



## Minuta

### **Revisión del D.S. N°59, de 1998, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) que, “Establece Norma de Calidad Primaria para material particulado respirable MP<sub>10</sub>, en especial de los valores que definen situaciones de emergencia”.**

Minuta técnica en el marco de la Resolución Exenta N°0868, del 31 de agosto de 2017, del Ministerio del Medio Ambiente, que “Aprueba Anteproyecto de revisión de la Norma de Calidad Primaria para material particulado respirable MP<sub>10</sub>, contenida en el D.S. N°59, de 1998, de MINSEGPRES” y en la Resolución Exenta N°446, del Ministerio del Medio Ambiente, que amplió el plazo para elaborar el proyecto definitivo del referido proceso hasta el día 31 de enero de 2021.

#### I. Antecedentes relativos a la mantención de la norma anual para MP<sub>10</sub>.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda alcanzar las concentraciones más bajas posibles teniendo en cuenta las limitaciones, la capacidad y las prioridades en materia de salud pública en el ámbito local (OMS, 2005).

El MP<sub>10</sub> se regula con una norma diaria (24 horas) para prevenir impactos agudos y con una norma anual, orientada a prevenir impactos crónicos en la salud. La OMS establece valores guía de concentración ambiental para ambos periodos, así como objetivos intermedios para que los gobiernos puedan ir ajustándose gradualmente a esas metas.

Chile se encuentra actualmente en el objetivo intermedio 1 (150 µg/m<sup>3</sup> N) en su regulación diaria y en el objetivo intermedio 2 (50 µg/m<sup>3</sup> N) en la concentración anual del MP<sub>10</sub>. Por su parte, los valores guía finales de la OMS son de 25 y 50 µg/m<sup>3</sup> N para el periodo anual y diario, respectivamente.

**Tabla 1: Guías de calidad del aire de la OMS y objetivos intermedios para el material particulado: concentraciones medias anuales<sup>a</sup>**

	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Fundamento del nivel elegido
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	70	35	Estos niveles están asociados con un riesgo de mortalidad a largo plazo alrededor de un 15% mayor que con el nivel de las GCA.

	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Fundamento del nivel elegido
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	50	25	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad prematura en un 6% aproximadamente [2-11%] en comparación con el nivel del OI-1.
Objetivo intermedio-3 (OI-3)	30	15	Además de otros beneficios para la salud, estos niveles reducen el riesgo de mortalidad en un 6% [2-11%] aproximadamente en comparación con el nivel del OI-2.
Guía de calidad del aire (GCA)	20	10	Estos son los niveles más bajos con los cuales se ha demostrado, con más del 95% de confianza, que la mortalidad total, cardiopulmonar y por cáncer de pulmón, aumenta en respuesta a la exposición prolongada al MP <sub>2,5</sub> .

<sup>a</sup> Se prefiere el uso del valor guía del MP<sub>2,5</sub>

**Tabla 2: Guías de calidad del aire y objetivos intermedios para el material particulado: concentraciones de 24 horas<sup>a</sup>**

	MP <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Fundamento del nivel elegido
Objetivo intermedio-1 (OI-1)	150	75	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta análisis (incremento de alrededor del 5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-2 (OI-2)	100	50	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta análisis (incremento de alrededor del 2,5% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Objetivo intermedio-3 (OI-3)*	75	37,5	Basado en coeficientes de riesgo publicados en estudios multicéntricos y meta análisis (incremento de alrededor del 1,2% de la mortalidad a corto plazo sobre el valor de las GCA).
Guía de calidad del aire (GCA)	50	25	Basado en la relación entre los niveles de MP de 24 horas y anuales.

<sup>a</sup> Percentil 99 (3 días/año).

\* Con fines administrativos. Basado en los valores guía promedio anuales; el número exacto se ha de determinar sobre la base de la distribución de la frecuencia local de las medias diarias. La distribución de la frecuencia de los valores diarios del MP<sub>2,5</sub> y el MP<sub>10</sub> normalmente se aproxima a una función logarítmica de distribución normal.

Es necesario señalar, que la mortalidad del  $MP_{10}$  presenta variabilidad de acuerdo con el lugar de estudio, rangos etarios, grupos de riesgo, estacionalidad, tiempo de exposición y composición del material particulado (Pascal et al. 2014; Samoli et al. 2008, 2013; Cohen et al. 2004; Katsouyanni et al. 2001; Samet et al. 2000). Según la OMS (OMS, 2005) el aumento en la mortalidad en exposiciones cortas de  $MP_{10}$  en los países desarrollados y en desarrollo es en torno al 0,5% por cada incremento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $MP_{10}$ . Al tener una concentración diaria de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  la mortalidad aumenta en un 5%, teniendo como base el valor objetivo establecido por la OMS ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{N}$ ).

Chile presenta una variabilidad en la composición del  $MP_{10}$  a lo largo del territorio. En la zona norte su composición es principalmente material particulado grueso (entre 2,5 y 10 micras) de origen natural, re suspendido por el viento y por actividades mineras extractivas. En la zona sur, predomina el material particulado fino (<2,5 micras) de origen antropogénico, principalmente proveniente del uso de leña para calefacción, el transporte y la industria. Por lo anterior, al definir la norma primaria de  $MP_{10}$  se debe tener presente esta diversidad.

Lo anterior, expresado de otra forma, significa que en la zona centro sur de Chile la Norma  $MP_{2,5}$  es la que determina los esfuerzos de descontaminación, porque los niveles en que se superan los estándares de  $MP_{2,5}$  son mayores que respecto del  $MP_{10}$ . En la zona norte en cambio, los niveles de  $MP_{10}$  son muy superiores a los niveles de  $MP_{2,5}$ . En la mayor parte de las ciudades con monitoreo de  $MP_{2,5}$  en la zona norte de nuestro país, ni siquiera se alcanza niveles de latencia para este contaminante y algunas ciudades incluso cumplen los estándares OMS. Es por esta razón que en esta zona la Norma de  $MP_{10}$  es determinante para la protección de la salud de las personas, en particular la norma diaria de  $MP_{10}$ . Cabe destacar además, que actualmente es la única norma de Material Particulado que se encuentra en Objetivo Intermedio I de la OMS, por eso resulta relevante revisar este límite a la baja, según se resume en la tabla siguiente:

		Diaria (efectos agudos)	Anual (efectos crónicos)
$MP_{10}$	Objetivo Intermedio 1	150	70
	Objetivo Intermedio 2	100	50
	Objetivo Intermedio 3	75	30
	Meta	50	20
$MP_{2,5}$	Objetivo Intermedio 1	75	35
	Objetivo Intermedio 2	50	25
	Objetivo Intermedio 3	37,5	15
	Meta	25	10

Nota: En rojo se señalan las normas chilenas vigentes para  $MP_{10}$  y  $MP_{2,5}$

La norma anual de  $MP_{10}$  se encuentra actualmente en el objetivo 2. Es necesario señalar además, que la revisión de las directrices ambientales de la EPA, Estados Unidos, del año 2006 (EPA, 2006) dejó sin efecto la normativa anual del  $MP_{10}$  debido a la falta de evidencia que estableciera un vínculo entre la exposición a largo plazo del particulado grueso y los problemas de salud. Posteriormente, en la revisión de estándares del año 2012 (EPA, 2013), se mantuvo la decisión de no contar con un límite anual del  $MP_{10}$ . Lo anterior, ya que los efectos en la salud

por la exposición de largo plazo de material particulado se deben al material particulado fino, es por esto la importancia e interés de la normativa anual del MP<sub>2,5</sub> y no el MP<sub>10</sub>. A respecto, cabe destacar que norma de MP<sub>10</sub> diario es de 150 µg/m<sup>3</sup>.<sup>1</sup>

## II. Cambios propuestos para elaboración del proyecto definitivo

En la revisión del D.S. N°59/1998, del MINSEGPRES, la administración anterior determinó en virtud de la Resolución Exenta N° 868, del 31 de agosto de 2017, que Aprueba anteproyecto de revisión de la norma de calidad primaria para material particulado respirable MP10, contenida en el D.S. N° 59, de 1998, del MINSEGPRES, publicada en el Diario Oficial del día 4 de octubre de 2017, mantener la norma sin ninguna modificación. Esto es, mantener la norma anual de 50 µg/m<sup>3</sup> y la norma diaria de 150 µg/m<sup>3</sup>. Tampoco se incorporaron cambios en los niveles que determinan situaciones de emergencia ambiental.

Para la presente administración, no es viable revisar la norma después de más de 20 años de vigencia sin incorporar ningún cambio. Por lo cual, se propone lo siguiente:

- a) Mantener la norma anual en 50 µg/m<sup>3</sup>. Esta decisión se fundamenta en el hecho que para enfrentar los efectos de largo plazo del material particulado se ha puesto énfasis en la exposición al MP<sub>2,5</sub>, por eso la norma chilena para MP<sub>2,5</sub> se ubica entre los objetivos intermedios 2 y 3 de la OMS.
- b) Reducir la norma diaria a 130 µg/m<sup>3</sup>.
- c) Modificar los límites que definen las emergencias ambientales.

## III. Propuesta de Modificación de Norma Diaria de MP<sub>10</sub>

En la tabla 3, se presentan los valores límites de concentración media diaria actual para el MP<sub>10</sub> y una propuesta de modificación de dicho valor. Los criterios de excedencia de la norma no presentan modificación.

**Tabla 3: Propuesta de modificación para la norma primaria de MP<sub>10</sub> concentración de 24 horas.**

Periodo	Valor	Criterio de excedencia
Concentración de 24 horas	<b>Actual</b> <b>150 µg/m<sup>3</sup> N</b>	a) Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un año calendario, igual o mayor al valor indicado.
	<b>Propuesta</b> <b>130 µg/m<sup>3</sup> N</b>	b) Si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor indicado sea mayor que siete.

Es importante señalar, que la norma actual de 24 horas de 150 µg/m<sup>3</sup>N tiene una mortalidad de un 5%, respecto al valor guía OMS, y a su vez la propuesta de la norma de 24 horas de 130

<sup>1</sup> Disponible en: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table>

$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  tiene una mortalidad de un 4%, lo que significa que la norma propuesta implica una reducción en mortalidad de un 20% respecto de la norma actual vigente.

Asimismo, la modificación de la norma implica una actualización de los valores que definen episodios críticos de contaminación atmosférica.

El criterio actual para establecer los valores que determinan episodios críticos para  $\text{MP}_{10}$  se estableció con intervalos de  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sin hacer referencia a la mortalidad. **La norma actual de  $\text{MP}_{10}$  (del año 1998) y la norma de  $\text{MP}_{2,5}$  (del año 2012) no poseen el mismo criterio para definir los episodios críticos de contaminación.** Por ello, en la presente revisión se plantea unificar estos criterios asimilándolos al utilizado en la Norma Primaria de Calidad del Aire para  $\text{MP}_{2,5}$ , es decir, en base a la mortalidad como indica la OMS (OMS, 2005) en la definición de sus valores objetivos (Tabla 2).

De esta forma, en la tabla 4 se presentan los porcentajes que definen los episodios de contaminación atmosférica, en el caso del  $\text{MP}_{2,5}$  el aumento utilizado fue del 3% cada 100 puntos del ICAP, mientras que la propuesta para el  $\text{MP}_{10}$  es del 2,5% cada 100 puntos del ICAP.

**Tabla 4: Aumento de la mortalidad en base al valor objetivo de la OMS que definen episodios de contaminación atmosférica para norma de  $\text{MP}_{2,5}$ , para la norma actual de  $\text{MP}_{10}$  y la propuesta de norma  $\text{MP}_{10}$ .**

Nivel	Calidad del Aire	ICAP	Aumento de mortalidad (%) según valor objetivo OMS		
			$\text{MP}_{10}$ Actual	$\text{MP}_{10}$ Propuesta	$\text{MP}_{2,5}$
-	<b>Norma</b>	<b>100</b>	5	4	2,5
1	Alerta	200	7,25	6,5	5,5
2	Pre Emergencia	300	9,5	9	8,5
3	Emergencia	500	14	14	14,5

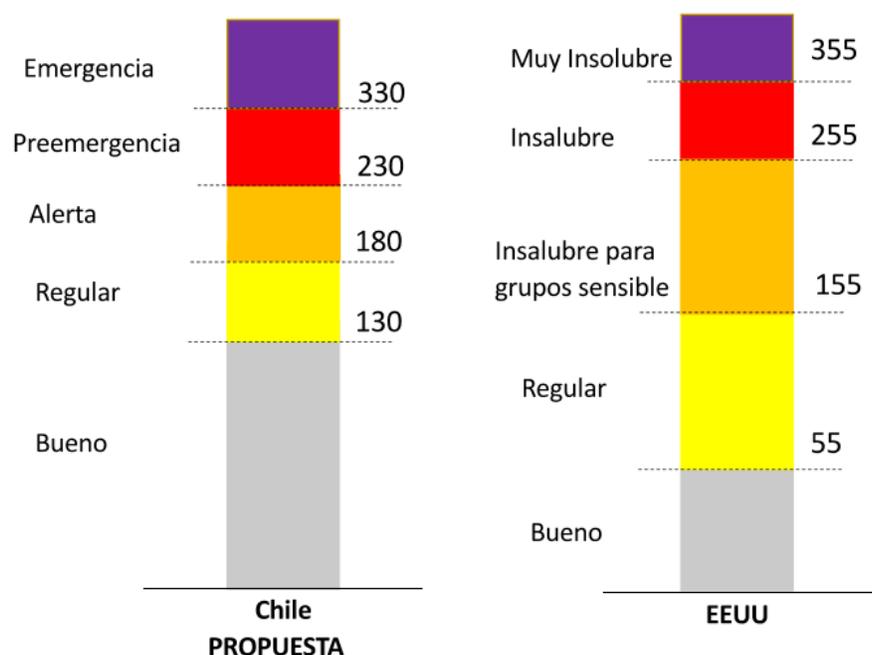
**Nota:** La mortalidad es de 0,5% por cada incremento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{MP}_{10}$  y de un 1% por cada incremento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{MP}_{2,5}$ .

La Tabla 5, presenta los intervalos, en concentración, para decretar episodios críticos para la norma de  $\text{MP}_{10}$  actual y la propuesta en la presente revisión. Se puede observar que es más exigente en los episodios de menor intensidad, Alerta y Pre Emergencia, mientras que se mantiene en  $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para la Emergencia. Esto significa que se tomarán medidas de mitigación y prevención en periodo de Gestión de Episodios Críticos (GEC), antes de lo que establece la actual norma.

**Tabla 5: Concentraciones que originan episodios críticos de contaminación para la normativa actual y para las dos propuestas de norma diaria.**

Calidad del Aire	Nivel	Actual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Propuesta ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>Norma</b>	-	150	130
<b>Alerta</b>	1	195 - 239	180 – 229
<b>Pre Emergencia</b>	2	240 - 329	230 - 329
<b>Emergencia</b>	3	$\geq 330$	$\geq 330$

Los criterios utilizados a nivel internacional para decretar los episodios críticos de contaminación también están relacionados a los efectos en la salud de las personas, utilizando nomenclaturas diferentes, pero todos están dirigidos a la protección de la población. Si comparamos los niveles propuestos para Chile con los de EEUU-EPA (Figura 1), podemos observar que los niveles de Chile son más exigentes en Preemergencia y Emergencia, que representan los niveles más dañinos para la salud.



**Figura 1: Índices de calidad del aire de  $MP_{10}$  de Chile y EEUU (EPA).**

#### IV. Principales efectos de los cambios propuestos

Con la presente modificación se da mayor atención a los casos de episodios de contaminación que se puedan originar en la zona norte, siendo más estrictos al decretar una alerta ambiental.

Las mayores concentraciones de  $MP_{10}$  y  $MP_{2,5}$  son registradas en la zona sur, por esta razón los episodios son atendidos mayoritariamente por la norma de  $MP_{2,5}$ , ya que como se mencionó con anterioridad, la composición del  $MP_{10}$  en el sur del país, es principalmente fino. Es

importante destacar que también se harán más exigentes las condiciones para decretar episodios por MP<sub>10</sub> en la zona sur, sin embargo seguirá siendo el MP<sub>2,5</sub> el contaminante que domine la gestión de calidad del aire desde la Región Metropolitana hasta Magallanes.

La concentración ambiental de MP<sub>10</sub> que origina un episodio de contaminación ambiental de emergencia, coincidentemente no presenta modificación en relación con la normativa vigente. Este hecho otorga una ventana de trabajo mayor en las alertas y preemergencias, para evitar que las concentraciones lleguen a niveles superiores.

La Región Metropolitana merece un análisis más profundo porque producto de un Plan de Descontaminación que acumula más de dos décadas, los niveles de MP<sub>2,5</sub> se han reducido en forma significativa, por lo cual los episodios por MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub> son similares. En la Tabla 6, se presentan los días de superación de norma diaria y episodios de MP<sub>10</sub> en la Región Metropolitana (2016-2019), los que se comparan con la Norma Propuesta (130 µg/m<sup>3</sup>). En la Tabla 6, se observa un incremento de los episodios de Alerta y Pre Emergencia al tener una normativa más exigente, lo que permitirá activar la GEC en umbrales de concentración inferiores a los actuales, de modo de llevar a cabo las acciones que contemplan los respectivos planes de prevención y/o descontaminación atmosférica, y evitar alcanzar los periodos de emergencia.

**Tabla 6: Número de días en los que se supera la norma de 24 horas de MP<sub>10</sub> en la Región Metropolitana y la cantidad de días donde se observaron eventos de contaminación en la GEC. Para la norma actual y la norma propuesta.**

Año	Norma Actual MP <sub>10</sub> 24 horas 150 (µg/m <sup>3</sup> )				Norma Propuesta MP <sub>10</sub> 24 horas 130 (µg/m <sup>3</sup> )			
	Sobre norma	Alerta	Pre Emergencia	Emergencia	Sobre norma	Alerta	Pre Emergencia	Emergencia
2016	11	1	2	0	29	1	2	0
2017	20	3	1	0	36	11	1	0
2018	16	1	0	0	30	7	0	0
2019	40	18	8	0	61	23	11	0

**Nota:** Se observa un aumento de las superaciones de norma y de los episodios por MP<sub>10</sub> a partir del año 2019. Esto se debe a un cambio general de equipos de monitoreo implementados a fines del 2018.

En la Región Metropolitana el efecto más significativo que se observa es el aumento de las preemergencias ambientales de 8 a 11 por MP<sub>10</sub> el año 2019. No se observan cambios en las emergencias ambientales porque el límite no cambia. Como referencia, el número de preemergencias ambientales por MP<sub>2,5</sub> en la región para el 2018 y 2019 fueron 7 y 9 respectivamente.

No se realizó el mismo análisis para la zona centro-sur y sur del país, debido a que su principal problema es la contaminación por MP<sub>2,5</sub>, también tienen altos niveles de MP<sub>10</sub>, pero la restricción activa desde Rancagua hasta Coyhaique es el MP<sub>2,5</sub>. **Por lo anterior, una reducción de la norma diaria de MP<sub>10</sub> no afectaría significativamente la ocurrencia de episodios.**



## ANEXOS

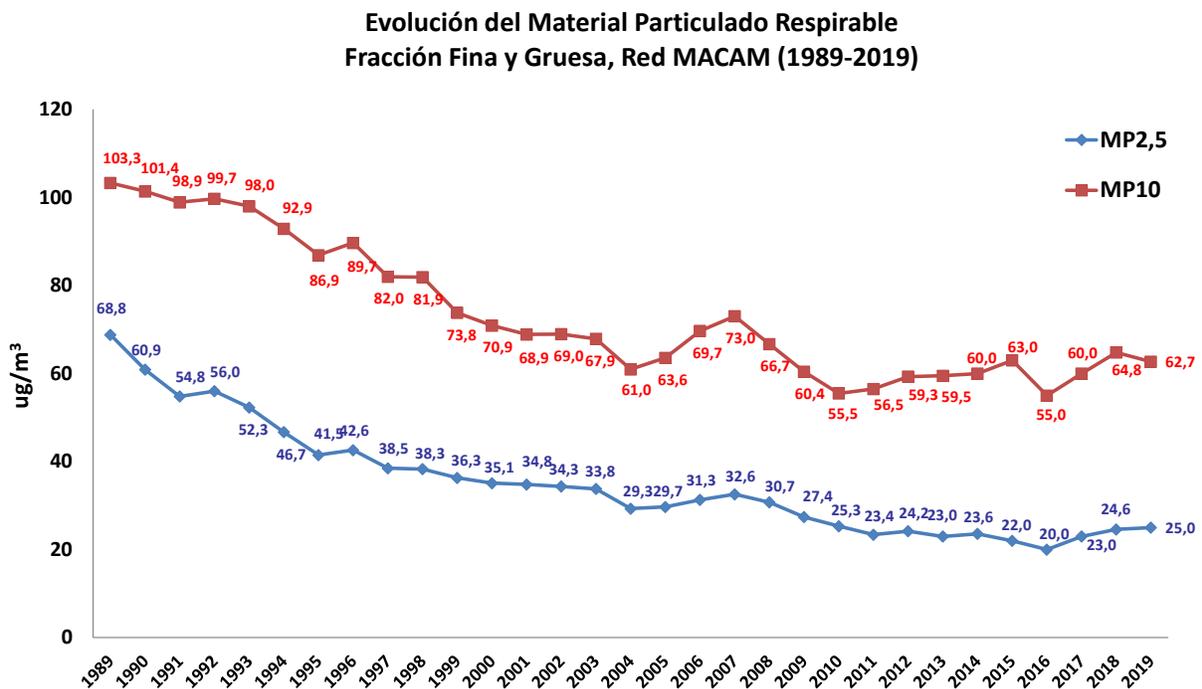
### I. Análisis de la norma anual de MP<sub>10</sub> en la Región Metropolitana

La Región Metropolitana (RM) cuenta con datos históricos de MP<sub>10</sub> desde el año 1989, y quizás sea una de las datas más extensas registradas, en forma permanente, a nivel mundial. Estos datos de MP<sub>10</sub> han sido medidos mediante filtros que miden 2 fracciones:

- Fracción fina MP<sub>2,5</sub> (menor a 2,5 micras)
- Fracción gruesa MP<sub>2,5-10</sub> (entre 2,5 y 10 micras)

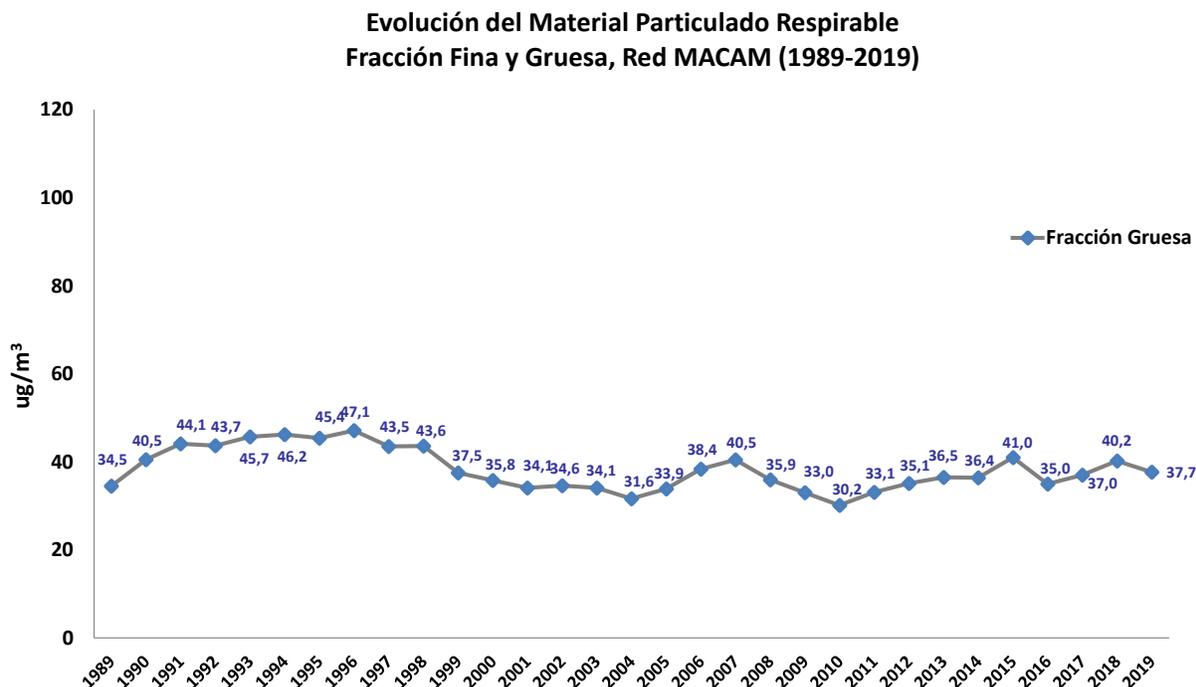
Ambas fracciones componen el MP<sub>10</sub>. Sin embargo, al medir estas fracciones es posible identificar las tendencias en concentraciones a lo largo del tiempo para MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub> y MP fracción gruesa, lo que permite analizar las reducciones que se han logrado después de más de 20 años de implementación del Plan de Prevención y Descontaminación de la RM y qué fracción del material particulado ha tenido mayores reducciones.

A continuación, se presentan los gráficos para el monitoreo realizado mediante filtros para las distintas fracciones del material particulado:



**Figura 2: Evolución del MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub> en la RM**

De la figura 2, tanto el  $MP_{10}$  como el  $MP_{2,5}$  han logrado reducciones en sus concentraciones desde el año 1989 al 2019, las cuales son de un 39% y 64%, respectivamente. Es relevante destacar la reducción del  $MP_{2,5}$ , la cual es de  $43,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Figura 3: Evolución del  $MP_{2,5-10}$  en la RM**

Para el caso de la fracción gruesa del  $MP_{10}$ , es decir la fracción entre 2,5 y 10 micrones ( $MP_{2,5-10}$ ), se observa en la figura 3 que presenta ciclos que oscilan entre los  $30$  y  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pero que en resumen esta fracción no presenta una reducción, es más, entre el año 1989 y 2019 esta fracción muestra un aumento de un 8% para esta fracción. Los ciclos que presenta esta fracción se deben a condiciones meteorológicas, que aumentan la emisión de polvo natural producto de mayor sequía, mayores vientos, o la disminuye por temporadas más húmedas y lluviosas, entre otras.

Lo anterior es vital para entender dónde enfocar la gestión de calidad del aire, debido a que la fracción gruesa forma parte del  $MP_{10}$ , al igual que la fracción  $MP_{2,5}$ , pero sus reducciones en  $MP_{10}$  sólo se han producido por las reducciones del  $MP_{2,5}$ , ya que la fracción gruesa  $MP_{2,5-10}$  no ha mostrado avances, producto de que para esta fracción sus fuentes más importantes son de origen natural como la erosión, polvo re suspendido natural, aerosoles marinos, polen, etc., los cuales no pueden controlarse.

Por lo expuesto, la gestión en calidad del aire del Ministerio del Medio Ambiente se ha enfocado en el  $MP_{2,5}$  desde que se publicó la norma, ya que reducciones en este contaminante son reducciones directas en  $MP_{10}$ .

## II. Análisis de las concentraciones background de la norma anual de MP<sub>10</sub>

El background se define como la concentración de un contaminante aportado por fuentes naturales, no antropogénicas. También se le conoce como el nivel de fondo o natural. Es decir, el background es la contribución natural del material particulado, en este caso, que ingresa a una zona definida, el cual representa el piso de concentraciones y por tanto es su base natural de concentraciones en dicha zona.

El background se concentra en forma mayoritaria en la fracción gruesa del MP<sub>10</sub>, es decir en la fracción entre 2,5 a 10 micrones, donde sus aportes son la erosión, polvo re suspendido natural, aerosoles marinos, polen, entre otras. Estas concentraciones son producidas principalmente de forma natural producto de la erosión, del viento y de la baja humedad.

Las concentraciones background para la norma anual de MP<sub>10</sub> toman relevancia en la zona norte del país, esto por su geografía natural desértica, que es más árida y por ende su contribución al MP<sub>10</sub> es importante. Es por ello, que se han realizado diversos estudios<sup>2</sup> en la zona norte con el fin de evaluar y analizar los valores en concentración del background y con ello conocer cuál es su aporte al MP<sub>10</sub>.

A continuación, se presenta una tabla con dichos valores encontrados en los estudios realizados:

Lugar	Periodo de medición	Valor Background $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Calama	octubre-diciembre 2007	20
Calama	enero-abril 2010	16
Calama	julio-septiembre 2018	12
Tocopilla	marzo-abril 2006	35
Sierra Gorda	junio-agosto 2016	26
Sierra Gorda	Otras mediciones históricas	20
Antofagasta	diciembre 2007-enero 2008	37

A modo de ejemplo, el promedio anual de MP<sub>10</sub> para el año 2016 en una de las estaciones de Sierra Gorda fue de 48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Si utilizamos el valor background de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , entonces las concentraciones que no son de origen natural serían de 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , es decir, un 59%. Ello explica que las concentraciones anuales tienen una contribución natural (background), que no es posible de controlar a través de un plan de prevención y/o descontaminación o una medida específica que pueda reducir dichas emisiones.

<sup>2</sup> "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA MP10 EN TOCOPILLA", Octubre 2006; "ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA MP10 EN CALAMA", Diciembre 2009; "MEDICIÓN DEL NIVEL DE FONDO O BACKGROUND DE MATERIAL PARTICULADO EN LA ZONA DE CALAMA", Diciembre 2009; "ANTECEDENTES PARA ELABORAR EL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DE LA CIUDAD DE CALAMA Y SU ÁREA CIRCUNDANTE", Abril 2019; "ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE, LOCALIDAD DE SIERRA GORDA", 2018; "APLICACIÓN DE UN MODELO DE RECEPTOR PARA ESTABLECER FUENTES EMISORAS DE MP10 EN EL SECTOR DE LA ESTACIÓN MONITORA INACESA ANTOFAGASTA, II REGIÓN", Julio 2008.

## Bibliografía

Cohen A et al. (2004). Mortality impacts of urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors. Geneva, World Health Organization: 1353–1434.

EPA, 2006, National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter, Final Rule. 61144 Federal Register, Vol. 71.

EPA, 2012, National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter, Final Rule. 3085 Federal Register, Vol. 78.

Katsouyanni K et al. (2001). Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*, 12:521–531.

Norma oficial mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamiento para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud. 2019.

Pascal M. et al. (2014). Short-term impacts of particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>10e2.5</sub>, PM<sub>2.5</sub>) on mortality in nine French cities. *Atmospheric Environment*. 95: 175-184.

Samet JM et al. (2000). The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Research Reports of the Health Effects Institute*, 94:5–70.

Samoli, E., et al., (2013). Associations between fine and coarse particles and mortality in mediterranean cities: results from the MED-particles project. *Environ. Health Perspect.* 121 (8), 932-938

OMS, 2005. Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide. World Health Organisation, Geneva, Switzerland, p. 7-13.