma 24 horas para MP10, periodo 2018-2010 – Huasco



Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MP, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

Figura 7 | Norma anual para MP10, promedio trianual período 2018-2020 – Huasco

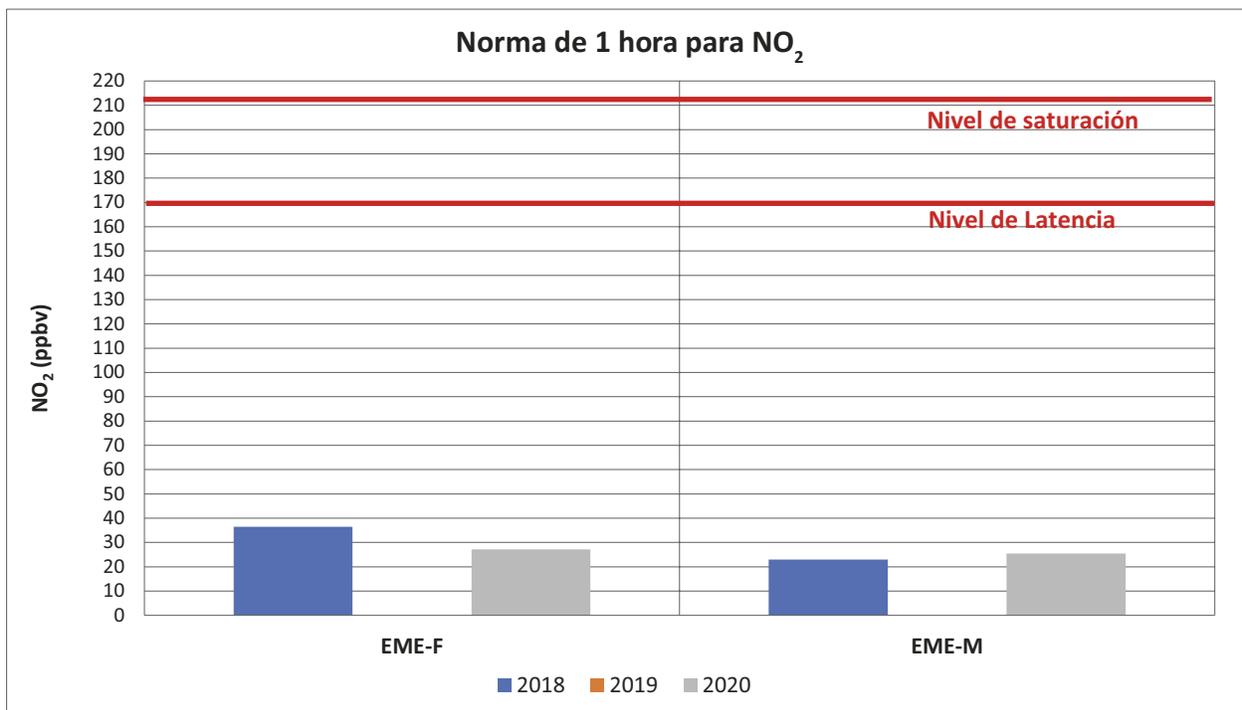


Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

Respecto al Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) ni la norma horaria ni la norma anual<sup>17</sup>, pudieron ser evaluadas debido a la falta de datos para establecer su cumplimiento. En el caso de la norma horaria **no fue posible evaluarla, por no cumplirse con el 75% de los datos para el año 2019**. Respecto de la norma anual, el año 2018 la estación EME-F, presentó en uno o dos trimestres un porcentaje inferior al 75% de los datos válidos, de acuerdo con lo requerido en el artículo 10° de la norma de NO<sub>2</sub>; y para el año 2019 hubo deficiencia en los datos en las estaciones de medición.

En las Figura 8 y 9 se muestran los datos disponibles sobre las concentraciones de NO<sub>2</sub>, las que se encuentran por debajo de las indicadas para latencia y saturación.

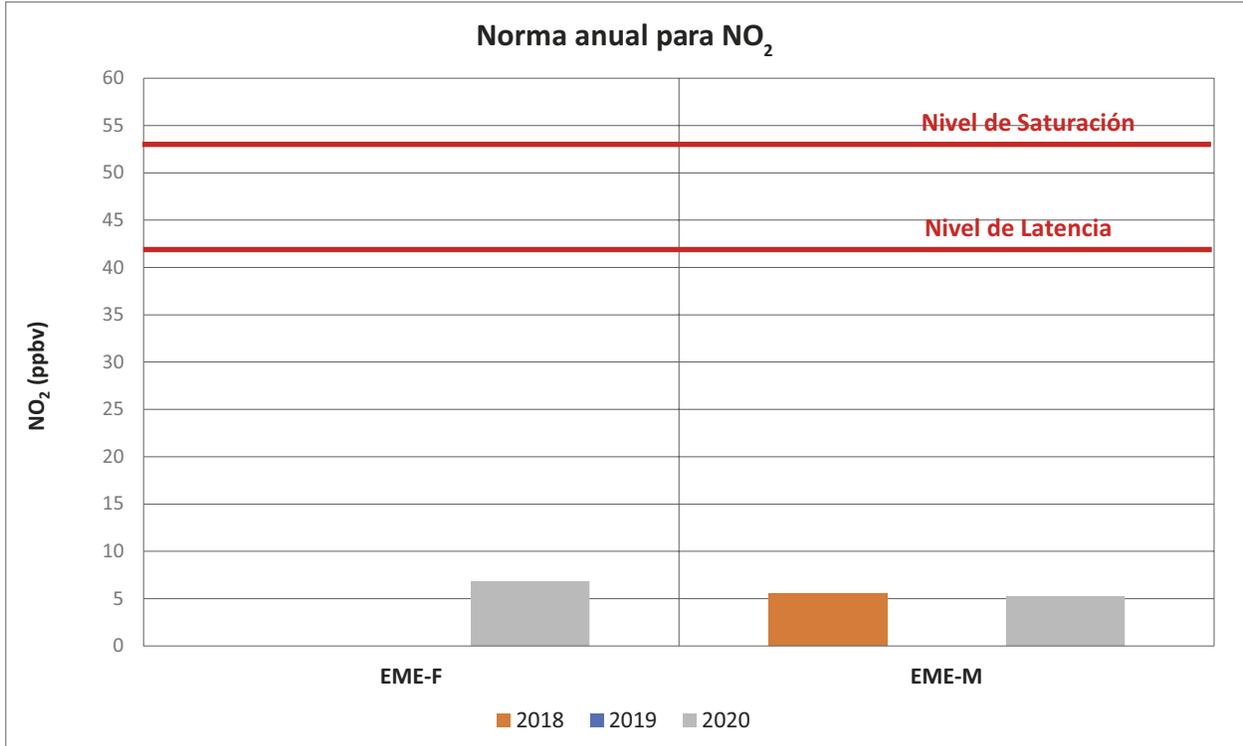
Figura 8 | Percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para NO<sub>2</sub>, en 2018-2020–Huasco



Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> SMA-2021

17 Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO<sub>2</sub> como concentración anual, cuando el promedio aritmético de los valores de concentración anual de tres años calendarios sucesivos, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 53 ppbv.

Figura 9 | Concentración anual de NO<sub>2</sub> periodo 2018-2020 - Huasco



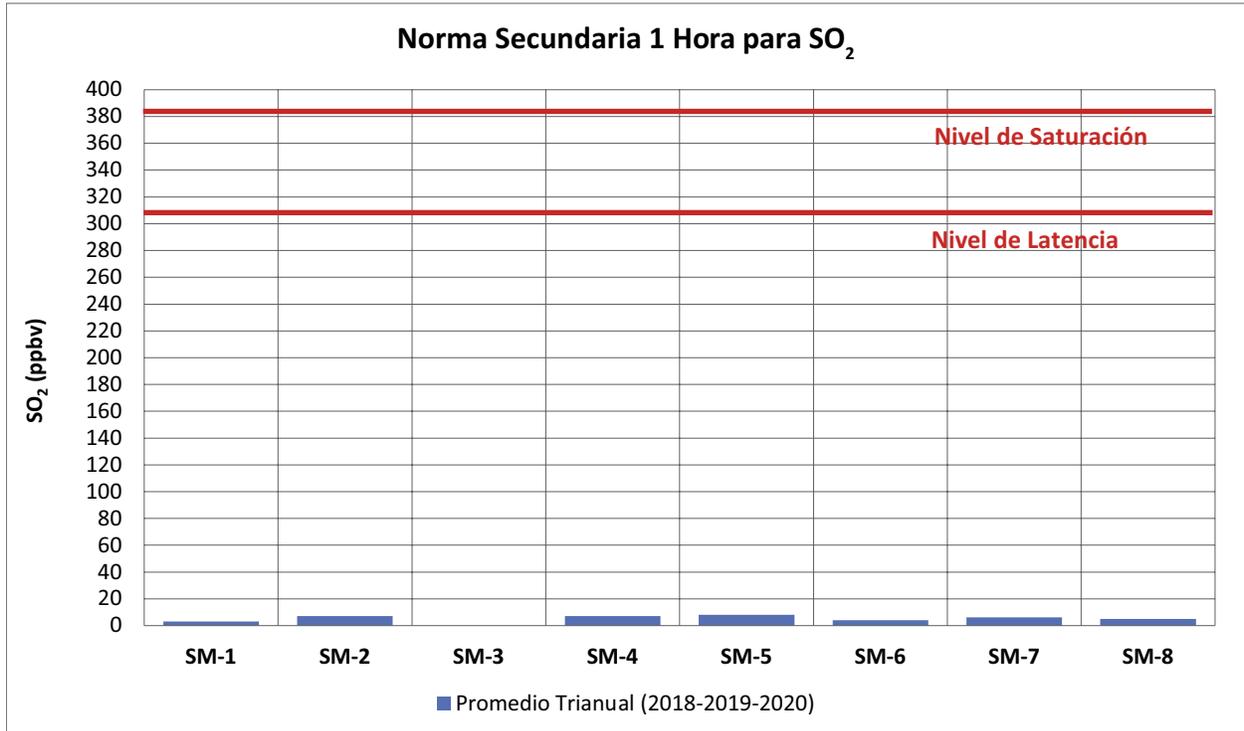
Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

Para el caso del SO<sub>2</sub> las concentraciones registradas entre 2018 y 2020, se encuentran por debajo del 80% del límite de la norma secundaria horaria<sup>18</sup> y la norma anual<sup>19</sup>, no superando el límite de latencia ni el de saturación tal como se presenta en las Figuras 10 y 11.

18 Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, sea mayor o igual a 382 ppbv. Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 1 hora, si en un año calendario el percentil 99,73 de las concentraciones de 1 hora registradas en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN es mayor o igual a 764 ppbv.

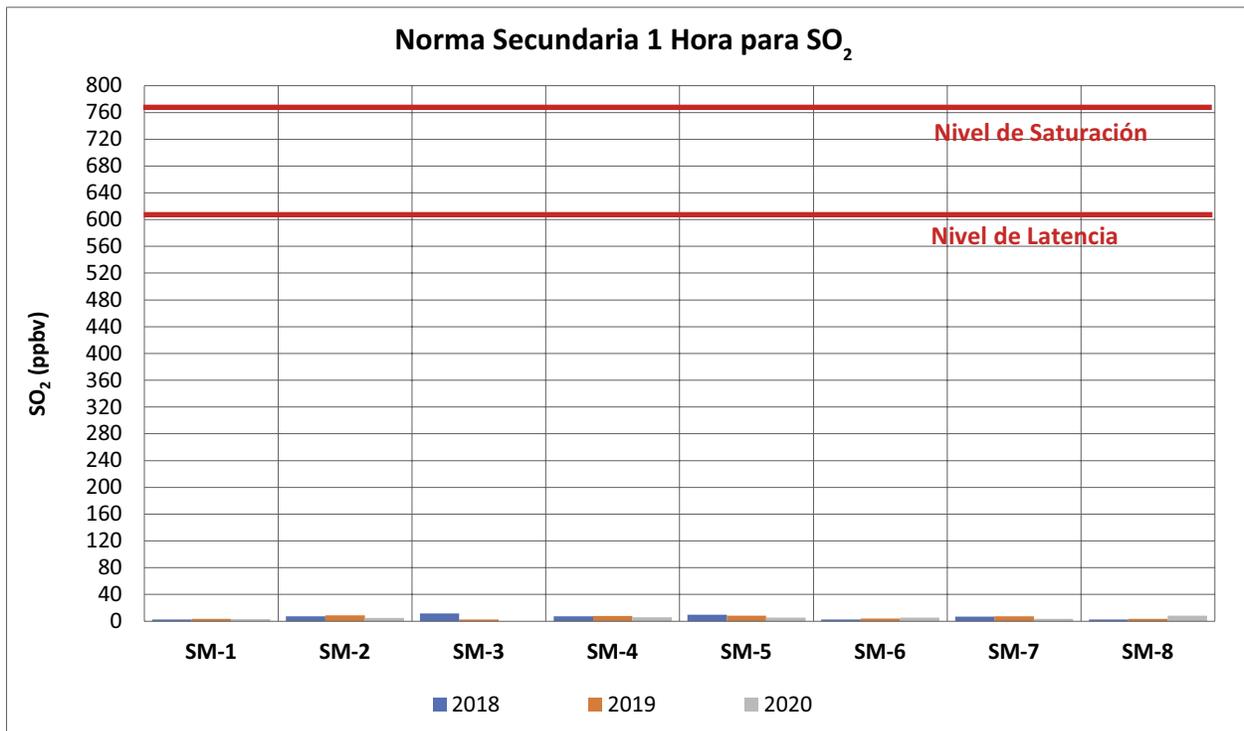
19 Se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para SO<sub>2</sub> como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas cada año, en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN, sea mayor o igual a 140 ppbv. Además, se considerará sobrepasada la norma secundaria de calidad de aire para dióxido de azufre como concentración de 24 horas, si en un año calendario el percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas registradas en cualquier estación monitorea clasificada como EMRRN fuere mayor o igual a 280 ppbv.

Figura 10 | Norma secundaria 1 hora para SO<sub>2</sub>, promedio trianual 2018-2020 - Huasco



Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> SMA-2021

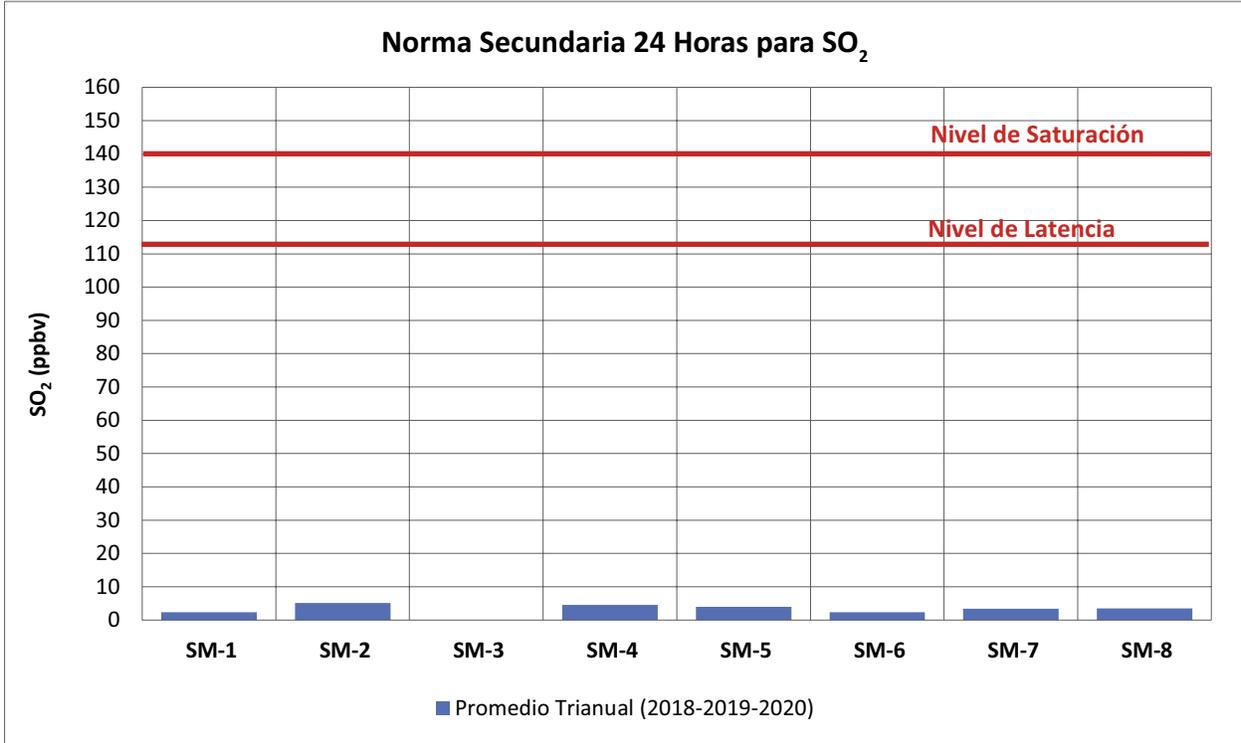
Figura 11 | Norma secundaria de 1 hora para SO<sub>2</sub>, período 2018-2020 - Huasco



Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> SMA-2021

Los valores obtenidos para SO<sub>2</sub> del análisis del percentil 99,7 del período 2018-2019-2020, como promedio trianual, se muestran en la Figura 12. Mientras que los valores obtenidos del cálculo del percentil 99,7 de las concentraciones de 24 horas de SO<sub>2</sub> para cada uno de los años del período analizado, se muestran en la Figura 13 .

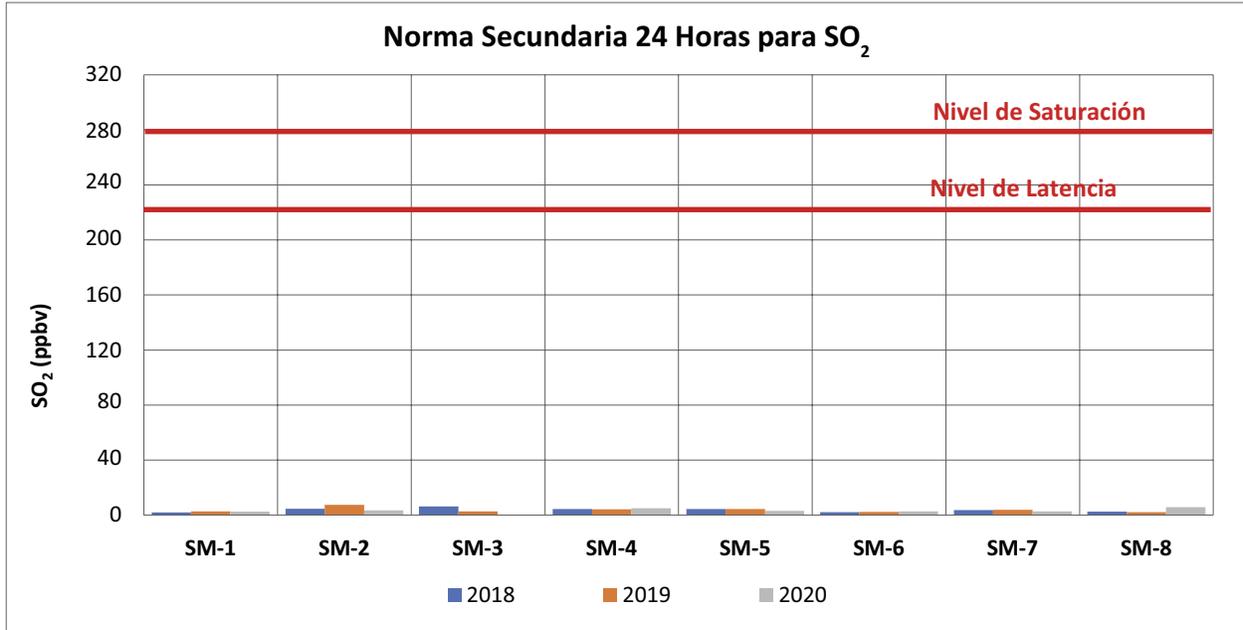
**Figura 12 | Norma secundaria 24 horas para SO<sub>2</sub>, promedio trianual periodo 2018-2020 - Huasco**



Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021



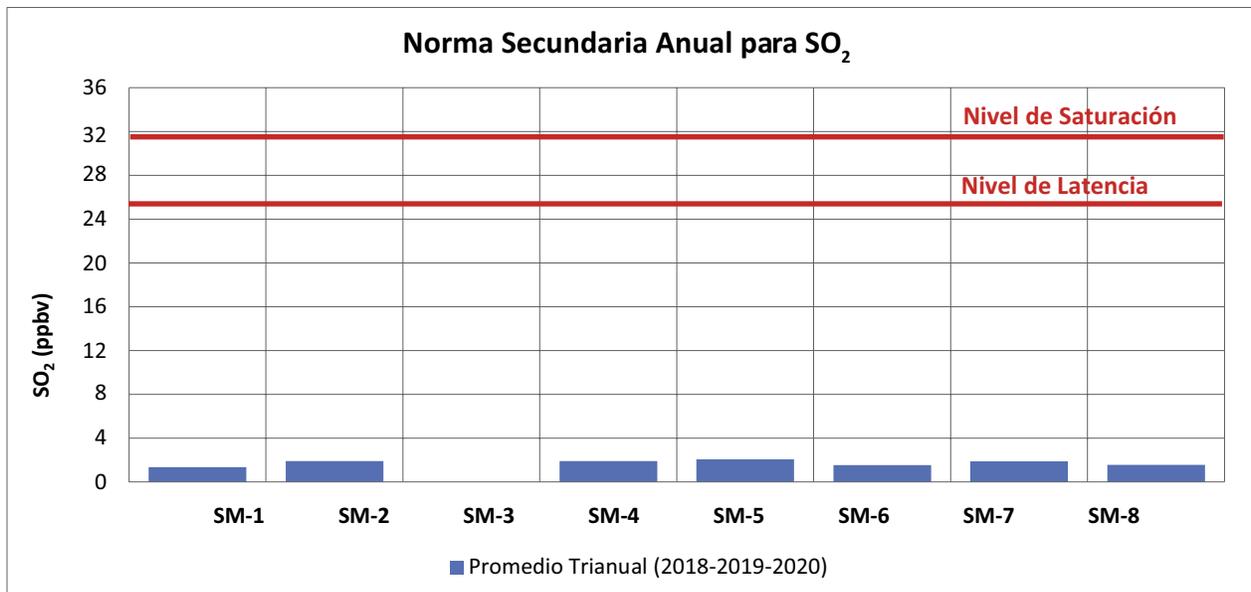
Figura 13 | Norma secundaria 24 horas para SO<sub>2</sub>, período 2018-2020 - Huasco



Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

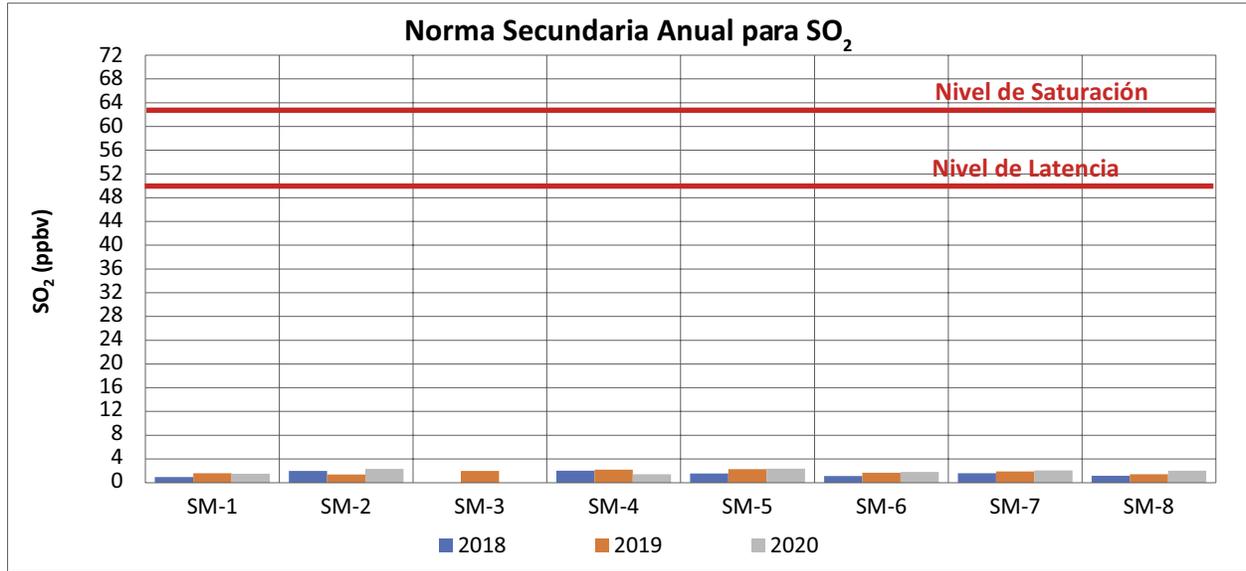
La norma secundaria de presenta concentraciones por debajo del 80% del límite (31 ppbv) de la norma anual. Al analizar las concentraciones anuales para cada año se obtuvo que, durante el período analizado, las concentraciones en todas las estaciones estuvieron por debajo del 80% del límite (62 ppbv).

Figura 14 | Norma secundaria anual para SO<sub>2</sub>, promedio trianual período 2018-2020 - Huasco



Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

Figura 15 | Norma secundaria anual para SO<sub>2</sub>, período 2018-2020 - Huasco

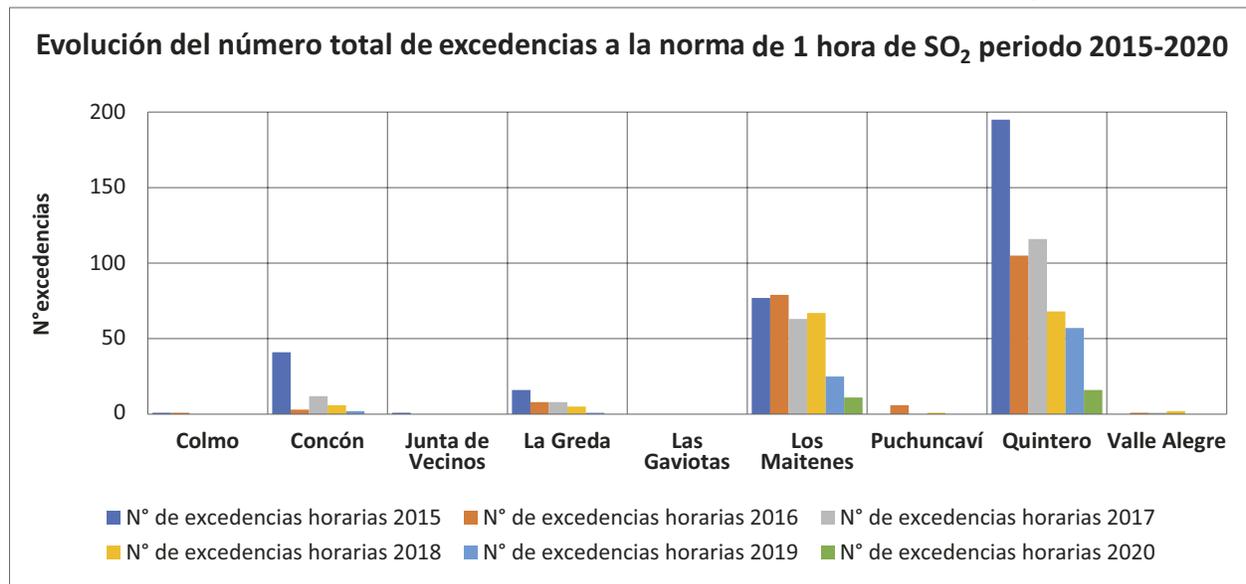


Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> SMA- 2021

### 4.3. QUINTERO - PUCHUNCAVÍ

En el caso del Plan de Descontaminación de las comunas de Quintero, Puchuncaví y Concón, las mediciones oficiales muestran que la norma de SO<sub>2</sub> se sobrepasó entre los años 2015 y 2020. La cantidad de excedencias horarias, es decir las veces se sobrepasó la norma, se presenta en la Figura 16; y a continuación en la Tabla 13, los niveles de excedencia horaria en las diferentes estaciones de medición, destacando los casos reiterados en Quintero y Maitenes.

Figura 16 | Evolución del número total de excedencias a la norma de 1 hora de SO<sub>2</sub>



Fuente: Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

**Tabla 13 | Evolución del número de excedencias horarias periodo 2015-2020**

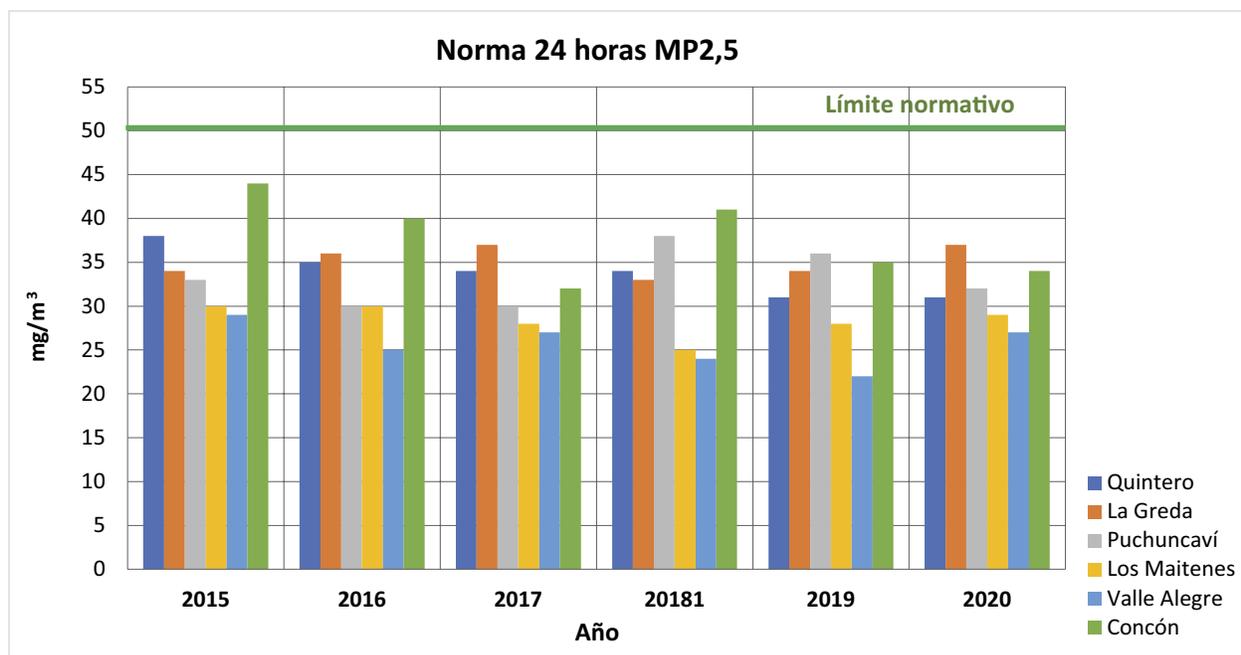
Unidad Fiscalizable	Año Base promedio (2015 a 2017)			Emisiones máximas permitidas desde la publicación del Plan (3 primeros años)			Año 2019 emisiones (ton/año)			Año 2020 emisiones (ton/año)		
	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Codelco Ventanas	211	12852	97	104	10561	N/A	81	9527	N/A	101	10422	N/A
Centrales AES Gener	195	6253	7770	212	5579	7523	100	4823	5819	85	4572	5152
Refinería ENAP	918	1492	1169	918	1492	1169	551	1682	849	552	1447	772
<b>Total fuentes principales</b>	<b>1324</b>	<b>20597</b>	<b>9036</b>	<b>1234</b>	<b>17632</b>	<b>8692</b>	<b>732</b>	<b>16032</b>	<b>6668</b>	<b>738</b>	<b>16441</b>	<b>5924</b>

Fuente: Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

Entre los años 2015 y 2020, se evidenció un mayor número de excedencias, utilizando como referencia el valor de la norma horaria de SO<sub>2</sub> (350 µg/m<sup>3</sup> o 134 ppbv), **en la estación de Quintero**, seguido de la estación Los Maitenes, tal como se señala en la Tabla 13. No obstante, sobre el total de excedencias por año para las 9 estaciones evaluadas, se aprecia una disminución de 331 el año 2015 a 27 el año 2020.

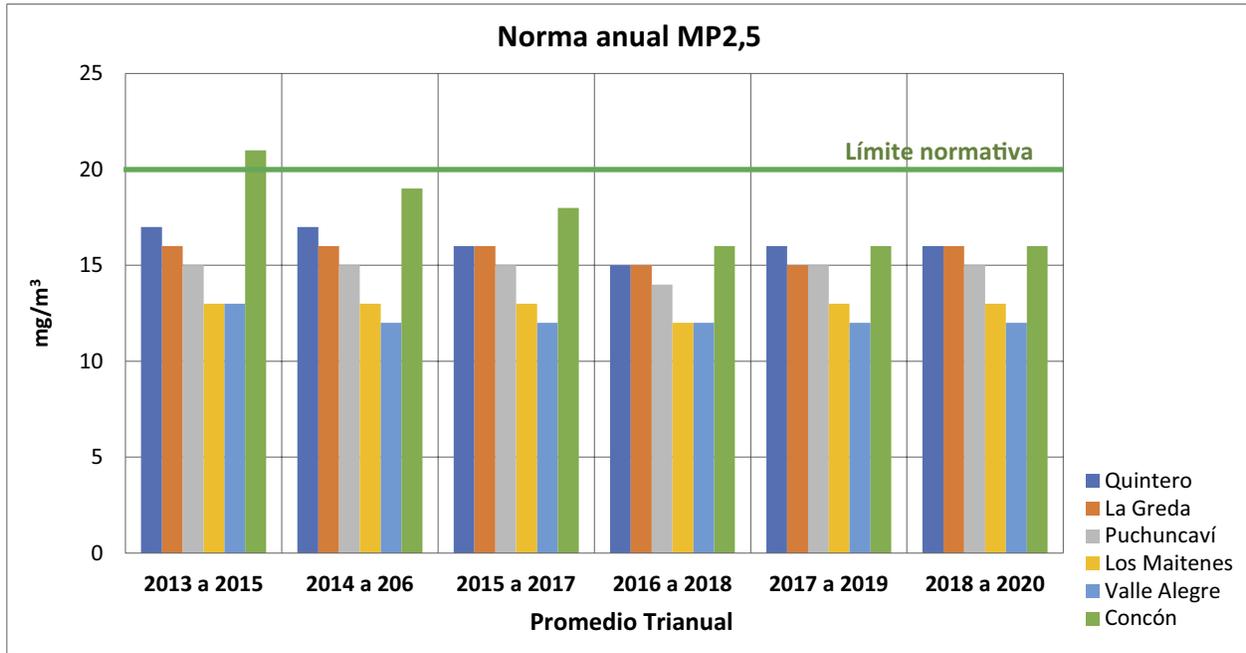
Para el caso del MP2,5 para la norma 24 horas (Figuras 17 y 18), se observa una tendencia a la baja salvo en la estación la Greda, mientras que para la norma anual se observa una tendencia más marcada a la disminución de las concentraciones en la estación Concón, y en últimos promedios trianuales se mantiene una concentración de 16 µg/m<sup>3</sup>, al igual que en la estación Quintero y La Greda.

**Figura 17 | Evolución del percentil 98 de MP2,5 entre 2015 y 2020-Concón/Quintero/Puchuncaví**



Fuente: Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

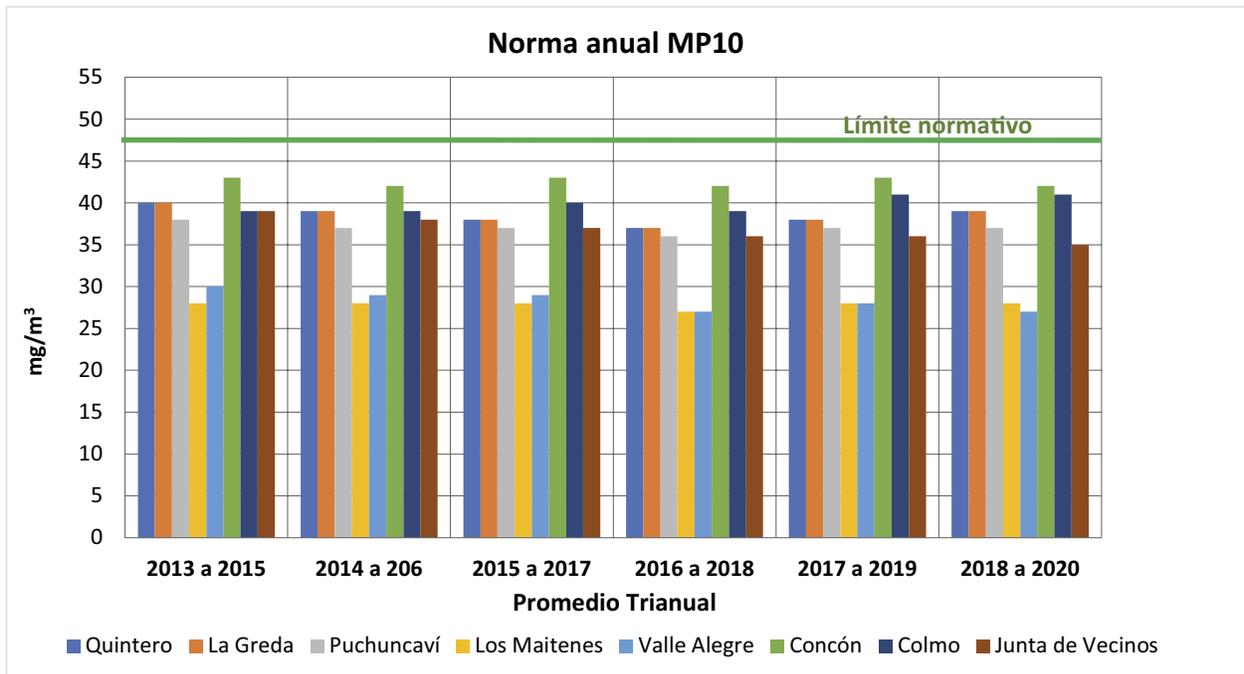
Figura 18 | Evolución de la norma anual de MP2,5 entre 2015 y 2020 - CQP



Fuente: Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

Por su parte el comportamiento de las concentraciones como promedio trienal de MP10, entre los años 2015 y 2020, se ha mantenido en estado de latencia en las estaciones Concón y Colmo en todo el período sin presentar variaciones significativas (barras verdes y azul oscuro), como muestra la Figura 19.

Figura 19 | Evaluación de la norma anual MP10 entre 2015 y 2020 - CQP



Fuente: Informe Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

El nivel de cumplimiento de las emisiones contaminantes establecidas en el Plan de Descontaminación de Concón/Quintero/Puchuncaví (CQP), se muestran en la siguiente Tabla 14. Los **valores base**, corresponden al promedio de los años 2015-2017, la cantidad máxima de emisiones permitidas por el PPDA y los valores medidos para 2019 y 2020.

**Tabla 14 | Emisiones permitidas PPDA CQP y valores reales 2019-2020**

Unidad Fiscalizable	Año Base promedio (2015 a 2017)			Emisiones máximas permitidas desde la publicación del Plan (3 primeros años)			Año 2019 emisiones (ton/año)			Año 2020 emisiones (ton/año)		
	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	MP	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Codelco Ventanas	211	12852	97	104	10561	N/A	81	9527	N/A	101	10422	N/A
Centrales AES Gener	195	6253	7770	212	5579	7523	100	4823	5819	85	4572	5152
Refinería ENAP	918	1492	1169	918	1492	1169	551	1682	849	552	1447	772
<b>Total fuentes principales</b>	<b>1324</b>	<b>20597</b>	<b>9036</b>	<b>1234</b>	<b>17632</b>	<b>8692</b>	<b>732</b>	<b>16032</b>	<b>6668</b>	<b>738</b>	<b>16441</b>	<b>5924</b>

Fuente: Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

Las cifras en la Tabla 14 muestran que la **Refinería de ENAP excedió el límite máximo permitido de SO<sub>2</sub> durante 2019, registrando 1.682 ton/año cuando el límite permitido es 1.492 ton/año.** Por su parte, ni Codelco Ventanas, ni las centrales termoeléctricas de AES Gener excedieron los máximos anuales permitidos. Considerando los valores máximos permitidos para el conjunto de las emisiones, se verifica que ninguno de los contaminantes excedió los límites anuales.



## 5. NORMAS DE EMISIÓN EN CHILE COMPARADAS CON LAS RECOMENDADAS POR LA OMS

Los informes sobre el cumplimiento de los Planes de Descontaminación (PDA) elaborados por la Superintendencia de Medioambiente (SMA), en general evalúan un buen desempeño en el caso de los planes decretados para Tocopilla, Huasco y la zona Concón-Quintero-Puchuncaví (CQP). En el caso del PDA de Tocopilla como del PPCA de Huasco, no se reportan episodios de excedencia de la norma chilena. Solo en el caso de CQP reportan situaciones de excedencia de la norma, aunque en el período entre 2015 y 2020 se observa una disminución de la cantidad de excedencias.

**Considerando lo anterior, diversas organizaciones internacionales han advertido sobre los altos niveles de contaminación que afectan a la población chilena. Por ejemplo, el reporte “Evaluaciones del desempeño ambiental”<sup>20</sup> de la OCDE de 2016 en el capítulo sobre “Calidad del Aire”, destaca lo siguiente:**

- Chile continúa experimentando altos niveles de contaminación atmosférica. Con frecuencia se superan los límites fijados en las normas de calidad del aire, en especial en las grandes zonas urbanas, cerca de las instalaciones mineras y en las ciudades del sur donde se utiliza leña para calefacción residencial. Se calcula que más de 4 mil personas mueren prematuramente cada año debido a enfermedades cardiopulmonares asociadas a la exposición crónica a material particulado fino (MP2,5).
- Las emisiones del transporte, principalmente de óxido de nitrógeno (NOx), han continuado aumentando en paralelo a la distancia conducida y al número de vehículos que circulan por las carreteras, en especial los vehículos diésel. El Gobierno aprobó varias medidas para controlar la contaminación atmosférica, como las normas sobre calidad y emisiones atmosféricas, el impuesto a las emisiones de NOx de vehículos y el impuesto a las emisiones atmosféricas de grandes instalaciones industriales y energéticas. Sin embargo, las normas sobre emisiones atmosféricas no abarcan todos los sectores.
- Los planes de prevención y descontaminación atmosférica son la herramienta principal de gestión del aire. Ayudan a reducir la contaminación atmosférica en Santiago, pero la falta de coordinación interinstitucional y de participación local ha limitado su desarrollo y ejecución en otros puntos del país, en especial en el sur. Pese a que la cobertura de la red nacional de monitoreo se ha ampliado en los últimos años, continúan existiendo lagunas de información, por ejemplo, en lo que respecta al MP2,5.

Por su parte, la OMS (Organización Mundial de la Salud) en su presentación sobre **Nuevas Directrices sobre la calidad del aire**, en septiembre de 2021, alertando sobre la urgencia de evitar millones de muertes en el mundo debido a la contaminación del aire, entrega entre otros, los siguientes datos y cifras:

20 [https://www.oecd.org/environment/country-reviews/EPR\\_Chile\\_Aspectos\\_Destacados.pdf](https://www.oecd.org/environment/country-reviews/EPR_Chile_Aspectos_Destacados.pdf)

- La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.
- Cuanto más bajos sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud cardiovascular y respiratoria de la población, tanto a largo como a corto plazo.
- La versión actualizada de 2021 de las directrices de la OMS sobre la calidad del aire ofrece una evaluación de los efectos de la contaminación del aire para la salud, así como de los niveles de contaminación que resultan perjudiciales para esta.
- En 2019, el 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban las directrices de la OMS sobre la calidad del aire.
- Según estimaciones de 2016, la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras.

En el contexto de estas evidencias por un lado, y por el otro, la evaluación de la SMA sobre el cumplimiento de los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA) y la persistencia de altos niveles de mortalidad y morbilidad especialmente en las comunas de Tocopilla y Huasco, consideramos fundamental comparar los niveles de emisión permitidos en las actuales normas chilenas, respecto de los niveles de emisión recomendados por la OMS en 2005 y las nuevas directrices publicadas el año 2021.

La Tabla 15 presenta la enorme brecha entre los niveles máximos de emisión permitidos en la norma chilena vigente para los contaminantes MP, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, en comparación a los niveles recomendados por la OMS en 2005 y en 2021.

**Tabla 15 | Estándares de calidad primaria del aire en Chile y recomendación OMS**

Parámetro	Período de evaluación	Estándar actual en Chile	Estándar OMS 2005	Nuevo Estándar OMS (2021)
MP 2,5 (mg/m <sup>3</sup> )	Anual	20	10	5
	24 horas	50 (Percentil 98)	25	15 (Percentil 99)
MP 10 (mg/m <sup>3</sup> )	Anual	50	20	15
	24 horas	150 (Percentil 98)	50	45 (Percentil 99)
O <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	6 meses	-	-	60
	8 horas	120 (Percentil 99)	100	100 (Percentil 99)
NO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	Anual	100	40	10
	24 horas	-	-	25 (Percentil 99)
	1 hora	400	200	200
SO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	24 horas	150 (Percentil 99)	20	40 (Percentil 99)

Fuente: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

La Tabla 15 muestra muy claramente la enorme brecha entre los niveles de emisiones contaminantes vigentes en Chile, y los estándares recomendados por la OMS hace ya 15 años atrás (2005) y la gran distancia con las nuevas exigencias de mejora para los estándares recomendados en 2021 para Material Particulado (MP2,5 y MP10), Ozono (O<sub>2</sub>) y Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>).

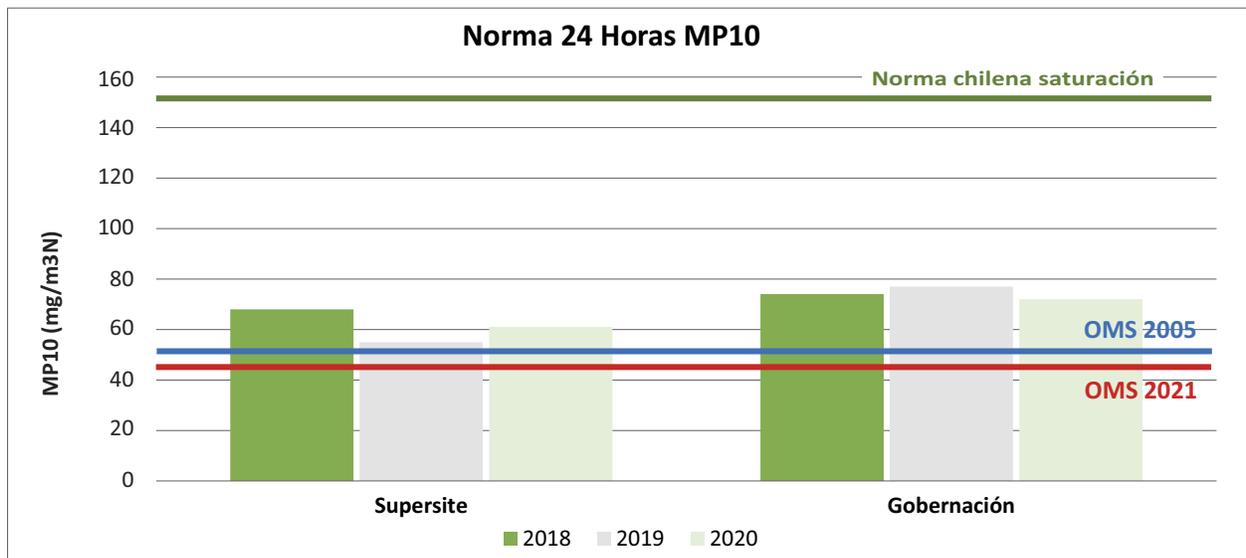
- Respecto de **MP2,5** para la norma de 24 horas: el estándar recomendado por la OMS es 25% más estricto para la norma anual y 30% para la norma diaria.
- En cuanto a **MP10**: el nivel para la norma anual es 30% más exigente que la norma chilena y también 30% mejor para la norma 24 horas (además percentil 99).
- Para **NO<sub>2</sub>**: el estándar recomendado por la OMS es 10% más exigente para la norma anual y 50% más exigente respecto de la norma horaria chilena.
- **Finalmente, respecto de los niveles de emisión de SO<sub>2</sub>**: la OMS recomienda niveles 26,7% más exigentes para la norma de 24 horas respecto de la norma vigente en Chile.

Dado la importante brecha entre los niveles de calidad del aire recomendados por la OMS tanto en 2005, como en 2021, para prevenir los impactos en la salud de la población y los altos niveles de emisión permitidos en Chile, presentamos a continuación los datos sobre evaluación de los Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) informados por la SMA, respecto de los incorporando los niveles límites recomendados por la OMS para los distintos contaminantes.

## 5.1. TOCOPILLA

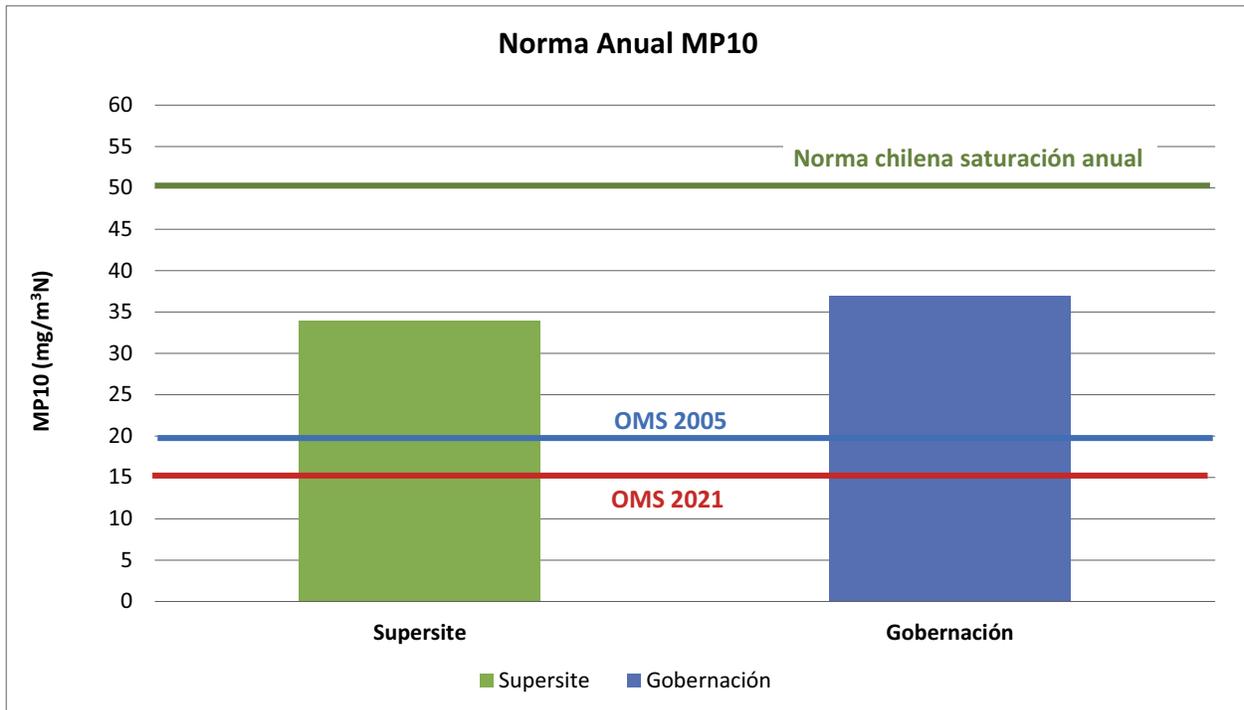
Para el caso de Tocopilla, no obstante las empresas señaladas en el PDA, cumplen largamente con los objetivos especificados en el decreto de dicha norma (puesto que estos límites están expresados en toneladas/año de emisiones y no en concentración de contaminantes), al compararlos con la recomendación de la OMS de 2005 y de 2021, se evidencia que tanto para la norma 24 horas de MP10 (Figura 20) como la norma anual de MP10 (Figura 21), las concentraciones en las estaciones de monitoreo las sobrepasan a niveles preocupantes.

Figura 20 | Evaluación de la norma chilena de MP10 para 24 horas comparado con los límites recomendados por la OMS - Tocopilla



Fuente: Elaboración propia

**Figura 21 | Evaluación de la norma anual chilena vigente para MP10 comparado con límites recomendados por la OMS – Tocopilla**



Fuente: Elaboración propia

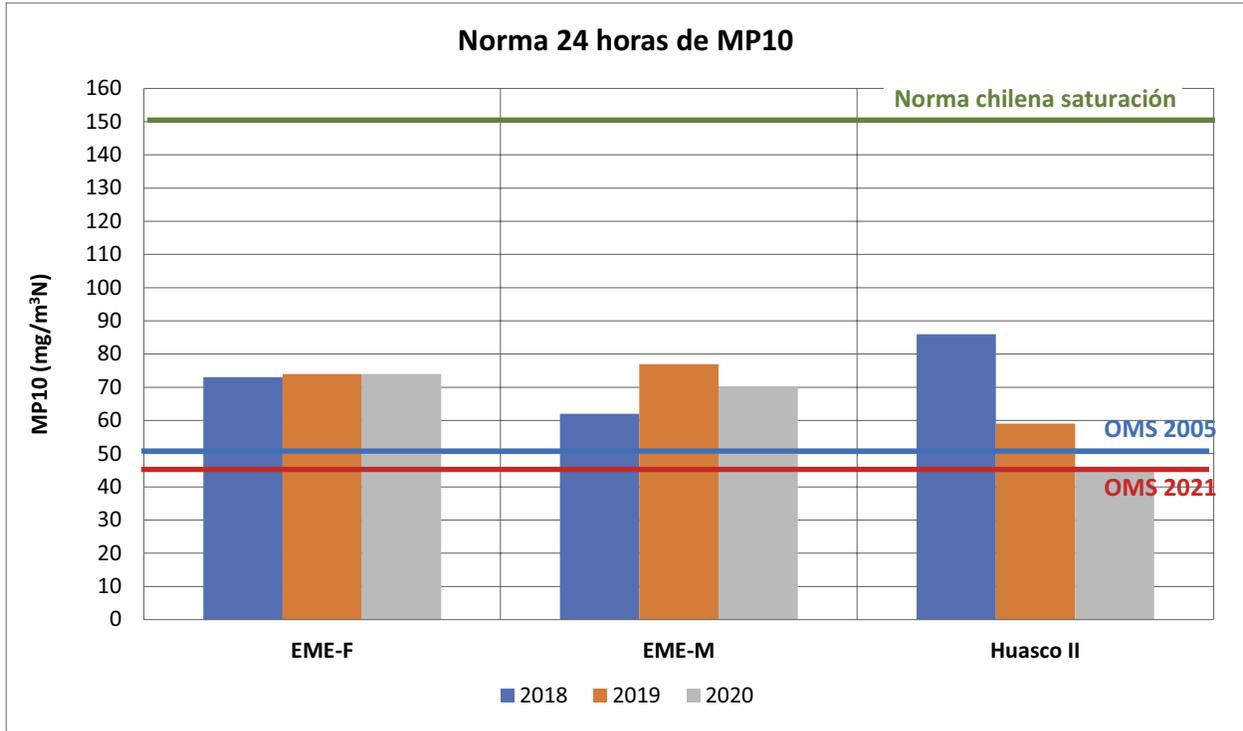
## 5.2. HUASCO

### Concentración de MP10

En el caso de Huasco, respecto de la norma chilena y los objetivos del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica, respecto de la norma 24 horas para MP10, se observa en la Figura 22 que todas las estaciones marcan valores sobre los límites de saturación recomendados por la OMS en 2021. En el mejor de los casos, la estación Huasco II, para el año 2020, presenta un valor de 45 µg/m³, justo en el límite de concentración recomendado por la OMS para 24 horas.

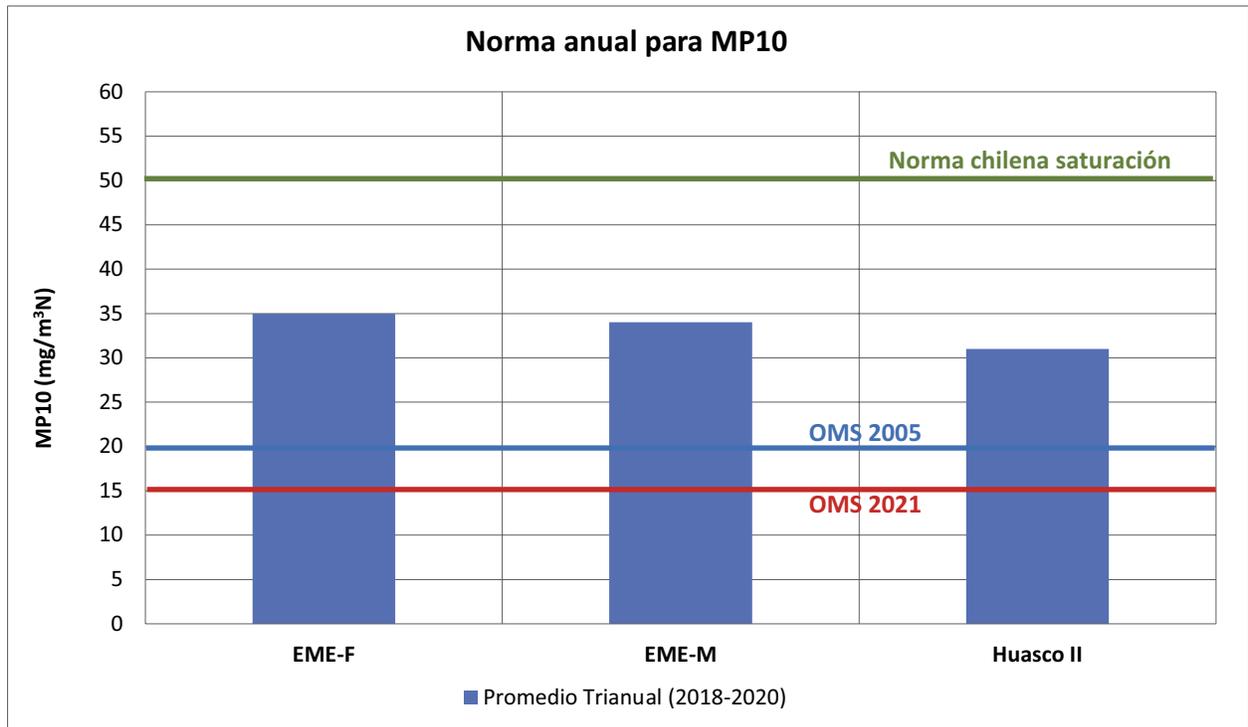
Una situación similar se observa para el caso de la norma anual (promedio de tres años), donde los promedios aceptados en la norma chilena superan el doble del valor recomendado por la OMS 2021, como se muestra en la Figura 23.

Figura 22 | Evaluación norma chilena 24 horas para MP10 en comparación con los límites recomendados por la OMS - Huasco



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

Figura 23 | Evaluación norma anual chilena para MP10 comparado con límites recomendados por la OMS - Huasco

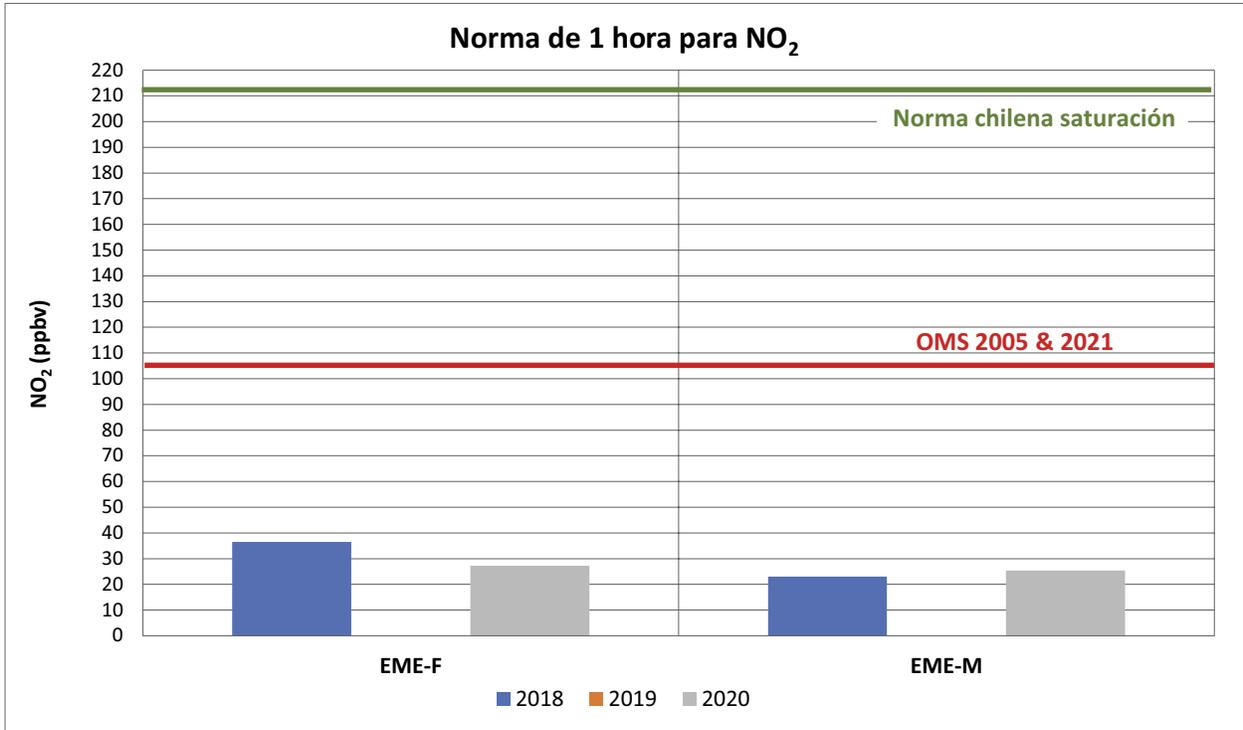


Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

## Concentración de NO<sub>2</sub>

En el caso de la norma horaria para el gas dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en Huasco, la norma chilena sí cumple con el límite recomendado por la OMS para la norma de 1 hora. Para la definición de este límite, se utilizó para el NO<sub>2</sub> la equivalencia de 100 µg/m<sup>3</sup> = 53,14 ppbv.

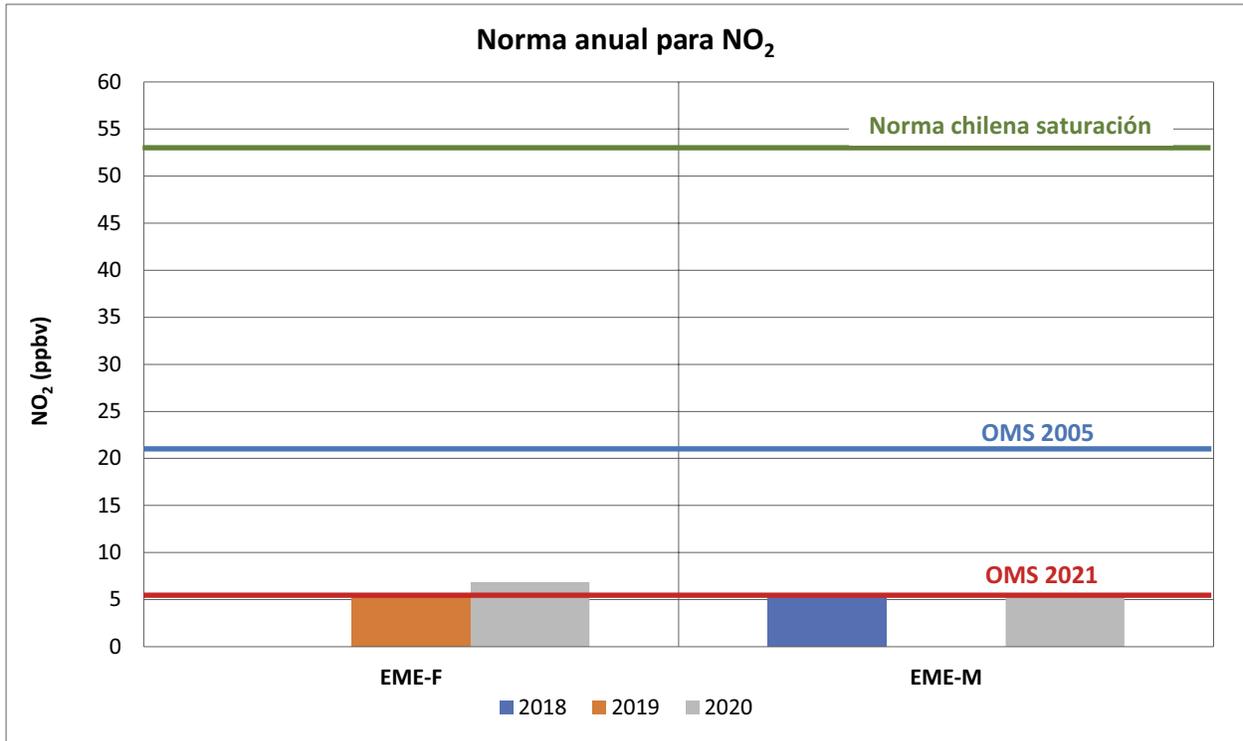
Figura 24 | Norma de 1 hora para NO<sub>2</sub> comparado con límite OMS – Huasco



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

Respecto de la norma anual para NO<sub>2</sub>, la evaluación realizada para Huasco cumple con el límite recomendado por la OMS en 2005, pero no alcanza el nivel recomendado en la actualización de 2021 de la OMS. Como se aprecia de la Figura 25, el límite de la recomendación de 2021 es 25% menor al nivel recomendado el 2005. En consecuencia, respecto de la recomendación de la OMS 2021, Huasco se encuentra sobre los límites de saturación.

Figura 25 | Norma anual chilena para NO<sub>2</sub> comparado con los límites recomendados por la OMS 2005 y 2021– Huasco



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, SMA-2021

### Concentración de SO<sub>2</sub>

En cuanto a los niveles de concentración para SO<sub>2</sub>, el informe de la SMA evaluó la norma secundaria de calidad del aire (Decreto 22 de 2009), no considerando la norma primaria de calidad del aire (Decreto 104 de 2018), por tal razón no es posible establecer la comparación con la recomendación de la OMS 2021.

Sin embargo, los 40 µg/m<sup>3</sup> de concentración de SO<sub>2</sub> recomendados por la OMS en 2021 que equivalen a 15,27 ppbv permiten hacer una comparación rápida con los valores presentados en la Tabla 16. Allí se evidencia que, el mayor porcentaje calculado corresponde a la estación de monitoreo SM-2, la cual indica 7,43 ppbv en el año 2019. **En este caso, las concentraciones de SO<sub>2</sub> en Huasco estarían por debajo del límite recomendado por la OMS en 2021.**

**Tabla 16 | Evaluación de la norma chilena secundaria 24 horas para SO2 durante el período 2018-2020 - Huasco**

Estación	Percentil 99,7 Año 2018 (ppbv)	% de la norma horaria 2018 (280 ppbv)	Percentil 99,7 Año 2019 (ppbv)	% de la norma horaria 2019 (280 ppbv)	Percentil 99,7 Año 2020 (ppbv)	% de la norma horaria 2020 (280 ppbv)	Promedio trianual 24 horas 2018-2020 (ppbv)	% de la norma 24 horas (140 ppbv)
SM-1	1,98	0,7%	2,68	1,0%	2,48	0,9%	2,38	1,7%
SM-2	4,56	1,6%	7,43	2,7%	3,44	1,2%	5,14	3,7%
SM-3	6,36	2,3%	2,66	1,0%				
SM-4	4,38	1,6%	4,20	1,5%	5,04	1,8%	4,54	3,2%
SM-5	4,46	1,6%	4,32	1,5%	3,08	1,1%	3,95	2,8%
SM-6	2,13	0,8%	2,36	0,8%	2,67	1,0%	2,39	1,7%
SM-7	3,67	1,3%	3,85	1,4%	2,63	0,9%	3,38	2,4%
SM-8	2,52	0,9%	2,04	0,7%	5,83	2,1%	3,46	2,5%

Fuente: Informe técnico cumplimiento de normas de calidad del aire por MP10, Pb, MPS, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> SMA-2021

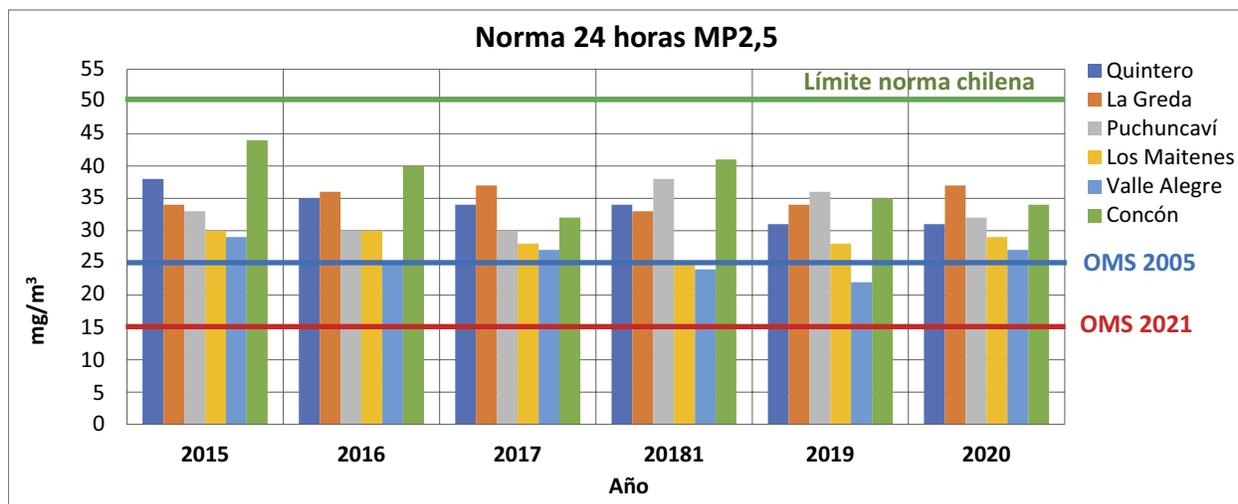
### 5.3. HUASCO

Para el caso de Concón/Quintero/Puchuncaví todos los valores medidos que cumplen con la norma chilena sobrepasan los niveles recomendados por la OMS.

#### Norma para MP2,5

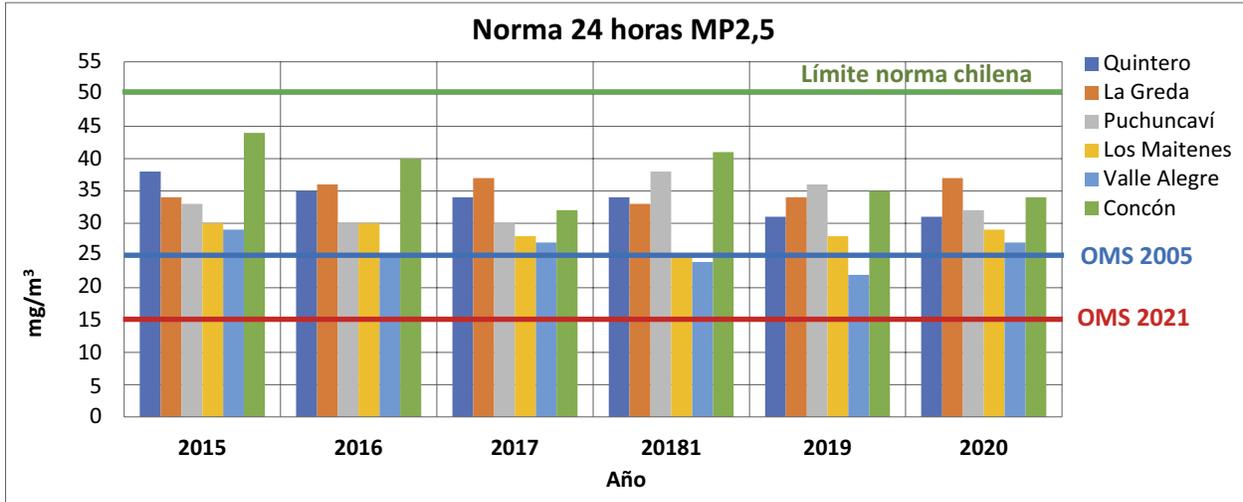
Las Figura 26 y 27 muestran que la recomendación establecida por la OMS en 2005 para material particulado fino 2,5 es sobrepasada en la mayoría de los años y estaciones de monitoreo. Además, respecto de la recomendación OMS 2021 que es más exigente, es sobrepasada en todos los casos con valores medidos mayores al doble de la recomendación de la OMS 2021 (15 µg/m<sup>3</sup>).

**Figura 26 | Norma 24 horas para MP2,5 y comparación con límites OMS – CQP**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

Figura 27 | Norma anual chilena para MP2,5 en comparado con límites recomendados por la OMS en 2005-y en 2021 - CQP



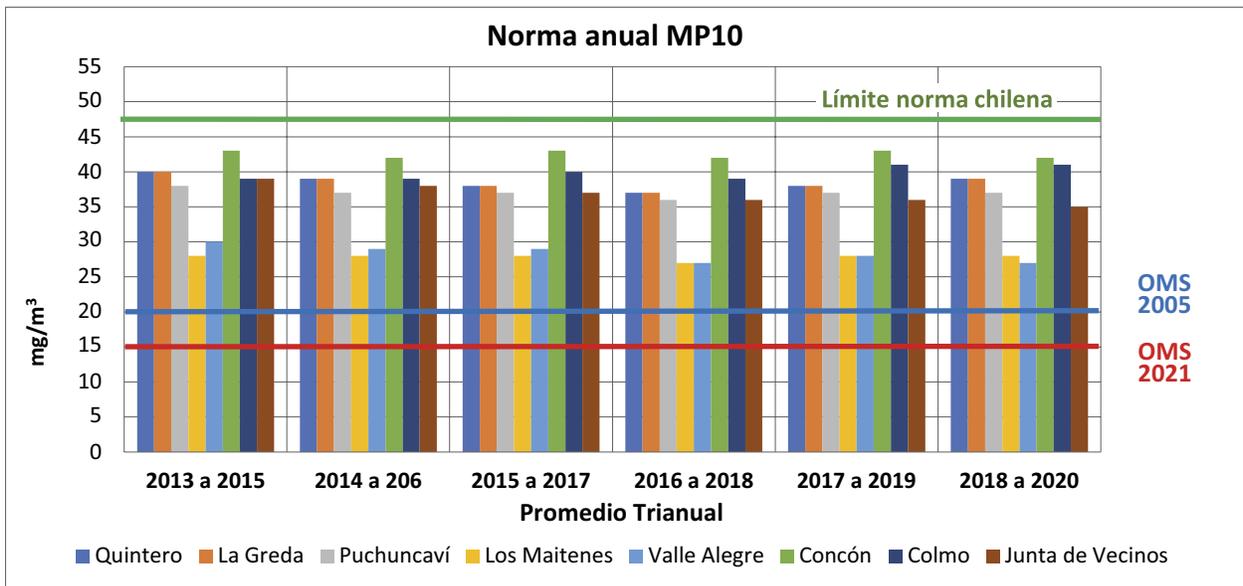
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

### Norma para MP10

Para el caso de la norma de material particulado MP10, el gráfico de la Figura 28 muestra los resultados de aplicación de la norma chilena, comparados con los límites recomendados por la OMS versión 2005 y su actualización de 2021.

**En ambos casos (OMS 2005 y 2021) las mediciones realizadas en las distintas estaciones de monitoreo de la zona Concón-Quintero-Puchuncaví se ven sobrepasadas y en varias estaciones esta superación de niveles llega a más del doble de la recomendación de la OMS.**

Figura 28 | Norma anual para MP10 comparado con límites OMS - CQP



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Informe del Estado de Avance de las Medidas e Instrumentos del Plan CQP-2020, SMA-2021

## Conclusiones

Las **centrales termoeléctricas**, en especial aquellas que utilizan combustión en base a carbón mineral, se encuentran entre las **principales fuentes de emisión de contaminantes globales** (como el dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>) causantes del calentamiento global, así como de contaminantes locales (como el NO<sub>x</sub>, el SO<sub>2</sub> y el Material Particulado fino y grueso [MP2,5 y MP10]) que impacta gravemente la salud de las poblaciones locales.

Existe abundante evidencia científica sobre los efectos nocivos de estos contaminantes sobre la atmósfera del planeta y sobre la población que habita en las cercanías de estas fuentes. Por esta razón, además de los acuerdos internacionales para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, los gobiernos en base a recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud han establecido límites al volumen y concentración de los contaminantes locales, para períodos de 1 hora, 24 horas (1 día) y anuales. Adicionalmente, en la medida que ha avanzado el conocimiento científico sobre sus impactos, y las tecnologías de medición y modelación, las normas han sido revisadas y modificadas, imponiéndose límites más restrictivos a las industrias para salvaguardar la salud de la población.

En el caso de Chile, debido a la superación de los niveles de emisión de contaminantes establecidos en las normas vigentes -tal como exige la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente- durante las últimas décadas se han dictado Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA) y Planes de Prevención de Contaminación Atmosférica (PPCA) en las ciudades de Tocopilla, Huasco y la macrozona Concón-Quintero-Puchuncaví (CQP); todos los cuales son monitoreados por la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA).

Los PDA y PPCA, por lo general han establecido límites a las emisiones de Material Particulado y Dióxido de Azufre en las empresas termoeléctricas, fundiciones y refinerías principalmente. Asimismo, a la verificación de la cantidad de emisiones emitidas a través de estaciones de monitoreo, se realiza un monitoreo de las concentraciones de los contaminantes analizando los registros de dichas estaciones en las distintas zonas, y realizando una comparación con los límites establecidos en la norma chilena vigente.

A respecto, y tal como se destaca en este estudio, debido a la falla de varias de las estaciones de monitoreo en la entrega de la cantidad mínima de registros necesarios, ha sido imposible para la autoridad validar las evaluaciones de la norma, lo que pone en duda el cabal cumplimiento de la normativa.

En el caso de las comunas de Tocopilla, Huasco, Concón, Quintero y Puchuncaví donde están localizadas muchas termoeléctricas a carbón sujetas a PDA o PPDA, aunque los reportes de monitoreo realizados por la SMA muestran buen desempeño de los Planes de Prevención y Descontaminación, se aprecia que efectivamente existe una disminución gradual de la cantidad de MP emitido anualmente y que, por tanto, logran cumplir con las metas establecidas por los planes.

**Sin embargo, resulta alarmante constatar que, si se utilizan los valores recomendados por la OMS (en el año 2005 y su actualización en 2021), en lugar de utilizar los límites de la norma chilena vigente, los niveles de concentración de MP2,5, MP10, SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> sobrepasan largamente las recomendaciones de la OMS, llegando en ciertos casos a ser más del doble de estos valores.**

Esto explica por qué en dichas comunas los índices de mortalidad y morbilidad superan la media nacional y regional, y evidencia que los planes deben ser revisados y modificados, aplicando medidas más eficaces para disminuir las concentraciones de estos contaminantes, siendo urgente iniciar a la brevedad procesos de actualización de las normas vigentes para armonizarlos con los niveles recomendados por la OMS.

También indica la importancia de **acelerar el cierre o reconversión de las centrales termoeléctricas a carbón** dentro de la presente década, con **límite al 2030**, junto con establecer condiciones de ordenamiento territorial y permisos sectoriales que prevengan la ocurrencia de superación de las normas de emisiones de contaminantes.

Enfrentar en el cortísimo plazo estos desafíos de política pública, constituye un objetivo central para la protección de la salud de la población, y podrá cumplir con las recomendaciones de la Evaluación de Desempeño Ambiental realizada a nuestro país por la OCDE<sup>21</sup>.

**El gobierno de Chile debe mejorar urgentemente las normas de emisión de contaminantes atmosféricos para nivelarlas con las directrices de calidad del aire recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), tanto en 2005 como en 2021. Solo así podrá realmente garantizar el derecho de las personas a la salud y a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y al mismo tiempo asumir las recomendaciones ambientales de la OCDE.**

Mejores normas nos permitirían, a su vez, asegurar el cumplimiento de los compromisos climáticos, dado que tal como se evidencia en el estudio, terminar con las emisiones de las termoeléctricas a carbón permitirá al país reducir casi la totalidad de las emisiones del sector eléctrico, y el 25% de las emisiones totales de CO2 equivalentes del país.

---

21 La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es un foro único en donde los gobiernos de 31 democracias y economías de mercado trabajan juntos para hacer frente a los desafíos económicos, sociales y de gobernanza relacionados con la globalización, así como para aprovechar sus oportunidades ([www.oecd.org/about](http://www.oecd.org/about)).

**EVALUACIÓN DE LOS PLANES DE  
DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA  
EN HUASCO, QUINTERO/PUCHUNCAVÍ Y  
TOCOPILLA Y SU COMPARACIÓN CON LOS  
ESTÁNDARES RECOMENDADOS POR LA OMS**

P R O G R A M A

**CHILE SUSTENTABLE**

**Propuesta Ciudadana para el Cambio**