



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE POR
MP2,5, MP10, O₃, SO₂, NO₂ Y CO**

**RED MACAM-3
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO**

SECCIÓN CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

DFZ-2023-2618-XIII-NC

NOVIEMBRE 2023

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez F.	
Revisado	Karin Salazar N.	
Elaborado	Isabel Leiva Campos	



CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO.....	3
2. INTRODUCCIÓN	7
3. OBJETIVOS	8
4. ALCANCE.....	8
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS.....	9
5.1. ESTACIONES DECLARADAS COMO EMRP-MP2,5, EMRP-MP10 Y EMRPG	10
5.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS EN RED MACAM-3	12
5.3. AUDITORÍA DE DATOS	13
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS NORMAS.....	22
6.1. EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP2,5.....	22
6.1.1. <i>Evaluación de la norma 24 horas MP2,5.....</i>	22
6.1.2. <i>Evaluación de la norma anual para MP2,5</i>	24
6.2. EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP10.....	26
6.2.1. <i>Evaluación de la norma 24 horas MP10.....</i>	26
6.2.2. <i>Evaluación de la norma anual para MP10</i>	29
6.3. EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA SO ₂	31
6.3.1. <i>Evaluación de la norma primaria horaria de SO₂.....</i>	31
6.3.2. <i>Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO₂.....</i>	33
6.3.3. <i>Evaluación de la norma primaria anual de SO₂.....</i>	35
6.4. EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA O ₃	37
6.4.1. <i>Evaluación de la norma 8 horas O₃</i>	37
6.5. EVALUACIÓN DE LA NORMA CO	39
6.5.1. <i>Evaluación de la norma 1 hora CO</i>	39
6.5.2. <i>Evaluación de la norma 8 horas CO.....</i>	40
6.6. EVALUACIÓN DE LA NORMA NO ₂	42
6.6.1. <i>Evaluación de la norma 1 hora NO₂.....</i>	42
6.6.2. <i>Evaluación de la norma anual NO₂.....</i>	43
7. CONCLUSIONES.....	45
8. ANEXOS	49



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas primarias de calidad del aire para material particulado fino respirable MP2,5 y material particulado respirable MP10, establecida en el D.S. N° 12/2011 y el D.S. N° 12/2021, respectivamente, ambos del Ministerio del Medio Ambiente. Además, dentro del análisis de cumplimiento normativo se evaluaron las normas primarias para gases; SO₂, contenida en el D.S. N°104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente; para NO₂, contenida en el D.S. N° 114/2002; para CO, contenida en el D.S. N° 115/2002 y para O₃, contenida en el D.S. N° 112/2002, estas últimas del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. De acuerdo a lo establecido en la letra e) del artículo 16 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, “fiscalizar las normas de calidad del aire y normas de emisión para cada región, incluida la Metropolitana”.

La actividad de fiscalización consideró la auditoría de los datos proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, de las estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como estaciones de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado; MP2,5 y MP10; y representatividad poblacional para gases; SO₂, NO₂, O₃ y CO.

El análisis de datos de MP2,5, MP10, SO₂, NO₂, O₃ y CO se realizó con las mediciones del período comprendido entre el 1° de enero de 2020 al 31 de diciembre de 2022, período en el cual se utilizó en forma continua un instrumento de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos de mediciones horarias y diarios se consideraron los criterios establecidos en cada una de las normas primarias y aquellos contenidos en el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N°61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, de MINSAL.

Norma de calidad del aire para MP2,5

El resultado del análisis de los datos de MP2,5 para el año 2022, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m³, fue superada en las 7 estaciones evaluadas, siendo la estación El Bosque (EMQ) la que presentó la concentración más alta con 86 µg/m³, con un 172% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Cerro Navia (EMR) y Pudahuel (EMO), ambas presentaron una concentración de 79 µg/m³, correspondiente al 158% del límite de la norma. En el resto de las estaciones se observaron valores por sobre el límite, como en estación Quilicura (EMV) con 72 µg/m³ (144%), La Florida (EML) con 70 µg/m³ (140%), Puente Alto (EMS) con 60 µg/m³ (120%) y Las Condes (EMM) con 50 µg/m³ (100%).

Complementariamente, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que las estaciones que presentaron un número superior a 7 días con excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 65 días, El Bosque (EMQ) con 61 días, Cerrillos



(EMP) con 55 días, Pudahuel (EMO) con 47 días, Quilicura (EMV) con 38 días y La Florida (EML) con 37 días.

En relación a la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio trianual de las concentraciones, entre el año 2020 y 2022, se concluyó que la norma fue superada en seis (6) de las siete (7) estaciones analizadas que cumplen con el porcentaje de datos válidos para el periodo en estudio, determinándose en las estaciones las concentraciones de: Cerro Navia (EMR) y El Bosque (EMQ), ambas con una concentración de $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (140%), la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (130%), Quilicura (EMV) $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (120%), La Florida (EML) con $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (115%) y Puente Alto (EMS) con $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (110%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 85% del valor límite de la norma anual.

Norma de calidad del aire para MP10

El análisis de la norma de MP10 de 24 horas, que establece como límite $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, determinó que en seis (6) estaciones con datos válidos, se superó la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con $165 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (127%), El Bosque (EMQ) con $154 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (118%), Pudahuel (EMO) con $151 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (116%), Parque O'Higgins (EMN) con $143 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (110%), Puente Alto (EMS) con $140 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (108%) y La Florida (EML) con $133 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que en 3 estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Quilicura (EMV) con $124 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (95%), Talagante (EMT) con $112 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (86%) y Las Condes (EMM) con $104 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (80%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las nueve (9) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 37 días, El Bosque (EMQ) con 29 días y Pudahuel (EMO) con 17 días.

A nivel de norma anual de MP10, se concluyó que esta fue superada en las ocho (8) estaciones que cumplían con los criterios establecidos en la norma para el periodo evaluado. Por otra parte, la evaluación determinó que las estaciones que presentaron superación a la norma anual fueron: El Bosque (EMQ) con $73 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (146%), Cerro Navia (EMR) con $69 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (138%), Puente Alto (EMS) con $68 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), Parque O'Higgins (EMN) con $66 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (132%), mientras que, Pudahuel (EMO) se determinó una concentración de $64 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (128%), Quilicura (EMV) y La Florida (EML) con $61 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (122%), y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (106%).

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2020 al 2022 para el contaminante SO₂, de las cuatro (4) estaciones que cuentan con la calificación EMRPG por SO₂, solo fue posible

4



realizar el análisis de información en las estaciones de La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), el resto de las estaciones no presentaron mediciones.

El análisis de la norma de 1 hora que establece un límite de 134 ppbv, mediante el cálculo del percentil 98,5, determinó que esta no fue superada en la estación de El Bosque (EMQ) y la concentración determinada del promedio trianual del percentil 98,5 fue de 3,74 ppbv, equivalente al 3% del límite de la norma horaria, cabe destacar que en estación La Florida no fue posible evaluar el promedio trianual de tres años consecutivos de los valores del percentil 98,5 debido a que no se contó con el porcentaje de datos horarios válidos en el año 2020.

El resultado del análisis de la norma de 24 horas para SO₂ que establece como límite 57 ppbv, a través del cálculo del promedio trianual del percentil 99, concluyó que la norma 24 horas no fue superada en la estación evaluada, El Bosque (EMQ), de la Red MACAM-3 y el valor determinado fue de 3,01 ppbv, equivalente al 5% del límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual para SO₂ que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que de las dos (2) estaciones que miden el contaminante, solo fue posible de evaluar la norma anual en la estación de El Bosque (EMQ), encontrándose la concentración promedio trianual muy por debajo del límite establecido de 23 ppbv, determinándose una concentración promedio trianual de 1,62 ppbv, correspondiente al 7% del límite normativo.

Norma primaria de calidad del aire para O₃

Para el contaminante O₃ se evaluó la norma de 8 horas mediante el cálculo del percentil 99, para el periodo entre el año 2020 al 2022. Del análisis realizado a las seis (6) estaciones calificadas como EMRPG, solo fue posible la evaluación de la norma de 8 horas en cuatro (4) estaciones: Pudahuel (EMO), Las Condes (EMM), Parque O'Higgins (EMN) y El Bosque (EMQ). La evaluación concluyó que la norma de 8 horas, que establece como límite 61 ppbv, fue superada en las estaciones de Las Condes (EMM) con 70 ppbv (115%) y Parque O'Higgins (EMN) con 63 ppbv (103%). En el resto de las estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 8 horas, con los siguientes valores: Pudahuel (EMO) con 55 ppbv (90%) y El Bosque (EMQ) con 56 ppbv (92%).

En relación con las estaciones Independencia (EMF) y La Florida (EML), estas no cumplen con el porcentaje de información requerido en la norma para ser evaluada en el año 2020 en La Florida (EML), y en el año 2021 y 2022 en la estación Independencia (EMF).

Norma primaria de calidad del aire para CO

De acuerdo al análisis efectuado para la norma de 1 hora de CO que establece como límite 26 ppmv, para el periodo 2020 al 2022, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las cinco (5) estaciones evaluadas de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la



norma. Por otra parte, indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 6,77 ppmv, correspondiente al 26% del límite de la norma de 1 hora.

En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio trianual (2020 al 2022) del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM- 3, encontrándose todas por debajo del 80% del límite normativo. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,84 ppmv, correspondiente al 54% del límite de la norma de 8 horas.

Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora por NO₂ que establece como límite 213 ppbv, mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de tres años, entre los años 2020 y 2022, concluyó que la norma no fue superada y tampoco se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, del análisis realizado se determinó que la norma no fue superada en las dos (2) estaciones en estudio, determinándose en la estación Las Condes (EMM) una concentración de 87,02 ppbv (41%) y en la estación Pudahuel (EMO) una concentración de 66,40 ppbv (31%), encontrándose ambas por debajo del 80% del límite normativo.

En relación a la evaluación de la norma de NO₂ a nivel anual y que establece como límite 53 ppbv, determinó que la estación Las Condes (EMM) en el año 2020, no cuentan con 75% de datos válidos en alguno de sus trimestres, por lo que no es posible evaluar la norma anual. Por otra parte, se determinó el valor de la norma anual para NO₂ solo en estación Pudahuel (EMO) con una concentración promedio trianual de 16,79 ppbv, equivalente al 32% del valor límite de la norma anual. Cabe señalar que, la estación Cerrillos (EMP) en el año 2016 fue reubicada en otro sector de la comuna y no existe un instrumento para la medición de NO₂.



2. INTRODUCCIÓN

La declaración de Zona Saturada a la Región Metropolitana de Santiago, se efectuó el 12 de junio de 1996, mediante el D.S. N° 131/1996 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. En él se estableció zona saturada por material particulado respirable, partículas en suspensión, ozono y monóxido de carbono; y zona latente por dióxido de nitrógeno. El año 1998, el D.S. N° 16/1998, oficializa el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA), que contiene las metas de calidad del aire y las medidas orientadas al control de las principales fuentes contaminantes identificadas en la región. Posteriormente el Plan fue reformulado en tres oportunidades a través del D.S. N° 59/2003, D.S. N° 66/2009 y del D.S. N° 31/2017, este último actualmente vigente.

El 18 de enero de 2011 el Ministerio del Medio Ambiente estableció la norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP2,5, D.S. N° 12/2011 del MMA, con entrada en vigencia a partir del 1° de enero de 2012. En ella se establecen los límites de calidad primaria para MP2,5, con un máximo de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración anual y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración de 24 horas.

En el año 2013 la Superintendencia del Medio Ambiente realizó una fiscalización ambiental a la Red Automática de Monitoreo de Contaminantes Atmosféricos, Red MACAM-3, con el objeto de evaluar la representatividad poblacional para MP2,5. Producto de esta fiscalización en el año 2014, se calificaron como EMRP (estaciones de monitoreo con representatividad poblacional) por MP2,5, un total de 7 estaciones de monitoreo.

En el año 2014, se evaluaron los datos de material particulado fino MP2,5 proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente. La información evaluada correspondió a las estaciones de la Red MACAM-3 declaradas como EMRP por MP2,5, para el período comprendido entre el 1 de enero y 31 de mayo de 2014, de esta evaluación anticipada de la norma se generó el informe DFZ-2014-371-XIII-NC-EI, el que constató el estado de cumplimiento de la norma por 24 horas.

Estos antecedentes permitieron al Ministerio del Medio Ambiente, declarar como zona saturada por material particulado fino respirable MP2,5, como concentración de 24 horas, a la región Metropolitana, el 15 de noviembre de 2014. Posteriormente, el 24 de noviembre de 2017 se promulgo el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana de Santiago, el que tiene por objetivo dar cumplimiento a las normas primarias de calidad ambiental de aire vigentes, asociadas a los contaminantes Material Particulado Respirable (MP10), Material Particulado Fino Respirable (MP2,5), Ozono (O_3) y Monóxido de Carbono (CO), en un plazo de 10 años.



Considerando lo establecido en el artículo 16, del Título II de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, corresponderá a esta Superintendencia fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad.

Para lo anterior, la SMA realizó una auditoría y análisis de los datos para los años 2020, 2021 y 2022, con el fin de obtener información válida que permita evaluar las normas de calidad del aire. Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, mediante correo electrónico. Las estaciones informadas cuentan con declaración de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP2,5, MP10 y representatividad poblacional de gases (EMRPG en adelante) por SO₂ norma primaria. El proceso de auditoría y análisis de los datos consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias de calidad del aire de cada contaminante y el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009, del Ministerio de Salud.

Estos antecedentes permitirán al Ministerio del Medio Ambiente activar los instrumentos de política pública que correspondan, de acuerdo con lo establecido en la Resolución Exenta N°503 de 2 de junio de 2021, del Subsecretario del Medio Ambiente, complementa circular N°0001, de 2005, de la comisión nacional del medio ambiente, que instruye sobre procedimiento para la declaración, modificación y derogación de zonas saturadas o latentes de carácter atmosférico, y deja sin efecto la resolución exento N°302, de 2011, y N°1121, de 2020, ambas del Ministerio del Medio Ambiente.

3. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP2,5, MP10, SO₂, NO₂, O₃ y CO; en su nivel horario, diario y anual, según corresponda, para las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para MP2,5, MP10 y de gases de la Red MACAM-3. Para lo anterior se determinará la validez de las mediciones realizadas por la Red MACAM-3, en base a una auditoría de los datos; para el período comprendido entre el 1° de enero al 31 de diciembre de 2022. Para los años 2020 y 2021 se utilizaron los datos validados por esta Superintendencia y publicados en los informes de fiscalización DFZ-2021-2729-XIII-NC y DFZ-2022-733-XIII-NC.

4. ALCANCE

La evaluación se realizó en las estaciones que conforman la Red MACAM-3 y que cuenten con EMRP por material particulado y/o gases, según corresponda.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP2,5, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para MP2,5 son: Independencia (EMF), La Florida (EML), Las



Condes (EMM), Pudahuel (EMO), Cerrillos (EMP), El Bosque (EMQ), Cerro Navia (EMR), Puente Alto (EMS) y Quilicura (EMV).

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP10, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para MP10 son: Independencia (EMF), La Florida (EML), Las Condes (EMM), Parque O'Higgins (EMN), Pudahuel (EMO), Cerrillos (EMP), El Bosque (EMQ), Cerro Navia (EMR), Puente Alto (EMS), Talagante (EMT) y Quilicura (EMV).

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de NO₂, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para Gases son: Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO).

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de SO₂, CO y O₃, y que cumplen con el requisito de estación declarada como EMRP para Gases son: Las Condes (EMM), La Florida (EML), Pudahuel (EMO), El Bosque (EMQ), Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN).

A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel horario, diario y anual, por contaminante y cuerpo normativo:

Tabla 1 Normas de calidad del aire vigente a nivel horario, diario y anual

Norma	Contaminante	Límite Concentración Horaria	Límite Concentración 24 horas	Límite Concentración Anual
D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP2,5	No aplica	50 µg/m ³	20 µg/m ³
D.S. N° 12/2021 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP10	No aplica	130 µg/m ³ N	50 µg/m ³ N
D.S. N° 112/2002 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República.	O ₃	61 ppbv (8 Horas)	-----	-----
D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente	SO ₂	134 ppbv	57 ppbv	23 ppbv
D.S. N° 114/2002 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República.	NO ₂	213 ppbv (1 Hora)	-----	53 ppbv
D.S. N° 115/2002 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia de la República.	CO	26 ppmv (1 Hora) 9 ppmv (8 Horas)	-----	-----

5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones para MP2,5, MP10, SO₂, NO₂, O₃ y CO, se reportó a esta Superintendencia por parte del Ministerio del Medio Ambiente, mediante correo electrónico, incluyendo los datos crudos, datos validados y códigos de invalidación, en promedios horarios y en el formato establecido en el D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N° 30/2009, del MINSAL.



5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP2,5, EMRP-MP10 y EMRPG

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la Red MACAM-3 y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado (MP10 y MP2,5) y representatividad poblacional para gases.

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP para MP10, MP2,5, SO₂, CO, O₃ y NO₂

Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP2,5	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRPG para SO ₂ , CO y O ₃	Resolución que otorga EMRPG para NO ₂
Independencia (EMF)	Res. Exenta N° 83 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
La Florida (EML)	Res. Exenta N° 82 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Las Condes (EMM)	Res. Exenta N° 84 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	Res. N° 121820 del 4 de enero de 2006 de MINSAL
Pudahuel (EMO)	Res. Exenta N° 88 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	Res. N° 121820 del 4 de enero de 2006 de MINSAL
El Bosque (EMQ)	Res. Exenta N° 87 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Puente Alto (EMS)	Res. Exenta N° 85 del 7 de febrero de 2014, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. N° 13454 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene	No Tiene
Quilicura (EMV)	Res. Exenta N° 439 del 18 de mayo de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 245 del 18 de febrero de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	No Tiene	No Tiene
Parque O'Higgins (EMN)	No Tiene	Res. N° 11481 del 18 de junio de 1998 de MINSAL	Res. N° 121821 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene
Cerrillos (EMP)	Res. Exenta N° 2324 del 29 de diciembre de 2022, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 2325 del 29 de diciembre de 2022, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	No Tiene	No Tiene
Cerro Navia (EMR)	Res. Exenta N° 573 del 24 de junio de 2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente	Res. N° 66862 del 23 de noviembre de 2007 del MINSAL	No Tiene	No Tiene
Talagante (EMT)	No Tiene	Res. N° 13454 del 4 de enero de 2006 de MINSAL	No Tiene	No Tiene



Por su parte, en la Tabla 3 se describe la ubicación de las estaciones de la Red MACAM-3, cuya representación gráfica se ilustra en la Figura 1.

Tabla 3 Estaciones de la Red MACAM-3 Georreferenciadas

Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m)	
	Datum WGS84, Huso 19 S	
Independencia (EMF)	346.488 E	6.300.681 N
La Florida (EML)	352.504 E	6.290.304 N
Las Condes (EMM)	358.305 E	6.305.906 N
Pudahuel (EMO)	337.311 E	6.298.809 N
El Bosque (EMQ)	345.313 E	6.286.825 N
Puente Alto (EMS)	352.049 E	6.282.013 N
Quilicura (EMV)	339.594 E	6.308.625 N
Parque O'Higgins (EMN)	345.673 E	6.296.019 N
Cerrillos (EMP)	342.746 E	6.292.645 N
Cerro Navia (EMR)	338.984 E	6.299.360 N
Talagante (EMT)	318.945 E	6.272.298 N

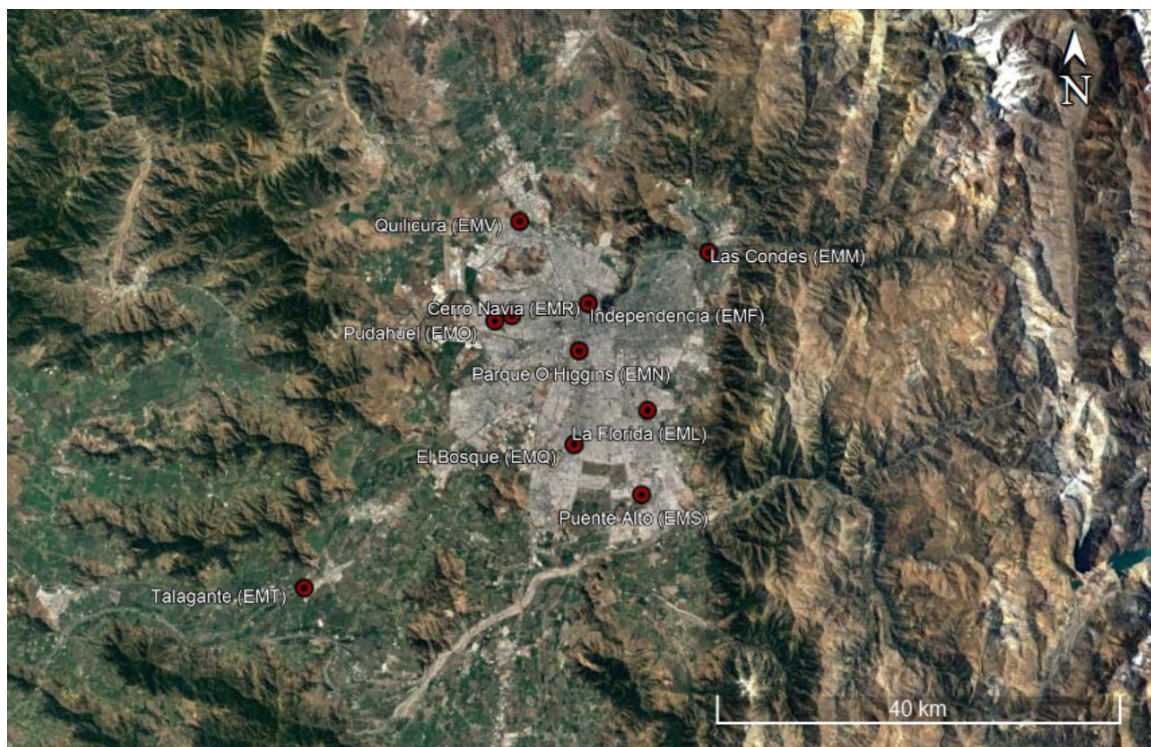


Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red MACAM-3.



5.2. Descripción de los equipos de medición utilizados en Red MACAM-3

De acuerdo a los antecedentes entregados por el Ministerio del Medio Ambiente para el periodo, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP10, MP2,5, O₃, NO₂, CO y SO₂ en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en las normas primarias. En la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10, MP2,5, O₃, NO₂, CO y SO₂ utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas.

Tabla 4 Listado de instrumentos y métodos de medición de los equipos de la Red MACAM-3 declaradas como EMRP por MP10, MP2,5, SO₂, CO, O₃ y NO₂

Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
La Florida (EML)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	SO ₂	Fluorescencia	Thermo 43i	EQSA-0486-060
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
Las Condes (EMM)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	NO ₂	Quimiluminiscencia	Thermo 42i	RFNA-1289-074
Pudahuel (EMO)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	NO ₂	Quimiluminiscencia	Thermo 42i	RFNA-1289-074
El Bosque (EMQ)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
	SO ₂	Fluorescencia	Thermo 43i	EQSA-0486-060
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Sabio 6030	EQOA-0415-222
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
Cerrillos (EMR)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Puente Alto (EMS)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Parque O'Higgins (EMN)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122



Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
	O ₃	Fotometría ultravioleta	Thermo 49i	EQOA-0880-047
Cerro Navia (EMR)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170
Quilicura (EMV)	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP10	EQPM-0798-122
	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020-MP2,5	EQPM-0308-170

Cabe señalar que para las estaciones Parque O'Higgins (EMN), Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO), a pesar de contar con representatividad poblacional para el contaminante de SO₂, se constató que no se realizan mediciones de este contaminante a la fecha de elaboración de este informe. En relación a la estación Talagante (EMT) durante al año 2020 no realizó mediciones, debido a trabajos en terreno donde se ubica la estación, retomando las mediciones a partir del mes de junio del año 2021, y respecto de la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de 2021.

5.3. Auditoría de datos

Los datos validados por el MMA, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en cada una de las normas de calidad del aire primaria y de acuerdo a lo indicado en el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009 de MINSAL. Además, se evaluó el comportamiento de los datos de manera anual, mediante gráficas de series de tiempo para cada una de las variables.

La auditoría de los datos consideró una revisión de los códigos de invalidación horarios reportados para los contaminantes MP10, MP2,5, SO₂, NO₂, CO y O₃ de cada estación. En la Tabla 5 se recopilan los porcentajes de datos inválidos por estación y contaminante para el año 2022. En ésta se observan las estaciones que presentan un porcentaje de datos inválidos o sin dato superior al 25%, de acuerdo a la tabla los porcentajes de datos inválidos obtenidos corresponden a: estación Independencia (EMF) calificada con representatividad poblacional para MP10, MP2,5, CO y O₃, no presenta mediciones (S/I), además, la estación Cerrillos (EMP) para MP10 presenta un 26,8% y para MP2,5 un 28,2%.

Por otro lado, cabe destacar que los datos correspondientes a los años 2020 y 2021 fueron auditados en los informes DFZ-2021-2729-XIII-NC y DFZ-2022-733-XIII-NC, respectivamente.



Tabla 5 Porcentaje de datos horarios inválidos en el año 2022

Estación	MP10 (%)	MP2,5 (%)	SO ₂ (%)	CO (%)	O ₃ (%)	NO ₂ (%)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	
La Florida (EML)	3,0	6,0	5,2	3,0	3,3	
Las Condes (EMM)	4,1	4,1	S/I	7,7	7,4	3,6
Parque O'Higgins (EMN)	1,1		S/I	9,6	1,1	
Pudahuel (EMO)	0,3	1,6	S/I	22,7	1,9	1,9
Cerrillos (EMP)	26,8	28,2				
El Bosque (EMQ)	1,1	1,4	0	7,7	1,9	
Cerro Navia (EMR)	0,3	2,2				
Puente Alto (EMS)	1,4	3,0				
Talagante (EMT)	1,6					
Quilicura (EMV)	1,1	2,5				

S/I: estaciones sin mediciones del contaminante.

Se determinó estadísticamente la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo a lo descrito en el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S N° 30/2009 de MINSAL. En los casos de días con un porcentaje menor al 75% de horas, éstos se invalidaron de acuerdo a lo descrito en el decreto mencionado.

En la Tabla 6 se presentan el número de días válidos y el porcentaje de datos disponibles para el período 2020 al 2022, para los contaminantes MP10, MP2,5, SO₂, NO₂, O₃ y CO, según corresponda a cada estación. De la Tabla 6, se puede concluir que la mayoría de las estaciones que miden los contaminantes antes mencionados, presentan un porcentaje de datos válidos superior al 75% para el periodo, a excepción del año 2020 solo la estación La Florida presentó 66% de SO₂ y 48% de O₃. En el caso del año 2021, se observa en la estación Independencia (EMF) porcentaje de 56% en MP10, 54% en MP2,5, 55% en CO y 36% en O₃, además, la estación Cerrillos (EMP) para MP10 y MP2,5 presentó un 52%, y Talagante (EMT) con 57% para MP10. Finalmente, en el año 2022, se aprecia que la gran mayoría de las estaciones está por sobre el 75% de datos válidos, a excepción de la estación Cerrillos (EMP) que inició sus mediciones para material particulado MP10 y MP2,5 en abril y mayo respectivamente, por otra parte, en la estación Independencia (EMF) se encuentra apagada desde mediados del año 2022.

Cabe señalar que, para el periodo analizado (2020 al 2022), se observa una disminución en el número de estaciones que monitorean el contaminante SO₂, las que corresponden a estaciones calificadas como EMRPG, de un número de seis (6) estaciones calificadas para medir SO₂ en la actualidad (2022) solo miden dos (2) estaciones (ver Tabla 6).



Tabla 6 Porcentaje de datos válidos para los años 2020, 2021 y 2022

Estación	2020				2021				2022										
	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO ₂ % 1 hr	CO % 1 hr	O ₃ % 1 hr	NO ₂ % 1 hr	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO ₂ % 1 hr	CO % 1 hr	O ₃ % 1 hr	NO ₂ % 1 hr	MP10 % 24 hr	MP2,5 % 24 hr	SO ₂ % 1 hr	CO % 1 hr	O ₃ % 1 hr	NO ₂ % 1 hr	
Independencia (EMF)	100	98	S/I	95	99		56	54	S/I	55	36		S/I	S/I	S/I	S/I	S/I		
La Florida (EML)	99	96	66	100	48		99	97	86	98	90		97	94	95	97	97		
Las Condes (EMM)	97	96	S/I	88	98	93	99	97	S/I	83	88	96	96	96	S/I	92	93	96	96
Parque O'Higgins (EMN)	99		S/I	79	88		99		S/I	95	97		99		S/I	90	99		
Pudahuel (EMO)	99	99	S/I	95	94	99,5	99,5	96	S/I	97	99,7	98	100	98	S/I	77	98	98	98
Cerrillos (EMP)	79	83					52	52					73 ¹	72 ²					
El Bosque (EMQ)	100	99	99	99	84		99,5	97	85	94	95		99	99	100	92	98		
Cerro Navia (EMR)	99	99					99,7	98					100	98					
Puente Alto (EMS)	99	99					99,7	98					99	97					
Talagante (EMT)	S/I						57						98						
Quilicura (EMV)	99	98					98,6	98					99	98					

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 6 de abril de 2022 en estación Cerrillos.

²Inicio de mediciones válidas a partir del 12 de abril de 2022 en estación Cerrillos.

S/I: estaciones sin mediciones del contaminante.



A continuación, en las siguientes tablas se resumen los porcentajes de datos válidos a nivel mensual para los años 2020, 2021 y 2022, para los diferentes parámetros en estudio. En la Tabla 7, se observa que para el contaminante MP10 la mayoría de las estaciones registra un porcentaje de datos válidos superior al 75% a nivel mensual. Respecto del año 2020, la estación Cerrillos (EMP) presentó porcentajes de 39%, 0% y 60% en los meses de marzo, abril y septiembre, y para la estación Talagante (EMT) no se realizaron mediciones de MP10 durante todo el año. En el año 2021 la estación Talagante (EMT) presentó 5 meses con 0% de datos, por otra parte, la estación Cerrillos (EMP) presentó 6 meses con porcentajes de datos por debajo del 75%. Finalmente, en el año 2022 la estación Cerrillos (EMP) dio inicio a sus mediciones en el mes de abril de 2022 en una nueva ubicación y la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de julio de 2021 a la fecha.

Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP10 por mes y estación para los años 2020, 2021 y 2022

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2021	94	96	100	100	87	100	94	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2020	97	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100
	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	87	100	97	100	100	100	94	97	100	97	100	94
Las Condes (EMM)	2020	87	100	97	100	100	100	100	100	100	100	87	94
	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2022	90	89	90	100	100	100	97	100	100	100	90	94
Parque O'Higgins (EMN)	2020	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	94
	2021	100	100	100	100	100	93	100	100	100	100	100	90
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
Pudahuel (EMO)	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100
	2021	100	100	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cerrillos (EMP)	2020	84	79	39	0	87	100	100	100	60	100	100	100
	2021	100	96	97	100	100	93	45	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	80	100	100	100	100	100	100	93	100
El Bosque (EMQ)	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97



Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
Cerro Navia (EMR)	2020	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	94
	2021	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100
Puente Alto (EMS)	2020	100	100	100	100	90	93	100	100	100	100	100	100
	2021	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	94
Talagante (EMT)	2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2021	0	0	0	0	0	93	100	100	100	100	100	100
	2022	100	93	100	100	97	100	100	90	100	100	100	100
Quilicura (EMV)	2020	100	100	97	100	100	100	100	100	100	97	100	100
	2021	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	94
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87

En la Tabla 8, se observa que para el contaminante MP2,5 la mayoría de las estaciones presentó un porcentaje de datos válidos superior al 75% de los registros mensuales para el periodo 2020 al 2022. En relación al año 2020 en estación La Florida (EML) se observó en el mes de marzo un 68%, y la estación Cerrillos (EMP) presentó tres meses con mediciones por debajo del 75%, correspondientes a: 42% en marzo, 0% en abril y 60% en septiembre. Por otra parte, en el año 2021 se observa que la estación Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO) presentaron porcentajes de 74% y 58%, respectivamente, en el mes de marzo. Finalmente, en el año 2022 la estación Cerrillos (EMP) dio inicio a sus mediciones en abril de 2022 en una nueva ubicación y la estación Independencia (EMF) se encuentra desconectada desde mediados de julio de 2021 a la fecha.

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 por estación para el año 2020, 2021 y 2022

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2020	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2021	94	96	84	100	87	100	94	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2020	97	90	68	100	94	100	100	100	100	100	100	100
	2021	100	100	81	100	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	90	100	61	100	100	100	94	97	100	94	100	94



Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Las Condes (EMM)	2020	94	100	84	100	100	100	100	100	100	100	87	94
	2021	100	100	74	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2022	100	89	81	100	100	100	97	100	100	100	90	94
Pudahuel (EMO)	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100
	2021	100	100	58	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cerrillos (EMP)	2020	100	100	42	0	87	100	100	100	60	100	100	100
	2021	100	96	87	100	100	100	45	-	-	-	-	-
	2022	-	-	-	63	100	100	100	100	100	100	93	100
El Bosque (EMQ)	2020	100	93	100	100	100	100	94	100	100	100	100	100
	2021	100	100	84	100	94	100	100	100	93	97	100	97
	2022	100	100	84	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cerro Navia (EMR)	2020	97	100	100	100	100	93	97	100	100	100	100	100
	2021	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	77	100	100	100	100	100	100	100	97	100
Puente Alto (EMS)	2020	100	100	100	100	90	93	100	100	100	100	100	100
	2021	97	100	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	77	100	100	100	100	94	100	100	100	94
Quilicura (EMV)	2020	100	100	77	100	100	100	100	100	100	97	100	100
	2021	100	100	100	87	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	100	100	97	87	100	100	100	100	100	100	97	90

En la Tabla 9, se resumen los porcentajes de datos validados de ozono para los años 2020, 2021 y 2022, se observa en general un porcentaje de datos válidos es superior al 75%, sin embargo, en el año 2020, la estación La Florida (EML) presentó 7 meses con porcentajes de datos validos por debajo del 75%, la estación Parque O'Higgins (EMN) con 17% en el mes de febrero y la estación El Bosque (EMQ), con 34% en mayo y 19% en agosto. En relación con en el año 2021, se observa que la estación Independencia (EMF) presentó 8 meses con porcentaje de datos inferior al 75%, la estación Las Condes (EMM) 3 meses, por último, la estación El Bosque (EMQ) y La Florida (EML), presentaron solo 1 mes con porcentaje de datos inferior al 75%. Finalmente, en el año 2022 solo en estación Las Condes se observó un porcentaje de 58% en el mes de marzo, y en estación Independencia no se realizaron mediciones.



Tabla 9 Porcentaje de datos válidos de O₃ por estación para los años 2020, 2021 y 2022

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2020	87	99	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100
	2021	90	96	100	100	0	50	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2020	99	100	99	51	0	0	0	0	0	33	99	99
	2021	100	100	100	100	100	97	97	16	80	94	100	94
	2022	90	100	100	100	100	97	94	97	100	97	93	94
Las Condes (EMM)	2020	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	88	97
	2021	100	100	100	97	100	60	58	84	100	100	100	55
	2022	100	89	58	100	100	100	90	94	100	97	90	94
Parque O'Higgins (EMN)	2020	92	17	90	96	96	96	96	96	95	96	96	92
	2021	100	100	84	100	100	93	100	100	100	100	97	90
	2022	100	96	100	100	100	100	100	97	100	100	100	94
Pudahuel (EMO)	2020	99	94	75	96	96	96	96	95	92	96	96	94
	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97
	2022	100	100	84	100	100	100	100	97	100	100	100	97
El Bosque (EMQ)	2020	100	93	96	96	34	95	90	19	96	96	96	95
	2021	100	100	100	100	87	100	100	100	100	74	77	97
	2022	97	100	100	100	100	97	100	100	100	94	100	90

En la Tabla 10, se resumen los datos válidos de SO₂ a nivel mensual para los años 2020, 2022 y 2022, para el año 2020 la estación La Florida (EML) presentó los últimos 4 meses sin mediciones. Por otra parte, en el año 2021 en las estaciones Bosque (EMQ) y La Florida (EML) las mediciones de SO₂ presentan 2 y 3 meses, respectivamente, con concentraciones por debajo del 75%.

Cabe señalar que, las estaciones de Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN) no realizan mediciones de SO₂, en el caso de la primera desde octubre de 2014 y en caso de la segunda desde octubre de 2015.



Tabla 10 Porcentaje de datos válidos de SO₂ por estación para los años 2020, 2021 y 2022

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2020	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2020	99	100	100	100	99	100	100	100	0	0	0	0
	2021	32	100	100	100	100	87	29	100	100	94	100	94
	2022	90	100	68	100	100	100	94	97	100	97	100	94
Parque O'Higgins (EMN)	2020	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2020	100	97	100	100	100	100	96	100	100	100	100	100
	2021	55	100	90	100	100	73	6	97	100	97	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

En la Tabla 11, se resumen los datos válidos de NO₂ a nivel mensual para los años 2020, 2021 y 2022, en ésta se observa que estación Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO) presentó en general un porcentaje de datos válidos superior al 75%. Cabe señalar que, para el año 2020 solo la estación Las Condes (EMM) presentó un 33% de datos válidos en el mes de diciembre, y para el año 2021, solo en enero la estación Las Condes se presentó un porcentaje de 58%.

Tabla 11 Porcentaje de datos válidos de NO₂ por estación para los años 2020, 2021 y 2022

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Las Condes (EMM)	2020	96	100	100	100	100	100	100	100	104	100	86	33
	2021	58	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90
	2022	94	89	94	100	100	100	97	100	100	100	90	94
Pudahuel (EMO)	2020	99	100	100	100	100	100	100	100	96	100	100	100
	2021	100	100	100	100	97	97	100	100	100	97	87	100
	2022	100	100	100	77	100	100	100	100	100	100	100	100



En la Tabla 12, se resumen los datos válidos de CO a nivel mensual en los años 2020, 2021 y 2022, se observa que la mayoría de las estaciones presentaron porcentajes de datos válidos superior al 75%, cabe mencionar que el año 2020, se observó que la estación Las Condes (EMM) solo en el mes de diciembre presentó 0%, estación Parque O'Higgins (EMN) presentó 3 meses con datos por debajo del 75% y la estación Pudahuel (EMO) solo en enero se observa un 45% de datos validados. Para el año 2021 la estación Independencia (EMF) presentó 4 meses con 0% de datos y 1 mes con 3%; la estación Las Condes (EMM) 3 meses con 58%, 13% y 42%, y El Bosque (EMQ) solo abril con 63%. Por último, en el año 2022 se presentaron porcentajes de 65% enero y 73% en noviembre en Las Condes (EMM), 37% en septiembre en la estación Parque O'Higgins (EMN) y 4 meses por debajo del 75% en la estación Pudahuel (EMO) y 71% en enero para la estación de El Bosque (EMQ).

Tabla 12 Porcentaje de datos válidos de CO por estación para los años 2020, 2021 y 2022

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2020	91	76	94	100	100	100	99	100	97	91	88	100
	2021	94	89	97	97	87	100	100	3	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2020	99	100	99	100	100	100	100	100	98	100	100	100
	2021	100	93	100	93	100	100	100	100	100	94	100	94
	2022	87	100	100	100	97	100	94	97	100	97	100	94
Las Condes (EMM)	2020	96	100	94	100	100	100	100	80	100	100	82	0
	2021	58	100	100	100	100	100	100	13	97	100	87	42
	2022	65	89	94	100	100	100	97	97	100	100	73	94
Parque O'Higgins (EMN)	2020	100	76	45	100	89	100	87	96	98	96	49	10
	2021	77	100	100	100	100	93	100	100	83	100	100	90
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	37	84	87	77
Pudahuel (EMO)	2020	45	98	100	100	100	100	100	100	96	100	100	100
	2021	100	100	100	100	77	100	100	100	100	84	100	100
	2022	100	100	100	100	61	0	10	100	100	94	100	65
Cerrillos (EMP)	2020	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2022	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2020	100	95	100	100	100	100	96	100	100	100	98	100
	2021	100	100	90	63	97	87	100	97	100	97	100	100



Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2022	71	93	90	90	94	97	100	94	93	100	90	97

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS NORMAS

6.1. Evaluación de la norma para MP2,5

6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas MP2,5

El período de evaluación de la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 13 se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP2,5, para los años 2020, 2021 y 2022, en las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

De acuerdo a los límites establecido en el D.S. N° 12/2011 del MMA, se considerará sobrepasada la norma para MP2,5 cuando el percentil 98 de los promedios diarios registrados durante un año, sea mayor a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en cualquier estación monitorea calificada como EMRPMP2,5.

De acuerdo al análisis efectuado en la Tabla 13, se determinó mediante el percentil 98, que el límite de la norma de MP2,5 como concentración de 24 horas fue superado en el año 2022, en siete (7) estaciones que contaban con disponibilidad de información, siendo la estación El Bosque (EMQ) la que presentó la concentración más alta con 86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un 172% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Cerro Navia (EMR) y Pudahuel (EMO), ambas presentaron una concentración de 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondiente al 158% del límite de la norma. En el resto de las estaciones se observaron valores por sobre el límite, como en estación Quilicura (EMV) con 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (144%), La Florida (EML) con 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (140%), Puente Alto (EMS) con 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (120%) y Las Condes (EMM) con 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%).

Tabla 13 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 98 Año 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2020 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentil 98 Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2021 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2022 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Independencia (EMF)	51	102	---	----	---	----
La Florida (EML)	49	98	73	146	70	140
Las Condes (EMM)	34	68	45	90	50	100
Pudahuel (EMO)	69	138	103	206	79	158

22



Cerrillos¹ (EMP)	58	116	---	---	---	---
El Bosque (EMQ)	65	130	90	180	86	172
Cerro Navia (EMR)	75	150	107	214	79	158
Puente Alto (EMS)	47	94	60	120	60	120
Quilicura (EMV)	58	116	77	154	72	144

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 12 de abril de 2022.

Adicionalmente, en el Gráfico 1, se pueden observar los percentiles 98 de las concentraciones de 24 horas, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022.

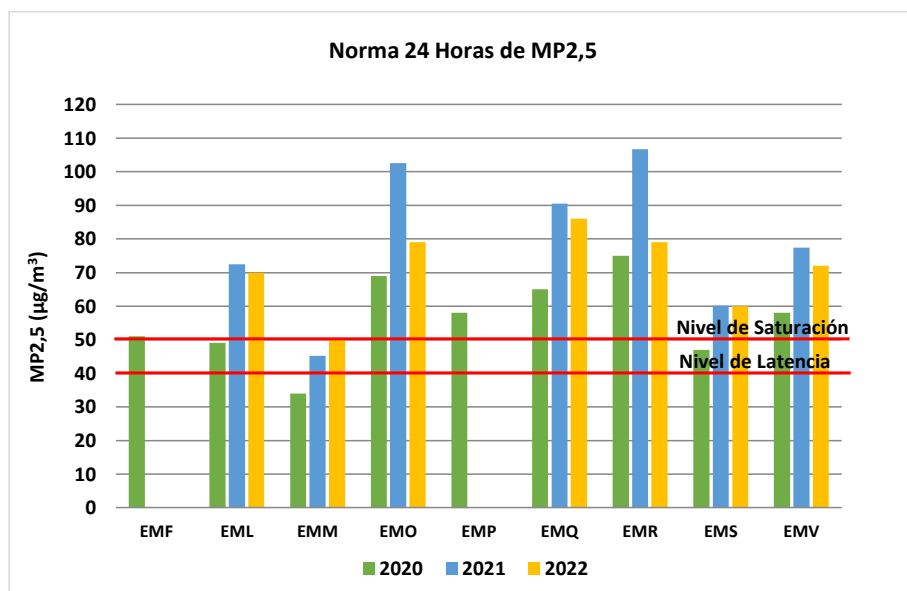


Gráfico 1 Norma 24 Horas MP2,5 para el periodo 2020 al 2022

Cabe señalar que al considerar las concentraciones diarias de MP2,5 para un año calendario (365 o 366 días), el cálculo del percentil 98 permite un máximo de 7 excedencias, es decir 7 días con registros mayores a 50 µg/m³ como concentración de 24 horas.

En la Tabla 14 se resume el número de días de excedencias a la norma de 24 horas por estación durante el año 2022, la cual muestra que el mayor número de días con excedencias se presentó en las estaciones de: Cerro Navia (EMR) con 65 días, El Bosque (EMQ) con 61 días, Cerrillos (EMP) con 55 días, Pudahuel (EMO) con 47 días, Quilicura (EMV) con 38 días y La Florida (EML) con 37 días.



Tabla 14 Días superación norma 24 horas de MP2,5 para el año 2022

Estación	Días superación Norma 24 horas 2022
Independencia (EMF)	----
La Florida (EML)	37
Las Condes (EMM)	7
Pudahuel (EMO)	47
Cerrillos (EMP)*	55
El Bosque (EMQ)	61
Cerro Navia (EMR)	65
Puente Alto (EMS)	17
Quilicura (EMV)	38

* Referencial

El Gráfico 2 muestra el número de excedencias por estación, desagregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del 2022, donde se observa que los días en los cuales se excede la norma se distribuyen en su mayoría es entre abril y agosto, siendo la estación de Cerro Navia (EMR), El Bosque (EMQ), Cerrillos (EMP), Pudahuel (EMO), Quilicura (EMV) y La Florida (EML), las que presentaron el mayor número de excedencias a la norma de 24 horas, con 65, 61, 55, 47, 38 y 37 días, respectivamente.

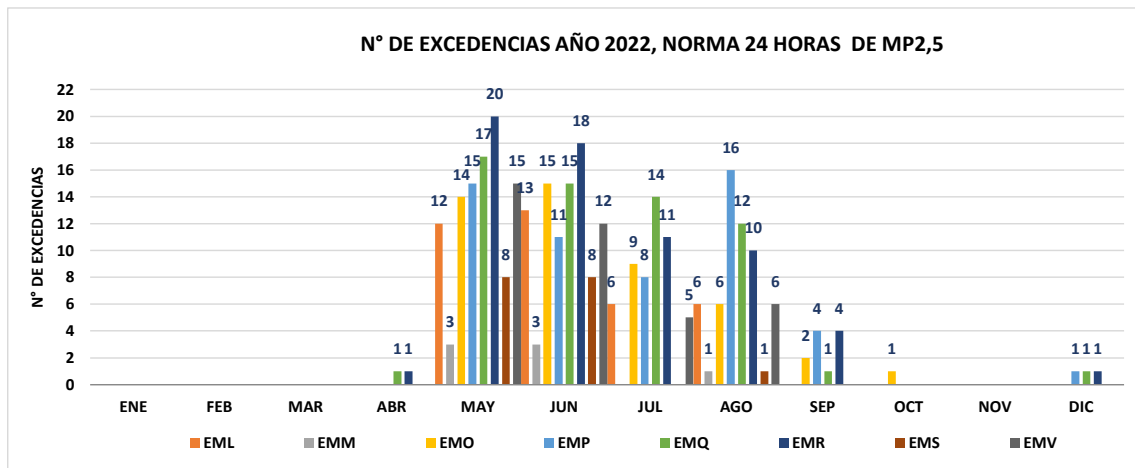


Gráfico 2 Excedencias norma 24 Horas MP2,5 para el año 2022

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma anual para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 15, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo de la media anual de las concentraciones de 24 horas de MP2,5, para los años 2020, 2021 y 2022, en las estaciones de monitoreo de la Red.



De acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N°12/2011 del MMA, la norma para MP2,5 se considerará sobrepasada cuando el promedio trianual de las concentraciones anuales sea mayor a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en cualquier estación monitorea calificada como EMRPMP2,5.

Cabe señalar que la norma anual para MP2,5 requiere determinar el promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos de las concentraciones anuales. Si al cabo de un año, en alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire clasificadas como EMRP, se verifica la superación de la norma, su frecuencia de medición deberá ser diaria.

La evaluación de la norma anual, con la información disponible para los años 2020, 2021 y 2022, mediante el cálculo del promedio trianual, se determinó que la norma fue superada en 6 de las 7 estaciones evaluadas, presentando las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) y El Bosque (EMQ), ambas con una concentración de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (140%), la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (130%), Quilicura (EMV) 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (120%), La Florida (EML) con 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (115%) y Puente Alto (EMS) con 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (110%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 85% del valor límite de la norma anual.

Tabla 15 Concentración trianual y porcentaje de la norma MP2,5

Estación	Concentración Anual Año 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración Anual Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración Anual Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma Anual 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Independencia (EMF)	22	----	----	----	----
La Florida (EML)	21	24	25	23	115
Las Condes (EMM)	15	18	18	17	85
Pudahuel (EMO)	24	28	25	26	130
Cerrillos (EMP) ¹	30	----	----	----	----
El Bosque (EMQ)	27	30	28	28	140
Cerro Navia (EMR)	28	29	28	28	140
Puente Alto (EMS)	22	22	21	22	110
Quilicura (EMV)	22	25	24	24	120

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 12 de abril de 2022.

Complementariamente, en el Gráfico 3, se pueden observar las concentraciones de la media trianual por estación, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022.



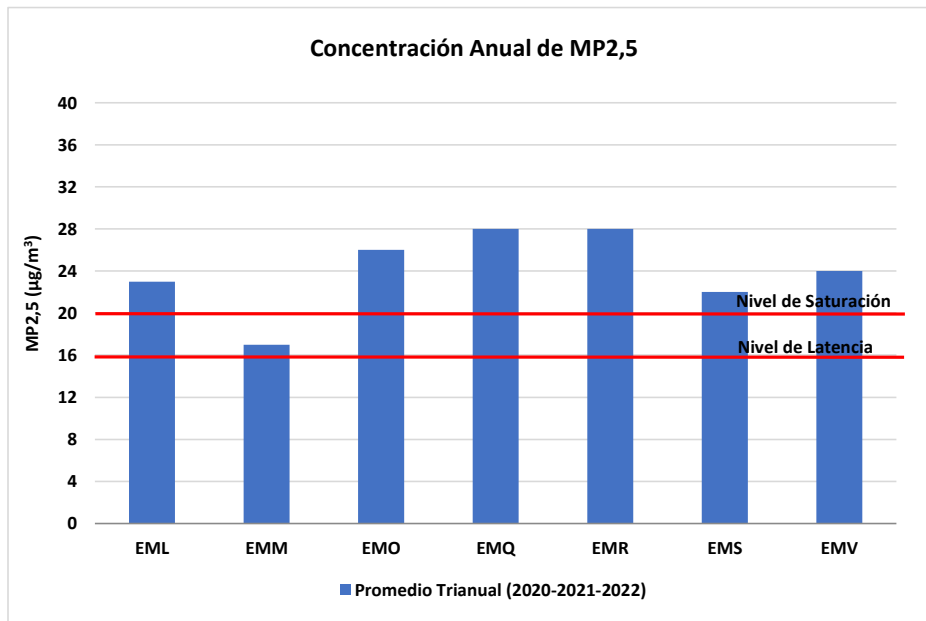


Gráfico 3 Norma Anual para MP2,5, Promedio Trianual periodo 2020 al 2022

6.2. Evaluación de la norma para MP10

6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas MP10

El período de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 16, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP10, para los años 2020, 2021 y 2022, de las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada en las siguientes condiciones:

- En un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas, sea mayor o igual a 130 µg/m³N.
- Si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de 130 µg/m³N, sea mayor que siete.

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. Cabe resaltar que el nuevo límite establecido en la norma es aplicable a partir del año 2022, y para el periodo anterior se encontraba vigente la norma de MP10, D.S. N°59/1998, del MINSEGPRES.



De acuerdo a la condición a), de las nueve (9) estaciones evaluadas para el año 2022, es posible señalar que en siete (6) estaciones se superó el límite normativo de 24 horas, las concentraciones obtenidas, corresponden a: Cerro Navia (EMR) con 165 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (127%), El Bosque (EMQ) con 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (118%), Pudahuel (EMO) con 151 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (116%), Parque O'Higgins (EMN) con 143 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (110%), Puente Alto (EMS) con 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (108%) y La Florida (EML) con 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que en 3 estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Quilicura (EMV) con 124 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (95%), Talagante (EMT) con 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (86%) y Las Condes (EMM) con 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (80%).

Tabla 16 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 98 Año 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas Año 2020 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas Año 2021 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas Año 2022 (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Independencia (EMF)	113	75	----	-----	----	-----
La Florida (EML)	95	63	139	93	133	102
Las Condes (EMM)	76	51	109	73	104	80
Parque O'Higgins (EMN)	128	85	137	91	143	110
Pudahuel (EMO)	135	90	176	117	151	116
Cerrillos ¹ (EMP)	123	82	----	-----	----	-----
El Bosque (EMQ)	128	85	167	111	154	118
Cerro Navia (EMR)	148	99	187	125	165	127
Puente Alto (EMS)	105	70	144	96	140	108
Talagante (EMT)	S/I	S/I	----	-----	112	86
Quilicura (EMV)	111	74	154	103	124	95

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 6 de abril de 2022. S/I: Sin información.

El Gráfico 4 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación, para los años 2020, 2021 y 2022.



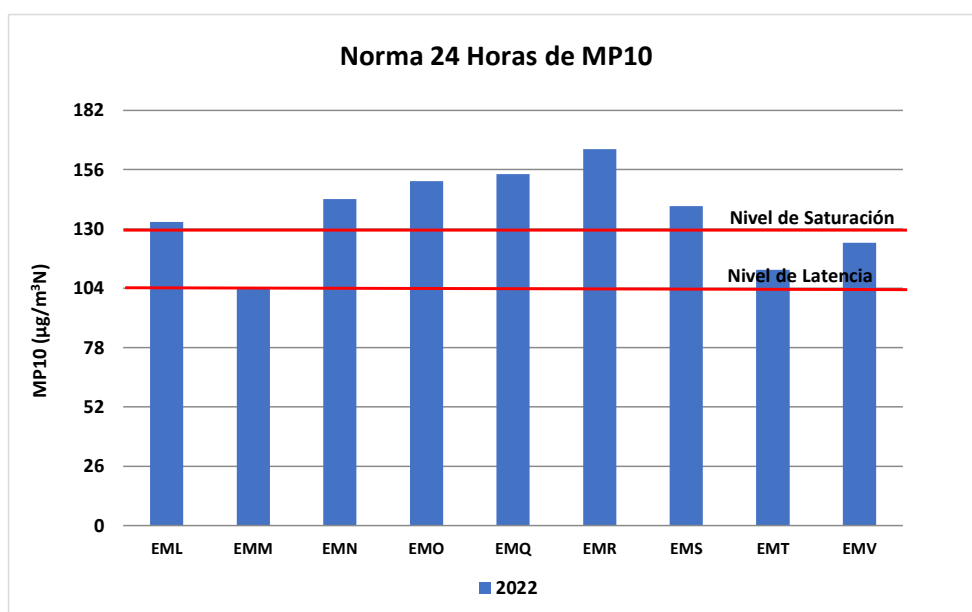


Gráfico 4 Norma 24 horas para MP10 para el año 2022

En la Tabla 17 se resume el número de días con excedencias a la norma de 24 horas de MP10, por estación durante el año 2022, la cual muestra que el mayor número de días con excedencias se presentaron en las estaciones de: Cerro Navia (EMR) con 37 días, El Bosque (EMQ) con 29 días y Pudahuel (EMO) con 17 días.

Tabla 17 Días superación norma 24 horas de MP10 para el año 2022

Estación	Días superación Norma 24 horas 2022
Independencia (EMF)	---
La Florida (EML)	11
Las Condes (EMM)	0
Parque O'Higgins (EMN)	12
Pudahuel (EMO)	17
Cerrillos (EMP)*	16
El Bosque (EMQ)	29
Cerro Navia (EMR)	37
Puente Alto (EMS)	11
Talagante (EMT)	3
Quilicura (EMV)	5

* Referencial

Adicionalmente, en el Gráfico 5, se recopilan el número de excedencias de la norma de 24 horas por MP10, a nivel mensual y por estación durante el año 2022, donde se aprecia que las excedencias se dieron mayoritariamente en los meses de mayo y agosto.



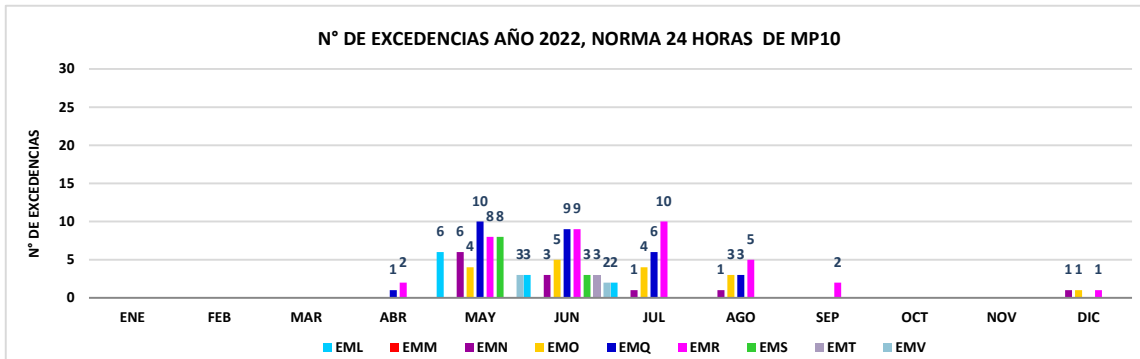


Gráfico 5 Excedencias a la Norma de 24 horas de MP10 en el año 2022

6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP10

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10 como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en cualquier estación monitorea calificada como EMRP, sea mayor o igual a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

El período de evaluación de la norma anual para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 18, se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2020, 2021 y 2022, para las estaciones de vigilancia de la Red MACAM-3.

La evaluación de los datos válidos de MP10 como norma anual determinó que la norma anual de MP10 fue superada en ocho (8) estaciones que fue posible evaluar la norma. Las concentraciones determinadas en las estaciones, mediante el promedio trianual correspondieron a: El Bosque (EMQ) con 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (146%), Cerro Navia (EMR) con 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (138%), Puente Alto (EMS) con 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), Parque O'Higgins (EMN) con 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (132%), mientras que, Pudahuel (EMO) se determinó una concentración de 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (128%), Quilicura (EMV) y La Florida (EML) con 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (122%), y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (106%).



Tabla 18 Evaluación de la norma anual para MP10 para el período 2020 al 2022

Estación	Promedio Anual 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma Anual ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Independencia (EMF)	62	----	----	----	----
La Florida (EML)	56	62	66	61	122
Las Condes (EMM)	49	55	55	53	106
Parque O'Higgins (EMN)	67	63	68	66	132
Pudahuel (EMO)	63	63	65	64	128
Cerrillos ¹ (EMP)	78	----	----	----	----
El Bosque (EMQ)	71	75	74	73	146
Cerro Navia (EMR)	66	70	71	69	138
Puente Alto (EMS)	66	68	70	68	136
Talagante (EMT)	----	----	50	----	----
Quilicura (EMV)	58	63	61	61	122

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 6 de abril de 2022.

Complementariamente, en el Gráfico 6, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de los tres años calendarios consecutivos, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022.

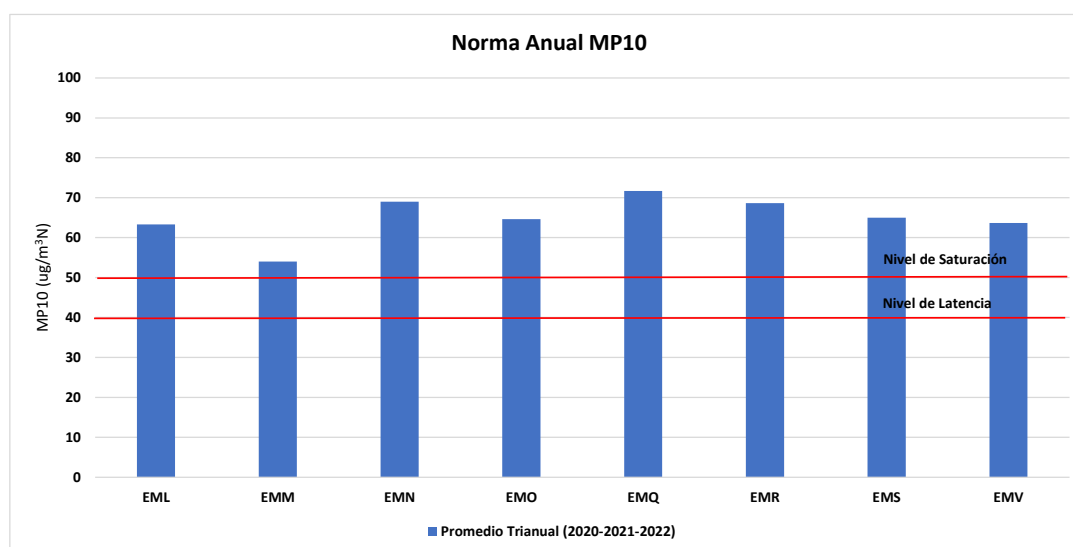


Gráfico 6 Norma Anual para MP10 Promedio Trianual para el período 2020 al 2022



6.3. Evaluación de la norma primaria SO₂

6.3.1. Evaluación de la norma primaria horaria de SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria de 1 hora para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 19, se presenta un resumen con los valores del percentil 98,5 de la norma de 1 hora para SO₂, en todas las estaciones de vigilancia de la calidad del aire de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años calendario sucesivos de los valores del percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas cada año, fuere mayor o igual a 134 ppbv (350 µg/m³N). A partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el diario oficial, se considerará un percentil 99 para evaluar esta condición.
- b. Se considerará superada la norma de 1 hora, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece. A partir del cuarto año calendario año de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

Cabe señalar que, las estaciones Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN), no presentan información desde octubre de 2014 y octubre de 2015, respectivamente, por lo que no fue posible evaluar la norma en dichas estaciones. Por otra parte, el análisis permitió concluir que la norma solo es posible evaluarla en la estación El Bosque (EMQ), ya que para la estación La Florida (EML) solo se dispone de datos para el año 2021, por lo que no es posible evaluar la norma, ya que no se disponen de 3 años consecutivos para calcular el promedio trianual de los percentiles.

De acuerdo a lo calculado, Tabla 19, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en la estación de El Bosque (EMQ) y la concentración determinada del promedio trianual del percentil 98,5 fue de 3,74 ppbv, equivalente al 3% del límite de la norma horaria, cabe destacar que en estación La Florida no fue posible evaluar el promedio trianual de tres años consecutivos de los valores del percentil 98,5 debido a que no se contó con el porcentaje de datos horarios válidos en el año 2020.



Tabla 19 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂ para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 98,5 Año 2020 (ppbv)	Percentil 98,5 Año 2021 (ppbv)	Percentil 98,5 Año 2022 (ppbv)	Percentil 98,5 Promedio Trianual 2020-2021-2022 (ppbv)	% de la Norma 1 hora (134 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	*	3,17	3,13	---	---
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	2,94	3,20	5,07	3,74	3

*El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

El Gráfico 7 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 98,5 del periodo como promedio trianual. Mientras que, el Gráfico 8 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora para cada uno de los años de periodo analizado.

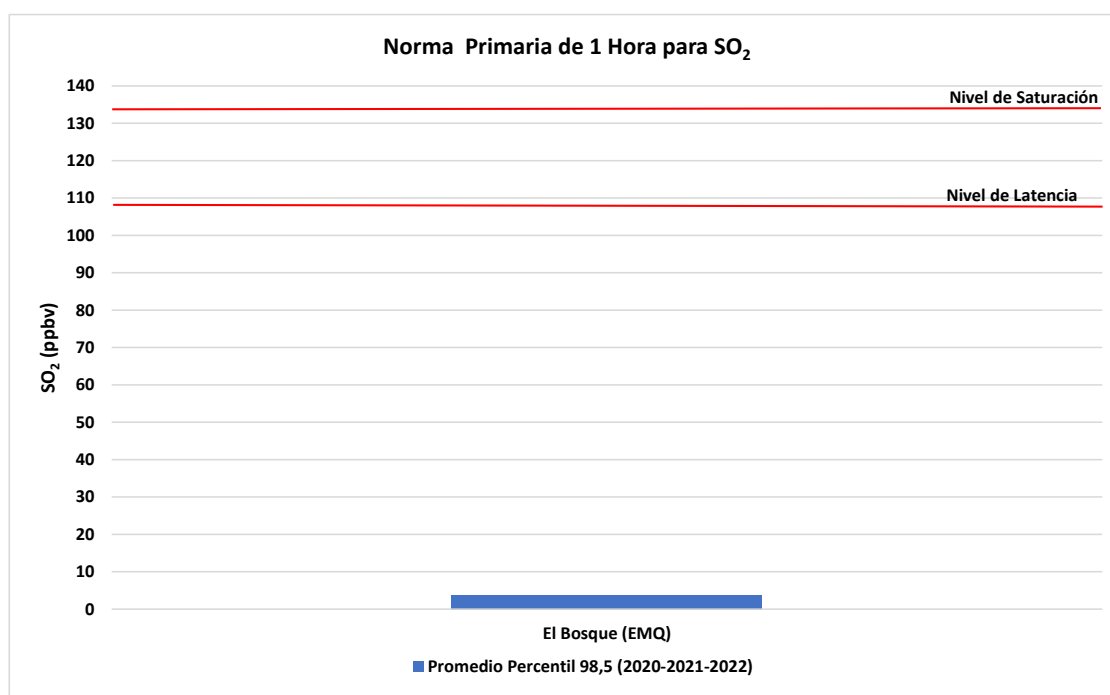


Gráfico 7 Norma primaria de 1 hora para SO₂, promedio trianual periodo 2020 al 2022 (condición a)



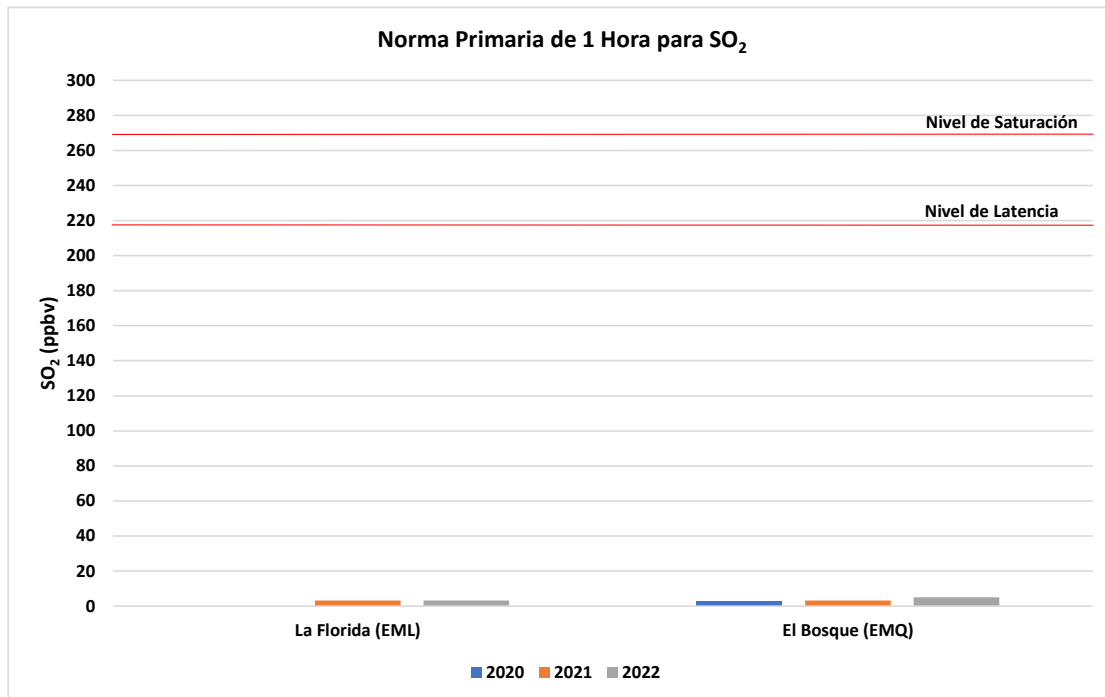


Gráfico 8 Norma primaria de 1 hora para SO₂, por año para el periodo 2020 al 2022 (condición b)

6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO₂

El período de evaluación de la norma 24 horas para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 20 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO₂, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración de 24 horas, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos, de los valores del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual a 57 ppbv (150 µg/m³N).
- b. Se considerará superada la norma 24 horas también, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

La Tabla 20, muestra el análisis del cumplimiento de la norma de 24 horas por SO₂ como promedio trianual del percentil 99, el que determinó que la norma 24 horas no fue superada en la estación



evaluada, El Bosque (EMQ), de la Red MACAM-3 y el valor determinado fue de 3,01 ppbv, equivalente al 5% del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 20 Evaluación de la norma 24 horas de SO₂ para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 99 Año 2020 (ppbv)	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppbv)	% de la Norma 24 horas (57 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	*	2,57	2,58	---	---
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	1,99	2,89	4,15	3,01	5

*El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

A continuación, en los Gráfico 9, se observa el promedio trianual del percentil 99 de las concentraciones diarias por estación para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En el Gráfico 10, se muestra la evaluación de norma de manera anual.

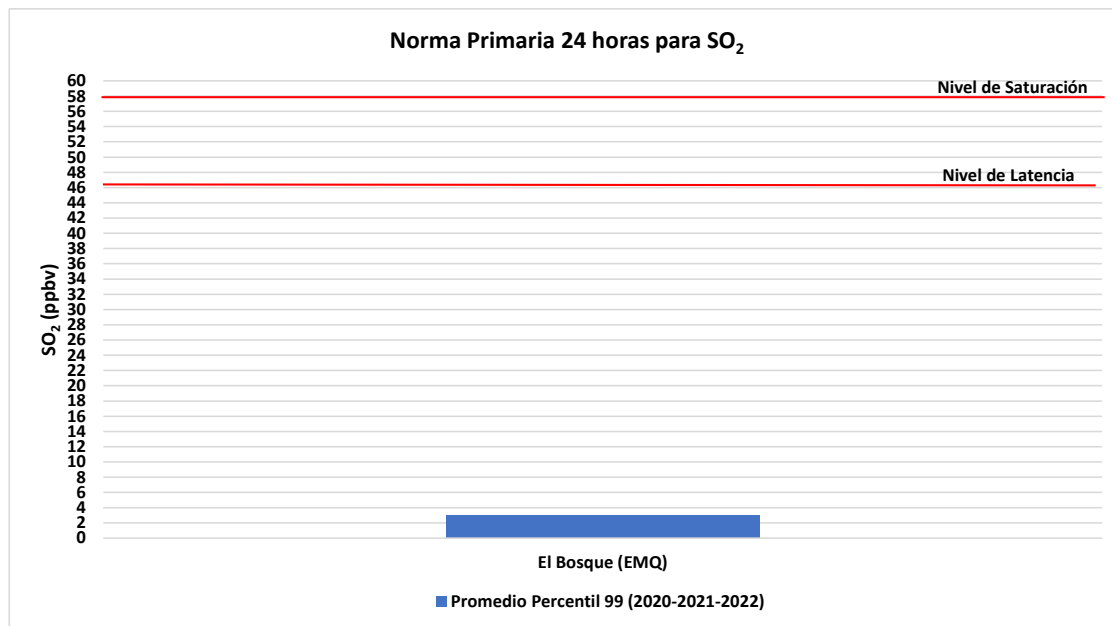


Gráfico 9 Norma primaria 24 horas para SO₂, promedio trianual periodo 2020 al 2022 (condición a)



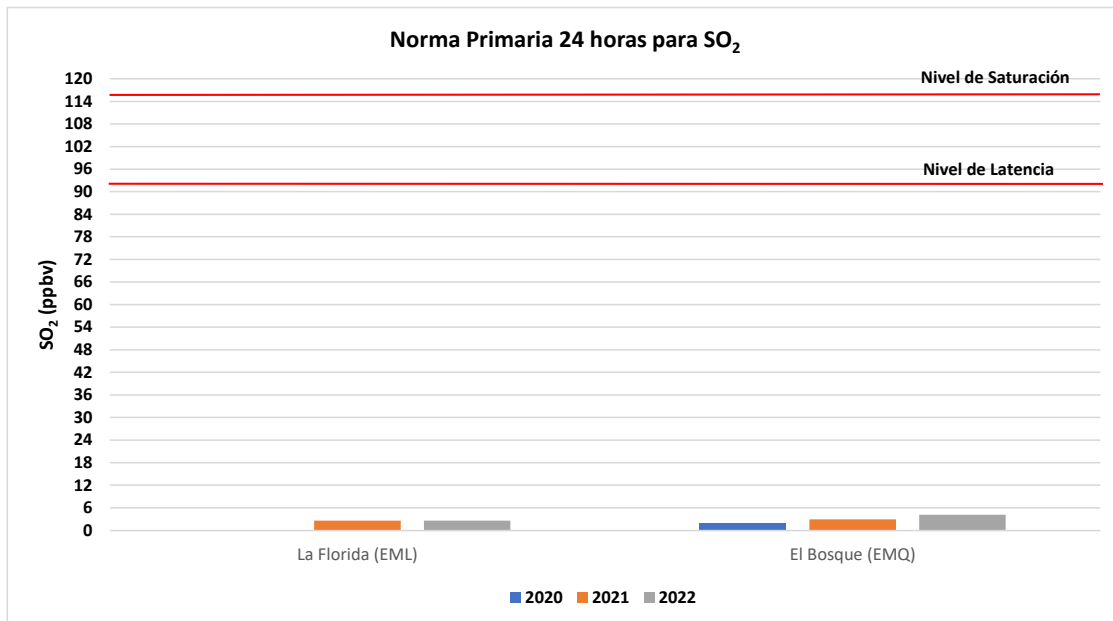


Gráfico 10 Norma primaria 24 horas para SO₂, por año para el periodo 2020 al 2022 (condición b)

6.3.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO₂

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a. Se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para SO₂ como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios sucesivos de los valores de concentración anual, fuere mayor o igual a 23 ppbv (60 µg/m³N).
- b. Si en un año calendario, el valor de la concentración anual, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

El período de evaluación de superación de la norma anual para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. Se debe señalar que, las estaciones Independencia (EMF) y Parque O'Higgins (EMN), no presentaron información desde octubre de 2014 y desde octubre de 2015, respectivamente, por lo que no fue posible evaluar la norma anual en ambas estaciones. En el caso de la estación de la Florida (EML) no se cuenta con tres años calendarios consecutivos de concentraciones para evaluar la norma anual de SO₂.

En la Tabla 21, se presenta un resumen con los promedios anuales y la evaluación de la norma anual para SO₂ en las estaciones de la Red MACAM-3. De las dos (2) estaciones que miden el contaminante, solo fue posible de evaluar la norma anual en la estación de El Bosque (EMQ), encontrándose la concentración promedio trianual muy por debajo del límite establecido de



23 ppbv, determinándose una concentración promedio trianual de 1,62 ppbv, correspondiente al 7% del límite normativo.

Tabla 21 Evaluación de la norma anual para SO₂ para el período 2020 al 2022

Estación	Promedio Anual 2020 (ppbv)	Promedio Anual 2021 (ppbv)	Promedio Anual 2022 (ppbv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppbv)	% de la Norma Anual (23 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	*	1,28	1,65	---	---
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	1,30	1,37	2,18	1,62	7

* El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%. S/I: Sin información.

A continuación, en el Gráfico 11, se observa el promedio trianual de las concentraciones anuales por estación para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En el Gráfico 12, se muestran los promedios anuales para el mismo periodo.

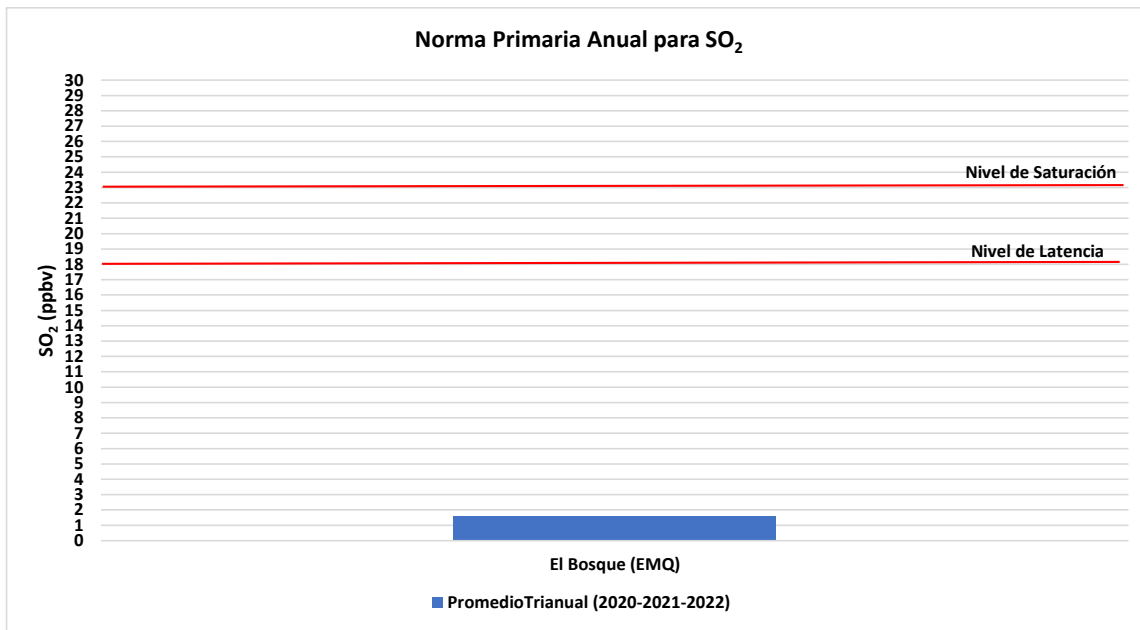


Gráfico 11 Norma primaria anual para SO₂, promedio trianual período 2020 al 2022 (condición a)



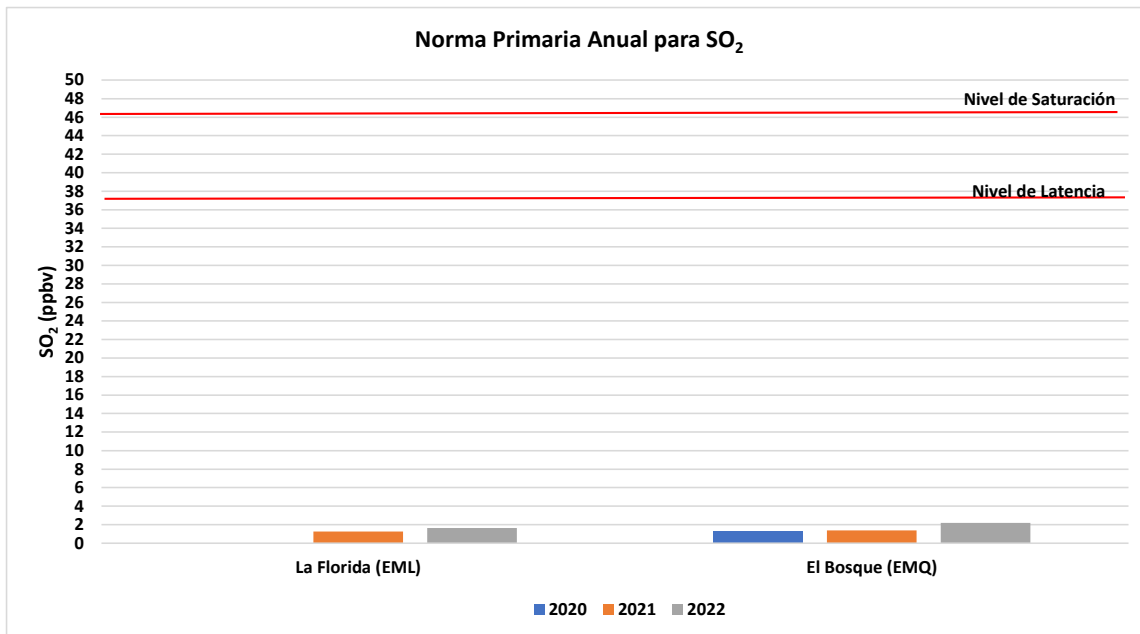


Gráfico 12 Norma primaria anual para SO₂, promedio anual por año para periodo 2020 al 2022 (condición b)

6.4. Evaluación de la norma primaria O₃

6.4.1. Evaluación de la norma 8 horas O₃

El período de evaluación de la norma 8 horas para O₃, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 112/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para O₃ como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 61 ppbv (120 µg/m³N).

Cabe señalar que para el año 2020, la estación de La Florida (EML) presentó porcentaje de datos validos menores al 75% requerido en la norma, mientras que la estación de Independencia (EMF) no presenta mediciones desde el año 2021 a la fecha. Por lo anterior, solo fue posible la evaluación de la norma de 8 horas en las estaciones Pudahuel (EMO), Las Condes (EMM), Parque O'Higgins (EMN) y El Bosque (EMQ).

Los resultados del cálculo del percentil 99, presentados en la Tabla 22 muestran que la norma como concentración de 8 horas fue superada en las estaciones de Las Condes (EMM) con 70 ppbv (115%) y Parque O'Higgins (EMN) con 63 ppbv (103%). En el resto de las estaciones se superó el



80% del límite de la norma de 8 horas, con los siguientes valores: Pudahuel (EMO) con 55 ppbv (90%) y El Bosque (EMQ) con 56 ppbv (92%).

Tabla 22 Evaluación de la norma 8 horas para O₃ para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 99 Año 2020 (ppbv)	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppbv)	% de la Norma 8 horas (61 ppbv)
Independencia (EMF)	61	*	*	-----	-----
La Florida (EML)	*	70	68	-----	-----
Las Condes (EMM)	71	72	67	70	115
Parque O'Higgins (EMN)	63	64	62	63	103
Pudahuel (EMO)	57	54	54	55	90
El Bosque (EMQ)	55	59	55	56	92

* El porcentaje de datos válidos es inferior al 75%.

El Gráfico 13, muestra el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de las concentraciones de 8 horas, donde se pueden observar de manera gráfica los valores obtenidos en las estaciones.

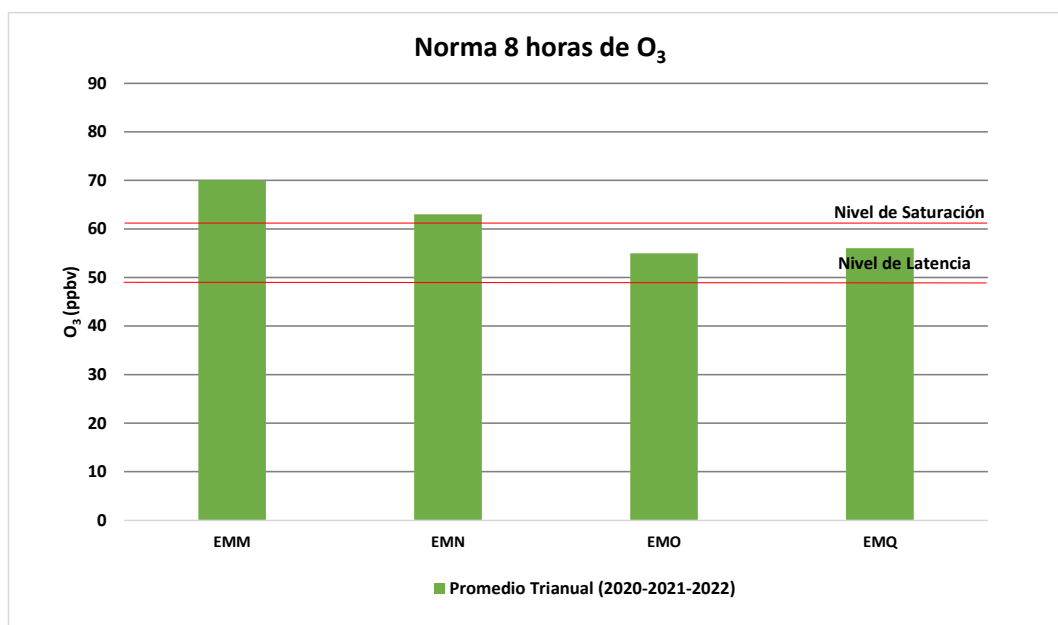


Gráfico 13 Norma 8 Horas para O₃ Promedio Trianual para el período 2020 al 2022



6.5. Evaluación de la norma CO

6.5.1. Evaluación de la norma 1 hora CO

El período de evaluación de la norma 1 hora para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 23, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para CO, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 115/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para CO como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 26 ppmv ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$).

De acuerdo al análisis efectuado, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma (Tabla 23). Por otra parte, indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 6,77 ppmv, correspondiente al 26% del límite de la norma de 1 hora.

Tabla 23 Evaluación de la norma 1 hora de CO para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 99 Año 2020 (ppmv)	Percentil 99 Año 2021 (ppmv)	Percentil 99 Año 2022 (ppmv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppmv)	% de la Norma 1 hora (26 ppmv)
Independencia (EMF)	2,94	*	*	-----	-----
La Florida (EML)	3,31	4,29	3,35	3,65	14
Las Condes (EMM)	1,51	1,61	1,99	1,70	7
Parque O'Higgins (EMN)	3,57	5,24	6,20	5,00	19
Pudahuel (EMO)	5,32	9,54	5,46	6,77	26
El Bosque (EMQ)	5,29	6,14	5,72	5,72	22

El Gráfico 14, muestra el comportamiento del percentil 99 de las concentraciones de CO para los años 2020, 2021 y 2022.



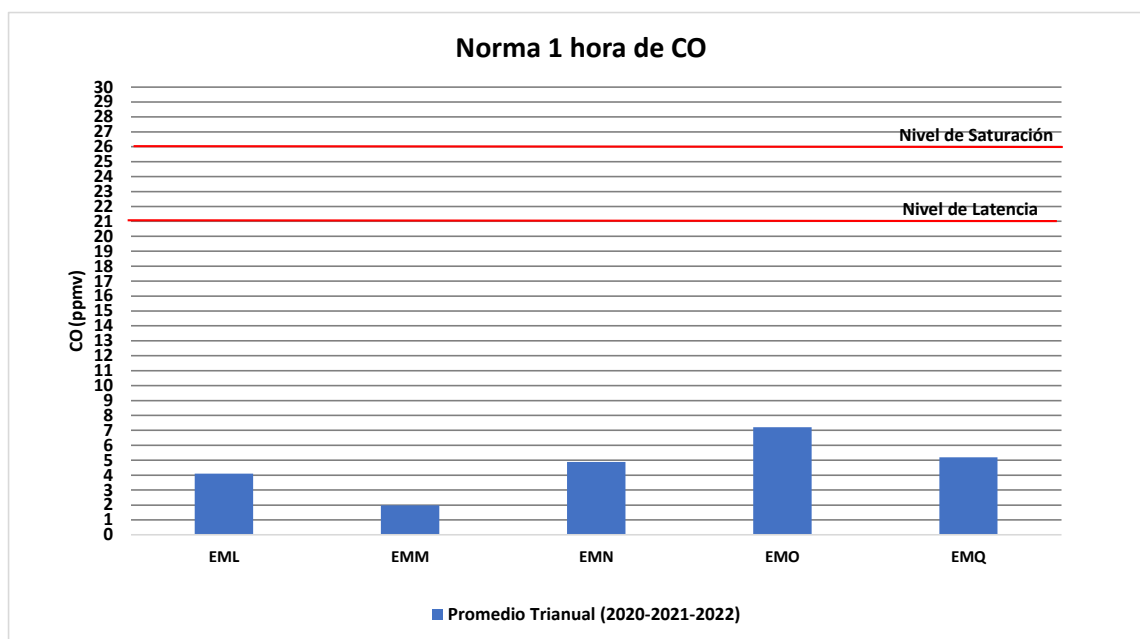


Gráfico 14 Norma 1 Hora para CO Promedio Trianual para el período 2020 al 2022

6.5.2. Evaluación de la norma 8 horas CO

El período de evaluación de la norma 8 horas para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 24 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 8 horas para CO, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 115/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para CO como concentración de 8 horas, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 9 ppmv (10 mg/m³N).

De la Tabla 24, es posible observar que la norma de 8 horas de CO no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM-3 y tampoco se superó el 80% de la norma de 8 horas de CO. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,84 ppmv, correspondiente al 54% del límite de la norma de 8 horas.

Tabla 24 Evaluación de la norma 8 horas para CO para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 99 Año 2020 (ppmv)	Percentil 99 Año 2021 (ppmv)	Percentil 99 Año 2022 (ppmv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppmv)	% de la Norma 8 horas (9 ppmv)
Independencia (EMF)	2,19	*	*	-----	-----

40



Estación	Percentil 99 Año 2020 (ppmv)	Percentil 99 Año 2021 (ppmv)	Percentil 99 Año 2022 (ppmv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppmv)	% de la Norma 8 horas (9 ppmv)
La Florida (EML)	2,60	3,09	2,71	2,80	31
Las Condes (EMM)	1,20	1,46	1,70	1,45	16
Parque O'Higgins (EMN)	2,38	4,00	3,30	3,23	36
Pudahuel (EMO)	4,16	6,52	3,85	4,84	54
El Bosque (EMQ)	4,04	4,72	4,47	4,41	49

El Gráfico 15, presenta el promedio trianual del percentil 99 de las concentraciones de 8 horas para CO por estación para el período 2020 al 2022.

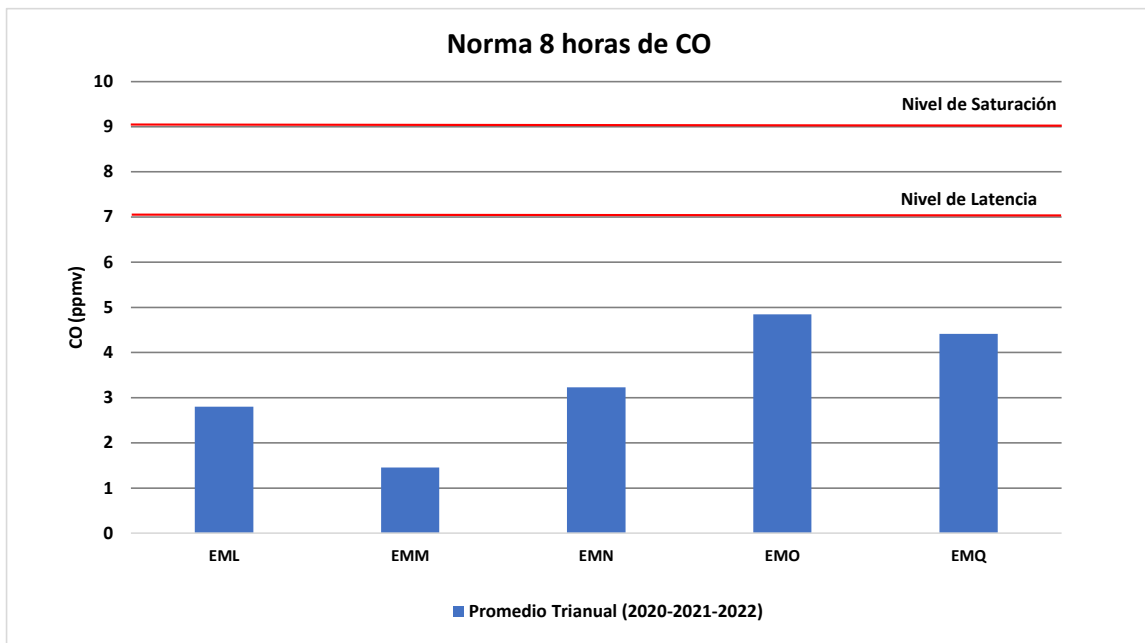


Gráfico 15 Norma 8 Horas para CO Promedio Trianual para el período 2020 al 2022



6.6. Evaluación de la norma NO₂

6.6.1. Evaluación de la norma 1 hora NO₂

El período de evaluación de la norma 1 hora para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 25, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para NO₂, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO₂ como concentración de 1 hora, cuando el promedio aritmético de tres años sucesivos, del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 1 hora registrados durante un año calendario, en cualquier estación monitorea EMRPG, fuere mayor o igual a 213 ppbv (400 µg/m³N).

En la Tabla 25, se muestra la evaluación de la norma de 1 hora a través del promedio del percentil 99, del análisis realizado se determinó que la norma no fue superada en las dos (2) estaciones en estudio, determinándose en la estación Las Condes (EMM) una concentración de 87,02 ppbv (41%) y en la estación Pudahuel (EMO) una concentración de 66,40 ppbv (31%), encontrándose ambas por debajo del 80% del límite normativo.

Tabla 25 Evaluación de la norma de 1 hora para NO₂ para el período 2020 al 2022

Estación	Percentil 99 Año 2020 (ppbv)	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Percentil 99 Año 2022 (ppbv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppbv)	% de la Norma 1 hora (213 ppbv)
Las Condes (EMM)	64,42	108,50	88,14	87,02	41
Pudahuel (EMO)	48,37	83,30	67,53	66,40	31

En el Gráfico 16, se observa el comportamiento el percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para NO₂ para las estaciones de Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO).



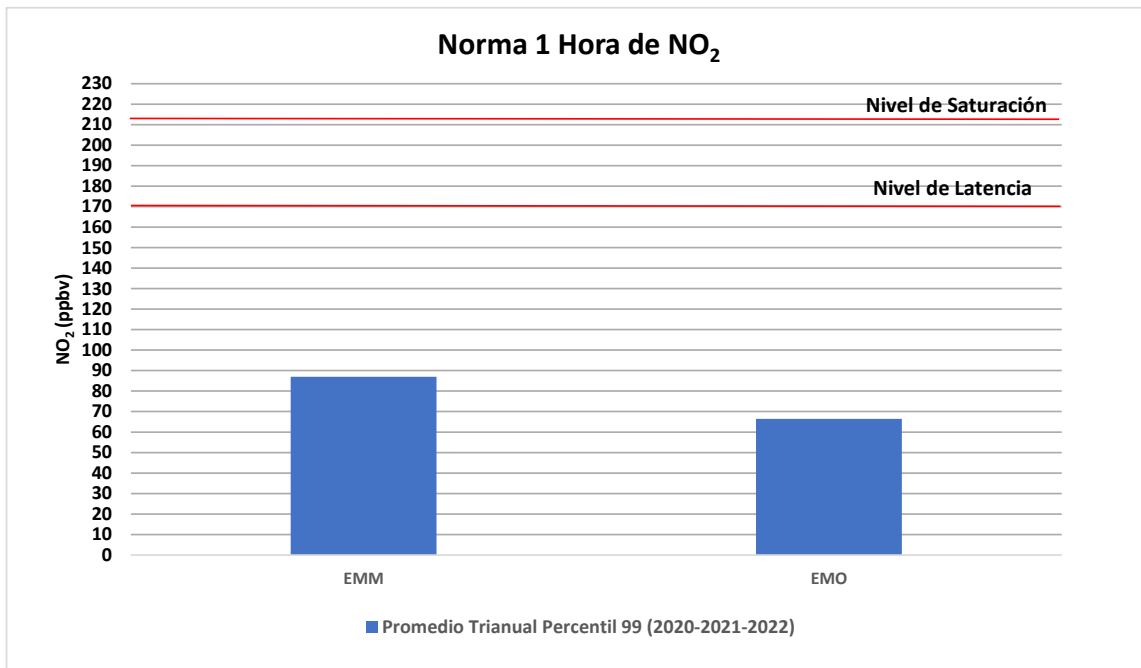


Gráfico 16 Norma 1 Hora para NO₂ Promedio Trianual para el período 2020 al 2022

6.6.2. Evaluación de la norma anual NO₂

El período de evaluación de la norma anual para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2020 y el día 31 de diciembre de 2022. En la Tabla 26, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma anual para NO₂, en todas las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Se debe señalar que, de acuerdo a los límites establecidos en el D.S. N° 114/2002 del MINSEGPRES, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad de aire para NO₂ 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 (100 µg/m³N).

A continuación, en la Tabla 26, se resumen los valores obtenidos del promedio anual de las concentraciones de NO₂ para los años 2020, 2021 y 2022. El análisis de los datos disponibles para la evaluación de la norma anual de NO₂, determinó que la estación Las Condes (EMM) en el año 2020, no cuentan con 75% de datos válidos en alguno de sus trimestres, por lo que no es posible evaluar la norma anual. Por último, se determinó el valor de la norma anual para NO₂ solo en estación Pudahuel (EMO) con una concentración promedio trianual de 16,79 ppbv, equivalente al 32% del valor límite de la norma anual. Cabe señalar que, la estación Cerrillos (EMP) en el año 2016 fue reubicada en otro sector de la comuna y no existe un instrumento para la medición de NO₂.



Tabla 26 Evaluación de la norma anual para NO₂ para el período 2020 al 2022

Estación	Promedio Anual 2020 (ppbv)	Promedio Anual 2021 (ppbv)	Promedio Anual 2022 (ppbv)	Promedio Trianual (2020-2021-2022) (ppbv)	% de la Norma anual (53 ppbv)
Las Condes (EMM)	*	20,52	21,92	---	---
Pudahuel (EMO)	12,53	19,09	18,76	16,79	32

* El porcentaje de datos válidos es inferior al 75% en alguno de los trimestres.

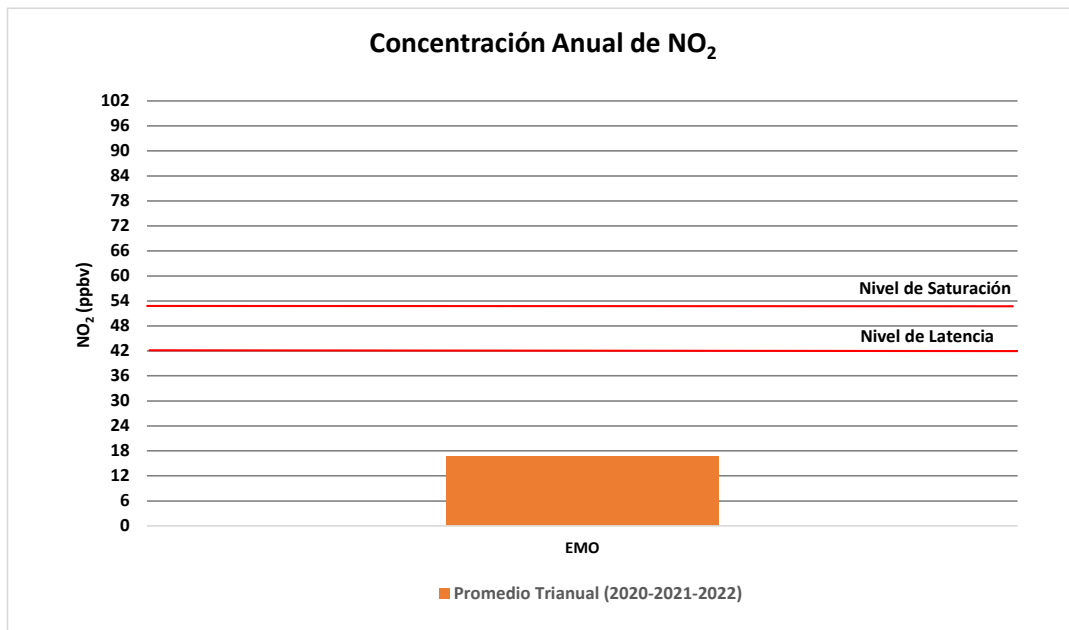


Gráfico 17 Norma Anual para NO₂, Promedio Trianual para el período 2020 al 2022



7. CONCLUSIONES

El análisis de los datos de calidad del aire de la Red MACAM-3, consideró la información válida generada de las mediciones de MP10, MP2,5, SO₂, NO₂, O₃ y CO, en base al período comprendido entre el 1° de enero de 2020 y el 31 de diciembre de 2022, de las estaciones de la Red MACAM-3 con representatividad poblacional por material particulado y gases, período en el cual se utilizó en forma continua un instrumento de medición con aprobación EPA.

Para este informe de examen de información se consideraron como requisitos; la representatividad poblacional por MP10, MP2,5 y gases, de acuerdo a la Tabla 2, el empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la correcta validación de los datos por parte del MMA.

Para la auditoría de los datos de mediciones horarias y diarios se consideraron los criterios establecidos en cada una de las normas primarias y aquellos contenidos en el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N°61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, de MINSAL.

Norma de calidad del aire para MP2,5

El resultado del análisis de los datos de MP2,5 para el año 2022, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m³, fue superada en las 7 estaciones evaluadas, siendo la estación El Bosque (EMQ) la que presentó la concentración más alta con 86 µg/m³, con un 172% respecto del límite, después le siguen las estaciones de Cerro Navia (EMR) y Pudahuel (EMO), ambas presentaron una concentración de 79 µg/m³, correspondiente al 158% del límite de la norma. En el resto de las estaciones se observaron valores por sobre el límite, como en estación Quilicura (EMV) con 72 µg/m³ (144%), La Florida (EML) con 70 µg/m³ (140%), Puente Alto (EMS) con 60 µg/m³ (120%) y Las Condes (EMM) con 50 µg/m³ (100%).

Complementariamente, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que las estaciones que presentaron un número superior a 7 días con excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 65 días, El Bosque (EMQ) con 61 días, Cerrillos (EMP) con 55 días, Pudahuel (EMO) con 47 días, Quilicura (EMV) con 38 días y La Florida (EML) con 37 días.

En relación a la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio trianual de las concentraciones, entre el año 2020 y 2022, se concluyó que la norma fue superada en seis (6) de las siete (7) estaciones analizadas que cumplen con el porcentaje de datos válidos para el periodo en estudio, determinándose en las estaciones las concentraciones de: Cerro Navia (EMR) y El Bosque (EMQ), ambas con una concentración de 28 µg/m³ (140%), la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 26 µg/m³ (130%), Quilicura (EMV) 24 µg/m³ (120%), La Florida (EML) con 23 µg/m³ (115%) y Puente Alto (EMS) con 22 µg/m³ (110%). En la estación Las Condes



(EMM) se determinó una concentración de $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 85% del valor límite de la norma anual.

Norma de calidad del aire para MP10

El análisis de la norma de MP10 de 24 horas, que establece como límite $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, determinó que en seis (6) estaciones con datos válidos, se superó la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con $165 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (127%), El Bosque (EMQ) con $154 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (118%), Pudahuel (EMO) con $151 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (116%), Parque O'Higgins (EMN) con $143 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (110%), Puente Alto (EMS) con $140 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (108%) y La Florida (EML) con $133 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (102%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 que en 3 estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Quilicura (EMV) con $124 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (95%), Talagante (EMT) con $112 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (86%) y Las Condes (EMM) con $104 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (80%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las nueve (9) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 37 días, El Bosque (EMQ) con 29 días y Pudahuel (EMO) con 17 días.

A nivel de norma anual de MP10, se concluyó que esta fue superada en las ocho (8) estaciones que cumplían con los criterios establecidos en la norma para el periodo evaluado. Por otra parte, la evaluación determinó que las estaciones que presentaron superación a la norma anual fueron: El Bosque (EMQ) con $73 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (146%), Cerro Navia (EMR) con $69 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (138%), Puente Alto (EMS) con $68 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), Parque O'Higgins (EMN) con $66 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (132%), mientras que, Pudahuel (EMO) se determinó una concentración de $64 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (128%), Quilicura (EMV) y La Florida (EML) con $61 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (122%), y finalmente la estación La Condes (EMM) una concentración de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (106%).

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2020 al 2022 para el contaminante SO₂, de las cuatro (4) estaciones que cuentan con la calificación EMRPG por SO₂, solo fue posible realizar el análisis de información en las estaciones de La Florida (EML) y El Bosque (EMQ), el resto de las estaciones no presentaron mediciones.

El análisis de la norma de 1 hora que establece un límite de 134 ppbv, mediante el cálculo del percentil 98,5, determinó que esta no fue superada en la estación de El Bosque (EMQ) y la concentración determinada del promedio trianual del percentil 98,5 fue de 3,74 ppbv, equivalente al 3% del límite de la norma horaria, cabe destacar que en estación La Florida no fue posible evaluar el promedio trianual de tres años consecutivos de los valores del percentil 98,5 debido a que no se contó con el porcentaje de datos horarios válidos en el año 2020.



El resultado del análisis de la norma de 24 horas para SO_2 que establece como límite 57 ppbv, a través del cálculo del promedio trianual del percentil 99, concluyó que la norma 24 horas no fue superada en la única estación evaluada, El Bosque (EMQ), de la Red MACAM-3 y el valor determinado fue de 3,01 ppbv, equivalente al 5% del límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual para SO_2 que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que de las dos (2) estaciones que miden el contaminante, solo fue posible de evaluar la norma anual en la estación de El Bosque (EMQ), encontrándose la concentración promedio trianual muy por debajo del límite establecido de 23 ppbv, determinándose una concentración promedio trianual de 1,62 ppbv, correspondiente al 7% del límite normativo.

Norma primaria de calidad del aire para O_3

Para el contaminante O_3 se evaluó la norma de 8 horas mediante el cálculo del percentil 99, para el periodo entre el año 2020 al 2022. Del análisis realizado a las seis (6) estaciones calificadas como EMRPG, solo fue posible la evaluación de la norma de 8 horas en cuatro (4) estaciones: Pudahuel (EMO), Las Condes (EMM), Parque O'Higgins (EMN) y El Bosque (EMQ). La evaluación concluyó que la norma de 8 horas, que establece como límite 61 ppbv, fue superada en las estaciones de Las Condes (EMM) con 70 ppbv (115%) y Parque O'Higgins (EMN) con 63 ppbv (103%). En el resto de las estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 8 horas, con los siguientes valores: Pudahuel (EMO) con 55 ppbv (90%) y El Bosque (EMQ) con 56 ppbv (92%).

En relación con las estaciones Independencia (EMF) y La Florida (EML), estas no cumplen con el porcentaje de información requerido en la norma para ser evaluada en el año 2020 en La Florida (EML), y en el año 2021 y 2022 en la estación Independencia (EMF).

Norma primaria de calidad del aire para CO

De acuerdo al análisis efectuado para la norma de 1 hora de CO que establece como límite 26 ppmv, para el periodo 2020 al 2022, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las cinco (5) estaciones evaluadas de la Red MACAM-3 y tampoco fue superado el 80% de la norma. Por otra parte, indicar que la concentración más alta se presentó en la estación Pudahuel (EMO) con una concentración de 6,77 ppmv, correspondiente al 26% del límite de la norma de 1 hora.

En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio trianual (2020 al 2022) del percentil 99 de los máximos diarios de concentración de 8 horas, se determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones de la Red MACAM-3, encontrándose todas por debajo del 80% del límite normativo. Cabe señalar que, la concentración más alta se observó en Pudahuel (EMO) con 4,84 ppmv, correspondiente al 54% del límite de la norma de 8 horas.



Norma primaria de calidad del aire para NO₂

La evaluación de la norma de 1 hora por NO₂ que establece como límite 213 ppbv, mediante el cálculo del promedio del percentil 99 de tres años, entre los años 2020 y 2022, concluyó que la norma no fue superada y tampoco se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, del análisis realizado se determinó que la norma no fue superada en las dos (2) estaciones en estudio, determinándose en la estación Las Condes (EMM) una concentración de 87,02 ppbv (41%) y en la estación Pudahuel (EMO) una concentración de 66,40 ppbv (31%), encontrándose ambas por debajo del 80% del límite normativo.

En relación a la evaluación de la norma de NO₂ a nivel anual y que establece como límite 53 ppbv, determinó que la estación Las Condes (EMM) en el año 2020, no cuentan con 75% de datos válidos en alguno de sus trimestres, por lo que no es posible evaluar la norma anual. Por otra parte, se determinó el valor de la norma anual para NO₂ solo en estación Pudahuel (EMO) con una concentración promedio trianual de 16,79 ppbv, equivalente al 32% del valor límite de la norma anual. Cabe señalar que, la estación Cerrillos (EMP) en el año 2016 fue reubicada en otro sector de la comuna y no existe un instrumento para la medición de NO₂.



8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP
2	Datos de calidad del aire para el año 2022

