



Informe Final para la Gestión de Episodios Críticos de Contaminación Atmosférica por Material Particulado Respirable MP10 y MP2,5

AÑO 2024

**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 2024	6
a. Situación sinóptica y meteorológica en días de episodios GEC 2024	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)	12
2.3. Episodios de Contaminación	13
a. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP10	13
b. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP2,5	17
2.4. Comentarios	22
3. Conclusiones	24
4. Glosario	26
5. Bibliografía	28

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 MP2,5) 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 MP2,5, 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 MP2,5, 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 2024.

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

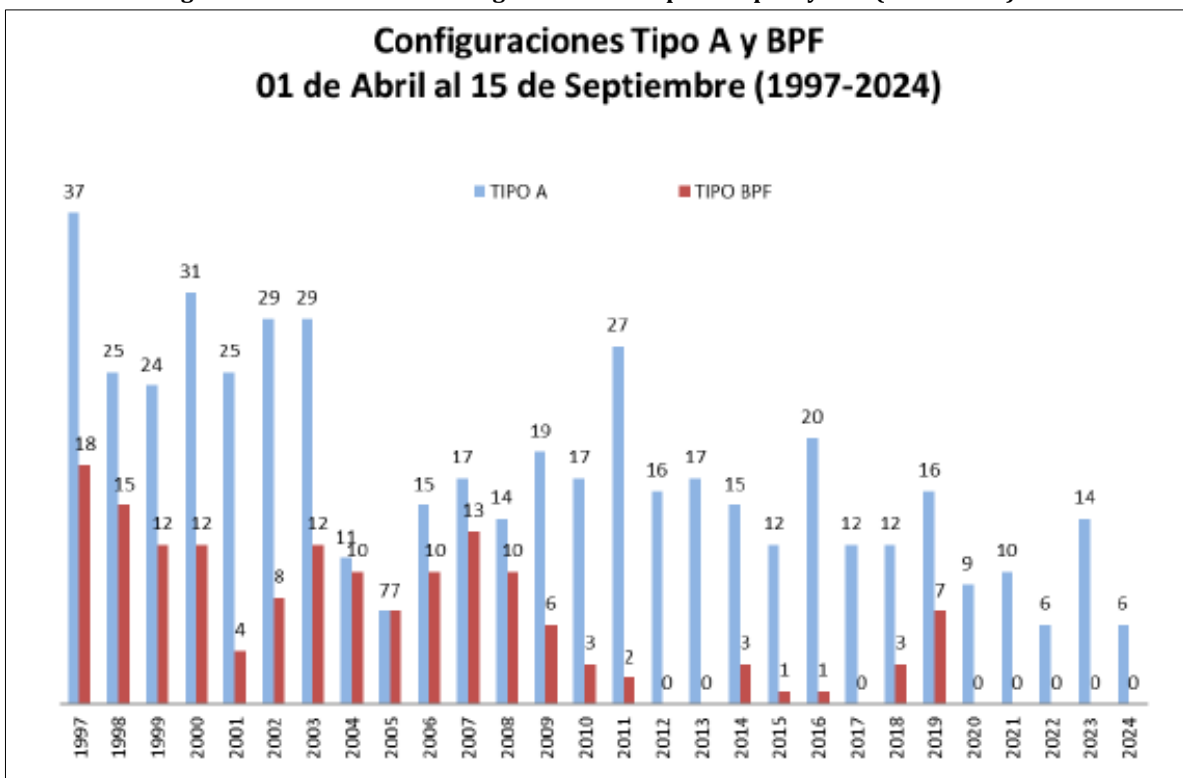
de un núcleo frío o baja segregada frente al Norte Chico, y una dorsal ligeramente al sur de la Región Metropolitana con orientación NE/SO.

2.2. INDICADORES METEOROLÓGICOS GEC 2024

a. Situación sinóptica y meteorológica en días de episodios GEC 2024

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 y del 2020 en adelante. En tanto, las configuraciones asociadas del Tipo A alcanzaron los 6 casos para el 2024.

Figura 1. Distribución de configuraciones sinópticas tipo A y BPF (1997-2024).

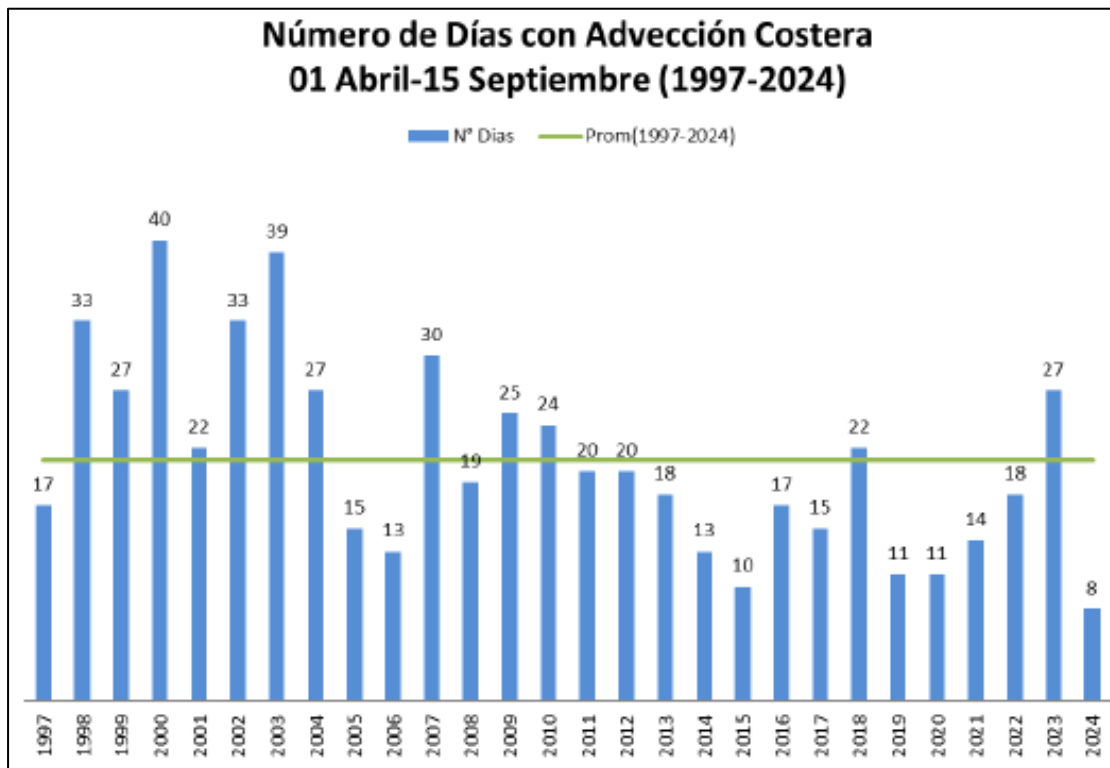


Fuente: DMC 2024.

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 2024 disminuyó respecto a lo reportado en el año 2023, con

8 casos, siendo el mínimo valor en todo el periodo analizado. Es importante señalar que las advecciones de aire costero mejoran la ventilación de la cuenca.

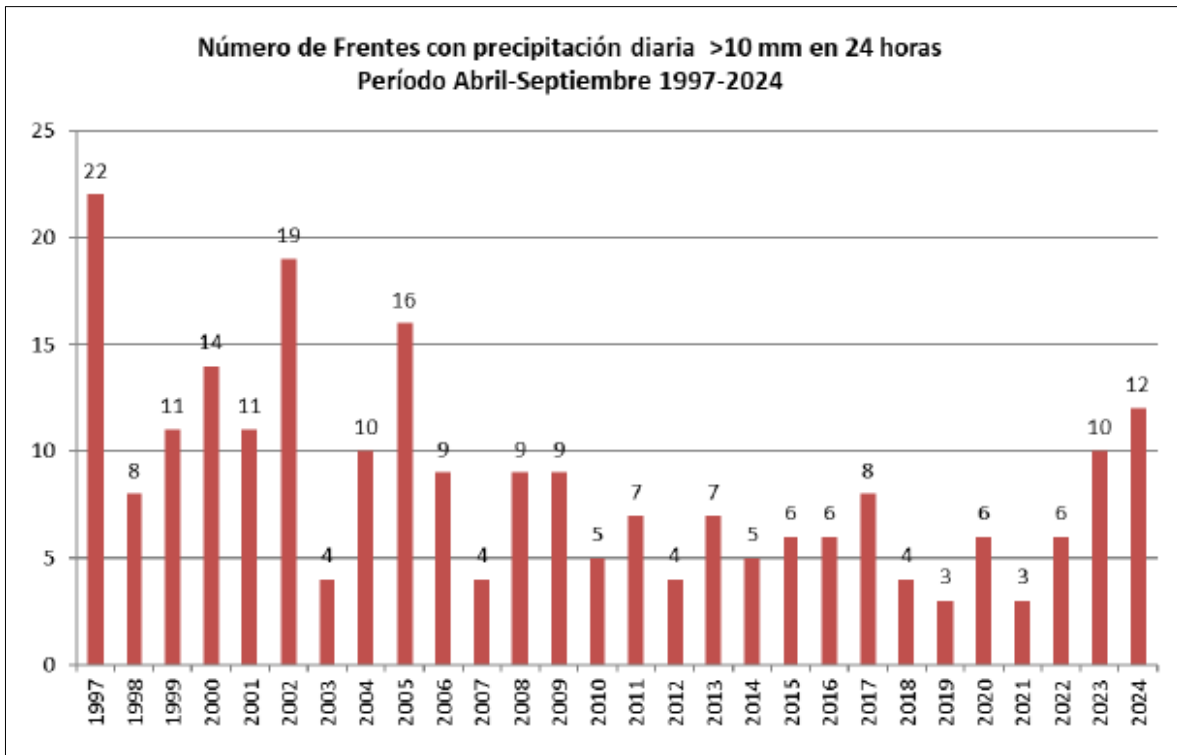
Figura 2. Días con advección costera entre 1997 y 2024.



Fuente: DMC 2024.

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 el año 2024 alcanzó un valor de 12 días, mayor a todo el periodo comprendido entre el 2006 y 2023, sin embargo, menor al promedio del periodo previo 2006.

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



Fuente: DMC 2024.

Por otro lado, sobre la precipitación mensual en el periodo abril-septiembre, presentada en la Tabla 1, se puede observar que, durante el año 2024, las precipitaciones mensuales han estado por debajo de la normal mensual, para los meses de abril, julio y septiembre, en cambio, para los meses de mayo, junio y agosto, las precipitaciones estuvieron por sobre la norma mensual. Además, el superávit de precipitaciones fue del 44,6%, acumulando un monto total de 376,3 [mm].

Tabla 1. Precipitación en Quinta Normal, entre el 1 de abril y 15 septiembre de los años 1997 al 2024, en [mm].

Años	abril	mayo	junio	julio	agosto	Septiembre³
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
2024	0,2	112,4	183,1	0	80,6	0

Fuente: DMC 2024.

b. Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA)

El PMCA es un indicador meteorológico, el cual es inversamente proporcional al factor de ventilación (Rutlant 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 2024.

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 MP10. 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 2024, 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 MP10.

Tabla 3. Distribución de categorías de PMCA periodo 2024.

Categoría de PMCA	Nº Casos
1	4
2	26
3	238
4	8
5	0
Total	276

Fuente: DMC 2024.

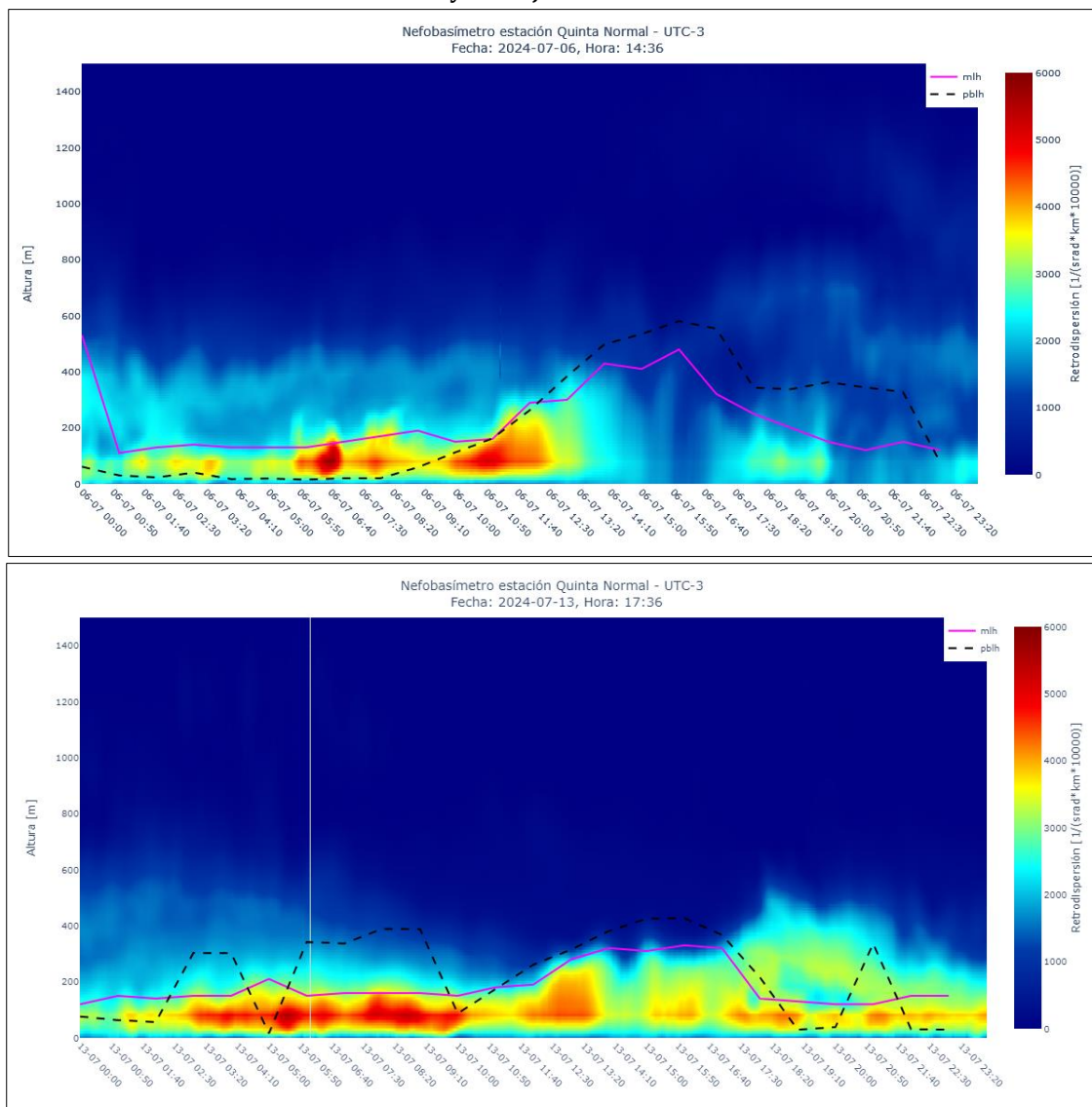
c. Monitoreo mediante Nefobasímetro

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 2024 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 6 y 13 de julio la capa de mezcla se encontró a muy baja altura.

Figura 4. Mediciones del Nefobasímetro de Estación Quinta Normal, para los días 6 y 13 de julio de 2024.

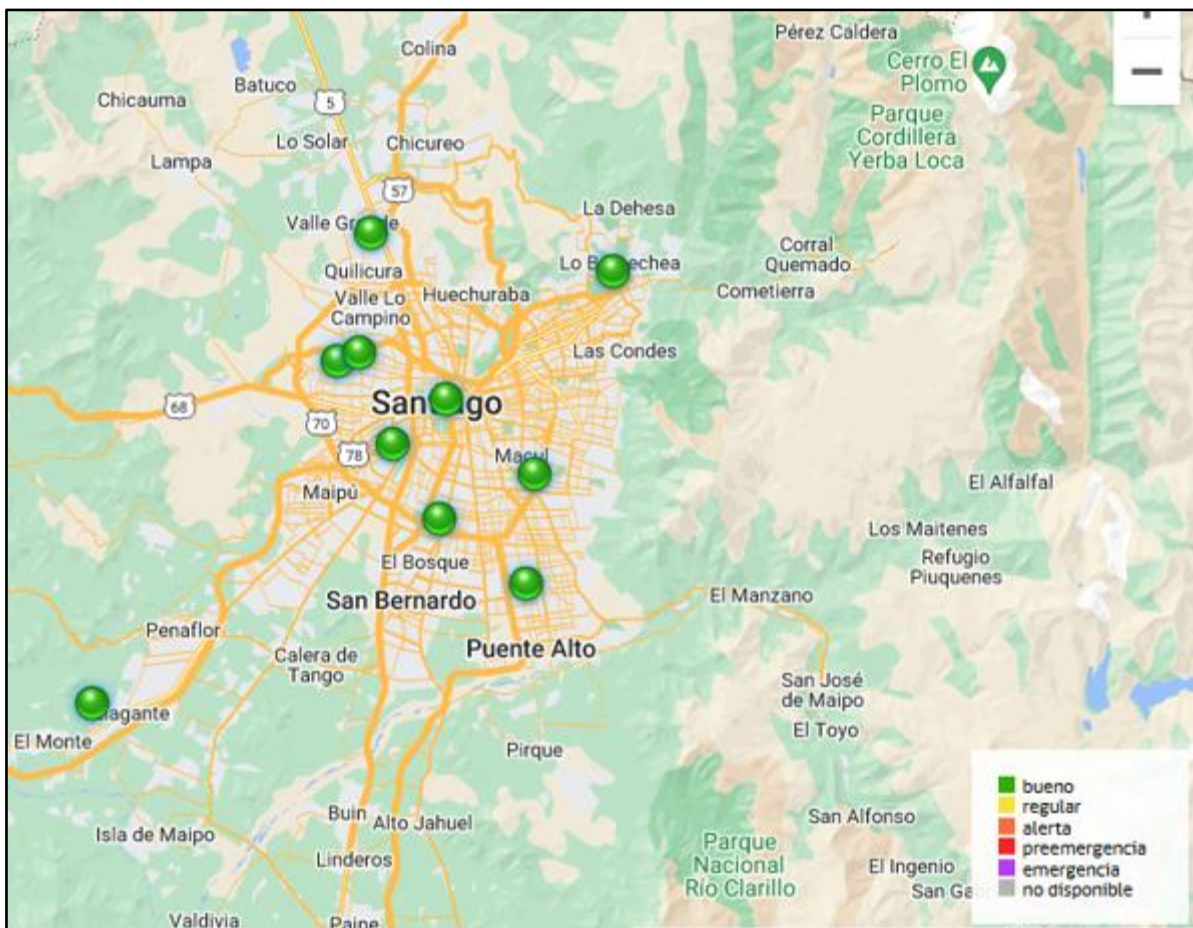


Fuente: Departamento de Redes de Monitoreo del MMA.

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.

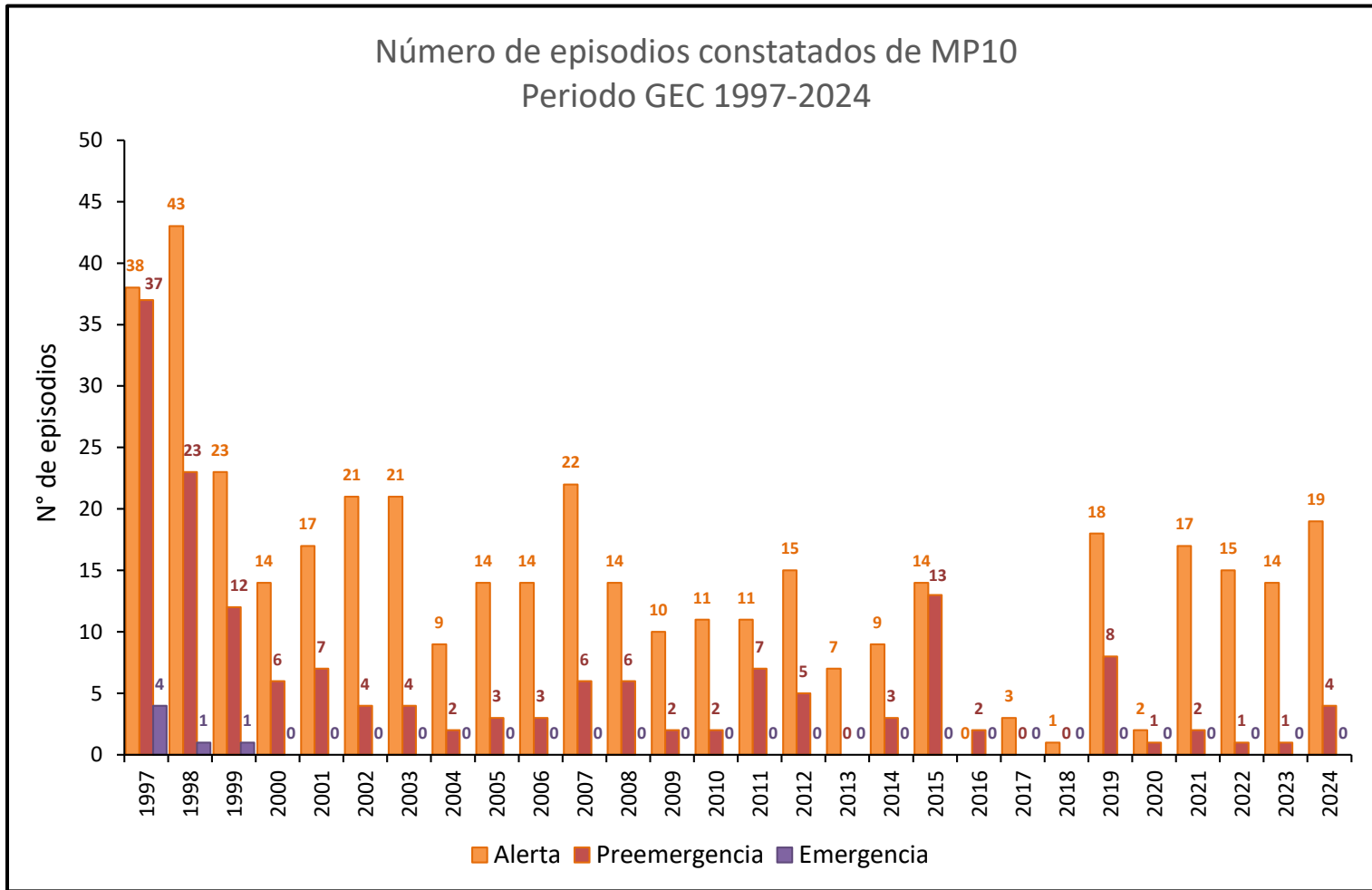
2.3. EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN

a. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP10

Durante la Gestión de Episodios Críticos (GEC) del año 2024 y según sus datos preliminares, se constataron 19 episodios de alerta, 4 episodio de Preemergencia y ningún episodio de Emergencia para este periodo, como se puede observar en la Figura 6.

El año 2024 tuvo un aumento en el número de episodios por MP10 para la RM, respecto al año anterior.

Figura 6. Episodios constatados MP10 (1997-2024).

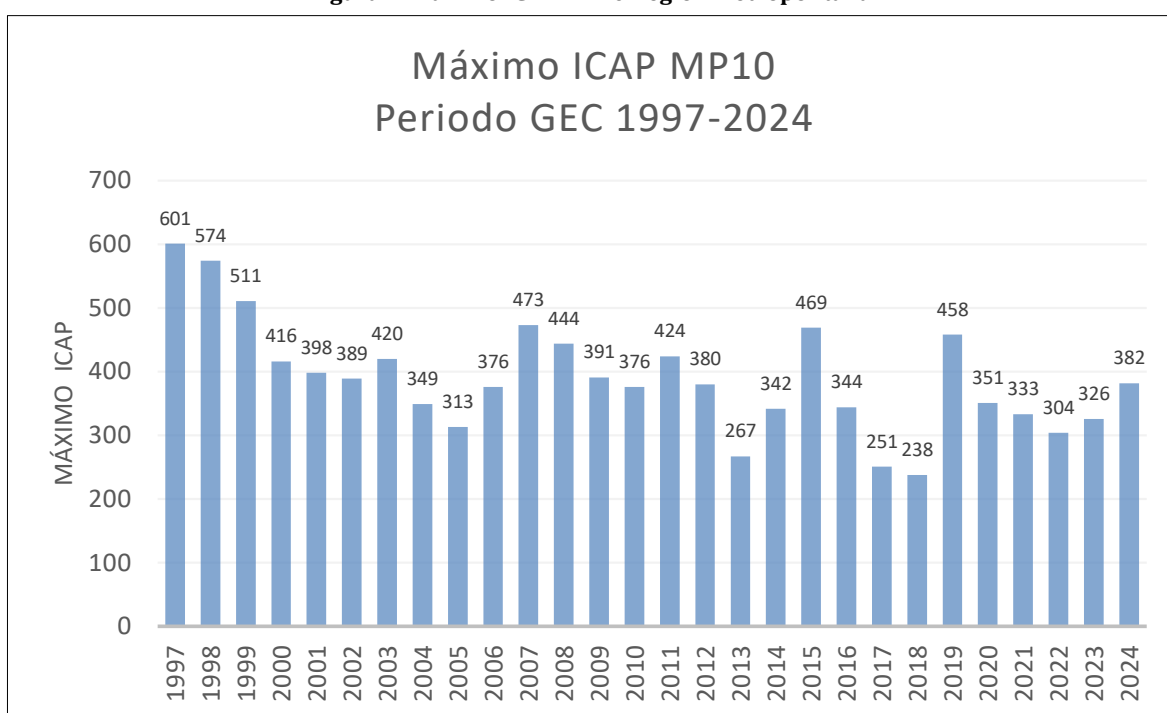


Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

Por otro lado, respecto a las concentraciones máximas de MP10 monitoreadas, se observa un aumento del Máximo ICAP con respecto al año 2023, con un incremento del 17%, según lo observado en la Figura 7.

En cuanto al Máximo ICAP del contaminante MP10 registrado durante el periodo GEC 2024, se considera el episodio ocurrido el día 30 de junio del 2024, el cual, debido a las malas condiciones de ventilación y la estabilidad atmosférica de la cuenca, se constató en la Región Metropolitana esta Preemergencia Ambiental por MP10, en las estaciones Cerro Navia y Pudahuel.

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 2024, el detalle de estos se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Resumen de episodios constatados por MP10 en el período GEC 2024.

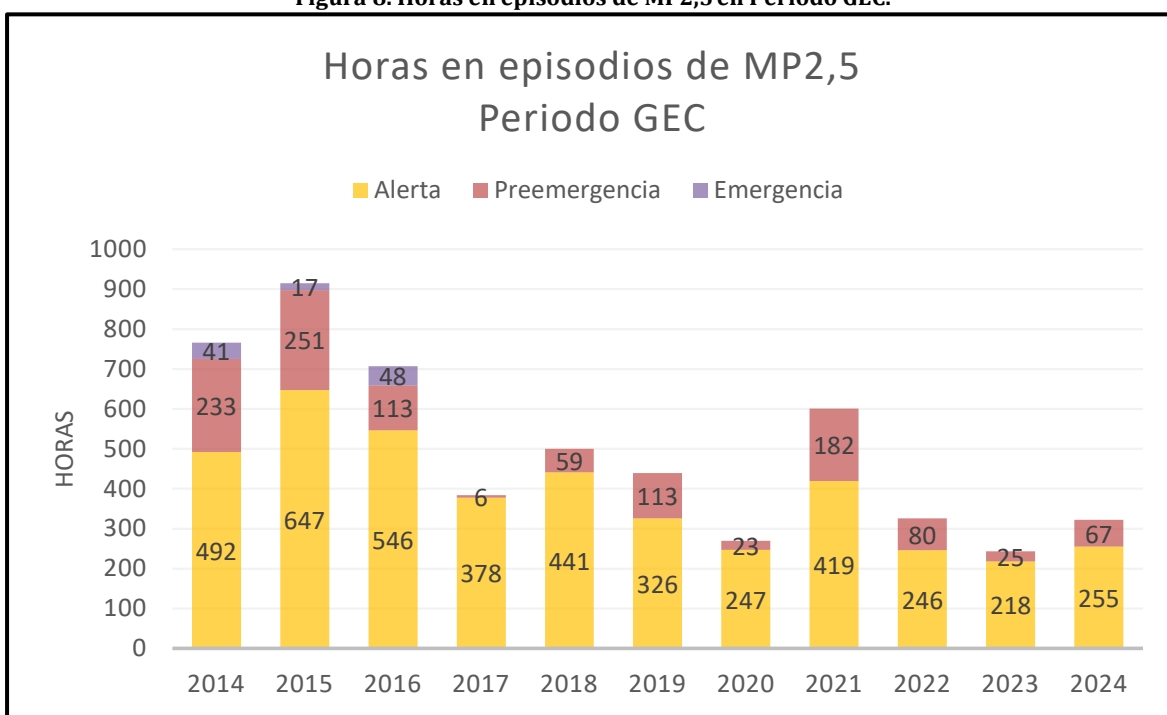
N°	Fecha	Episodio	Estación	Max ICAP
1	30-05-2024	Alerta	Cerro Navia	250
2	31-05-2024	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	292
3	01-06-2024	Alerta	Cerro Navia	216
4	05-06-2024	Alerta	Cerrillos/Pudahuel/Cerro Navia	234
5	06-06-2024	Alerta	Parque O'Higgins/Cerro Navia	246
6	07-06-2024	Alerta	Parque O'Higgins/Pudahuel/Cerrillos/El Bosque/Cerro Navia	288
7	08-06-2024	Alerta	Cerrillos/Cerro Navia	280
8	12-06-2024	Alerta	Cerrillos/Cerro Navia	218
9	26-06-2024	Alerta	Cerro Navia	234
10	27-06-2024	Alerta	Cerro Navia	250
11	29-06-2024	Preemergencia	Cerro Navia	310
12	30-06-2024	Preemergencia	Pudahuel/Cerro Navia	382
13	01-07-2024	Alerta	Cerro Navia	202
14	06-07-2024	Alerta	Cerro Navia	240
15	09-07-2024	Alerta	Cerro Navia	202
16	13-07-2024	Preemergencia	Cerro Navia	300
17	14-07-2024	Preemergencia	Pudahuel/Cerro Navia	372
18	15-07-2024	Alerta	Cerro Navia	232
19	16-07-2024	Alerta	Cerro Navia	200
20	17-07-2024	Alerta	Cerro Navia	210
21	25-07-2024	Alerta	Cerro Navia	208
22	29-07-2024	Alerta	Cerro Navia	210
23	31-07-2024	Alerta	La Florida/Puente Alto	224

Fuente: Departamento de Redes de Monitoreo MMA.

b. Indicadores de calidad del aire para material particulado MP2,5

Con respecto a las horas efectivas en las cuales la Región Metropolitana se mantuvo en episodios críticos de contaminación (ver Figura 8), se observa un aumento de la duración de los episodios para el periodo GEC 2024. Así, para el año 2023 el número de horas en episodio por alerta y preemergencia fueron de 243 horas, mientras que para el año 2024 fueron 322 horas, lo que implica un aumento del 33%, respecto del año 2023. Se observa, además, que el 2024 es el tercer año con menos horas en episodios de MP2,5, desde el 2014 en adelante, teniendo valores similares a los años 2020, 2022 y 2023. Esto sugiere que ha habido una mejora respecto a la ocurrencia y duración de los episodios críticos a lo largo de los años.

Figura 8. Horas en episodios de MP2,5 en Periodo GEC.



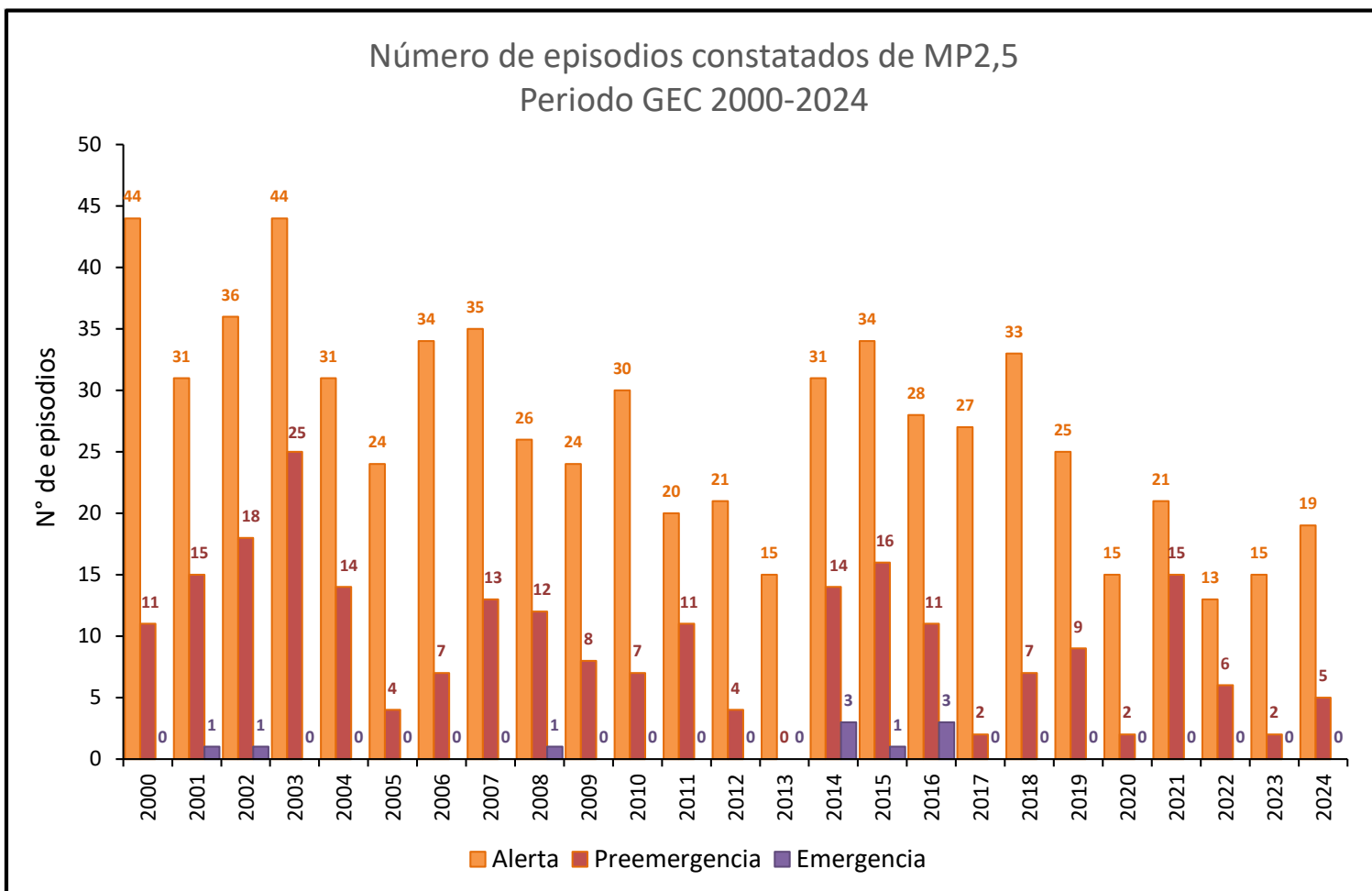
Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

En cuanto al MP2,5, 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 2024 tuvo un aumento en el total de episodios por MP2,5 para la RM, respecto al año anterior (ver Figura 9). Para los episodios constatados de alerta, durante este periodo se observa un aumento de un 26%, con respecto al año 2023, mientras que, para los episodios de preemergencia, se observa un aumento del 150%

con respecto al año anterior, por último, para los episodios de emergencia se mantiene la nula constatación de estos, registrada desde el año 2017.

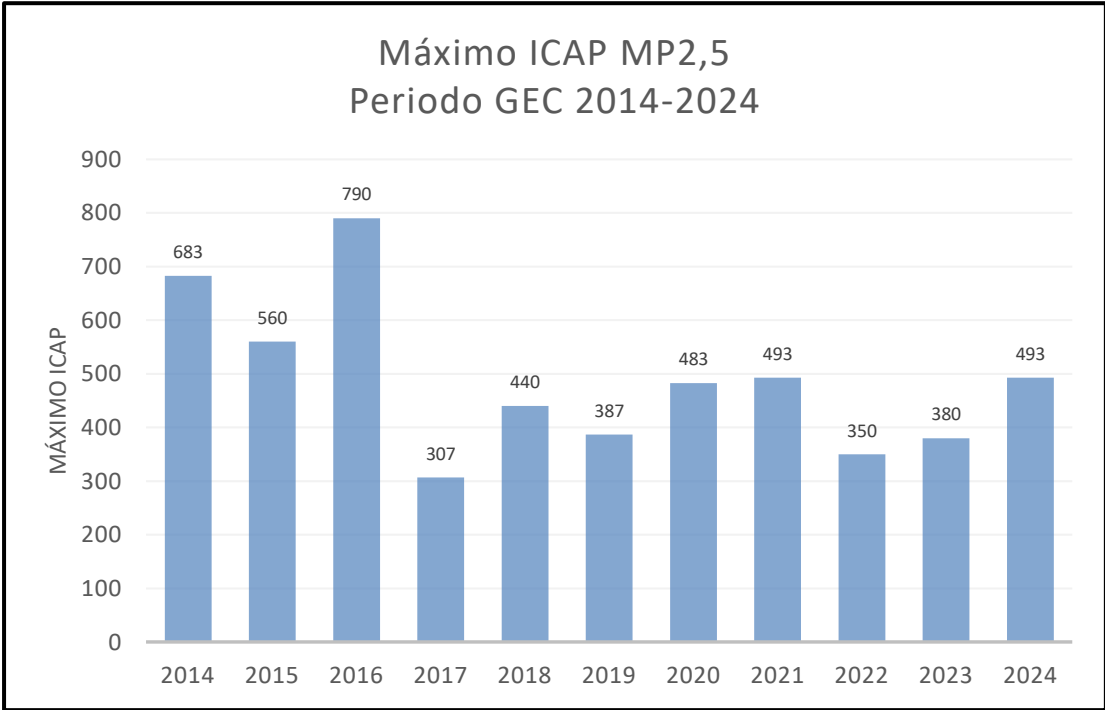
Figura 9. Episodios constatados de MP2,5 (2000-2024).



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

Por otro lado, en cuanto al Máximo ICAP del contaminante MP2,5 registrado durante el periodo GEC 2024, se considera el episodio ocurrido el día 30 de junio del 2024, 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 493 ICAP, el cual aumento un 30% respecto al año 2023.

Figura 10. Máximo ICAP MP2,5 Región Metropolitana.



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

Finalmente, respecto a los episodios constatados por MP2,5 en el periodo GEC 2024, el detalle de estos se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Resumen de episodios constatados por MP2,5 en el período GEC 2024.

N°	Fecha	Episodio	Estación	Max ICAP
1	19-05-2024	Alerta	Cerro Navia	230
2	20-05-2024	Alerta	Cerro Navia	213
3	30-05-2024	Alerta	Cerro Navia	203
4	31-05-2024	Alerta	Cerro Navia	227
5	05-06-2024	Alerta	Pudahuel/Cerrillos/Cerro Navia	210
6	06-06-2024	Alerta	Cerro Navia	203
7	07-06-2024	Alerta	Pudahuel/Cerrillos/El Bosque/Cerro Navia/Talagante	247
8	08-06-2024	Alerta	Cerro Navia	200
9	16-06-2024	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	283
10	17-06-2024	Alerta	Pudahuel	210
11	29-06-2024	Preemergencia	Pudahuel/Cerro Navia	357
12	30-06-2024	Preemergencia	Pudahuel/Cerro Navia	493
13	01-07-2024	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	293
14	06-07-2024	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	247
15	07-07-2024	Alerta	Cerro Navia	213
16	08-07-2024	Alerta	Cerro Navia	220
17	13-07-2024	Preemergencia	Pudahuel/Cerrillos/El Bosque/Cerro Navia	357
18	14-07-2024	Preemergencia	Pudahuel/Cerrillos/El Bosque/Cerro Navia	467
19	15-07-2024	Preemergencia	Pudahuel/Cerro Navia	360
20	16-07-2024	Alerta	Pudahuel/Cerrillos/El Bosque/Cerro Navia/Talagante	263
21	17-07-2024	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	220
22	20-07-2024	Alerta	Cerrillos/El Bosque/Cerro Navia	207
23	28-07-2024	Alerta	Cerro Navia	220
24	29-07-2024	Alerta	Pudahuel/Cerro Navia	240

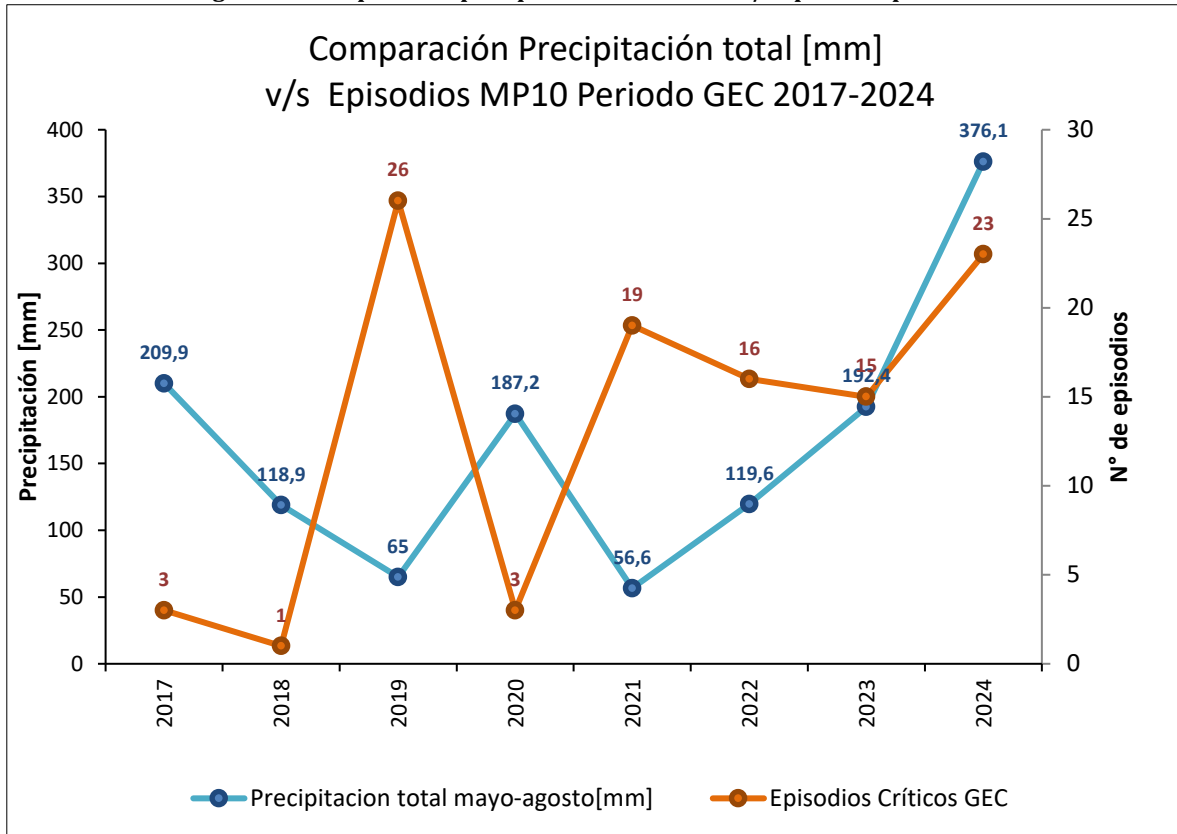
Fuente: Departamento de Redes de Monitoreo MMA.

2.4. COMENTARIOS

- 1) Según lo señalado en las secciones anteriores, se puede observar un aumento de los episodios constatados por Material Particulado MP10 para episodios de alerta, respecto al año 2023. Este aumento puede deberse a la disminución del ingreso de advección costera respecto al año mencionado, ya que se observaron solo 8 días con esta condición, lo que es bastante menor al registro del año pasado (27 días). Otro fenómeno observado, fue que durante el año 2024 se registró un aumento en el número de frentes con precipitaciones respecto al año anterior, correspondiendo al periodo con mayor cantidad de eventos con más de 10 [mm] desde el año 2006. Esto no se condice con el aumento en la cantidad de episodios, lo cual puede deberse a que la condición principal en la no ocurrencia de episodios de MP10 corresponda al ingreso de advección costera en la cuenca de la Región Metropolitana.

- 2) Por otro lado, como se puede observar en la Figura 11, la cantidad de episodios críticos de MP10 durante el periodo GEC 2017-2024, es inversamente proporcional a la cantidad de precipitación acumulada durante los meses de mayo a agosto de cada año, con menor medida para el año 2023, y ya no siendo así para el año 2024. Lo anterior, puede deberse también a que a partir del año 2023 se dejó de aplicar el Programa de Aspirado y Lavado de calles por parte del Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.

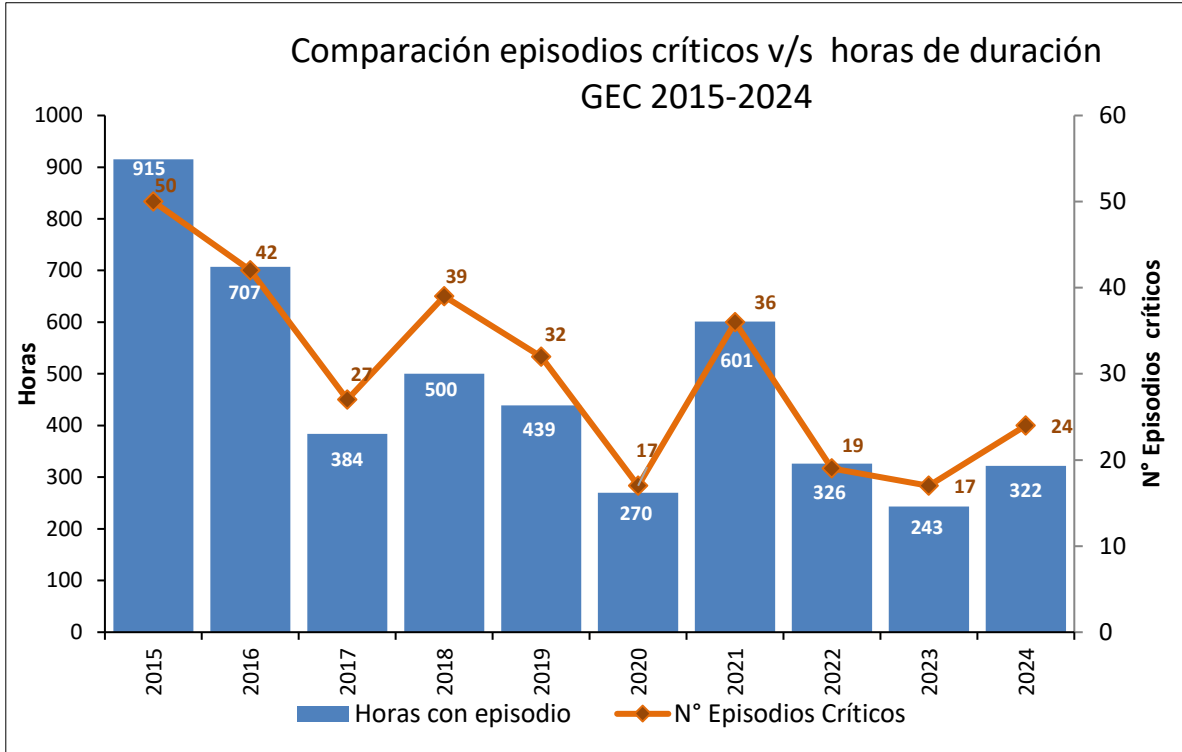
Figura 11. Comparación precipitación acumulada v/s episodios por MP10



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

3) Ahora, si comparamos la cantidad de horas versus el número de episodios críticos por MP2,5, desde el 2015 al 2024, podemos ver que en el presente año hubo un aumento respecto al año anterior, pero aun así se encuentra por debajo del promedio de los años previos al 2021, 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 - 2024



Fuente: Seremi del Medio Ambiente RM.

3. CONCLUSIONES

- 1) La GEC 2024 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 2024 correspondieron a PMCA 3, asociadas a condiciones de ventilación regulares, con 238 casos; seguidamente está el PMCA 2, correspondiente a condiciones de ventilación buenas, con 26 casos; luego, el PMCA 4, correspondiente a malas condiciones de ventilación, tuvo 8 casos constatados; posteriormente se constataron 4 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 2024). 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 2024 correspondió a la del Tipo A, con 6 casos, mientras que para la configuración BPF no se produjo ningún caso. Si comparamos las configuraciones tipo A entre el año 2023 y 2024, estas disminuyeron un 58%.
- 4) En el 2024, se registraron 19 casos por Alerta y 4 por Preemergencia para el contaminante MP10, aumentando con respecto al periodo anterior. Junto con ello, se registró un Máximo ICAP para MP10 de 382, siendo un 17% mayor con respecto al año anterior.
- 5) En cuanto al MP2,5, se observó un aumento respecto al 2024 en el total de episodios por este contaminante, constatándose 19 episodios de Alerta y 5 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 MP2,5 monitoreadas, estas aumentaron su ICAP respecto del año anterior en un 30%, pasando de 380 a 493 ICAP, y por otro lado, el número de horas en episodio por alerta y preemergencia también aumentó en un 30% respecto al mismo periodo, pasando de 243 a 322. Por último, el 2024 ha sido el tercer año con menos horas en episodios críticos, observándose una tendencia en el tiempo en la mejora de la calidad del aire respecto a este indicador.
- 6) El año 2024 presentó un menor ingreso de advección costera hacia la cuenca de la Región Metropolitana, lo que no favoreció la ventilación en la cuenca pudiendo haber afectado en el aumento de días de episodio para material particulado MP10 y MP2,5 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 MP10 con representatividad poblacional (EMRP): Una estación de monitoreo podrá clasificarse como EMRP se si cumplen

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 MP2,5: 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.