



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 DE AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN Y CONFORMIDAD AMBIENTAL

DFZ-2022-733-XIII-NC

MAYO 2022

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez F.	X  Juan Pablo Rodríguez F. Jefe Sección Calidad Aire y Emisiones Firmado por: Juan Pablo Rodríguez Fernández
Revisado	Karin Salazar N.	X  Karin Salazar N. Profesional División de Fiscalización Firmado por: KARIN LETICIA SALAZAR NAVARRETE
Elaborado	Isabel Leiva Campos	X  Isabel Leiva C. Profesional División de Fiscalización Firmado por: isabel.leiva@sma.gob.cl

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.....	11
5.3.	Auditoría de datos	13
6.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA.....	22
6.1.	Evaluación de la norma para MP2,5	22
6.1.1.	Evaluación de la norma 24 horas MP2,5.....	22
6.1.2.	Evaluación de la norma anual para MP2,5.....	25
6.2.	Evaluación de la norma para MP10	27
6.2.1.	Evaluación de la norma 24 horas MP10.....	27
6.2.2.	Evaluación de la norma anual para MP10.....	29
6.3.	Evaluación de la norma primaria SO ₂	31
6.3.1.	Evaluación de la norma primaria horaria de SO ₂	31
6.3.2.	Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO ₂	34
6.3.3.	Evaluación de la norma primaria anual de SO ₂	36
6.4.	Evaluación de la norma primaria O ₃	38
6.4.1.	Evaluación de la norma 8 horas O ₃	38
6.5.	Evaluación de la norma CO	39
6.5.1.	Evaluación de la norma 1 hora CO	39
6.5.2.	Evaluación de la norma 8 horas CO.....	40
6.6.	Evaluación de la norma NO ₂	42
6.6.1.	Evaluación de la norma 1 hora NO ₂	42
6.6.2.	Evaluación de la norma anual NO ₂	43
7.	CONCLUSIONES.....	44
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 MP10, establecida en el D.S. N° 12/2011, del Ministerio del Medio Ambiente y el D.S. N° 59/1998, modificado por el D.S. N° 45/2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. 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 2019 al 31 de diciembre de 2021, 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 2021, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m³, fue superada en seis (6) de las siete (7) estaciones calificadas como EMRP para MP2,5 y con disponibilidad de datos válidos, siendo las estaciones de Cerro Navia (EMR), Pudahuel (EMO) y El Bosque (EMQ) las que presentaron una mayor excedencia a la norma, con concentraciones de 107 µg/m³ (214%), 103 µg/m³ (206%) y 90 µg/m³ (180%), respectivamente. Por otra parte, las estaciones de Quilicura (EMV), La Florida (EML) y Puente Alto (EMS), se obtuvieron concentraciones de: concentración de 77 µg/m³ (154%), 73 µg/m³ (146%) y 60 µg/m³ (120%), respectivamente. En relación a estación Las Condes (EMM) la concentración obtenida superó el 80% del valor límite de la norma 24 horas con un valor de 45 µg/m³ (90%).

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: El Bosque (EMQ) con 62 días, Cerro Navia (EMR) con 61 días, Pudahuel (EMO) con 54 días, Quilicura (EMV) con 44 días, La Florida (EML) con 33 días y Puente Alto (EMS) con 21 días de excedencias.

En relación a la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio trianual de las concentraciones, se concluyó que la norma fue superada en las 6 estaciones analizadas y 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) con $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (145%), 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 $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 90% 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 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, determinó que en cuatro (4) de las ocho (8) estaciones se superó la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con $187 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (125%), Pudahuel (EMO) con $176 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (117%), El Bosque (EMQ) con $167 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (111%) y Quilicura (EMV) con $154 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (103%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 en 3 estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas, se obtuvieron las siguientes concentraciones: Puente Alto (EMS) con $144 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (96%), La Florida (EML) con $139 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (93%) y Parque O'Higgins (EMN) con $137 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (91%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las ocho (8) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 31 días, Pudahuel (EMO) con 23 días, El Bosque (EMQ) con 22 días y Quilicura (EMV) con 9 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 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (150%), Cerro Navia (EMR) con $72 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (144%), Parque O'Higgins (EMN) y Puente Alto (EMS) con $68 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), Pudahuel (EMO) con $66 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (132%), Quilicura (EMV) y La Florida (EML) con $63 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (126%) y La Condes (EMM) con $54 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (108%).

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2019 al 2021 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 presentan 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 fue de 3,02 ppbv. En relación a la estación La Florida no cumplió con el criterio del 75% de datos horarios validos establecido para el cálculo de la norma de 1 hora para los años 2019 y 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 no fue superada en la estación evaluada de la Red MACAM-3. Para la estación El Bosque (EMQ) se determinó una concentración de 2,45 ppbv, encontrándose el valor promedio trianual por debajo del 80% de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual para SO₂ que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que la norma anual solo fue posible evaluarla en la estación El Bosque (EMQ), y la concentración promedio trianual obtenida fue de 1,28 ppbv, correspondiente al 6% del valor limite anual de la norma.

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 2019 al 2021. 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 74 ppbv (121%) y Parque O'Higgins (EMN) con 62 ppbv (102%). 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 los años 2019 y 2020 en La Florida (EML) y en el año 2021 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 2019 al 2021, 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 Pudahuel (EMO) con 8,04 ppmv, correspondiente al 31% del límite de la norma de 8 horas.

En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio trianual (2019 al 2021) 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 5,96 ppmv, correspondiente al 66% 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 2019 y 2021, concluyó que la norma no fue superada y tampoco se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, las concentraciones obtenidas en las estaciones de Las Condes (EMM) fue de 88,30 ppbv (41%) y en Pudahuel (EMO) fue de 66,92 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 los años 2019 y 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 16,49 ppbv, equivalente al 31% del límite de la norma. Por lo anterior, se concluye que la norma anual no fue superada y tampoco el 80% de la norma en la estación evaluada.

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 2019, 2020 y 2021, 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 2021. Para los años 2019 y 2020 se utilizaron los datos validados por esta Superintendencia y publicados en los informes de fiscalización DFZ-2020-3724-XIII-NC y DFZ-2021-2729-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° 59/1998, modificado por D.S. N° 45/2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.	MP10	No aplica	150 µg/m ³ N	50 µg/m ³ N
D.S. N° 112/2002 del Ministerio Secretaría 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 Secretaría General de la Presidencia de la República.	NO ₂	213 ppbv (1 Hora)	-----	53 ppbv
D.S. N° 115/2002 del Ministerio Secretaría 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° 870 del 20 de julio de 2018, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 65 del 16 de enero de 2019, 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)	341.712 E	6.292.436 N
Cerro Navia (EMR)	338.984 E	6.299.360 N
Talagante (EMT)	318.945 E	6.272.298 N

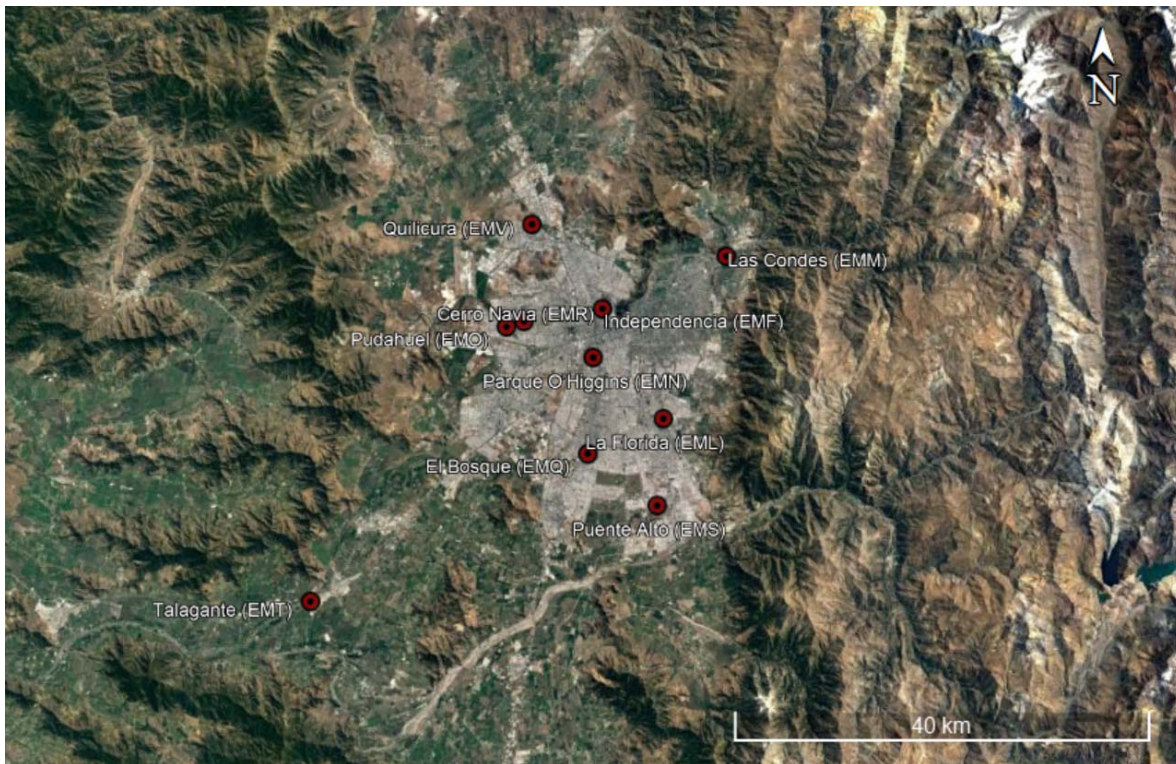


Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red MACAM-3.

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 año 2021, 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
Independencia (EMF)	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	Thermo 49i	EQQA-0880-047
	CO	Fotometría Infrarroja de filtro de correlación de gas	Thermo 48i	RFCA-0981-054
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	EQQA-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	EQQA-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	EQQA-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	EQQA-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	EQQA-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), Independencia (EMF), 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.

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 2021. 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 obtenidos corresponden a: estación Independencia (EMF) con un porcentaje de 44% en MP10, 46% en MP2,5, 45% en CO y 64% en O₃, además, la estación Cerrillos (EMP) tanto para MP10 como MP2,5 presento un 48% y Talagante (EMT) con 43% para MP10.

Por otro lado, cabe destacar que los datos correspondientes a los años 2019 y 2020 fueron auditados en los informes DFZ-2020-3724-XIII-NC y DFZ-2021-2729-XIII-NC, respectivamente.

Tabla 5 Porcentaje de datos horarios inválidos en el año 2021

Estación	MP10 (%)	MP2,5 (%)	SO ₂ (%)	CO (%)	O ₃ (%)	NO ₂ (%)
Independencia (EMF)	44	46	S/I	45	64	
La Florida (EML)	1,1	2,7	14	2,2	10	
Las Condes (EMM)	1,1	3,3	S/I	17	12	4,4
Parque O'Higgins (EMN)	1,4		S/I	4,7	3,0	
Pudahuel (EMO)	0,5	3,6	S/I	3,3	0,3	1,9
Cerrillos (EMP)	48	48				
El Bosque (EMQ)	0,5	3,0	15	5,8	5,5	
Cerro Navia (EMR)	0,3	1,6				
Puente Alto (EMS)	0,3	1,9				
Talagante (EMT)	43					
Quilicura (EMV)	1,4	2,2				

S/I: estaciones calificadas como EMRPG, pero que no miden el 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 2019 al 2021, 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 2019 en la estación La Florida (EML) con 35% de SO₂ y 64% de O₃; y para el año 2020 solo la estación La Florida presentó 66% de SO₂ y 48% de O₃. Por último, en el 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) tanto para MP10 como MP2,5 presentó un 52% y Talagante (EMT) con 57% para MP10.

Cabe señalar que para el periodo analizado (2019 al 2021), 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 (2021) solo miden dos (2) estaciones (ver Tabla 6).

Tabla 6 Porcentaje de datos válidos para los años 2019, 2020 y 2021

Estación	2019						2020						2021					
	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)	98	97	S/I	76	98		100	98	S/I	95	99		56	54	S/I	55	36	
La Florida (EML)	95	94	35	96	64		99	96	66	100	48		99	97	86	98	90	
Las Condes (EMM)	95	97	S/I	83	98	86	97	96	S/I	88	98	93	99	97	S/I	83	88	96
Parque O'Higgins (EMN)	97		S/I	95	98		99		S/I	79	88		99		S/I	95	97	
Pudahuel (EMO)	96	95	S/I	91	97	93	99	99	S/I	95	94	99,5	99,5	96	S/I	97	99,7	98
Cerrillos (EMP)	93	97					79	83					52	52				
El Bosque (EMQ)	96	94	94	87	87		100	99	99	99	84		99,5	97	85	94	95	
Cerro Navia (EMR)	97	98					99	99					99,7	98				
Puente Alto (EMS)	100	98					99	99					99,7	98				
Talagante (EMT)	95						S/I						57					
Quilicura (EMV)	97	97					99	98					98,6	98				

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 19 de mayo de 2018 en estación Cerrillos.

²Inicio de mediciones válidas a partir del 28 de mayo de 2018 en estación Cerrillos.

S/I: estaciones calificadas como EMRPG pero que no monitorean el contaminante.

A continuación, en las siguientes tablas se resumen los porcentajes de datos válidos a nivel mensual para los años 2019, 2020 y 2021, 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 2019, la estación La Florida (EML) presentó un 68% en octubre; la estación de Las Condes (EMM) presentó 54% en febrero; en estación Cerrillos (EMP) en febrero presentó un 61%; El Bosque presentó 58% en diciembre y por último Cerro Navia (EMR) con un 68% en marzo. Para el 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. Por último, en el año 2021 las estaciones Independencia (EMF) y Talagante (EMT) presentaron 5 meses con 0% de datos, por otra parte, la estación Cerrillos (EMP) presentó 6 meses con porcentajes de datos por debajo del 75%,

Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP10 por mes y estación para los años 2019, 2020 y 2021

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2019	94	96	100	100	97	100	97	100	97	100	93	100
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2021	94	96	100	100	87	100	94	0	0	0	0	0
La Florida (EML)	2019	94	100	100	100	94	100	100	100	97	68	90	100
	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
Las Condes (EMM)	2019	100	54	90	93	100	100	100	100	100	100	100	94
	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
Parque O'Higgins (EMN)	2019	100	100	81	93	97	100	100	100	97	100	100	100
	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
Pudahuel (EMO)	2019	100	100	100	100	90	100	100	97	87	84	100	100
	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
Cerrillos (EMP)	2019	97	61	87	87	100	100	97	97	97	97	100	100
	2020	84	79	39	0	87	100	100	100	60	100	100	100
	2021	100	96	97	100	100	93	45	0	0	0	0	0
El Bosque (EMQ)	2019	100	93	100	100	97	100	100	100	100	100	100	58
	2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	97	100	97
Cerro Navia (EMR)	2019	100	93	68	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	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
Puente Alto (EMS)	2019	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	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
Talagante (EMT)	2019	100	100	84	100	97	100	100	100	90	100	93	81
	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
Quilicura (EMV)	2019	94	100	81	90	100	100	100	100	100	100	100	100
	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

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 2019 al 2021. En relación al año 2019, se observa que la estación La Florida (EML) presentó un 68% en octubre y la estación de El Bosque (EMQ) un 58% en diciembre. Por otra parte, para el 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. Finalmente, en el año 2021 se observa que la estación Independencia (EMF) presentó 5 meses con 0% de datos; Las Condes (EMM) y Pudahuel (EMO) presentaron un 74% y 58%, respectivamente, en el mes de marzo; y por último la estación Cerrillos (EMP) presentó 5 meses con 0% y 1 mes con 45%.

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 por estación para el año 2019, 2020 y 2021

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2019	94	96	81	97	100	100	97	100	97	100	100	100
	2020	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2021	94	96	84	100	87	100	94	0	0	0	0	0
La Florida (EML)	2019	94	100	81	100	100	100	100	100	97	68	90	100
	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

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Las Condes (EMM)	2019	100	89	81	100	100	100	100	100	100	100	100	94
	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
Pudahuel (EMO)	2019	100	100	84	100	90	100	100	97	87	84	100	100
	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
Cerrillos (EMP)	2019	100	100	87	83	100	100	97	100	97	100	100	97
	2020	100	100	42	0	87	100	100	100	60	100	100	100
	2021	100	96	87	100	100	100	45	0	0	0	0	0
El Bosque (EMQ)	2019	100	89	84	100	100	100	97	97	100	100	100	58
	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
Cerro Navia (EMR)	2019	100	100	81	100	100	100	100	100	100	100	100	97
	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
Puente Alto (EMS)	2019	100	100	84	100	100	100	100	100	100	97	100	100
	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
Quilicura (EMV)	2019	94	100	81	90	100	100	100	100	100	100	100	100
	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

En la Tabla 9, se resumen los porcentajes de datos validados de ozono para los años 2019, 2020 y 2021, se observa en general un porcentaje de datos válidos es superior al 75%, sin embargo, en el año 2019, la estación La Florida (EML) presenta cinco meses con porcentajes de datos validos por debajo del 75%, Parque O'Higgins (EMN) 73% en junio; y El Bosque (EMQ) con 4 meses con porcentajes de datos validos por debajo del 75%. En relación con 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. Finalmente, 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%.

Tabla 9 Porcentaje de datos válidos de O₃ por estación para los años 2019, 2020 y 2021

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2019	87	93	100	100	100	100	100	100	97	100	100	100
	2020	87	99	100	100	100	100	99	100	100	100	100	100
	2021	90	96	100	100	0	50	0	0	0	0	0	0
La Florida (EML)	2019	94	100	100	83	0	13	0	26	97	71	90	100
	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
Las Condes (EMM)	2019	84	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94
	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
Parque O'Higgins (EMN)	2019	100	100	100	100	100	73	100	100	100	100	100	100
	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
Pudahuel (EMO)	2019	100	100	100	100	97	93	100	97	93	84	100	100
	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
El Bosque (EMQ)	2019	100	96	100	100	74	67	100	32	100	100	100	74
	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

En la Tabla 10, se resumen los datos válidos de SO₂ a nivel mensual para los años 2019, 2020 y 2021, en el año 2019, se observa en estación La Florida (EML) solo dos meses de datos válidos sobre el 75%, la estación el Bosque (EMQ) con porcentajes de 68% en febrero y 58% en diciembre. Por otra parte, para el año 2020 la estación La Florida (EML) presentó los últimos 4 meses sin mediciones. Finalmente, 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 2019, 2020 y 2021

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2019	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2020	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
La Florida (EML)	2019	94	61	0	0	6	100	39	0	0	52	67	0
	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
Parque O'Higgins (EMN)	2019	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2020	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2019	100	68	100	100	100	100	100	100	100	100	100	58
	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

En la Tabla 11, se resumen los datos válidos de NO₂ a nivel mensual para los años 2019, 2020 y 2021, 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, en el año 2019 se presentan porcentajes menores, para la estación Las Condes (EMM) 16% en marzo y 47% en abril, en estación Pudahuel (EMO) se presenta solo un porcentaje de 73% en septiembre. Para el año 2020 solo la estación Las Condes (EMM) presentó un 33% de datos válidos en el mes de diciembre. Y por último el año 2021, solo en el mes de enero en estación Las Condes se observa un 58%.

Tabla 11 Porcentaje de datos válidos de NO₂ por estación para los años 2019, 2020 y 2021

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Las Condes (EMM)	2019	100	86	16	47	90	100	100	100	100	97	100	94
	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
Pudahuel (EMO)	2019	100	100	100	100	87	83	94	90	73	84	100	100
	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

En la presenta un 20% en septiembre y 61% en diciembre. Por otra parte, para el año 2020 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. Finalmente, 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%.

Tabla 12, se resumen los datos válidos de CO a nivel mensual en los años 2019, 2020 y 2021, se observa que la mayoría de las estaciones presentaron porcentajes de datos válidos superior al 75%, cabe mencionar que el año 2019, se observó que la estación Independencia (EMF) presentó un 58% en marzo, 61% en agosto, 30% en noviembre y 0 % en diciembre, La Florida (EML) con un 71% en octubre, Las Condes (EMM) con 55% en agosto, 0% en septiembre, Parque O'Higgins (EMN) con 61% en febrero, Pudahuel (EMO) con 60% en septiembre y 74% en octubre y finalmente la estación de El Bosque (EMQ) presenta un 20% en septiembre y 61% en diciembre. Por otra parte, para el año 2020 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. Finalmente, 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%.

Tabla 12 Porcentaje de datos válidos de CO por estación para los años 2019, 2020 y 2021

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Independencia (EMF)	2019	94	79	58	100	100	100	100	61	93	100	30	0
	2020	91	76	94	100	100	100	99	100	97	91	88	100

Estación	MESES (%)												
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2021	94	89	97	97	87	100	100	3	0	0	0	0
La Florida (EML)	2019	94	100	100	100	100	100	100	100	97	71	90	100
	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
Las Condes (EMM)	2019	87	86	94	100	94	100	100	55	0	84	100	94
	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
Parque O'Higgins (EMN)	2019	94	61	87	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	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
Pudahuel (EMO)	2019	97	96	100	90	97	100	100	97	60	74	83	100
	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
Cerrillos (EMP)	2019	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2020	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	2021	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
El Bosque (EMQ)	2019	77	93	100	100	97	100	100	100	20	100	100	61
	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

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA

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 superación de la norma para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 2019, 2020 y 2021, 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 µg/m³, en cualquier estación monitorea calificada como EMRPMP2,5.

De acuerdo al análisis efectuado en la Tabla 13, se determinó que el valor de la norma de MP2,5 como concentración de 24 horas fue superada en el año 2021 en seis (6) de las siete (7) estaciones con disponibilidad de información, siendo las estaciones de Cerro Navia (EMR), Pudahuel (EMO) y El Bosque (EMQ) las que presentaron una mayor excedencia a la norma, con concentraciones de 107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (214%), 103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (206%) y 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (180%), respectivamente. Por otra parte, las estaciones de Quilicura (EMV), La Florida (EML) y Puente Alto (EMS), se obtuvieron concentraciones de: concentración de 77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (154%), 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (146%) y 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (120%), respectivamente. En relación a estación Las Condes (EMM) la concentración obtenida superó el 80% del valor límite de la norma 24 horas con una concentración de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (90%).

Tabla 13 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para el período 2019 al 2021

Estación	Percentil 98 Año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2019 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Independencia (EMF)	67	134	51	102	---	----
La Florida (EML)	64	128	49	98	73	146
Las Condes (EMM)	45	90	34	68	45	90
Pudahuel (EMO)	91	182	69	138	103	206
Cerrillos ¹ (EMP)	74	148	58	116	---	----
El Bosque (EMQ)	72	144	65	130	90	180
Cerro Navia (EMR)	94	188	75	150	107	214
Puente Alto (EMS)	53	106	47	94	60	120
Quilicura (EMV)	67	134	58	116	77	154

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 28 de mayo de 2018.

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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021.

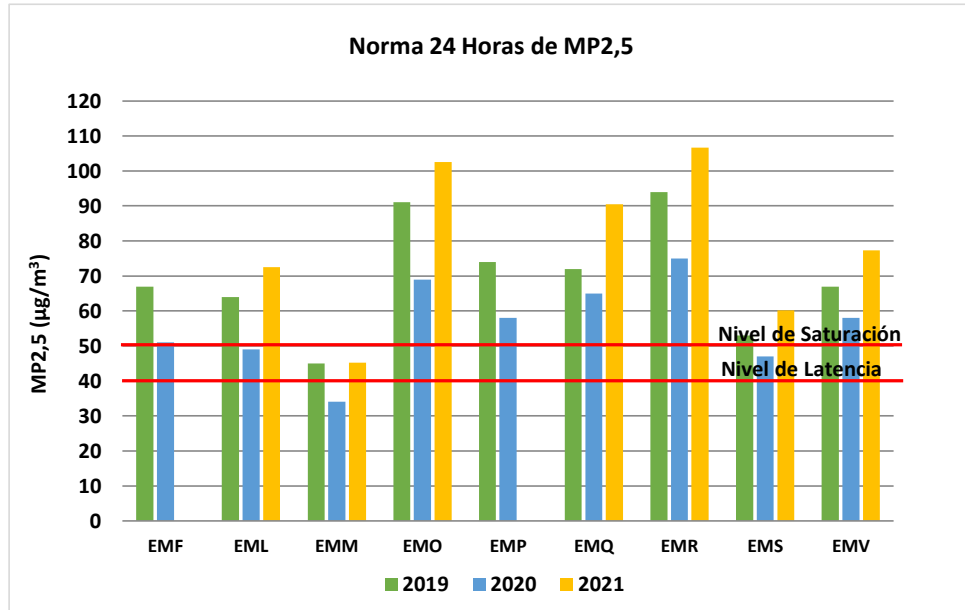


Gráfico 1 Norma 24 Horas MP2,5 para el periodo 2019 al 2021

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 2021, la cual muestra que el mayor número de días con excedencias se presentó en las estaciones de El Bosque (EMQ) con 62 días, Cerro Navia (EMR) con 61 días y Pudahuel (EMO) con 54 días, por otra parte, la estación Quilicura (EMV) presentó 44 días, La Florida (EML) presentó 33 días y Puente Alto (EMS) con 21 días de excedencias.

Tabla 14 Días superación norma 24 horas de MP2,5 para el año 2021

Estación	Días superación Norma 24 horas 2021
Independencia (EMF)	----
La Florida (EML)	33
Las Condes (EMM)	6
Pudahuel (EMO)	54
Cerrillos (EMP)	---
El Bosque (EMQ)	62
Cerro Navia (EMR)	61
Puente Alto (EMS)	21
Quilicura (EMV)	44

El Gráfico 2 muestra el número de excedencias por estación, desagregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del 2021, 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 El Bosque (EMQ), Cerro Navia (EMR), Pudahuel (EMO) y Quilicura (EMV) las que presentaron el mayor número de excedencias a la norma de 24 horas, con 62, 61, 54 y 44 días, respectivamente.

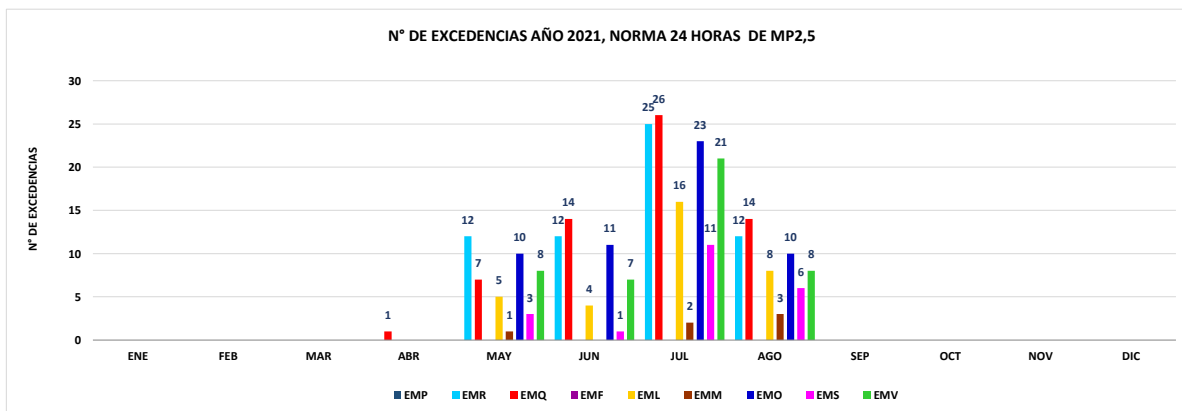


Gráfico 2 Excedencias norma 24 Horas MP2,5 para el año 2021

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de superación de la norma anual para MP2,5, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 2019, 2020 y 2021, 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 µg/m³, en cualquier estación monitora 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.

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

Estación	Concentración Anual Año 2019 (µg/m ³)	Concentración Anual Año 2020 (µg/m ³)	Concentración Anual Año 2021 (µg/m ³)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (µg/m ³)	% de la Norma Anual 20 (µg/m ³)
Independencia (EMF)	26	22	----	----	----
La Florida (EML)	25	21	24	23	115
Las Condes (EMM)	20	15	18	18	90
Pudahuel (EMO)	27	24	28	26	130
Cerrillos (EMP) ¹	25	30	----	----	----

Estación	Concentración Anual Año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración Anual Año 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración Anual Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma Anual 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
El Bosque (EMQ)	29	27	30	29	145
Cerro Navia (EMR)	30	28	29	29	145
Puente Alto (EMS)	21	22	22	22	110
Quilicura (EMV)	24	22	25	24	120

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 28 de mayo de 2018.

La evaluación de la norma anual, con la información disponible para los años 2019, 2020 y 2021, indica que ésta fue superada en 6 de las 7 estaciones evaluadas, presentando las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) y El Bosque (EMQ) con $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (145%), 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 $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 90% del valor límite de la norma anual.

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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021.

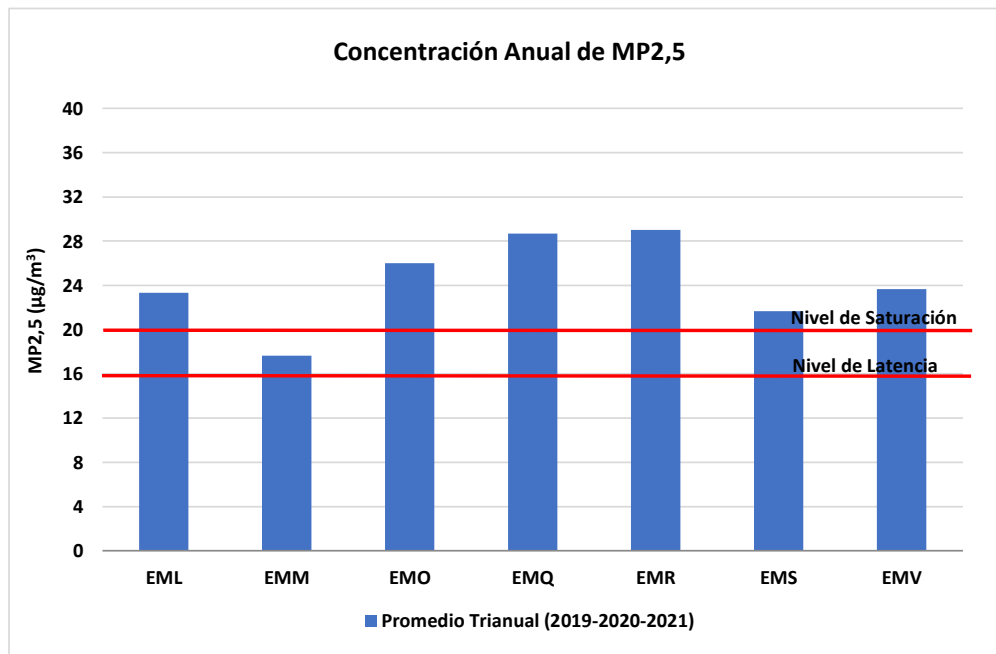


Gráfico 3 Norma Anual para MP2,5, Promedio Trianual periodo 2019 al 2021

6.2. Evaluación de la norma para MP10

6.2.1. Evaluación de la norma 24 horas MP10

El período de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 2019, 2020 y 2021, de las estaciones de monitoreo de la Red MACAM-3.

Cabe señalar que, de acuerdo a los límites establecido en el D.S. N° 59/1998, modificado por el D.S. N° 45/2001, del MINSEGPRES, la norma de calidad del aire para material particulado respirable (MP10), se considerará sobrepasada en las siguientes condiciones:

- a) Cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitora clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- b) Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluyese el primer período anual de mediciones certificadas por el Servicio de Salud competente se registrare en alguna de las estaciones monitoras de Material Particulado Respirable MP10 clasificada como EMRP, un número de días con mediciones sobre el valor de 150 $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ mayor que siete (7).

De acuerdo a la condición a), de las ocho (8) estaciones evaluadas para el año 2021, es posible señalar que en cuatro (4) estaciones se superó el límite normativo de 24 horas, las concentraciones obtenidas, corresponden a: Cerro Navia (EMR) con 187 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (125%), Pudahuel (EMO) con 176 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (117%), El Bosque (EMQ) con 167 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (111%) y Quilicura (EMV) con 154 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (103%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 en 3 estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Puente Alto (EMS) con 144 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (96%), La Florida (EML) con 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (93%) y Parque O'Higgins (EMN) con 137 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (91%).

Tabla 16 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 para el período 2019 al 2021

Estación	Percentil 98 Año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas Año 2019 (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Independencia (EMF)	163	109	113	75	----	-----
La Florida (EML)	138	92	95	63	139	93
Las Condes (EMM)	106	71	76	51	109	73
Parque O'Higgins (EMN)	158	105	128	85	137	91

Estación	Percentil 98 Año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas Año 2019 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	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 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Pudahuel (EMO)	182	121	135	90	176	117
Cerrillos ¹ (EMP)	169	113	123	82	----	-----
El Bosque (EMQ)	168	112	128	85	167	111
Cerro Navia (EMR)	198	132	148	99	187	125
Puente Alto (EMS)	126	84	105	70	144	96
Talagante (EMT)	115	77	S/I	S/I	----	-----
Quilicura (EMV)	149	99	111	74	154	103

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 19 de mayo de 2018. 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 2019, 2020 y 2021.

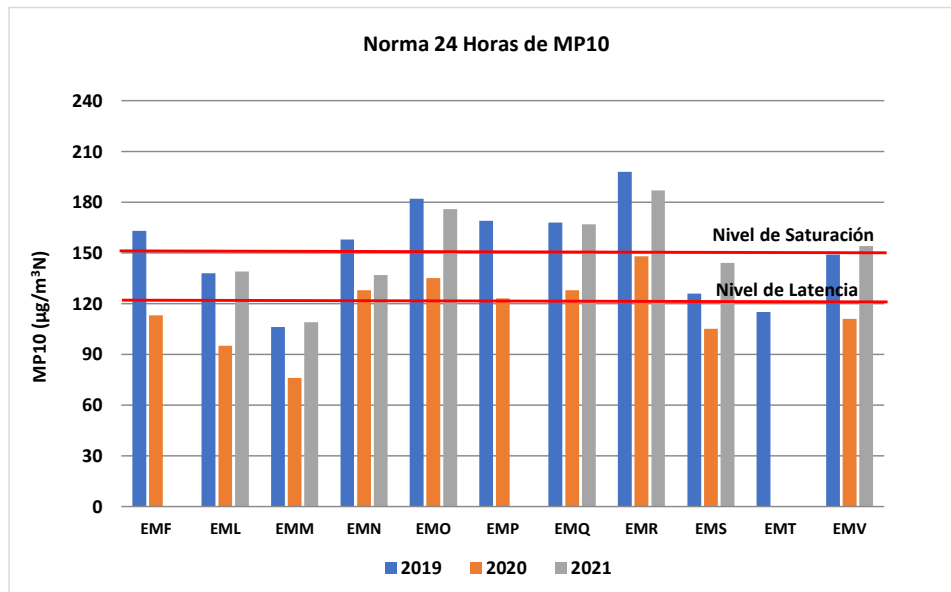


Gráfico 4 Norma 24 horas para MP10 para el período 2019 a 2021

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 2021, la cual muestra que el mayor número de días con excedencias se presentaron en las estaciones de: Cerro Navia (EMR) con 31 días, Pudahuel (EMO) con 23 días, El Bosque (EMQ) con 22 días y Quilicura (EMV) con 9 días.

Tabla 17 Días superación norma 24 horas de MP10 para el año 2021

Estación	Días superación Norma 24 horas 2021
Independencia (EMF)	---
La Florida (EML)	4
Las Condes (EMM)	0
Parque O'Higgins (EMN)	4
Pudahuel (EMO)	23
Cerrillos (EMP)	---
El Bosque (EMQ)	22
Cerro Navia (EMR)	31
Puente Alto (EMS)	7
Talagante (EMT)	---
Quilicura (EMV)	9

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 2021, donde se aprecia que las excedencias se dieron mayoritariamente en los meses de mayo y agosto.

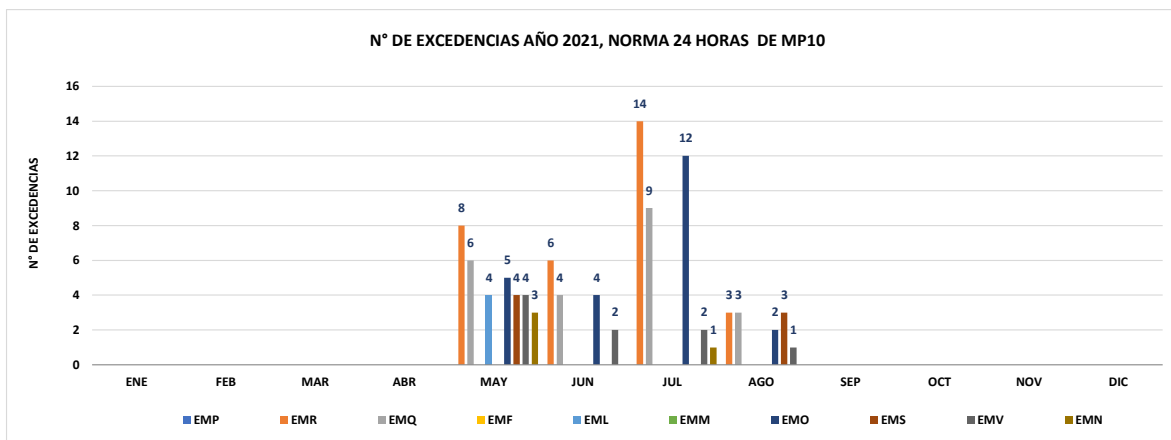


Gráfico 5 Excedencias a la Norma de 24 horas de MP10 en el año 2021

6.2.2. Evaluación de la norma anual para MP10

De acuerdo a los límites establecido en el D.S. N° 59/1998, modificado por el D.S. N° 45/2001, del MINSEGPRES, la norma primaria anual de calidad del aire para material particulado respirable MP10, se considerará sobrepasada, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 µg/m³N.

El período de evaluación de la norma anual para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 2019, 2020 y 2021, 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 las 8 estaciones evaluadas de la Región Metropolitana. Las concentraciones determinadas en las estaciones, mediante el promedio trianual correspondieron a: El Bosque (EMQ) con 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (150%), Cerro Navia (EMR) con 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (144%), Parque O'Higgins (EMN) y Puente Alto (EMS) con 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), Pudahuel (EMO) con 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (132%), Quilicura (EMV) y La Florida (EML) con 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (126%) y La Condes (EMM) con 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (108%).

Tabla 18 Evaluación de la norma anual para MP10 para el período 2019 al 2021

Estación	Promedio Anual 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2020 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma Anual (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Independencia (EMF)	72	62	----	----	----
La Florida (EML)	72	56	62	63	126
Las Condes (EMM)	58	49	55	54	108
Parque O'Higgins (EMN)	74	67	63	68	136
Pudahuel (EMO)	73	63	63	66	132
Cerrillos ¹ (EMP)	78	78	----	----	----
El Bosque (EMQ)	79	71	75	75	150
Cerro Navia (EMR)	80	66	70	72	144
Puente Alto (EMS)	71	66	68	68	136
Talagante (EMT)	51	----	----	----	----
Quilicura (EMV)	68	58	63	63	126

¹Inicio de mediciones válidas a partir del 19 de mayo de 2018.

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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021.

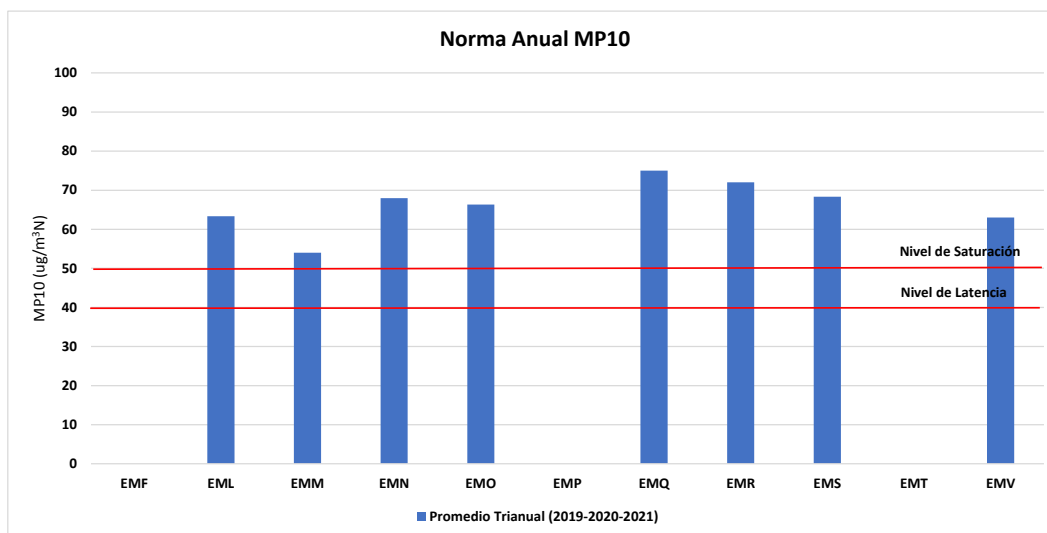


Gráfico 6 Norma Anual para MP10 Promedio Trianual para el período 2019 al 2021

6.3. Evaluación de la norma primaria SO₂

6.3.1. Evaluación de la norma primaria horaria de SO₂

El periodo de evaluación de superación de la norma primaria de 1 hora para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 considerara un percentil 99 para evaluar esta condición.
- b. Se considerara 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 desde 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) y 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.

Tabla 19 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂ para el período 2019 al 2021

Estación	Percentil 98,5 Año 2019 (ppbv)	Percentil 98,5 Año 2020 (ppbv)	Percentil 98,5 Año 2021 (ppbv)	Percentil 98,5 Promedio Trianual 2019-2020-2021 (ppbv)	% de la Norma 1 hora (134 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	*	*	3,17	---	---
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	2,91	2,94	3,20	3,02	2

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

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 3,02 ppbv, equivalente al 2% 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 los años 2019 y 2020.

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.

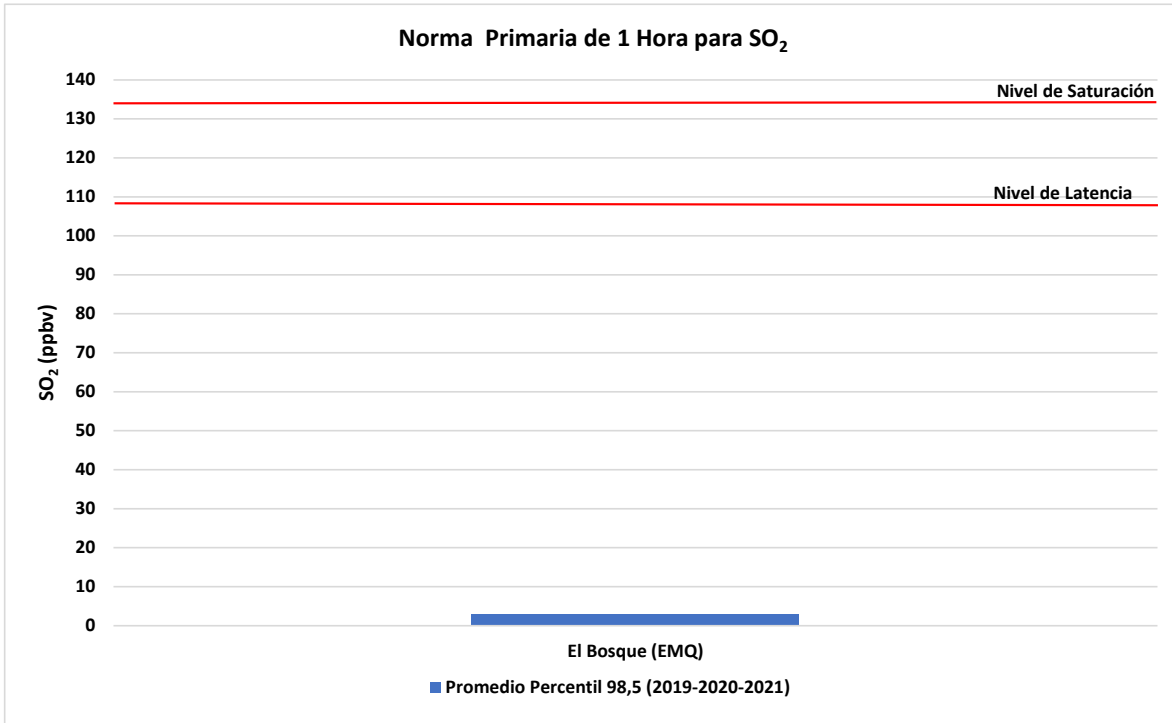


Gráfico 7 Norma primaria de 1 hora para SO₂, promedio trianual periodo 2019 al 2021 (condición a)

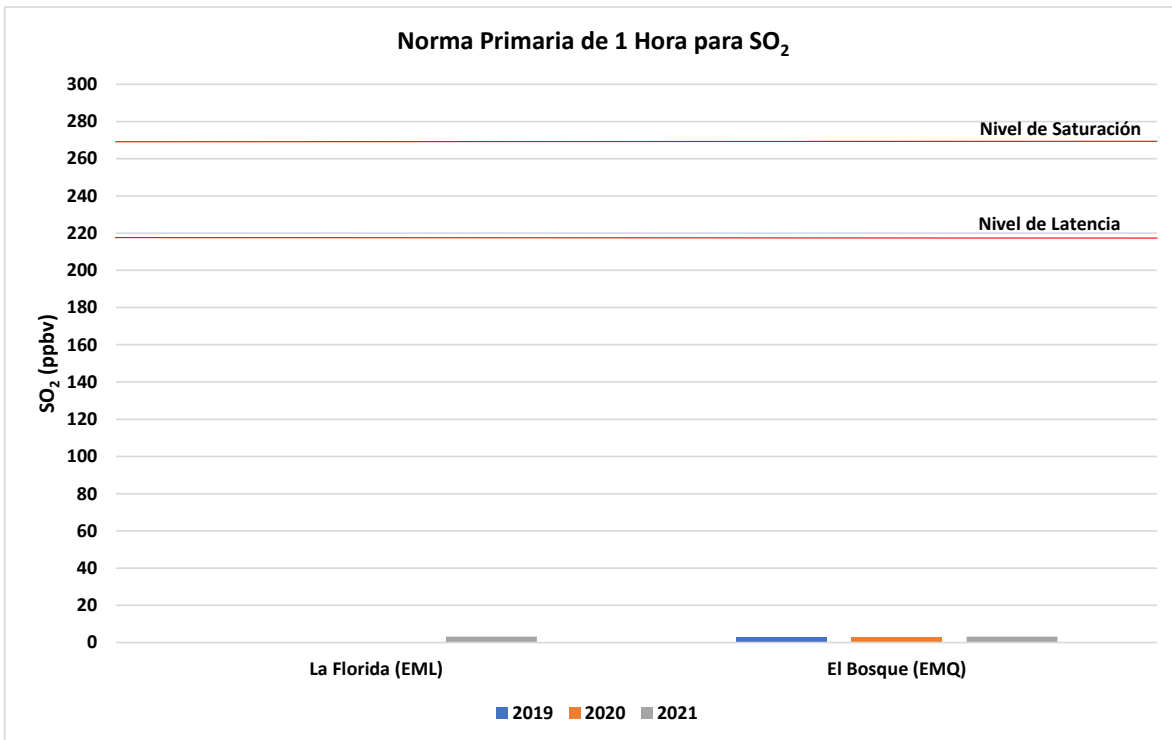


Gráfico 8 Norma primaria de 1 hora para SO₂, por año para el periodo 2019 al 2021 (condición b)

6.3.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO₂

El período de evaluación de superación de la norma 24 horas para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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:

- 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).
- Se considerara 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 única estación evaluada, El Bosque (EMQ), de la Red MACAM-3 y el valor determinado fue de 2,45 ppbv, equivalente al 4% del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 20 Evaluación de la norma 24 horas de SO₂ para el período 2019 al 2021

Estación	Percentil 99 Año 2019 (ppbv)	Percentil 99 Año 2020 (ppbv)	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (ppbv)	% de la Norma 24 horas (57 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	*	*	2,57	---	---
Parque O'Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	2,47	1,99	2,89	2,45	4

*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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. En el Gráfico 10, se muestra la evaluación de norma de manera anual.

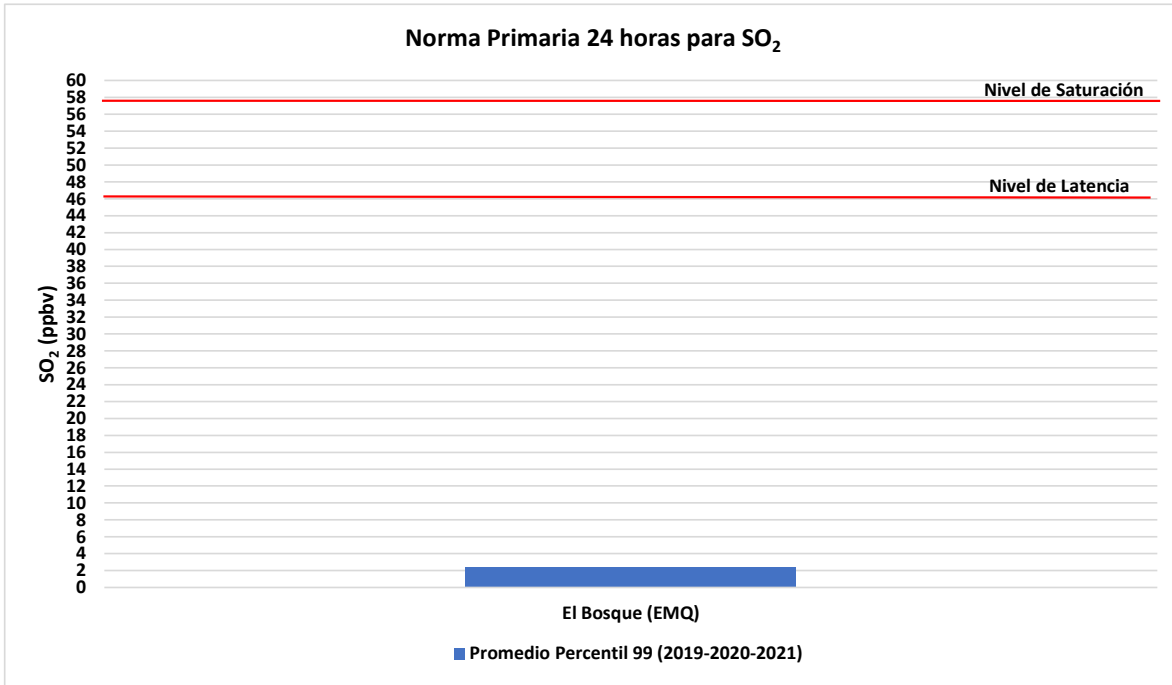


Gráfico 9 Norma primaria 24 horas para SO₂, promedio trianual periodo 2019 al 2021 (condición a)

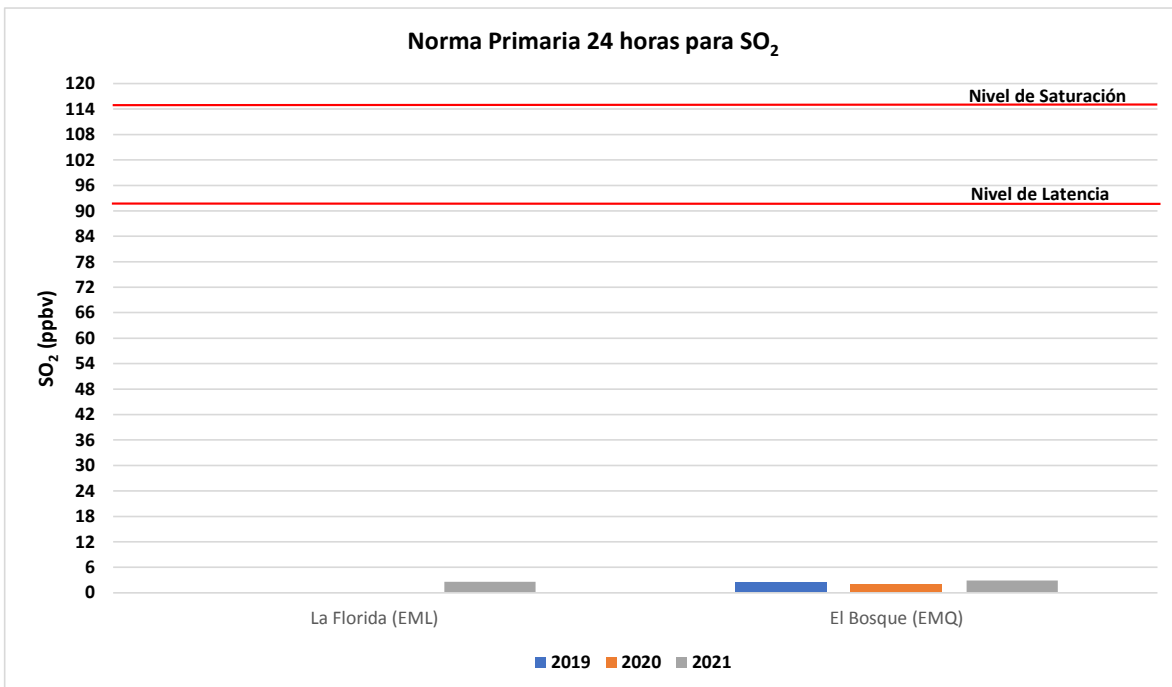


Gráfico 10 Norma primaria 24 horas para SO₂, por año para el periodo 2019 al 2021 (condición b)

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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 1,28 ppbv, correspondiente al 6% del límite normativo.

Tabla 21 Evaluación de la norma anual para SO₂ para el período 2019 al 2021

Estación	Promedio Anual 2019 (ppbv)	Promedio Anual 2020 (ppbv)	Promedio Anual 2021 (ppbv)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (ppbv)	% de la Norma Anual (23 ppbv)
Independencia (EMF)	S/I	S/I	S/I	---	---
La Florida (EML)	*	*	1,28	---	---
Parque O’Higgins (EMN)	S/I	S/I	S/I	---	---
El Bosque (EMQ)	1,17	1,30	1,37	1,28	6

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

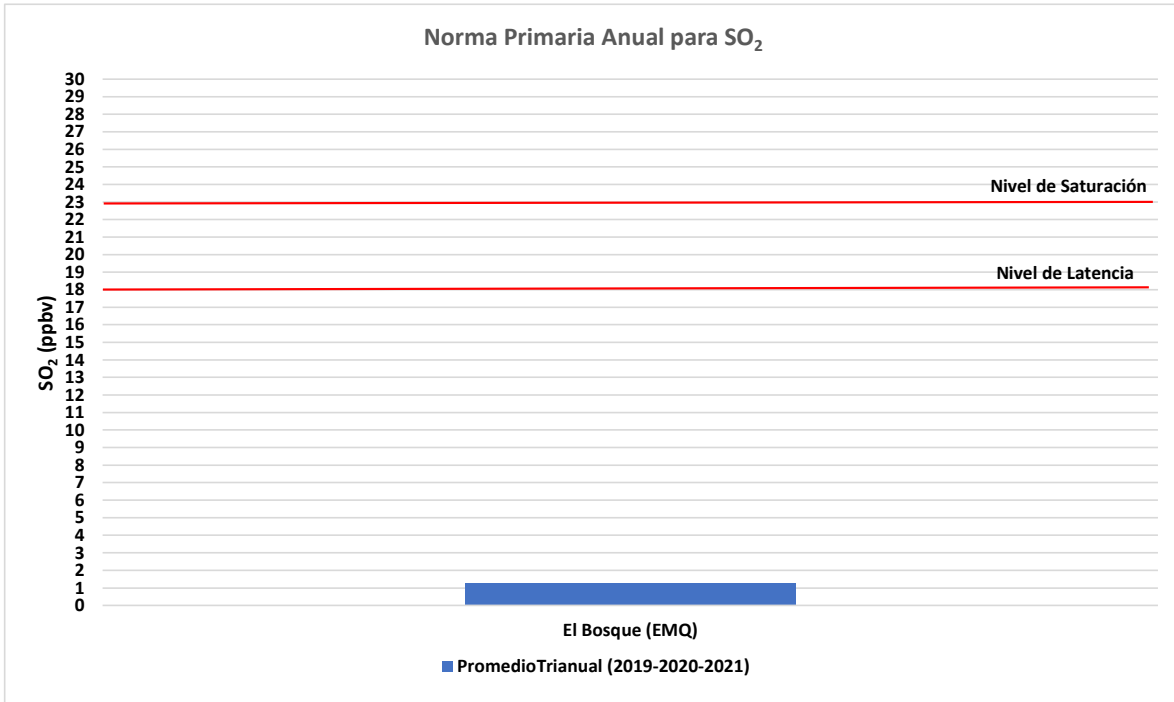


Gráfico 11 Norma primaria anual para SO₂, promedio trianual periodo 2019 al 2021 (condición a)

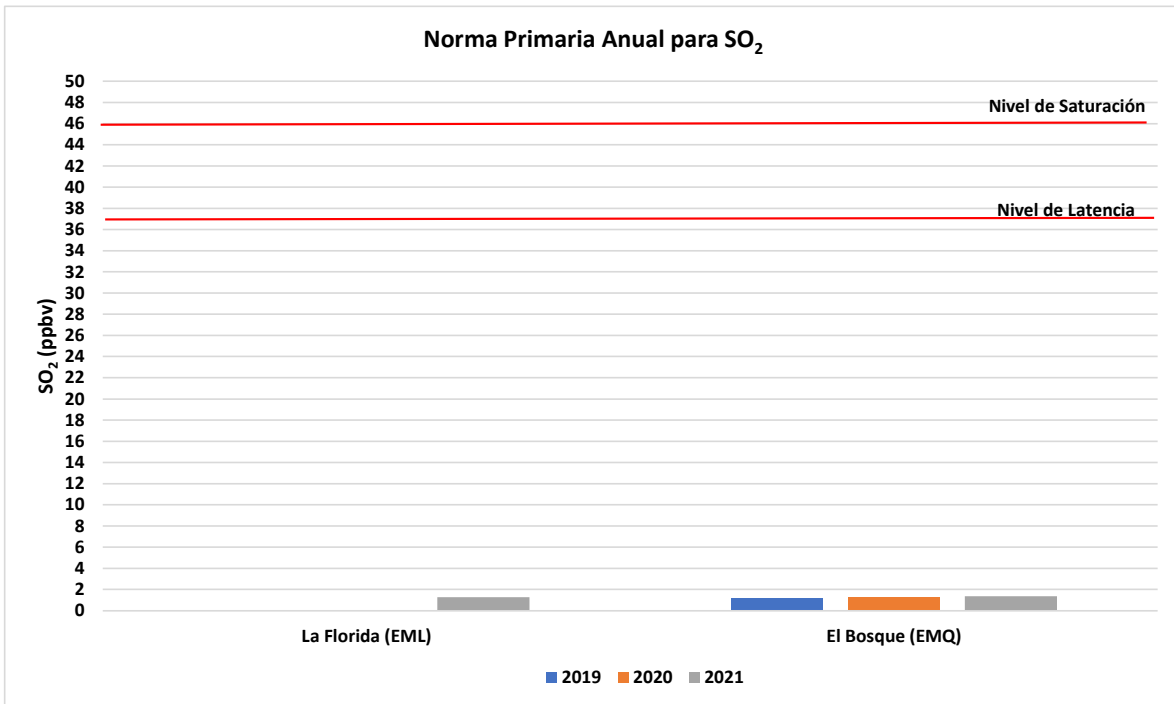


Gráfico 12 Norma primaria anual para SO₂, promedio anual por año para periodo 2019 al 2021 (condición b)

6.4. Evaluación de la norma primaria O₃

6.4.1. Evaluación de la norma 8 horas O₃

El período de evaluación de superación de la norma 8 horas para O₃, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021.

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 concentración 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 2019 y 2020, la estación de La Florida (EML) presentó porcentaje de datos validos menores al 75% requerido en la norma, mientras que para el año 2021 la estación de Independencia (EMF) también presenta un porcentaje inferior. 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 74 ppbv (121%) y Parque O’Higgins (EMN) con 62 ppbv (102%). 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 2019 al 2021

Estación	Percentil 99 Año 2019 (ppbv)	Percentil 99 Año 2020 (ppbv)	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (ppbv)	% de la Norma 8 horas (61 ppbv)
Independencia (EMF)	58	61	*	-----	-----
La Florida (EML)	*	*	70	-----	-----
Las Condes (EMM)	78	71	72	74	121
Parque O’Higgins (EMN)	60	63	64	62	102
Pudahuel (EMO)	55	57	54	55	90
El Bosque (EMQ)	55	55	59	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.

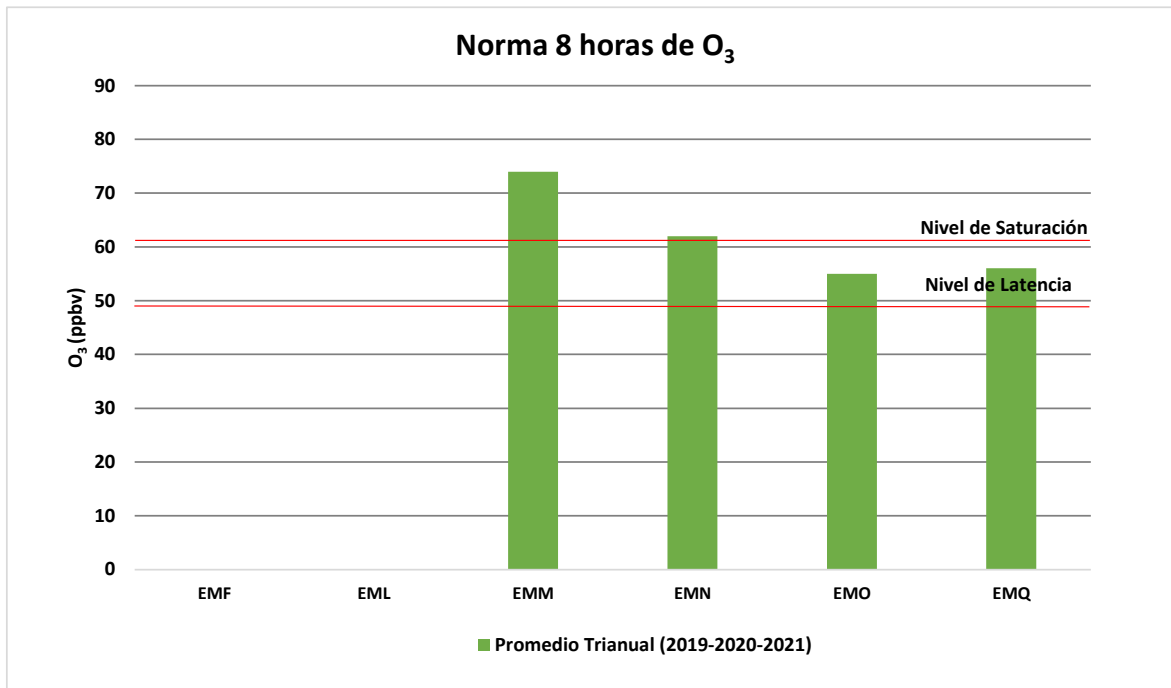


Gráfico 13 Norma 8 Horas para O₃ Promedio Trianual para el período 2019 al 2021

6.5. Evaluación de la norma CO

6.5.1. Evaluación de la norma 1 hora CO

El período de evaluación de superación de la norma 1 hora para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 monitora EMRPG, fuere mayor o igual a 26 ppmv (30 µg/m³N).

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 8,04 ppmv, correspondiente al 31% del límite de la norma de 8 horas.

Tabla 23 Evaluación de la norma 1 hora de CO para el período 2019 al 2021

Estación	Percentil 99 Año 2019 (ppmv)	Percentil 99 Año 2020 (ppmv)	Percentil 99 Año 2021 (ppmv)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (ppmv)	% de la Norma 1 hora (26 ppmv)
Independencia (EMF)	3,95	2,94	*	-----	-----
La Florida (EML)	3,78	3,31	4,29	3,79	15
Las Condes (EMM)	2,07	1,51	1,61	1,73	7
Parque O'Higgins (EMN)	6,17	3,57	5,24	4,99	19
Pudahuel (EMO)	9,25	5,32	9,54	8,04	31
El Bosque (EMQ)	5,77	5,29	6,14	5,73	22

El Gráfico 14, muestra el comportamiento del percentil 99 de las concentraciones de CO para los años 2019, 2020 y 2021.

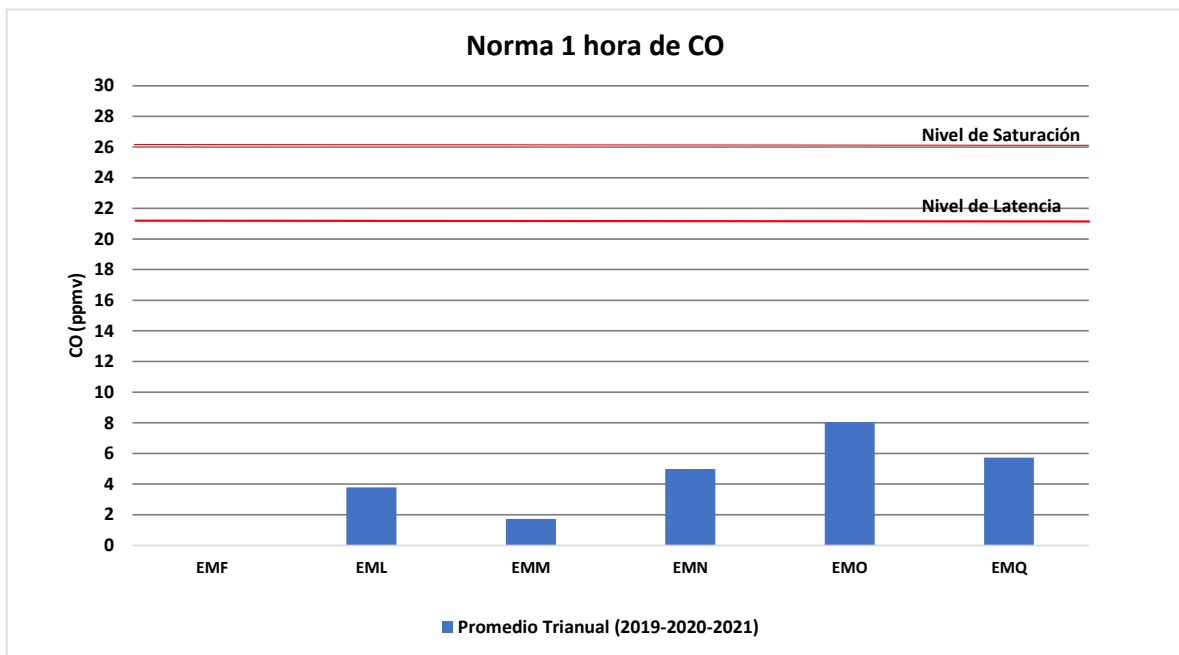


Gráfico 14 Norma 1 Hora para CO Promedio Trianual para el período 2019 al 2021

6.5.2. Evaluación de la norma 8 horas CO

El período de evaluación de superación de la norma 8 horas para CO, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 monitora 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 5,96 ppmv, correspondiente al 66% del límite de la norma de 8 horas.

Tabla 24 Evaluación de la norma 8 horas para CO para el período 2019 al 2021

Estación	Percentil 99 Año 2019 (ppmv)	Percentil 99 Año 2020 (ppmv)	Percentil 99 Año 2021 (ppmv)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (ppmv)	% de la Norma 8 horas (9 ppmv)
Independencia (EMF)	3,09	2,19	*	-----	-----
La Florida (EML)	2,87	2,60	3,09	2,85	32
Las Condes (EMM)	1,61	1,20	1,46	1,42	16
Parque O'Higgins (EMN)	4,76	2,38	4,00	3,71	41
Pudahuel (EMO)	7,19	4,16	6,52	5,96	66
El Bosque (EMQ)	4,19	4,04	4,72	4,32	48

El Gráfico 15, presenta el promedio trianual del percentil 99 de las concentraciones de 8 horas para CO por estación para el período 2019 al 2021.

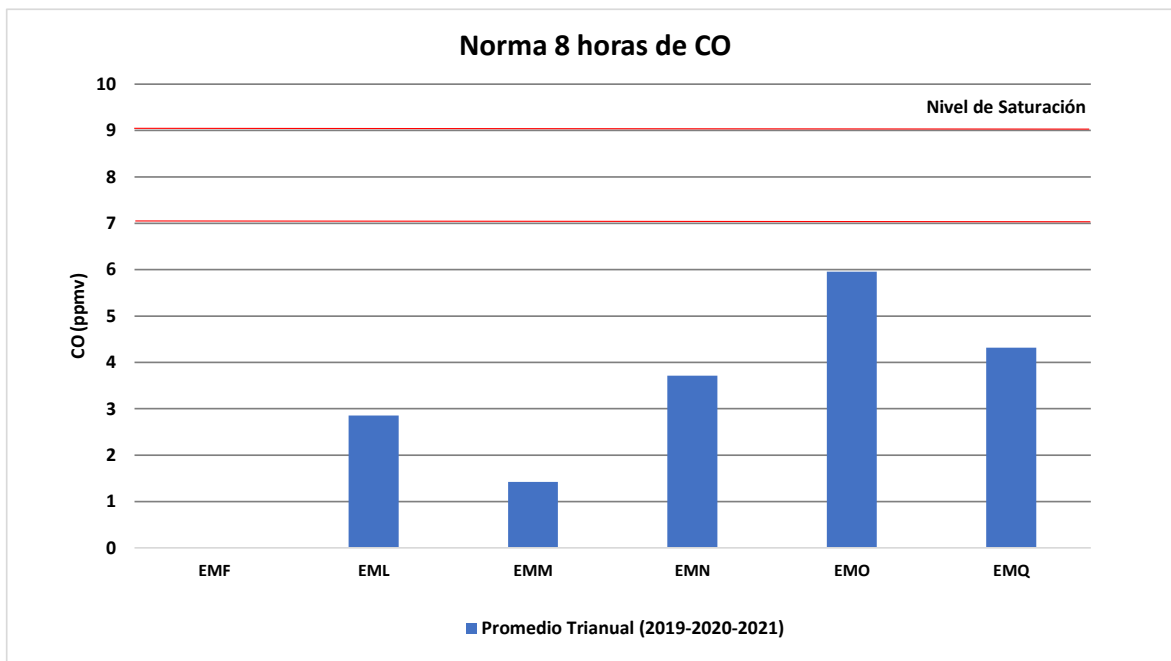


Gráfico 15 Norma 8 Horas para CO Promedio Trianual para el período 2019 al 2021

6.6. Evaluación de la norma NO₂

6.6.1. Evaluación de la norma 1 hora NO₂

El período de evaluación de superación de la norma 1 hora para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 88,30 ppbv (41%) y en la estación Pudahuel (EMO) una concentración de 66,92 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 2019 al 2021

Estación	Percentil 99 Año 2019 (ppbv)	Percentil 99 Año 2020 (ppbv)	Percentil 99 Año 2021 (ppbv)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (ppbv)	% de la Norma 1 hora (213 ppbv)
Las Condes (EMM)	91,97	64,42	108,50	88,30	41
Pudahuel (EMO)	69,08	48,37	83,30	66,92	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).

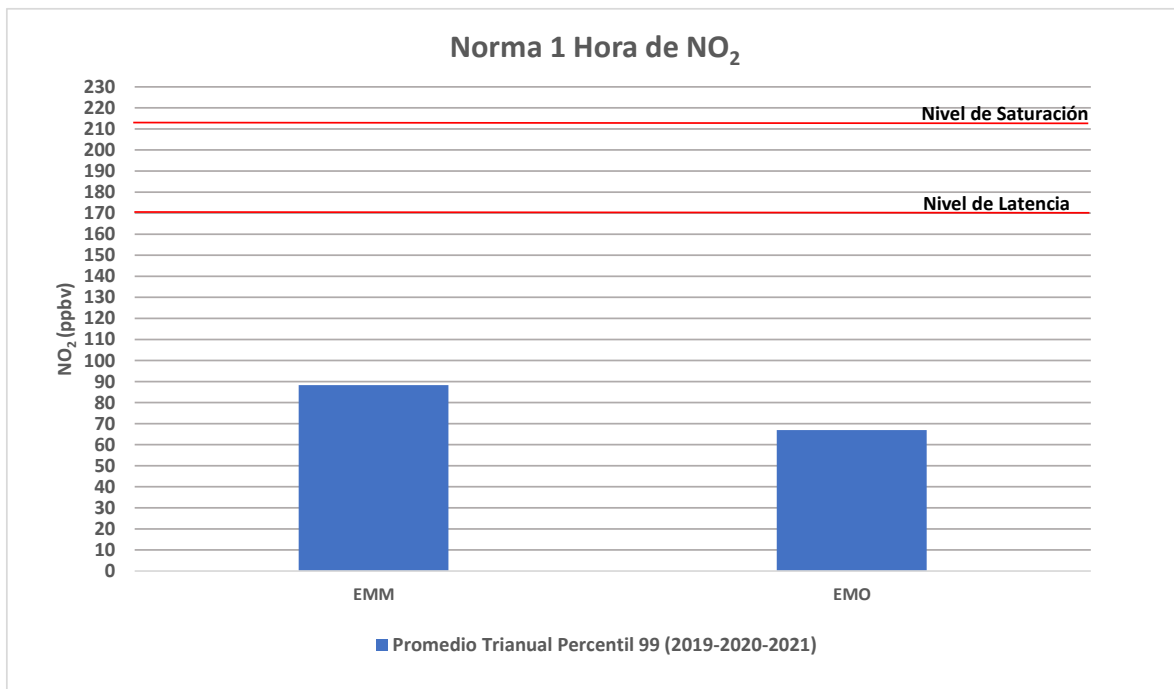


Gráfico 16 Norma 1 Hora para NO₂ Promedio Trianual para el período 2019 al 2021

6.6.2. Evaluación de la norma anual NO₂

El período de evaluación de superación de la norma anual para NO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 2019, 2020 y 2021. El análisis de los datos disponibles para la evaluación de la norma anual de NO₂, determinó que la estación Las Condes (EMM) en los años 2019 y 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 16,49 ppbv, equivalente al 31% 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 2019 al 2021

Estación	Promedio Anual 2019 (ppbv)	Promedio Anual 2020 (ppbv)	Promedio Anual 2021 (ppbv)	Promedio Trianual (2019-2020-2021) (ppbv)	% de la Norma anual (53 ppbv)
Las Condes (EMM)	*	*	20,52	---	---
Pudahuel (EMO)	17,84	12,53	19,09	16,49	31

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

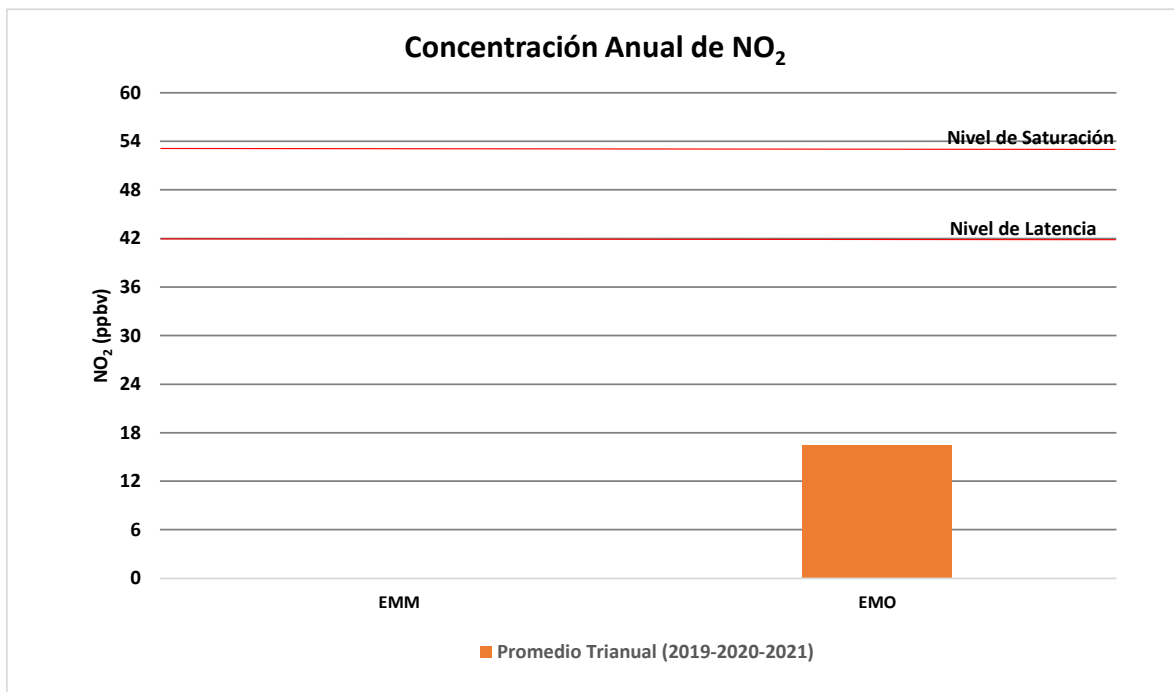


Gráfico 17 Norma Anual para NO₂, Promedio Trianual para el período 2019 al 2021

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 2019 y el 31 de diciembre de 2021, 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 2021, concluyó que la norma de 24 horas que establece como límite 50 µg/m³, fue superada en seis (6) de las siete (7) estaciones calificadas como EMRP para MP2,5 y con disponibilidad de datos válidos, siendo las estaciones de Cerro Navia (EMR), Pudahuel (EMO) y El Bosque (EMQ) las que presentaron una mayor excedencia a la norma, con concentraciones de 107 µg/m³ (214%), 103 µg/m³ (206%) y 90 µg/m³ (180%), respectivamente. Por otra parte, las estaciones de Quilicura (EMV), La Florida (EML) y Puente Alto (EMS), se obtuvieron concentraciones de: concentración de 77 µg/m³ (154%), 73 µg/m³ (146%) y 60 µg/m³ (120%), respectivamente. En relación a estación Las Condes (EMM) la concentración obtenida superó el 80% del valor límite de la norma 24 horas con un valor de 45 µg/m³ (90%).

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: El Bosque (EMQ) con 62 días, Cerro Navia (EMR) con 61 días, Pudahuel (EMO) con 54 días, Quilicura (EMV) con 44 días, La Florida (EML) con 33 días y Puente Alto (EMS) con 21 días de excedencias.

En relación a la evaluación de la norma anual para MP2,5, mediante el cálculo del promedio trianual de las concentraciones, 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) con 29 µg/m³ (145%), 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

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ (110%). En la estación Las Condes (EMM) se determinó una concentración de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalente al 90% 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 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, determinó que en cuatro (4) de las ocho (8) estaciones con datos válidos, se superó la norma de 24 horas, determinándose las siguientes concentraciones: Cerro Navia (EMR) con $187 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (125%), Pudahuel (EMO) con $176 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (117%), El Bosque (EMQ) con $167 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (111%) y Quilicura (EMV) con $154 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (103%). Por otra parte, se observó que mediante el cálculo del percentil 98 en 3 estaciones se superó el 80% del límite de la norma de 24 horas, se obtuvieron las siguientes concentraciones: Puente Alto (EMS) con $144 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (96%), La Florida (EML) con $139 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (93%) y Parque O'Higgins (EMN) con $137 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (91%).

En forma complementaria, se calculó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para cada estación, determinándose que de las ocho (8) estaciones evaluadas, las estaciones que presentaron el mayor número de excedencias fueron: Cerro Navia (EMR) con 31 días, Pudahuel (EMO) con 23 días, El Bosque (EMQ) con 22 días y Quilicura (EMV) con 9 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 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (150%), Cerro Navia (EMR) con $72 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (144%), Parque O'Higgins (EMN) y Puente Alto (EMS) con $68 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (136%), Pudahuel (EMO) con $66 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (132%), Quilicura (EMV) y La Florida (EML) con $63 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (126%) y La Condes (EMM) con $54 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (108%).

Norma primaria de calidad del aire para SO_2

Cabe señalar que, para el período analizado entre los años 2019 al 2021 para el contaminante SO_2 , de las cuatro (4) estaciones que cuentan con la calificación EMRPG por SO_2 , 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 presentan 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 fue de 3,02 ppbv. En relación a la estación La Florida no cumplió con el criterio del 75% de datos horarios validos establecido para el cálculo de la norma de 1 hora para los años 2019 y 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 no fue superada en la estación evaluada de la Red MACAM-3. Para la estación El Bosque (EMQ) se determinó una

concentración de 2,45 ppbv, encontrándose el valor promedio trianual por debajo del 80% de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual para SO₂ que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que la norma anual solo fue posible evaluarla en la estación El Bosque (EMQ), y la concentración promedio trianual obtenida fue de 1,28 ppbv, correspondiente al 6% del valor límite anual de la norma.

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 2019 al 2021. 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 74 ppbv (121%) y Parque O'Higgins (EMN) con 62 ppbv (102%). 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 los años 2019 y 2020 en La Florida (EML) y en el año 2021 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 2019 al 2021, 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 Pudahuel (EMO) con 8,04 ppmv, correspondiente al 31% del límite de la norma de 8 horas.

En la evaluación del cumplimiento de la norma de 8 horas de CO que establece como límite 9 ppmv, mediante el promedio trianual (2019 al 2021) 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 (EMPO) con 5,96 ppmv, correspondiente al 66% 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 2019 y 2021, concluyó que la norma no fue superada y tampoco se superó el 80% de la norma de 1 hora. Cabe destacar que, las concentraciones obtenidas en las estaciones de Las Condes (EMM) fue de 88,30 ppbv (41%) y en

Pudahuel (EMO) fue de 66,92 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 los años 2019 y 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 16,49 ppbv, equivalente al 31% del límite de la norma. Por lo anterior, se concluye que la norma anual no fue superada y tampoco el 80% de la norma en la estación evaluada.

8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP
2	Datos de calidad del aire para el año 2021