



Informe Final para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable MP₁₀ y MP_{2,5}

AÑO 2023

**SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO**

ÍNDICE

1. Introducción.....	3
2. Calidad del Aire	4
2.1. Patrones Meteorológicos asociados a la Calidad del Aire en la zona centro de Chile...4	
a. Configuración tipo A.....	5
b. Condición Tipo BPF.....	5
c. Episodios múltiples o mixtos	5
2.2. Indicadores Meteorológicos GEC 2023	6
a. Situación sinóptica y meteorológica en días de episodios GEC 2023	6
b. Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA).....	9
c. Monitoreo mediante Nefobasímetro	10
d. Red de Monitoreo Automático de Calidad del Aire y Meteorología (MACAM)	13
2.3. Episodios de Contaminación.....	14
a. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP ₁₀	14
b. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP _{2,5}	17
2.4. Comentarios.....	21
3. Conclusiones.....	23
4. Glosario	25
5. Bibliografía	27

1. INTRODUCCIÓN

La Región Metropolitana fue declarada zona saturada¹ por Material Particulado Respirable (MP₁₀), Ozono Troposférico (O₃) y Monóxido de Carbono (CO), y zona latente por Dióxido de Nitrógeno (NO₂), a través del D.S. N°131 de 1996, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES). El año 1998, mediante el Decreto Supremo D.S. N°16/1998, de MINSEGPRES, se dicta el primer Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), instrumento de gestión ambiental cuyo objetivo es lograr el cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire y con ello, proteger la salud de los habitantes de la región. Este plan fue actualizado en una primera oportunidad a través del D.S. N°58/2003, de MINSEGPRES, y posteriormente reformulado mediante el Decreto Supremo N°66 de 2009, de MINSEGPRES, que contiene metas de calidad del aire y medidas orientadas al control de las emisiones de las principales fuentes contaminantes identificadas, y contempla diversos programas estructurales con el objeto de alcanzar los estándares de calidad del aire en la Región Metropolitana, y por ende, conseguir una mejor calidad de vida para las personas.

Tras la revisión de la evolución de la calidad del aire y los logros alcanzados de los PPDA anteriores, todo indicaba que en la RM de Santiago ya no se encontraba en condición de saturación para NO₂ y CO, sin embargo, esta situación persistía para el material particulado (MP₁₀ y MP_{2,5}) y Ozono (O₃), es por estos antecedentes, que a través de resolución exenta N°218, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, se da inicio al proceso de revisión, reformulación y actualización del D.S. N°66/2009, del MINSEGPRES en donde se ordenó acumularlo con el proceso de elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica por MP_{2,5}, los que continuaron como un solo procedimiento. De lo anterior, se actualizó el PPDA vigente a través del D.S. N°31/2016.

Dentro de las estrategias de control que contempla el PPDA vigente (D.S. N°31/2016), se encuentra “El Plan Operacional para la gestión de Episodios Críticos de Contaminación (GEC)” correspondiente al Capítulo XII. Este plan, tiene como objetivo enfrentar los episodios críticos de contaminación por material particulado respirable MP₁₀ y MP_{2,5}, a través de medidas

¹ Zona Saturada: Aquella en que una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas. Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente.

preventivas que son ejecutadas por los servicios públicos competentes², cuyo período comprende desde el 1 de mayo al 31 de agosto de cada año.

El presente informe tiene por objetivo consolidar, informar y dar cuenta pública de las gestiones desarrolladas por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región Metropolitana, durante la ejecución del Plan Operacional para Enfrentar Episodios Críticos durante el período GEC 2023.

2. CALIDAD DEL AIRE

2.1. PATRONES METEOROLÓGICOS ASOCIADOS A LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA CENTRO DE CHILE

Chile central está localizado en una zona de transición entre el Anticiclón del Pacífico Sur (APS) en el norte y los flujos del oeste en el sur (Miller, 1976). Durante el verano, el APS se desplaza hacia el sur, y en invierno, se repliega hacia el norte. Esto último, deja expuesta la zona centro-sur de Chile al paso de sistemas frontales (Rutllant y Sippa, 1971), mientras que, en el período estival, este centro de la alta presión domina hasta los 40°S aproximadamente (Rutllant, 1979).

En la zona central de Chile diversas investigaciones confirman los patrones característicos descritos por Rutllant y Garreaud (1995), es decir, marcada subsidencia asociada con el establecimiento de vientos del este y la reducción de la altura de la capa de mezcla. El factor meteorológico de la contaminación atmosférica en la región, está asociado a una tipificación de configuraciones sinópticas (Tipo A, Tipo BPF y Mixtas) que irrumpen a la zona centro del país y que fortalecen los eventos de alta estabilidad atmosférica.

A continuación, se describe cada tipo de configuración relacionada a malas condiciones de ventilación:

² Seremi de Salud, Seremi de Transportes y Telecomunicaciones, Corporación Nacional Forestal (CONAF), Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), Carabineros de Chile, Superintendencia del Medio Ambiente, Seremi de Educación y Seremi del Medio Ambiente.

a. Configuración tipo A

Estas configuraciones generan estabilidad debido al aporte de aire cálido desde altura (500 hPa) producto del ingreso de una alta presión, lo que en presencia de una depresión costera (vaguada costera) en superficie intensifica el fenómeno de inversión térmica en la cuenca. Lo anterior, limita el desarrollo la capa de mezcla y en consecuencia genera el aumento en la concentración de contaminantes.

Este fenómeno se ha relacionado históricamente con la ocurrencia de episodios de alerta y preemergencia ambiental. Cabe indicar, que la culminación de la vaguada costera se asocia en general, al ingreso a la cuenca de aire costero que posibilita la formación local de nubosidad baja (niebla o neblina) y, por consiguiente, una disminución de las concentraciones de material particulado, dando por concluido el episodio de contaminación.

b. Condición Tipo BPF

La sigla BPF proviene de baja prefrontal, denominándose así a la situación que se presenta antes de la entrada o irrupción de un sistema frontal. Se identifica habitualmente por la irrupción de una vaguada en la tropósfera media (en el nivel de 500 mb) que acompaña a un sistema frontal, con un desplazamiento paulatino, asociado a abundante cobertura nubosa prefrontal, del tipo media y alta (altoestratos y altocúmulos). Esto provoca una oscilación térmica diaria débil, en superficie y contribuye a que se presente un bajo factor de ventilación. En ocasiones, una proyección frontal cálida asociada a la parte delantera de una dorsal en altura, o una corriente en chorro intensa que genere abundante nubosidad media y alta pueden producir un efecto similar.

c. Episodios múltiples o mixtos

Este tipo de episodio ocurre cuando se alternan los episodios de tipo A y BPF en períodos intermedios del orden de 24 horas. Generalmente, los episodios mixtos comienzan con una configuración del Tipo A, seguida de una Tipo BPF.

Los episodios tipo A representan como promedio un 61% del total de episodios, sin embargo, los BPF un 32% (Rutllant y Garreaud, 1994). Mientras que el 7% restante se encontrarían otras configuraciones atípicas conducentes a episodios. Entre ellas se destaca en altura la

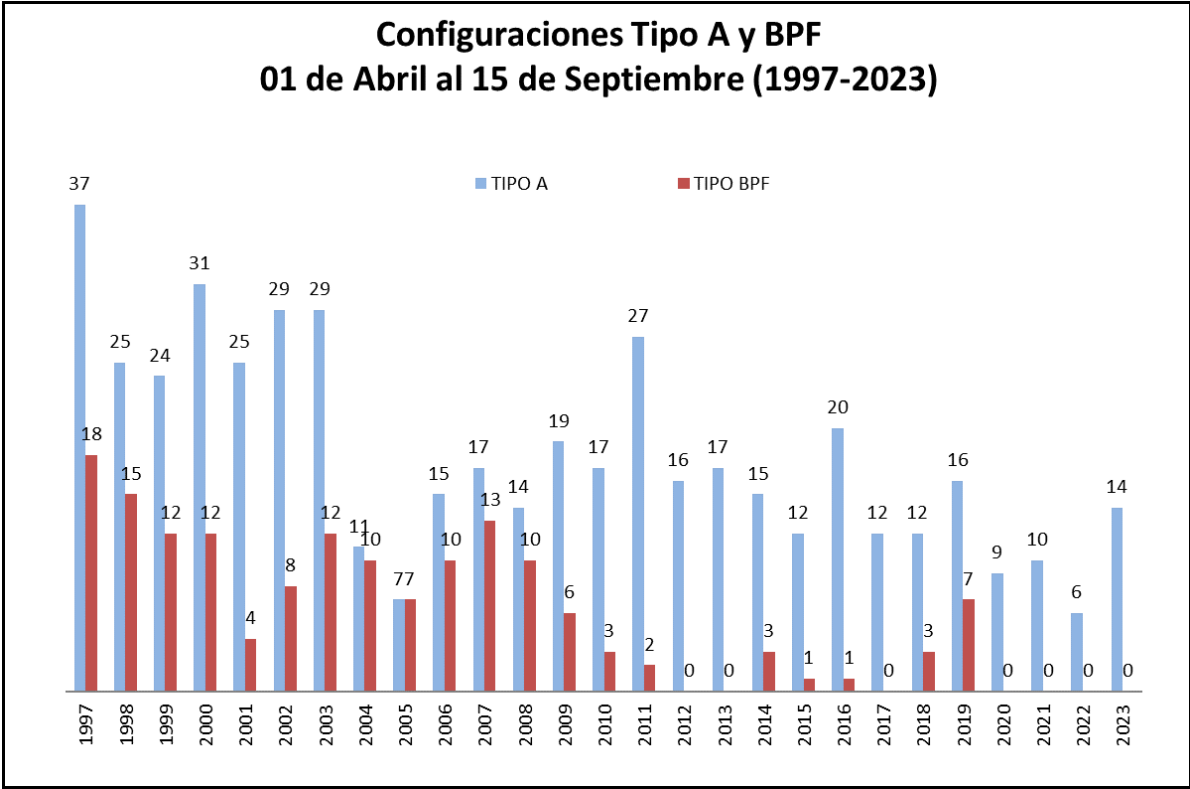
presencia de un núcleo frío o baja segregada frente al Norte Chico, y una dorsal ligeramente al sur de la Región Metropolitana con orientación NE/SO.

2.2. INDICADORES METEOROLÓGICOS GEC 2023

a. Situación sinóptica y meteorológica en días de episodios GEC 2023

En la Figura 1, se observa que a partir del año 2010 las configuraciones asociadas a BPF disminuyeron notoriamente, registrándose sin configuración de este tipo para los años 2012, 2013, 2017, 2020, 2021 y 2022. Finalmente, durante el período 2023, no se presentaron casos con configuración Tipo BPF, en tanto las configuraciones asociadas del Tipo A alcanzaron los 14 casos.

Figura 1. Distribución de configuraciones sinópticas tipo A y BPF (1997-2023).

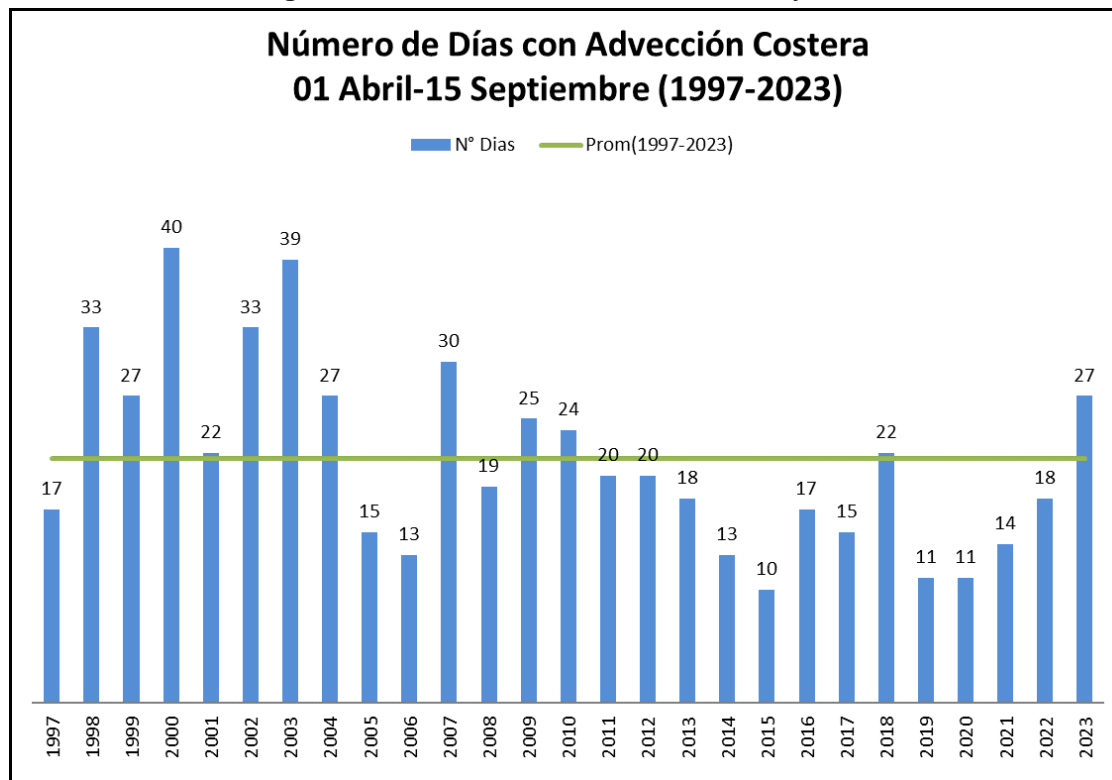


Fuente: DMC 2023.

Por otro lado, se observa en la Figura 2 que el número de días de advección de aire costero hacia la cuenca durante el periodo GEC 2023 aumentó respecto a lo reportado en el año 2022,

con 27 casos, elevándose por sobre el valor promedio del periodo de análisis. Es importante señalar que las advecciones de aire costero mejoran la ventilación de la cuenca.

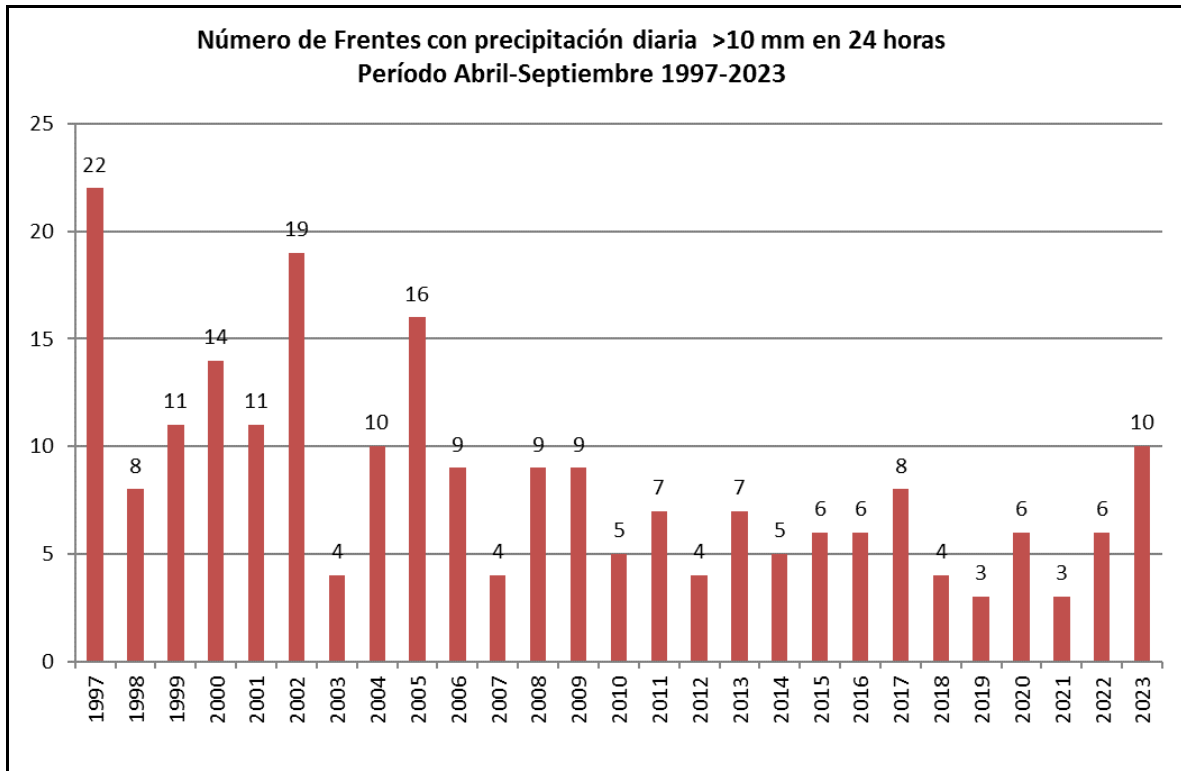
Figura 2. Días con advección costera entre 1997 y 2023.



Fuente: DMC 2023.

Respecto a la presencia de sistemas frontales activos, asociados a precipitaciones mayores a 10 mm en 24 horas, en la Figura 3 se observa que, a partir del año 2006, el número de días con sistemas frontales con precipitación mayor a 10 mm, no superaron los 10 días. Por otro lado, durante el año 2023 se registraron 10 sistemas frontales, al igual que el año 2004.

Figura 3. Sistemas frontales con precipitaciones > 10mm en 24 horas.



Fuente: DMC 2023.

Por otro lado, sobre la precipitación mensual en el periodo abril-septiembre, presentada en la Tabla 1, se puede observar que, durante el año 2023, las precipitaciones mensuales han estado por debajo la normal mensual, exceptuando los meses de agosto y septiembre. Además, el superávit de precipitaciones fue del 6,8%, acumulando un monto total de 277,8 [mm].

Tabla 1. Precipitación en Quinta Normal, entre el 1 de abril y 15 septiembre de los años 1997 al 2023, en [mm].

Años	abril	mayo	junio	julio	agosto	Septiembre ³
Normal	17,3	42,6	80,7	50,2	44,0	25,4
2010	0,3	65,8	75,6	26,6	6,9	28,4
2011	13,0	0,0	56,0	43,2	27,6	1,3
2012	9,6	34,0	69,7	2,0	35,8	1,0
2013	0,0	96	34,6	3,7	24,4	2,9
2014	0,0	8,9	75,2	34,6	46,5	30,0
2015	0,0	2	0,0	38,3	111,4	16,3
2016	109,2	20,5	38,4	50,2	0,0	0
2017	5,6	55,6	73,2	30,7	50,4	7,4
2018	0,0	13,0	45,8	49,6	10,5	0,3
2019	0,2	5,8	45,9	13,3	0,0	0,0
2020	2,5	5,6	110,1	64,6	6,9	0,0
2021	0,0	15,2	22,3	0,6	18,5	11,1
2022	28,8	0,0	27,5	69,0	23,1	8,0
2023	8,6	5,0	51,9	45,7	89,8	76,8 ³

Fuente: DMC 2023.

b. Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA)

El PMCA es un indicador meteorológico, el cual es inversamente proporcional al factor de ventilación (Rutllant y Salinas, 1983), entendiéndose por factor de ventilación al producto del espesor de la capa de mezcla superficial y el viento zonal medio dentro de la capa.

Se definen 5 categorías de PMCA asociadas a diferentes condiciones sinópticas.

Tabla 2. Valores asignados a las categorías de PMCA.

Categoría de PMCA	Valor asignado
Bajo	1
Regular/Bajo	2
Regular	3
Regular/Alto	4
Alto	5

Fuente: DMC 2023.

³ Periodo entre 01 y 15 de Septiembre

En términos generales, las categorías 1 y 2 están asociadas a buenas condiciones de ventilación, la categoría 3 a condiciones de ventilación regulares, y las categorías 4 y 5 a condiciones de ventilación malas o críticas, las cuales son favorables para la ocurrencia de episodios de alta contaminación atmosférica por MP_{10} . El PMCA evaluado corresponde al más alto observado en el día, considerando los registros de las 08:00 y 20:00 horas.

En la Tabla 3, se aprecia que las categorías más recurrentes durante el período 2023, correspondieron a PMCA 3, con 215 casos. Seguidamente está el PMCA 2, con 33 casos. Luego, para el PMCA 4 se constataron 27 casos, y para PMCA 1 se observaron 1 caso. Finalmente, no se observaron casos de PMCA 5. Cabe señalar, que este indicador de calidad del aire está orientado para el contaminante MP_{10} .

Tabla 3. Distribución de categorías de PMCA periodo 2023.

Categoría de PMCA	Nº Casos
1	1
2	33
3	215
4	27
5	0
Total	276

Fuente: DMC 2023.

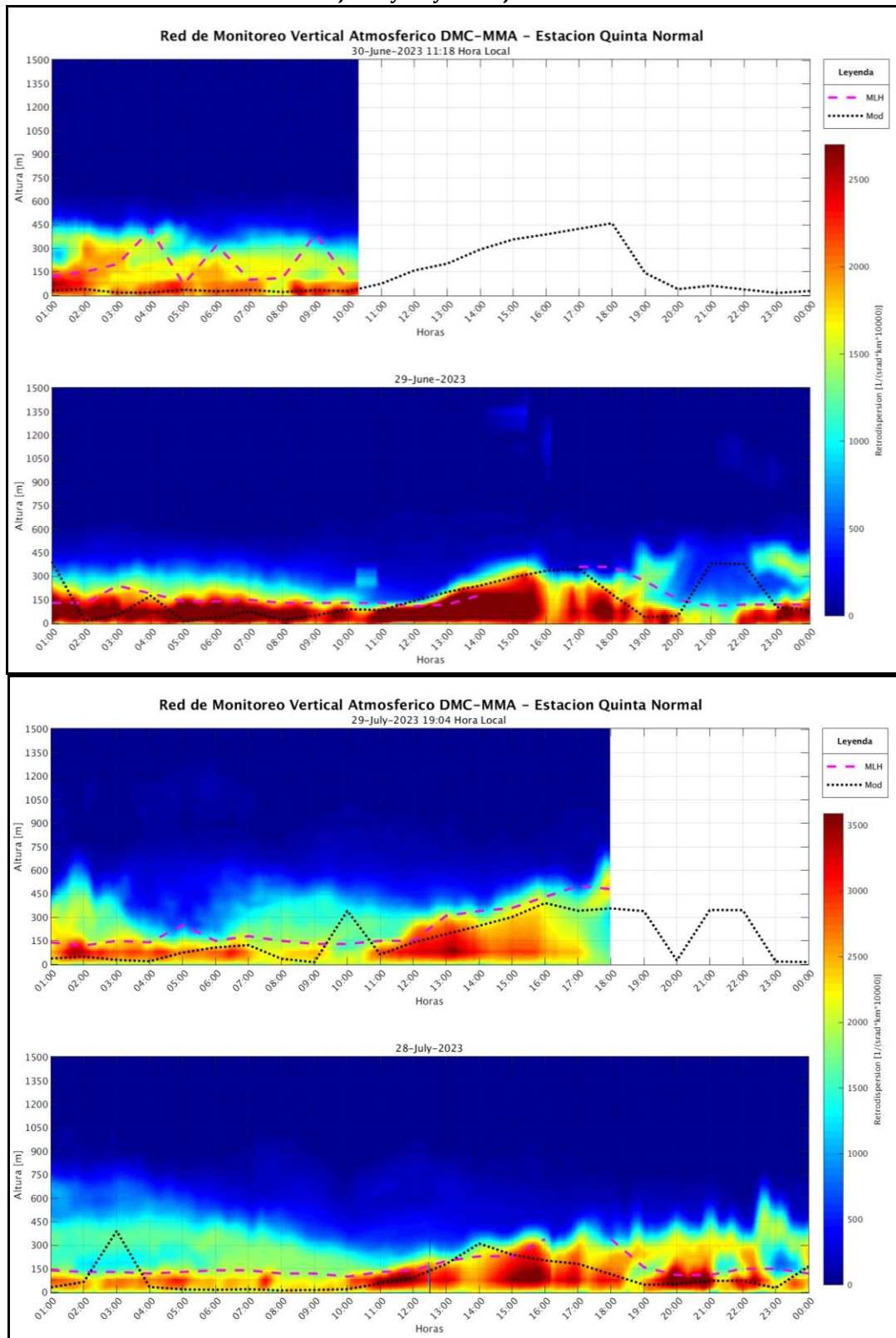
c. Monitoreo mediante Nefobasímetro

A partir del año 2018 comenzó el funcionamiento de un nefobasímetro en la estación meteorológica de Quinta Normal. Este equipo emite un haz láser con una longitud de onda de 910 [nm], el cual es fuertemente reflejado por gotitas de nubes y también aerosoles - partículas- presentes en el aire. El alcance vertical de las mediciones es hasta alrededor los 7 km de altura, aunque si existe una densa capa de nubes bajas, la señal del láser será casi completamente reflejada y el instrumento no será capaz de detectar las capas de nubes superiores que pudiesen existir. La resolución vertical y temporal de la información generada por el instrumento parten desde los 5 m y 2 s, respectivamente, según sea la configuración que se implemente (R., Muñoz, 2017).

En ausencia de nubes y con suficiente cantidad de aerosoles en la capa límite atmosférica, el nefobasímetro permite visualizar muy claramente el desarrollo de la capa de mezcla sobre Santiago durante las horas diurnas en que la radiación solar calienta la superficie del valle y la capa de mezcla crece paulatinamente.

A continuación, en la Figura 4 se presentan las mediciones realizadas durante el periodo GEC del año 2023 por el nefobasímetro de estación Quinta Normal en días de episodios en la región, donde se puede apreciar que en las madrugadas y mañanas del 29 de junio y 28 de julio la capa de mezcla se encontró a muy baja altura.

Figura 4. Mediciones del Nefobasímetro de Estación Quinta Normal, para los días 29 y 30 de junio y 28 y 29 de julio de 2023.

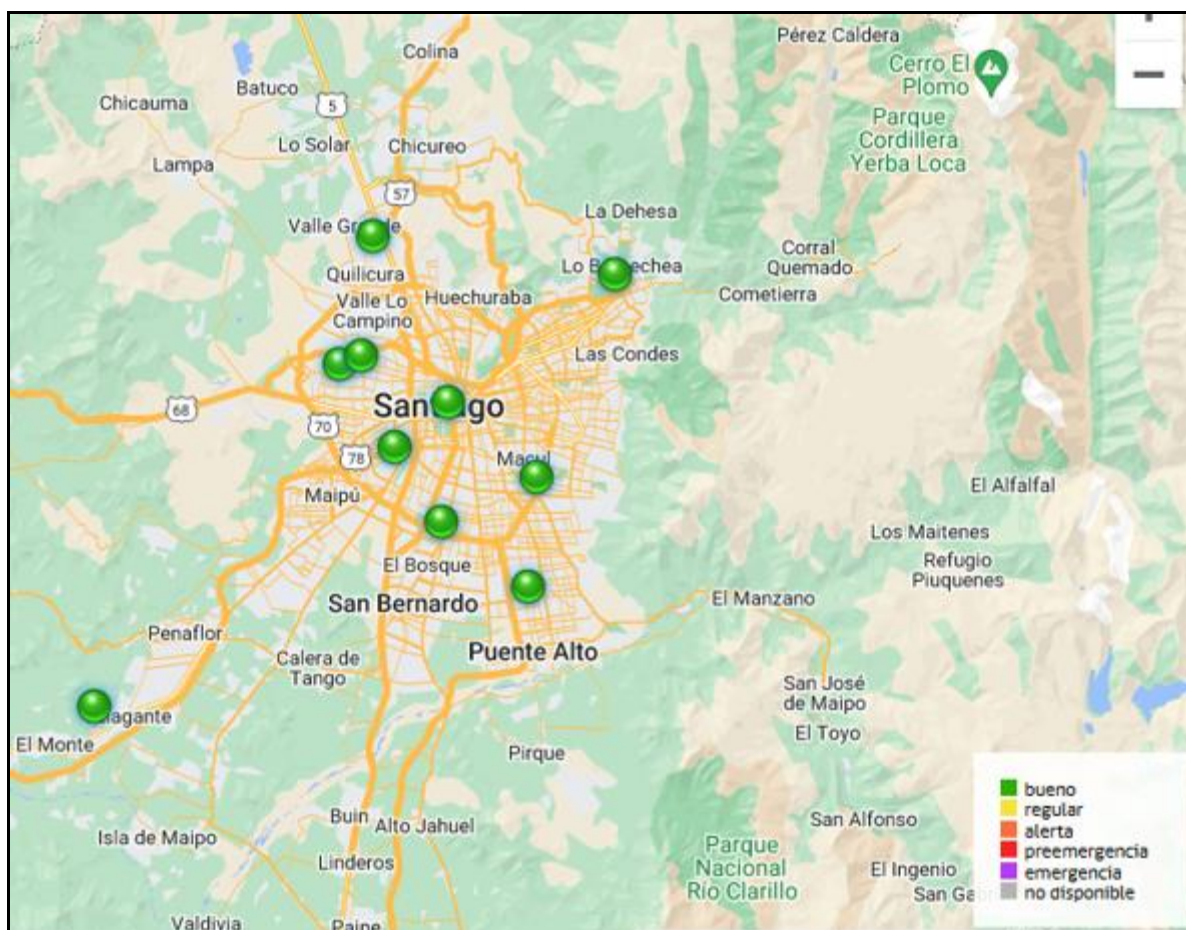


Fuente: Departamento de Redes de Monitoreo del MMA.

d. Red de Monitoreo Automático de Calidad del Aire y Meteorología (MACAM)

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire está conformada por 10 estaciones⁴, las que se presentan en la Figura 5. Estas estaciones monitorean el estado de la calidad del aire, a través del registro en tiempo real de las concentraciones horarias de los contaminantes normados y de variables meteorológicas.

Figura 5. Red de Vigilancia de Calidad del Aire (Red de Monitoreo MACAM).



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

⁴ Las Condes, La Florida, Puente Alto, El Bosque, Cerrillos, Santiago, Cerro Navia, Pudahuel, Talagante y Quilicura.

2.3. EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN

a. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP₁₀

Durante la Gestión de Episodios Críticos (GEC) del año 2023 y según sus datos preliminares, se constataron 14 episodios de alerta, 1 episodio de Preemergencia y ningún episodio de Emergencia para este periodo, como se puede observar en la Figura 6.

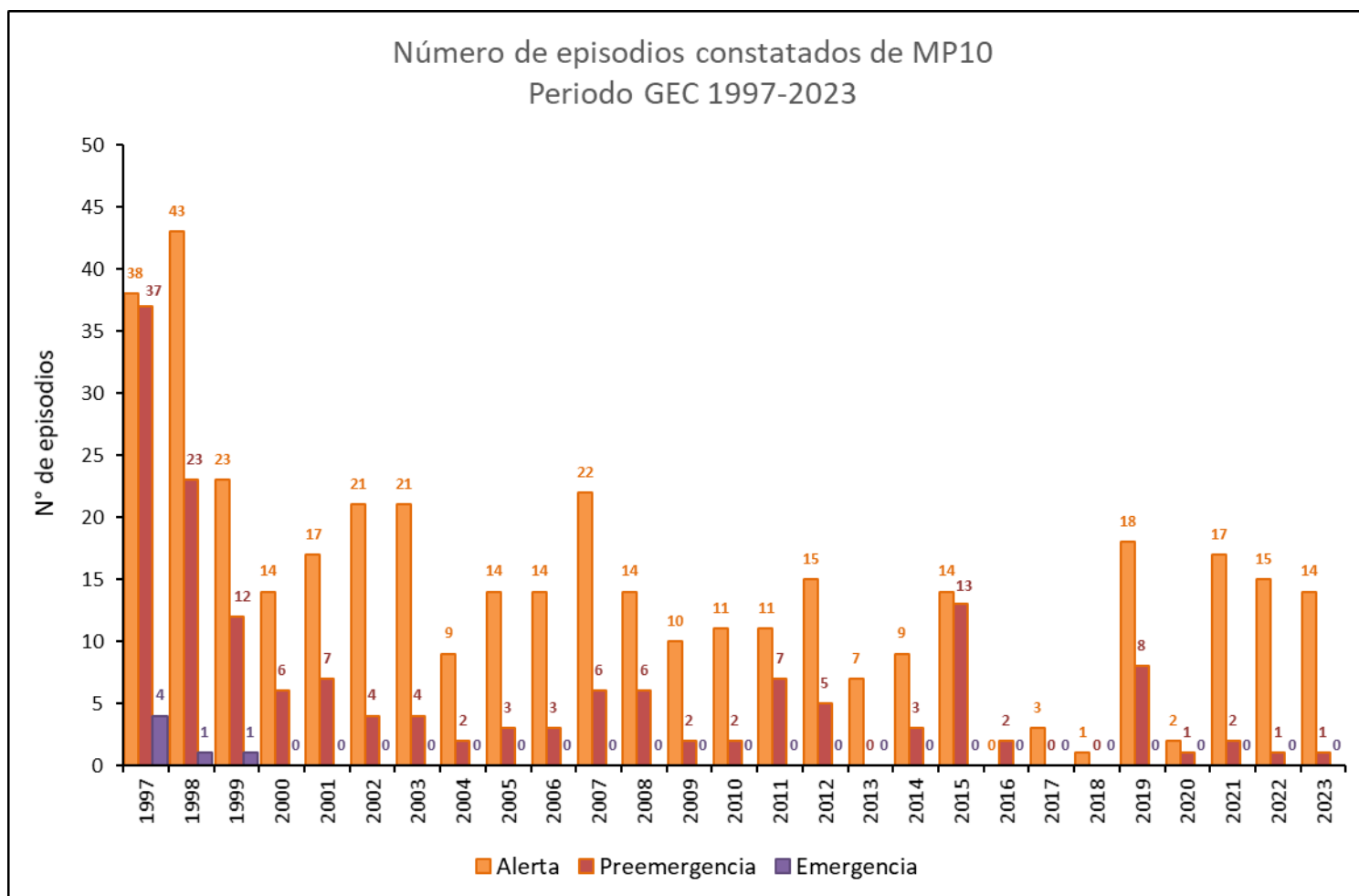
El año 2023 tuvo una leve reducción en el número de episodios por MP₁₀ para la RM, respecto al año anterior. Esto a pesar de que el año 2022 la norma de MP₁₀ fue actualizada, y los límites de episodio se hicieron más restrictivos respecto a Alertas y Preemergencias, como se aprecia en la Tabla 4. Lo anterior da cuenta de una mejora en las condiciones de ventilación en la cuenca.

Tabla 4. Niveles actualizados que determinan las situaciones de Episodios Críticos para MP₁₀.

Niveles	MP ₁₀ (µg/m ³) en 24 horas	
	DS. 20/2013 del MMA	DS. 12/2022 del MMA
Alerta	195 – 239	180 - 229
Preemergencia	240 – 329	230 - 329
Emergencia	330 o superior	330 o superior

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional.

Figura 6. Episodios constatados MP10 (1997-2023).

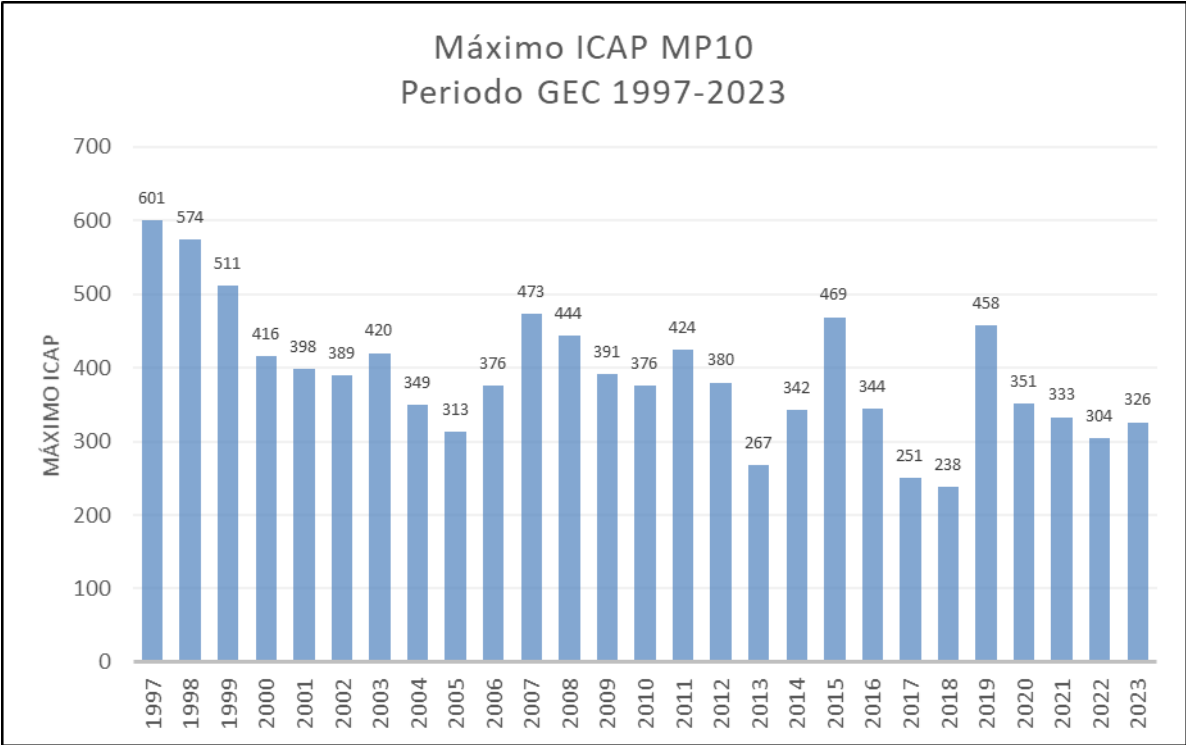


Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

Por otro lado, respecto a las concentraciones máximas de MP₁₀ monitoreadas, se observa un aumento del Máximo ICAP con respecto al año 2022, con un incremento del 7%, según lo observado en la Figura 7.

En cuanto al Máximo ICAP del contaminante MP₁₀ registrado durante el periodo GEC 2023, se considera el episodio ocurrido el día 18 de julio del 2023, el cual, debido a las malas condiciones de ventilación y la estabilidad atmosférica de la cuenca, se constató en la Región Metropolitana la única Preemergencia Ambiental del año por MP₁₀, en las estaciones Cerro Navia y Cerrillos.

Figura 7. Máximo ICAP MP₁₀ Región Metropolitana.



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

Finalmente, respecto a los episodios constatados por MP₁₀ en el periodo GEC 2023, el detalle de estos se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de episodios constatados por MP10 en el período GEC 2023.

Nº	Fecha	Episodio	Estación	Max ICAP
1	01-06-2023	Alerta	Cerro Navia	210
2	16-06-2023	Alerta	Cerro Navia	208
3	17-06-2023	Alerta	Cerro Navia/Pudahuel	258
4	18-06-2023	Alerta	Cerro Navia/Pudahuel	278
5	28-06-2023	Alerta	Cerrillos/El Bosque	232
6	29-06-2023	Alerta	Parque O'Higgins/Cerrillos/El Bosque	248
7	30-06-2023	Alerta	Cerro Navia/Pudahuel	254
8	01-07-2023	Alerta	Cerro Navia/Pudahuel	280
9	14-07-2023	Alerta	Cerro Navia	224
10	17-07-2023	Alerta	Parque O'Higgins/ Pudahuel/Cerrillos/ El Bosque/Cerro Navia/Quilicura	294
11	18-07-2023	Preemergencia	Cerrillos/Cerro Navia	326
12	19-07-2023	Alerta	Cerrillos/Cerro Navia	252
13	20-07-2023	Alerta	Parque O'Higgins/ Pudahuel/Cerrillos/ El Bosque/Cerro Navia	264
14	28-07-2023	Alerta	Parque O'Higgins/Pudahuel/ Cerro Navia	244
15	29-07-2023	Alerta	Parque O'Higgins	212

Fuente: Departamento de Redes de Monitoreo MMA.

b. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP_{2,5}

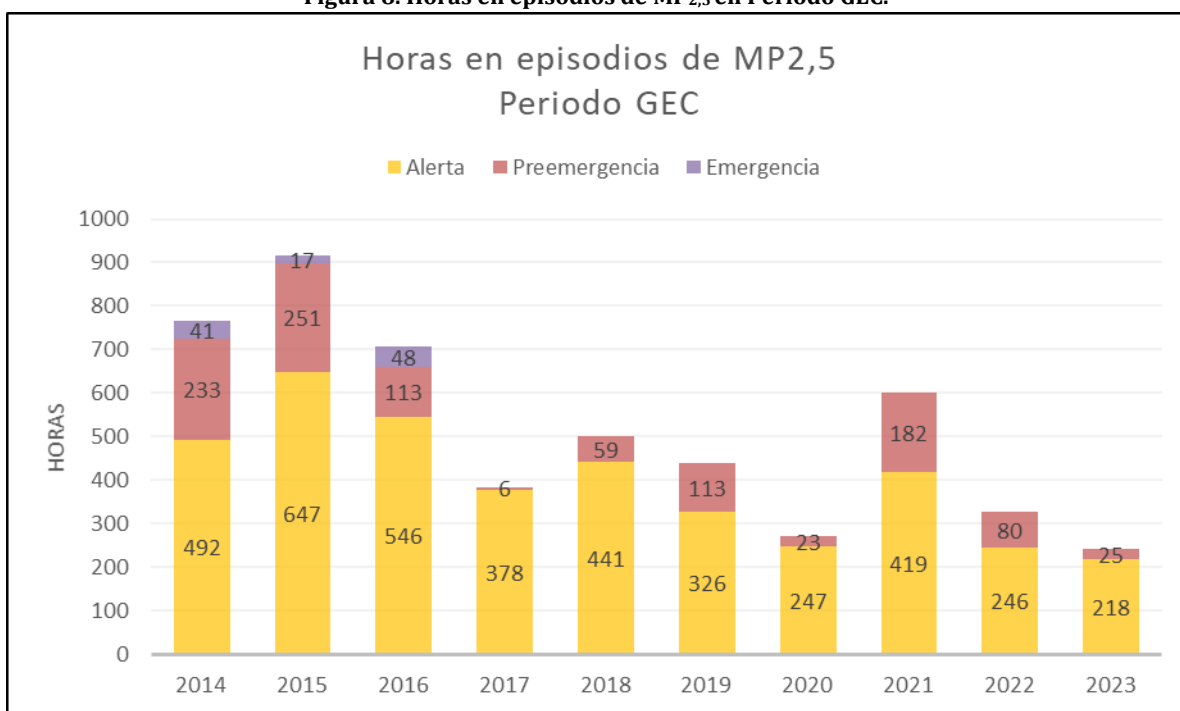
En cuanto al MP_{2,5}, desde el periodo 2016, se observa una tendencia a la disminución de los episodios constatados de alerta, exceptuando el año 2018 donde se observó un aumento de casos para este contaminante.

De acuerdo a los datos preliminares obtenidos, el año 2023 tuvo una baja en el total de episodios por MP_{2,5} para la RM, respecto al año anterior (ver Figura 9). Si bien, durante este periodo se observa un aumento de los episodios constatados de alerta en un 15%, con respecto al año 2022, para los episodios de preemergencia, se observa una notoria

disminución del 67% con respecto al año anterior, mientras que para los episodios de emergencia se mantiene la nula constatación de estos episodios, registrada desde el año 2017.

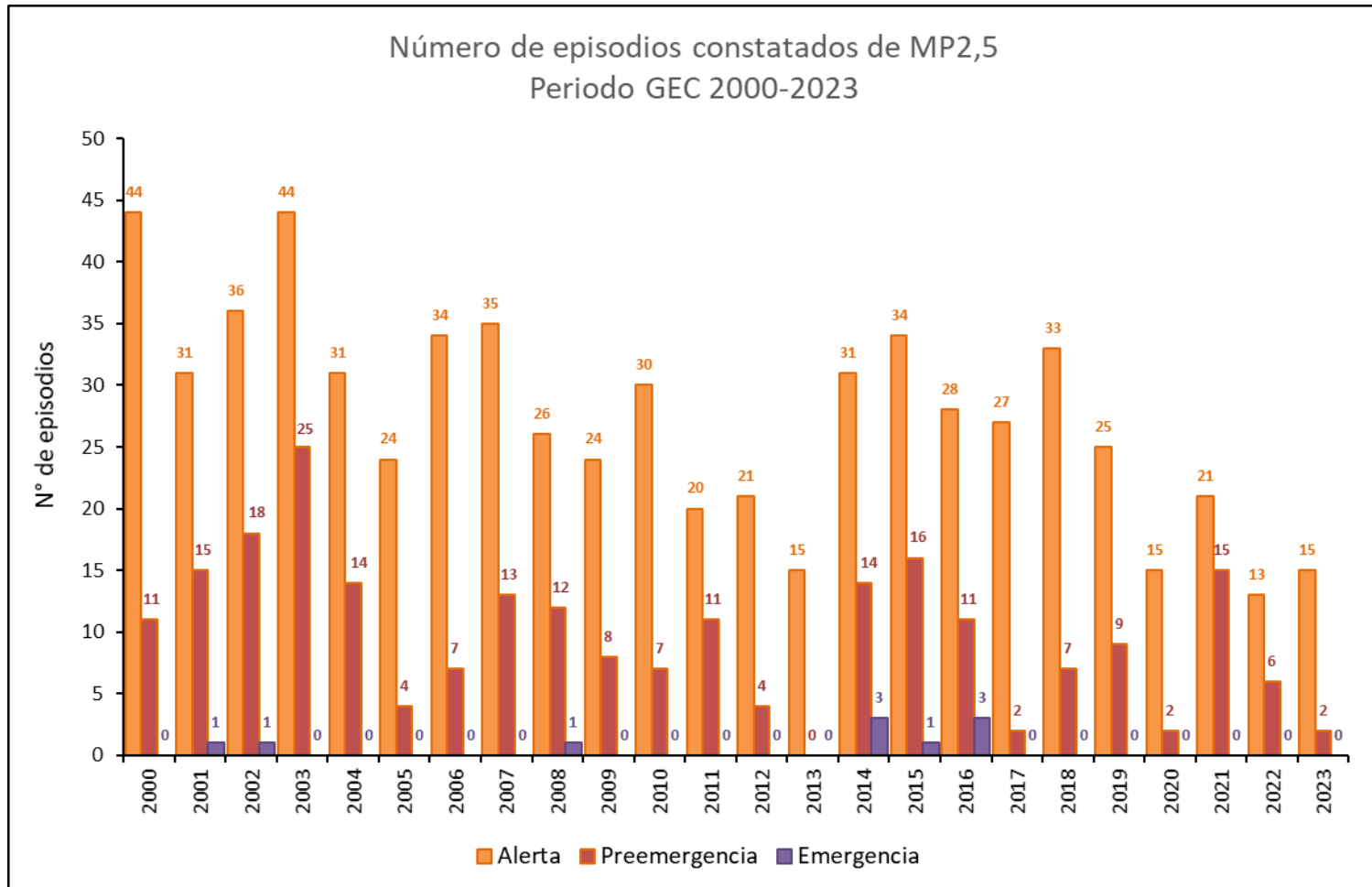
Con respecto a las horas efectivas en las cuales la Región Metropolitana se mantuvo en episodios críticos de contaminación (ver Figura 8), se observa una disminución de la duración de los episodios para el periodo GEC 2023. Así, para el año 2022 el número de horas en episodio por alerta y preemergencia fueron de 326 horas, mientras que para el año 2023 fueron 243 horas, lo que implica una reducción del 25%, respecto del año 2022.

Figura 8. Horas en episodios de MP_{2,5} en Periodo GEC.



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

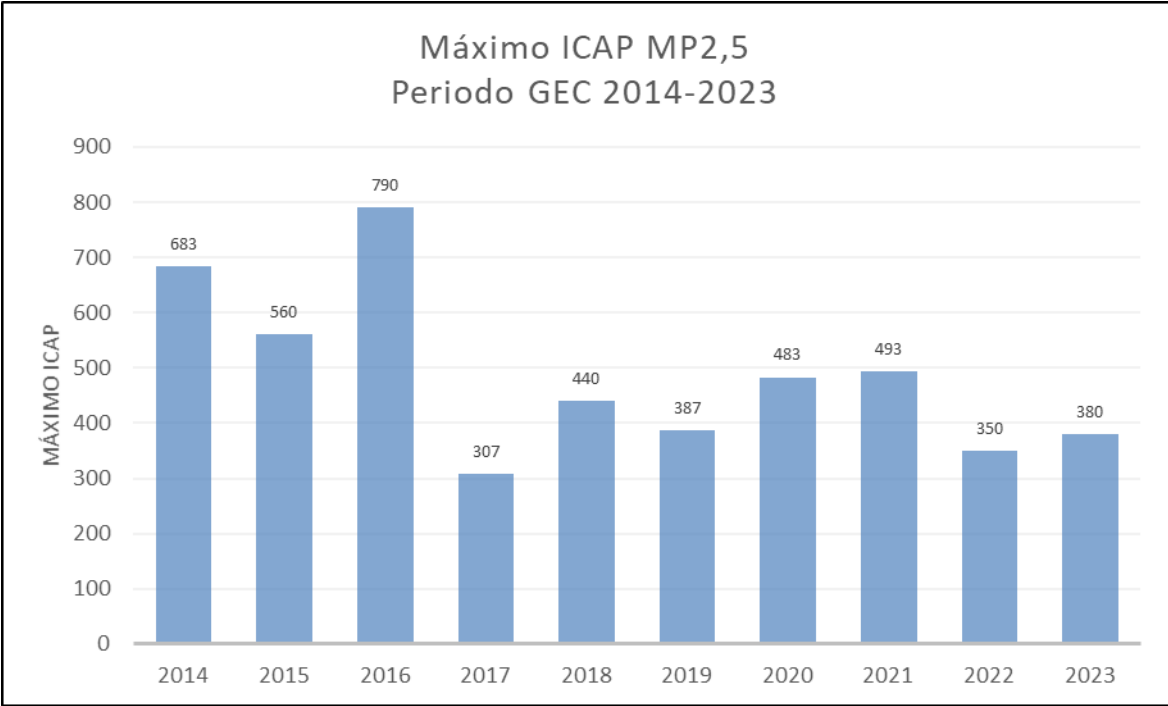
Figura 9. Episodios constatados de MP_{2,5} (2000-2023).



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

Por otro lado, en cuanto al Máximo ICAP del contaminante $MP_{2,5}$ registrado durante el periodo GEC 2023, se considera el episodio ocurrido el día 18 de junio del 2023, el cual tuvo concentraciones elevadas durante todo el día en las estaciones Pudahuel y Cerro Navia. Como se puede observar en la Figura 10, dicho máximo fue de 380 ICAP, el cual aumento un 9% respecto al año 2022.

Figura 10. Máximo ICAP $MP_{2,5}$ Región Metropolitana.



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

Finalmente, respecto a los episodios constatados por $MP_{2,5}$ en el periodo GEC 2023, el detalle de estos se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Resumen de episodios constatados por MP_{2,5} en el período GEC 2023.

Nº	Fecha	Episodio	Estación	Max ICAP
1	07-05-2023	Alerta	Pudahuel/Cerrillos/ El Bosque/Cerro Navia/Talagante	237
2	08-05-2023	Alerta	Parque O'Higgins/Pudahuel/Cerrillos/ Cerro Navia/Talagante	237
3	14-05-2023	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	213
4	28-05-2023	Alerta	Cerrillos/El Bosque	233
5	30-05-2023	Alerta	Cerro Navia	200
6	01-06-2023	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	213
7	13-06-2023	Alerta	Pudahuel/Talagante	223
8	14-06-2023	Alerta	Pudahuel/Talagante	217
9	16-06-2023	Alerta	Cerro Navia	200
10	17-06-2023	Preemergencia	Pudahuel/Cerro Navia	333
11	18-06-2023	Preemergencia	Pudahuel/Cerro Navia	380
12	19-06-2023	Alerta	Pudahuel	213
13	30-06-2023	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	223
14	01-07-2023	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	250
15	16-07-2023	Alerta	Cerro Navia	220
16	17-07-2023	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia/Talagante	270
17	18-07-2023	Alerta	Pudahuel/Cerrillos/El Bosque/ Cerro Navia/Talagante/Quilicura	270

Fuente: Departamento de Redes de Monitoreo MMA.

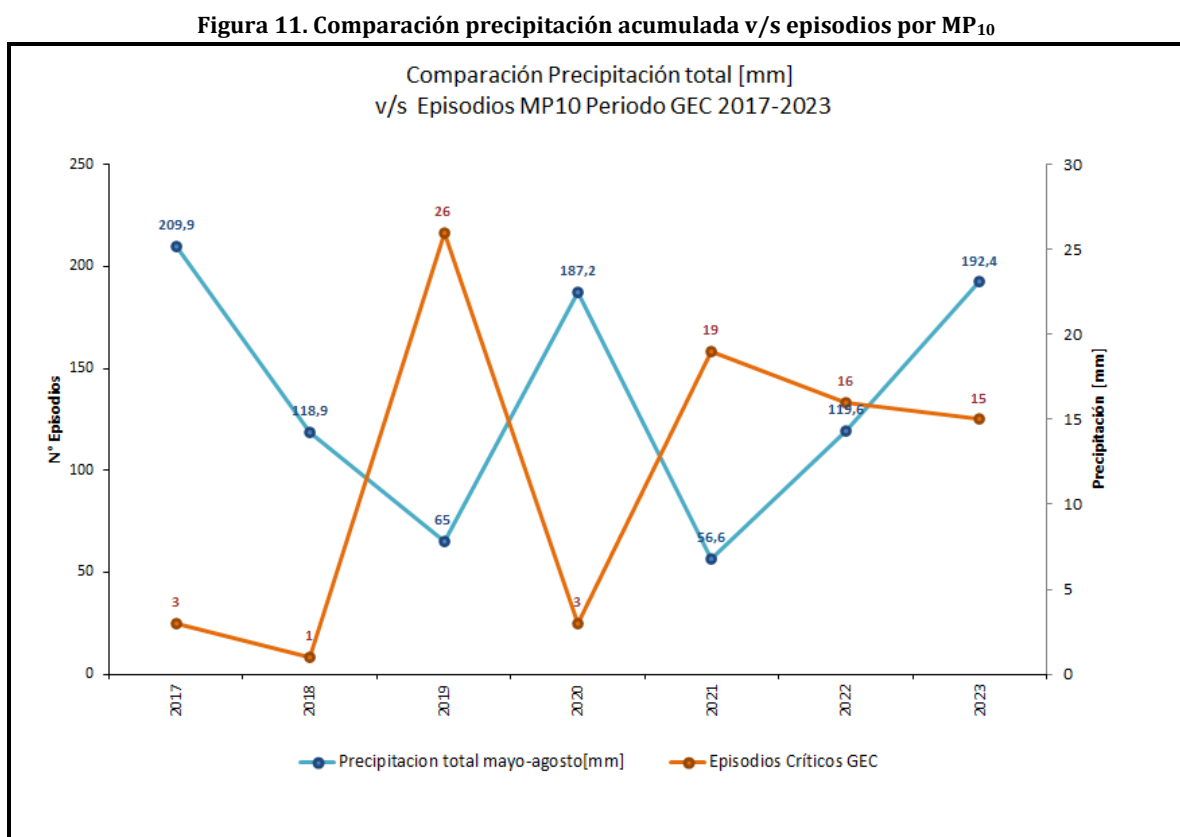
2.4. COMENTARIOS

- 1) Según lo señalado en las secciones anteriores, se puede observar una disminución de los episodios constatados por Material Particulado MP₁₀ para episodios de alerta.

Esta disminución está directamente relacionada a las variables meteorológicas que mejoraron la ventilación de la cuenca durante el año 2023, ya que se observaron 27 días con advección costera hacia la cuenca de Santiago, lo que es superior al registro del año

pasado y levemente superior a la media del periodo 1997-2023. Sumado a esto, durante el año 2023, se registró un aumento en el número de frentes con precipitaciones respecto al año anterior, correspondiendo a uno de los periodos con mayor cantidad de eventos con más de 10 [mm] desde el año 2006, lo que influye directamente en la disminución de la ocurrencia de episodios críticos.

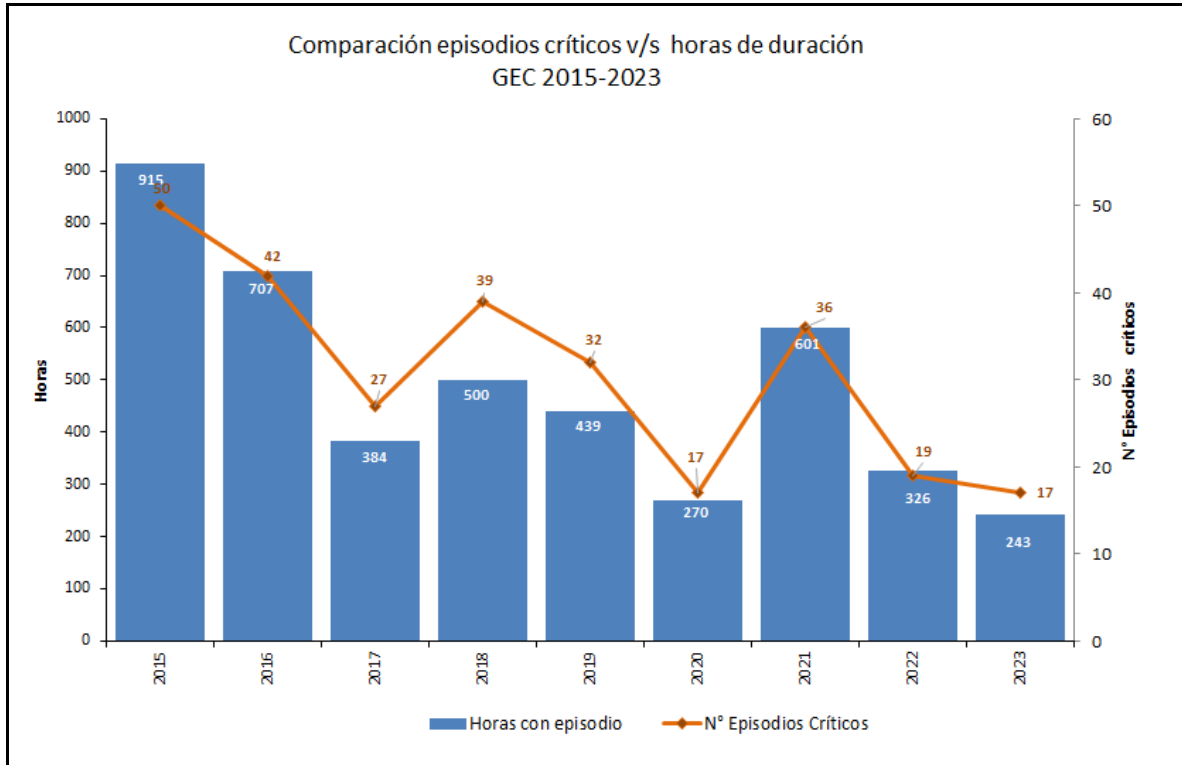
- 2) Por otro lado, como se puede observar en la Figura 11, la cantidad de episodios críticos de MP₁₀ durante el periodo GEC 2017-2023, es inversamente proporcional a la cantidad de precipitación acumulada durante los meses de mayo a agosto de cada año.



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

- 3) Ahora, si comparamos la cantidad de horas versus el número de episodios críticos por MP_{2,5}, desde el 2015 al 2023, podemos ver que el presente año es el primero con menor cantidad de horas y episodios en todo el periodo, como se puede evidenciar en la Figura 12.

Figura 12. Comparación de horas en episodio vs número de episodios de MP2,5, periodo GEC 2015 – 2023



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

3. CONCLUSIONES

- 1) La GEC 2023 estuvo marcada por mantener el enfoque preventivo por parte de esta Secretaría Regional del Ministerio del Medio Ambiente.
- 2) Las categorías más recurrentes de PMCA durante el período 2023 correspondieron a PMCA 3, asociadas a condiciones de ventilación regulares, con 215 casos. Seguidamente está el PMCA 2, correspondiente a condiciones de ventilación buenas, con 33 casos, luego, el PMCA 4, correspondiente a malas condiciones de ventilación, tuvo 27 casos constatados, posteriormente se constató 1 casos de PMCA 1, asociados a muy buenas condiciones de ventilación, y finalmente, no se observaron casos de PMCA 5, asociados a muy malas condiciones de ventilación (Fuente, DMC 2023). Cabe señalar, que este indicador de calidad del aire está orientado para el contaminante MP₁₀.

- 3) La configuración sinóptica asociada a episodio más recurrente durante el periodo GEC 2023 correspondió a la del Tipo A, con 14 casos, mientras que para la configuración BPF no se produjo ningún caso. Si comparamos las configuraciones tipo A entre el año 2022 y 2023, estas aumentaron un 130%.
- 4) En el 2023, se registraron 14 casos por Alerta y 1 por Preemergencia para el contaminante MP_{10} , disminuyendo con respecto al periodo anterior. Junto con ello, se registró un Máximo ICAP para MP_{10} de 326, siendo un 7% mayor con respecto al año anterior.
- 5) En cuanto al $MP_{2,5}$, se observó una disminución en el total de episodios por este contaminante, constatándose 15 episodios de Alerta y solo 2 Preemergencias. Por otro lado, en este periodo no se observaron registros por Emergencia Ambiental, como se viene registrando desde el año 2017. En cuanto a las concentraciones máximas de $MP_{2,5}$ monitoreadas, si bien estas aumentaron su ICAP respecto del año anterior en un 9%, pasando de 350 a 380 ICAP, el número de horas en episodio por alerta y preemergencia se redujeron en un 25% respecto del año anterior, el cual corresponde al periodo anual con menor cantidad de horas registradas en episodios críticos desde que se tiene registro.
- 6) Por lo descrito, el año 2023 presentó una mejora de las condiciones de ventilación, lo que se tradujo en una disminución de días de episodio para material particulado MP_{10} y $MP_{2,5}$ respecto al año anterior.

4. GLOSARIO

Anticiclón⁵: Región donde la presión atmosférica es relativamente más alta en comparación a las regiones vecinas. Normalmente sobre los anticiclones el aire desciende, lo cual inhibe la formación de nubes en los niveles medios y altos de la atmósfera. Por esto un régimen anticiclónico se asocia a "buen tiempo". Por efecto de la rotación de la Tierra, en la zona de un anticiclón el aire circula alrededor del núcleo de máxima presión, en el sentido de los punteros del reloj en el Hemisferio Norte, y en dirección contraria en el Hemisferio Sur.

Calefactor: artefacto que combustiona o puede combustionar leña, briquetas o pellets de madera, fabricado, construido o armado, en el país o en el extranjero, que tiene una potencia térmica nominal menor o igual a 70 kW, de alimentación manual o automática, de combustión cerrada, provisto de un ducto de evacuación de gases al exterior, destinado para la calefacción en el espacio en que se instala y su alrededor.

Capacidad predictiva del pronóstico: La cantidad de horas de antelación con que se pronostica la concentración futura para una estación de monitoreo.

Concentración: El valor promedio temporal detectado en el aire en microgramos por metro cúbico normal ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) de material particulado respirable.

El Niño y la Oscilación del Sur⁶: El fenómeno de El Niño es un evento global, que ocurre en la región del océano pacífico tropical cada 2 a 7 años aproximadamente y cuyas consecuencias se extienden a otras regiones del planeta como Asia, Oceanía, Europa y América. El Niño, también conocido como eventos ENOS (El Niño y la Oscilación del Sur) se relaciona con dos fases, una cálida y otra fría. La fase cálida se denomina El Niño, mientras que la fría a la Niña, cada evento varía en intensidad y duración.

Estación de Monitoreo de material particulado respirable MP_{10} con representatividad poblacional (EMRP): Una estación de monitoreo podrá clasificarse como EMRP si cumple

⁵ http://www.atmosfera.cl/HTML/glosario/glosario_02.html

⁶ <http://www.shoa.cl/servicios/enos/principal.htm>

simultáneamente los siguientes criterios: i) que exista al menos un área edificada habitada en un círculo de 2 km, constados desde la ubicación de la estación; ii) que este colocada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la salida del sistema de calefacción (que utilice carbón, leña o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes fijas similares.

Material particulado respirable MP₁₀: Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 10 micrones.

Material particulado respirable MP_{2,5}: Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 2,5 micrones.

Leña: porción de madera en bruto de troncos, ramas y otras partes de árboles o arbustos, utilizada como combustible sólido.

Leña seca: aquella que tiene un contenido de humedad menor al 25% medida en base seca, de acuerdo con lo estipulado en la Norma Chilena Oficial N°2907/2005, o la que la reemplace.

Sinóptico⁷: En meteorología, sinóptico se usa para referirse a los fenómenos que ocurren en el lapso de días y en escalas de longitud del orden de algunos kilómetros. Se habla frecuentemente de los "fenómenos de escala sinóptica". La meteorología sinóptica es la rama de la meteorología que estudia estos fenómenos y está estrechamente ligada al pronóstico del tiempo pues son los sistemas sinópticos los responsables principales de los cambios del tiempo. Algunos sistemas sinópticos son los ciclones extratropicales, las dorsales, las vaguadas, las altas de bloqueo, entre otros.

Vaguada⁷: Zona en donde la presión atmosférica es relativamente más baja. Puede ser vista en una carta sinóptica como una estructura elongada en el campo de presión en donde el viento circula ciclónicamente sin cerrarse. La estructura opuesta es la dorsal.

5. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Atmósfera Interactiva de la Universidad de Chile:
http://www.atmosfera.cl/HTML/glosario/glosario_02.html (Consulta diciembre-2012)
- 2) Plan Operacional para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable (MP₁₀) en la RM. Elaborado por la SEREMI MA RM período 2022.
- 3) Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), D.S N°31/2016, Ministerio del Medio Ambiente (MMA).
- 4) Pronóstico Meteorológico y de Calidad del Aire para Material Particulado (MP₁₀). Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica. Elaborado por la Dirección Meteorológica de Chile período 2022 (DMC).
- 5) MILLER, A., 1976: The climate of Chile. *Climates of Central and South America*, W.
- 6) RUTLLANT, J. Y GARREAUD, R., 1995. Meteorological air pollution potential for Santiago, Chile: towards an objective episode forecasting. *Environmental Monitoring and Assessment* 34:223-244.
- 7) RUTLLANT, J. Y SALINAS, H., 1982. Frecuencia de ocurrencia de una condición meteorológica para la difusión de contaminantes en la zona central de Chile. *Tralka*, Vol. 2- N°2, 147-160.
- 8) RUTLLANT, J. Y SIPPA, G., 1971. Algunas Características de la inversión de subsidencia del anticiclón subtropical. Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Primer Seminario Nacional de Meteorología.