



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE POR
MP10 Y SO₂**

**RED DE CALIDAD DEL AIRE DE CALETONES
REGIÓN DE O'HIGGINS**

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN Y CUMPLIMIENTO AMBIENTAL

DFZ-2022-1518-VI-NC

DICIEMBRE 2022

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



TABLA DE CONTENIDOS

<i>Tema</i>	<i>Página</i>
1. RESUMEN EJECUTIVO.....	3
2. INTRODUCCIÓN.....	6
3. OBJETIVOS.....	7
4. ALCANCE.....	7
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS.....	8
5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10 y EMRPG.....	8
5.2. Descripción de instrumentos de medición Red de Caletones.....	9
5.3. Auditoría de datos.....	10
6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA.....	12
6.1. Evaluación de la norma para MP10.....	12
6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10.....	12
6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10.....	13
6.2. Evaluación de la norma primaria para SO ₂	15
6.2.1. Evaluación de la norma primaria horaria de SO ₂	15
6.2.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas de SO ₂	17
6.2.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO ₂	19
7. CONCLUSIONES.....	21
8. ANEXOS.....	23



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10, contenida en el D.S. N° 59/1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, modificado por el D.S. N° 45/2001 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (cabe destacar, que el 4 de junio de 2022, se publicó en el diario oficial el D.S. N° 12/2021 del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10, la cual es vigente a partir del día de su publicación en el diario oficial). 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. Lo anterior de acuerdo con lo establecido en el Artículo 16° del párrafo II, de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente que establece que “Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad y normas de emisión de cada región, incluida la Metropolitana”.

La actividad de fiscalización de la norma primaria de calidad del aire corresponde a un examen de información para MP10 y SO₂, donde se consideró los datos auditados, los cuales incluyen el análisis de la norma de calidad del aire para dichos contaminantes para los años 2019, 2020 y 2021; utilizando los datos validados proporcionados por el titular CODELCO. Se realizó una auditoría para la validación de los datos enviados por el titular, correspondientes a los datos medidos entre los años 2019 al 2021, por la estación de monitoreo calificada como de representatividad poblacional para MP10 (EMRP) y representatividad poblacional para gases (EMRPG). La estación declarada como EMRPMP y EMRPG corresponde a: Coya Población.

Respecto de la estación Sewell, se presenta el Ord. N° 276/2003, que informa sobre acuerdos de la COREMA por término del PDA al área circundante a la fundición Caletones, el cual en el punto 2.2. establece que Sewell no es un lugar apropiado para asentamientos humanos acordando mantener el monitoreo de calidad de aire por un plazo de 5 años, periodo concluido de acuerdo con el Ordinario, el año 2008.

Mediante D.S. N° 179/94 del Ministerio Secretaría General de la República, se declaró zona saturada por Anhídrido Sulfuroso y Material Particulado el área circundante a la Fundición Caletones, ubicada en la comuna de Machalí, en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, área cuya extensión es de 120.000 hectáreas.

El D.S. N°081 de la Secretaría General de la Presidencia de la República (MINSEGPRES), estableció en el año 1998, el Plan de Descontaminación al área circundante a la Fundición de Caletones de la División El Teniente de CODELCO Chile, instrumento de gestión ambiental establecido por la Ley de Bases del Medio Ambiente 19.300, cuya finalidad es recuperar los niveles señalados en las normas de calidad ambiental en una zona saturada.



El análisis de datos de MP10 y SO₂, se realizó con las mediciones correspondientes al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021, periodo durante el cual, las mediciones de la estación de monitoreo se realizaron utilizando instrumentos de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos se consideraron los criterios establecidos en la norma primaria de calidad del aire para MP10, y además se consideraron las pautas del Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N° 30/2009, de Ministerio de Salud. Para el cálculo del promedio diario en equipos de tipo gravimétrico, en el caso del MP10, se utilizó como criterio lo dispuesto en el decreto antes mencionado, que establece el cálculo diario sobre la base de 18 horas continuas de medición. En el caso del SO₂ se utilizó como criterio, para el cálculo del promedio anual las concentraciones mensuales y para el promedio de 24 horas los promedios horarios, criterios establecidos en las normas de SO₂.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, para los años 2019, 2020 y 2021, y que fija como límite un valor de 150 µg/m³N, mediante el análisis de los datos de MP10 y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en la estación Coya Población, determinó que la norma de 24 horas no fue superada y las concentraciones obtenidas fueron de: 72 µg/m³N para el año 2019, 66 µg/m³N para el año 2020 y 84 µg/m³N para el año 2021, además, las concentraciones obtenidas estuvieron por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de 50 µg/m³N, mediante el cálculo del promedio trianual (2019-2020-2021), se determinó que la norma anual de MP10 no fue superada en la estación de Coya Población, y la concentración obtenida fue de 36 µg/m³N, equivalente al 72% del límite de la norma anual, valor por debajo del 80% del límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂, para el periodo entre el año 2019 y 2021, mediante el cálculo del promedio trianual de los valores del percentil 98,5, determinó que la norma horaria no fue superada en la estación Coya Población respecto del límite normativo de 134 ppbv, y el promedio trianual obtenido fue de 12,55 ppbv. Asimismo, se verificó el cumplimiento de la norma de 1 hora en un año calendario, si el valor del percentil 98,5, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, y el análisis determinó que bajo esta condición la norma tampoco fue superada en la estación Coya Población.

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 Coya Población y el valor obtenido como promedio trianual fue de 9,33 ppbv. Del mismo modo, se verificó el cumplimiento de la norma de 24 horas en un año calendario, si el valor del percentil 99, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, y el análisis determinó que bajo esta condición la norma tampoco fue superada en la estación Coya Población.

Respecto de la norma anual para SO₂ que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que la norma anual evaluada en la estación Coya Población no fue superada durante el periodo analizado (2019 al 2021) y la concentración promedio trianual obtenida fue de 2,87 ppbv, correspondiente al 12% del valor límite anual de la norma.



2. INTRODUCCIÓN

Mediante D.S. N° 179/94 del Ministerio Secretaría General de la República, se declaró zona saturada por Anhídrido Sulfuroso y Material Particulado el área circundante a la Fundición Caletones, en las áreas jurisdiccionales de las comunas de Mostazal, Codegua, Machalí y Requínoa, ubicadas en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

El área declarada saturada tiene una extensión aproximada de 120.000 hectáreas. Al interior de dicha zona en la comuna de Machalí, a aproximadamente 45 kilómetros al Este de Rancagua se encuentra ubicado el complejo minero-metalúrgico de la División El Teniente de Codelco Chile, el que cuenta con instalaciones industriales en Caletones, Colón y en el campamento minero de Sewell. La Fundición de Caletones, se emplaza aproximadamente a 1.500 metros sobre el nivel del mar (en adelante m.s.n.m.) en la Cordillera de los Andes, en una zona con profundos valles y quebradas abruptas originadas por el río Coya. Sewell se encuentra ubicado a 7 kilómetros al Noreste de la Fundición Caletones. El río Coya forma parte de la subcuenca del río Cachapoal, nace a los 3.000 m.s.n.m. y desciende rumbo Sudoeste y Sur hasta su confluencia con el río Cachapoal. La subcuenca del río Cachapoal, además, está formada por el río Pangal. En la zona saturada se ubican dos Regiones Vegetacionales: la de la Estepa Alto Andina y la de Matorrales y el Bosque Esclerófilo.

El D.S. N°081 de la Secretaría General de la Presidencia de la República (MINSEGPRES), estableció en el año 1998, el Plan de Descontaminación al área circundante a la Fundición de Caletones de la División El Teniente de CODELCO Chile, instrumento de gestión ambiental establecido por la Ley de Bases del Medio Ambiente 19.300, cuya finalidad es recuperar los niveles señalados en las normas de calidad ambiental en una zona saturada.

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 Superintendencia realizó una auditoría y análisis de los datos remitidos para los años 2019, 2020 y 2021, con el fin de obtener información válida que permita evaluar la norma primaria de calidad del aire de MP10 y SO₂, y el cumplimiento de las exigencias del D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N°30/2009, del Ministerio de Salud.

Se debe señalar que los datos fueron proporcionados por el Titular Codelco para la estación informada que cuenta con declaración de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP10 y representatividad poblacional de gases (EMRPG en adelante) por norma primaria de SO₂.

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 de la presente actividad consistió en evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP10 y SO₂, en su nivel horario, diario y anual, según corresponda, considerando el período de información comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021, en las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para material particulado MP10 y para dióxido de azufre SO₂.

Por lo anterior, se determinó la validez de las mediciones de MP10 y SO₂, realizadas por la Red de vigilancia de calidad del aire de Caletones en base a una auditoría de los datos de los años 2019, 2020 y 2021.

4. ALCANCE

Los datos validados por esta Superintendencia en el presente informe corresponden a los registros de MP10 y SO₂, de la Red de vigilancia de calidad del aire de Caletones, para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021.

La estación utilizada para la evaluación de datos de MP10, que cumplen con ser una estación con EMRP para MP10 es Coya Población, además cuenta con EMRP para Gases de SO₂.

El presente informe técnico evaluó el cumplimiento de la norma primaria de calidad vigente para el periodo evaluado entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021. A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel horario y anual, por contaminante y cuerpo normativo:

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

Norma	Descripción	Contaminante	Límite Concentración Horaria	Límite Concentración 24 horas	Límite Concentración Anual
Primaria	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
Primaria	D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente	SO ₂	134 ppbv (350 µg/m ³ N)	57 ppbv (150 µg/m ³ N)	23 ppbv (60 µg/m ³ N)



5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones para los años 2019, 2020 y 2021, fue remitida por el titular responsable de la Red de Caletones, los antecedentes fueron solicitados mediante las Resoluciones Exenta N°966/2015 y N°675/2022 de la SMA. La información de calidad del aire recepcionada corresponde a los datos crudos (diario), datos validados (diario) y sus respectivos códigos de invalidación. Adicionalmente, el titular remitió las calibraciones y mantenciones realizadas a los instrumentos de medición durante el periodo de evaluación del presente informe. Cabe señalar que, la información enviada se reportó de acuerdo con el formato establecido por la SMA, el cual incluye los códigos de invalidación establecidos en el D.S. N° 61/2008, modificado por el D.S. N° 30/2009, del MINSAL.

Los datos evaluados de MP10 y SO₂, corresponden a las mediciones realizadas en la estación declaradas con representatividad poblacional para material particulado y gases indicadas a continuación en el punto 5.1 de este documento.

5.1. Estaciones declaradas como EMRP-MP10 y EMRPG

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la Red de Caletones y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional (EMRP) para material particulado MP10 y representatividad poblacional para gases (SO₂).

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP-MP10 y EMRPG

Red	Estación de Monitoreo	Resolución que otorga EMRP para MP10	Resolución que otorga EMRPG para SO ₂
Caletones	Coya Población	R.E. N°1.449 de 16 de abril de 2003, de la Secretaria Regional Ministerial de Salud O'Higgins	R.E. N°3.372 de 20 de agosto de 2003, de la Secretaria Regional Ministerial de Salud O'Higgins

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

Tabla 3 Ubicación de las estaciones de la Red de Caletones

Red	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m) Datum WGS84, Huso 19 S*	
Caletones	Coya Población	359.047 E	6.214.212 N

* Ref. Resoluciones de calificación como EMRP y EMRPG



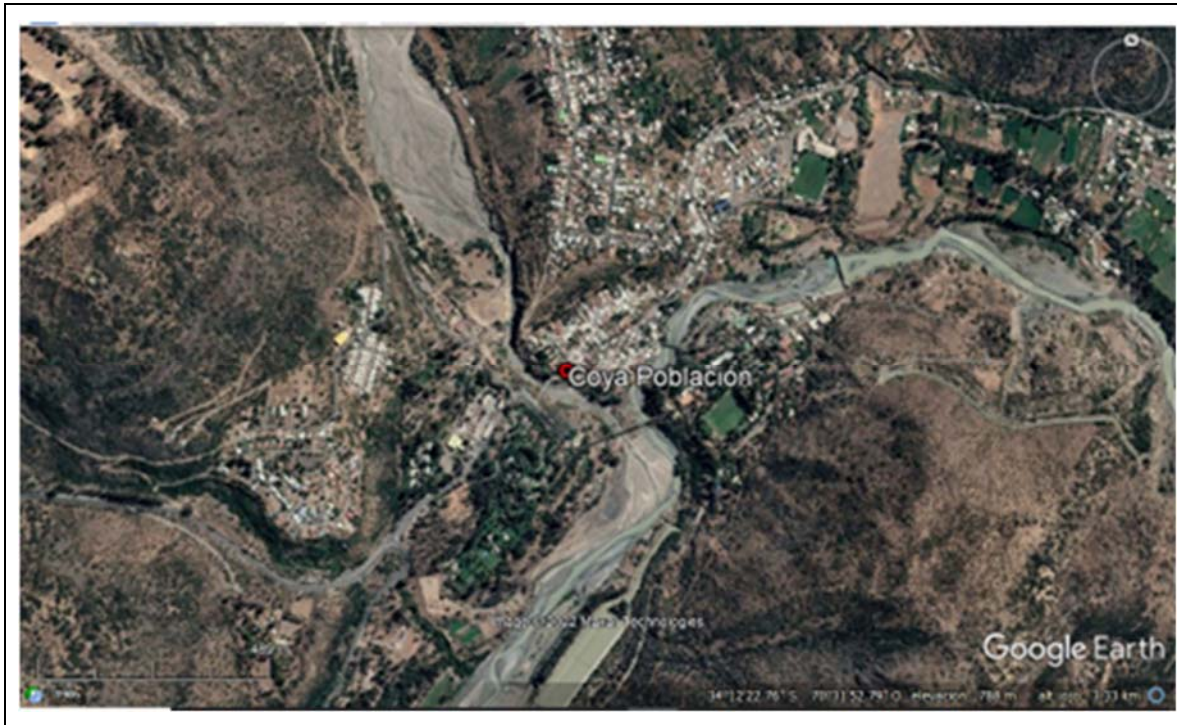


Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire de la Red de Caletones

5.2. Descripción de instrumentos de medición Red de Caletones

De acuerdo con los antecedentes entregados por el titular de la Red de Caletones para los años 2019, 2020 y 2021, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP10 y SO₂ en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en la norma primaria. A continuación, en la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10 y SO₂, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el año 2021.

Tabla 4 Listado de estaciones, instrumento y método de medición

Red	Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
Red de Caletones	Coya Población	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Thermo Scientific High-Volume Air Samplers	RFPS-1287-063
		SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Thermo/43i	EQSA-0486-060



5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP10 y SO₂ para los años 2019, 2020 y 2021, validados previamente por el titular, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en las normas primarias de calidad del aire. Además, se evaluó el comportamiento de los datos para el periodo en estudio, a través de gráficas de series de tiempo para cada una de las estaciones.

La auditoría de los datos consideró una revisión de los códigos de invalidación de datos reportados para el contaminante MP10 y SO₂, de la estación correspondiente a: Coya Población. Para el caso de los datos diarios de MP10, medidos con equipos de tipo discreto, se evaluó el número de días sin dato o dato inválido. De este análisis se presentó el siguiente porcentaje de datos inválidos (Tabla 5):

Tabla 5. Porcentaje de datos inválidos horarios y diarios por contaminante para el periodo de 2019 al 2021

Estación	2019		2020		2021	
	MP10 % Diario	SO ₂ % Horario	MP10 % Diario	SO ₂ % Horario	MP10 % Diario	SO ₂ % Horario
Coya Población	3,3	3,7	3,3	1,4	4,1	1,4

La invalidación de datos para el contaminante MP10 (discreto) se debió principalmente a falla de equipo y por tiempo mínimo de muestreo.

En la estación que mide SO₂, la invalidación de datos horarios se debió principalmente a mantenciones en terreno, fallas de equipos, fallas de energía y valores fuera de rango.

Mediante el análisis estadístico se determinó la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios respecto del MP10. La construcción de los promedios diarios (24 horas) se realizó en base a la disponibilidad de datos horarios por día, considerando como mínimo el 75% de datos efectivamente medidos de acuerdo con lo descrito en el D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009 de MINSAL. Para los datos obtenidos de equipos gravimétricos se consideró la cantidad de horas de funcionamiento del equipo de alto volumen, MP10, con un mínimo de 18 horas continuas de medición.

En las tablas siguientes, se resumen los días y porcentaje de datos válidos por año de cada estación para el contaminante MP10 y SO₂. Se puede observar un porcentaje de datos válidos superior al 75% para los contaminantes de MP10 y SO₂, en las estaciones de la Red en análisis para los años 2019, 2020 y 2021.



El resumen de datos disponibles permite concluir que se dispone de la información suficiente para realizar un análisis estadístico, aplicando los criterios especificados en la norma primaria de calidad del aire.

Tabla 6. Porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2019 y 31 de diciembre de 2021)

Estación	2019		2020		2021	
	MP10 % datos	SO ₂ % 1 hr	MP10 % datos	SO ₂ % 1 hr	MP10 % datos	SO ₂ % 1 hr
Coya Población	97	96,3	97	98,9	96	98,6

Para efectos de la evaluación anual de las normas respectivas, a continuación, en la Tabla 7 y Tabla 8 se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, de las estaciones de la red de Caletones, observándose una disponibilidad superior al 75% en la mayoría de los datos mensuales para el contaminante MP10 y SO₂, exceptuándose la estación Coya Población en el mes de abril de 2021, donde presentó un 70% de datos mensuales para el MP10. Dado que el porcentaje de dato es menor al requerido en la norma, este mes no fue considerado para el cálculo de la concentración anual.

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

MESES (%)													
Red Caletones													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Coya Población	2019	91	100	100	100	100	100	100	100	100	82	100	90
	2020	100	90	100	100	100	90	100	100	90	100	100	90
	2021	90	90	100	70	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de SO₂ mensuales por estación para los años 2019, 2020 y 2021

MESES (%)													
Red de Caletones													
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Coya Población	2019	100	96	97	93	94	100	81	100	100	100	100	100
	2020	100	100	100	97	97	97	97	97	97	97	97	94
	2021	97	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100



6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA

6.1. Evaluación de la norma para MP10

6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10

El periodo 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 9 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.

Cabe señalar que, de acuerdo con 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 cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitora clasificada como EMRPM10, sea mayor o igual a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.

Tabla 9 Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10

Estación	Percentil 98 Año 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas 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 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 2021 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Coya Población	72	48	66	44	84	56

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas para los años 2019, 2020 y 2021, se determinó que el valor de la norma de 24 horas para MP10 correspondiente a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, no fue superado en la estación Coya Población para el periodo en estudio y las concentraciones obtenidas fueron de: 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2019, 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2020 y 84 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2021, además, las concentraciones obtenidas estuvieron por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas.

El Gráfico 1 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, para la estación, para los años 2019, 2020 y 2021.



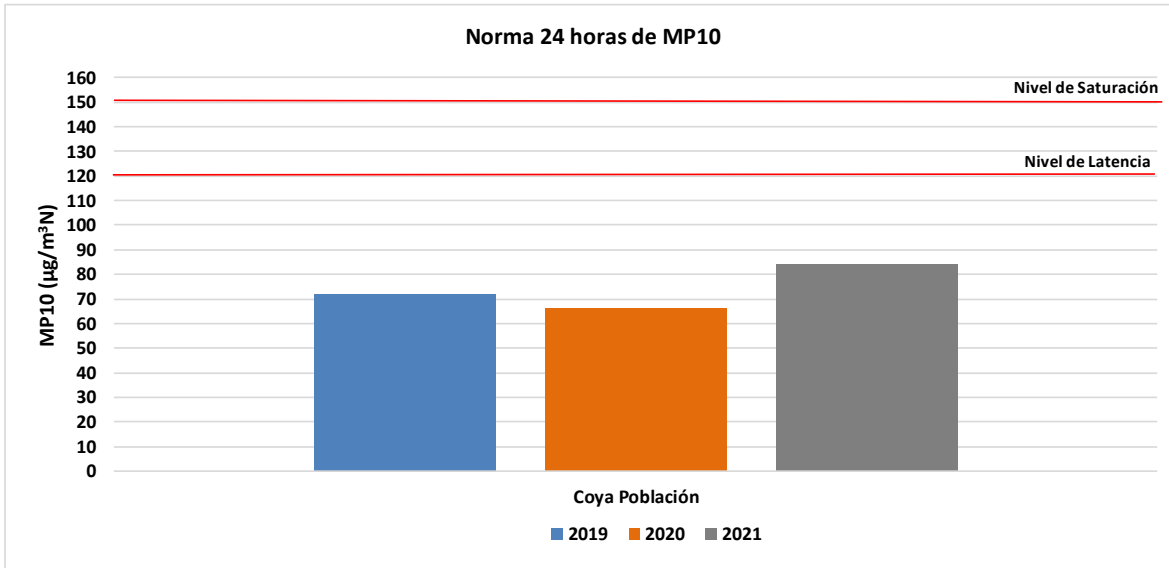


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP10 por año

Cabe destacar que complementariamente, se determinó el número de excedencias a la norma de 24 horas para los años 2019, 2020 y 2021, concluyéndose que la estación Coya Población no presentó días sobre el límite de la norma de 24 horas durante todo el periodo comprendido entre el 1° enero y el 31 de diciembre de 2021.

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10

El periodo 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 10 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 la estación de monitoreo de la Red.

De acuerdo con 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 monitorea clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 µg/m³N.



Tabla 10 Concentración promedio trianual y porcentaje de la norma anual

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Coya Población	36	35	37	36	72

El promedio trianual (2019, 2020 y 2021) obtenido fue de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en la estación Coya Población, el que expresado en porcentaje corresponde al 72%, el valor determinado no supera el límite de la norma anual de MP10 establecido en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, además la concentración obtenida se encontró por debajo del 80% del límite de la norma anual.

Complementariamente, en el Gráfico 2, se pueden observar las concentraciones correspondientes al promedio aritmético de tres años calendario consecutivo, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021.

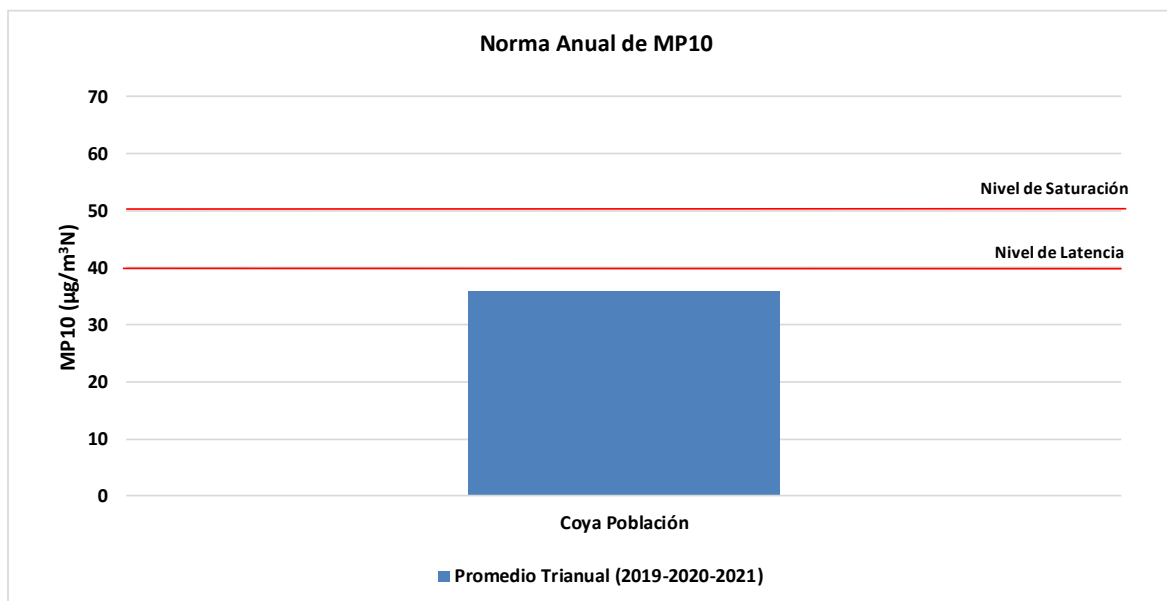


Gráfico 2 Norma Anual para MP10, Promedio trianual periodo 2019 al 2021



6.2. Evaluación de la norma primaria para SO₂

6.2.1. 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 se presenta un resumen con los valores del percentil 98,5 de la norma de 1 hora para SO₂, en la estación de vigilancia Coya Población perteneciente a la red de la calidad del aire de Caletones.

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

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

El análisis permitió evaluar la norma, ya que se disponen de 3 años consecutivos para calcular el promedio trianual de los percentiles. A continuación, en la tabla se muestra la evaluación de la norma primaria de 1 hora para el periodo evaluado.

Tabla 11 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)
Coya Población	12,29	13,14	12,24	12,55	5

De acuerdo con lo calculado, se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en la estación de Coya Población y la concentración determinada del promedio trianual del percentil 98,5 fue de 12,55 ppbv, equivalente al 5% del valor límite de la norma horaria.



El Gráfico 3 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 98,5 del periodo como promedio trianual. Mientras que, el siguiente gráfico 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.

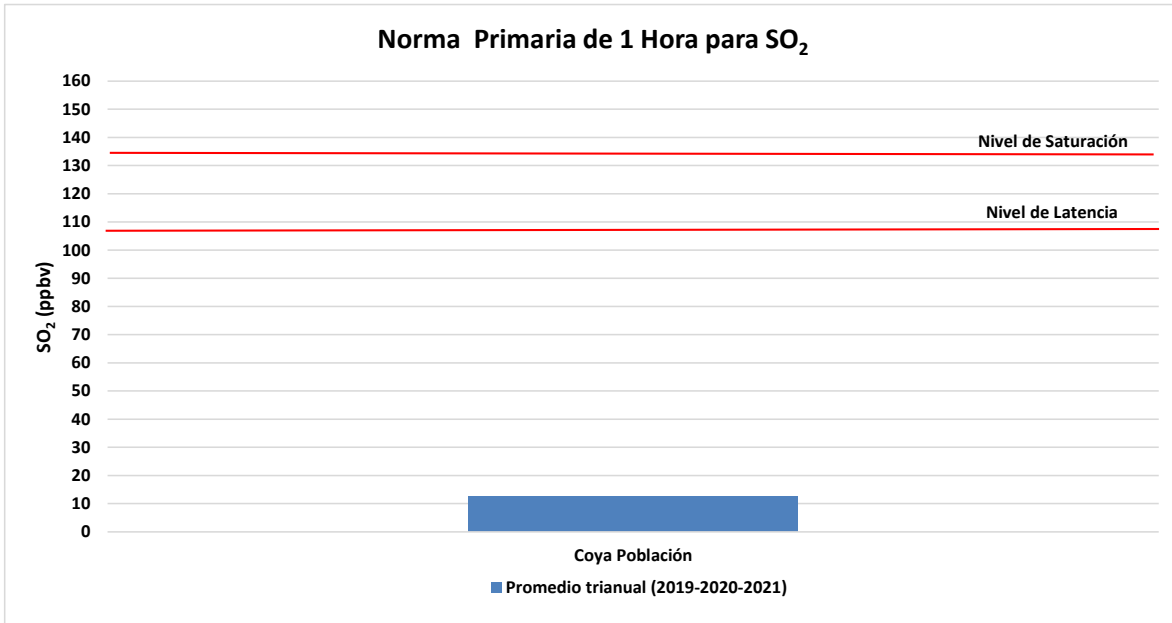


Gráfico 3 Norma primaria de 1 hora para SO₂, promedio trianual periodo 2019 al 2021 (condición a)

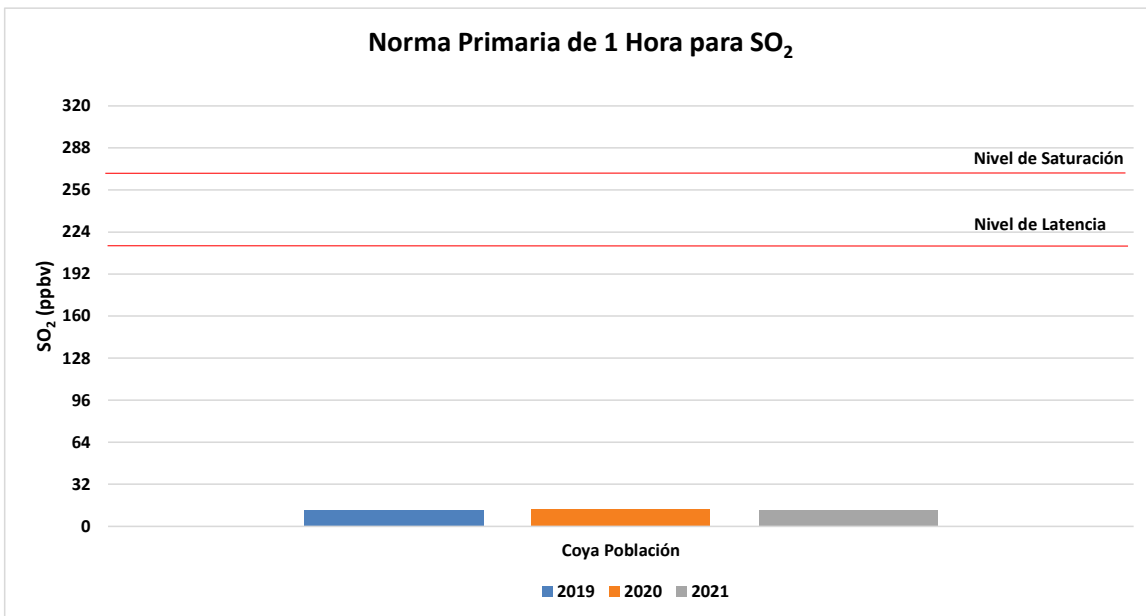


Gráfico 4 Norma primaria de 1 hora para SO₂, por año para el periodo 2019 al 2021 (condición b)



6.2.2. 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 12 se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO₂, en la estación de monitoreo de la Red Caletones.

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

- c. 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).
- d. Se considerará superada la norma 24 horas también, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 99 de las concentraciones de 24 horas registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece.

La siguiente tabla 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, Coya Población y el valor determinado fue de 9,33 ppbv, equivalente al 16% del límite de la norma de 24 horas.

Tabla 12 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)
Coya Población	10,15	10,00	7,83	9,33	16

A continuación, en el Gráfico 5, 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 6, se muestra la evaluación de norma de manera anual.



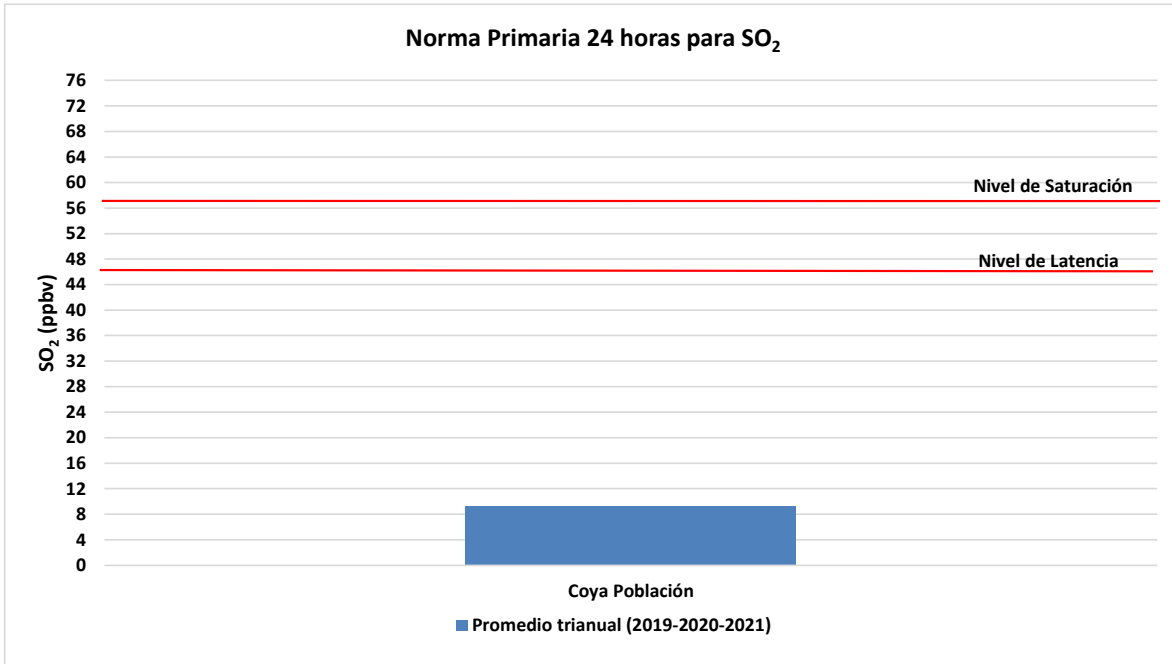


Gráfico 5 Norma primaria 24 horas para SO₂, promedio trianual periodo 2019 al 2021 (condición a)

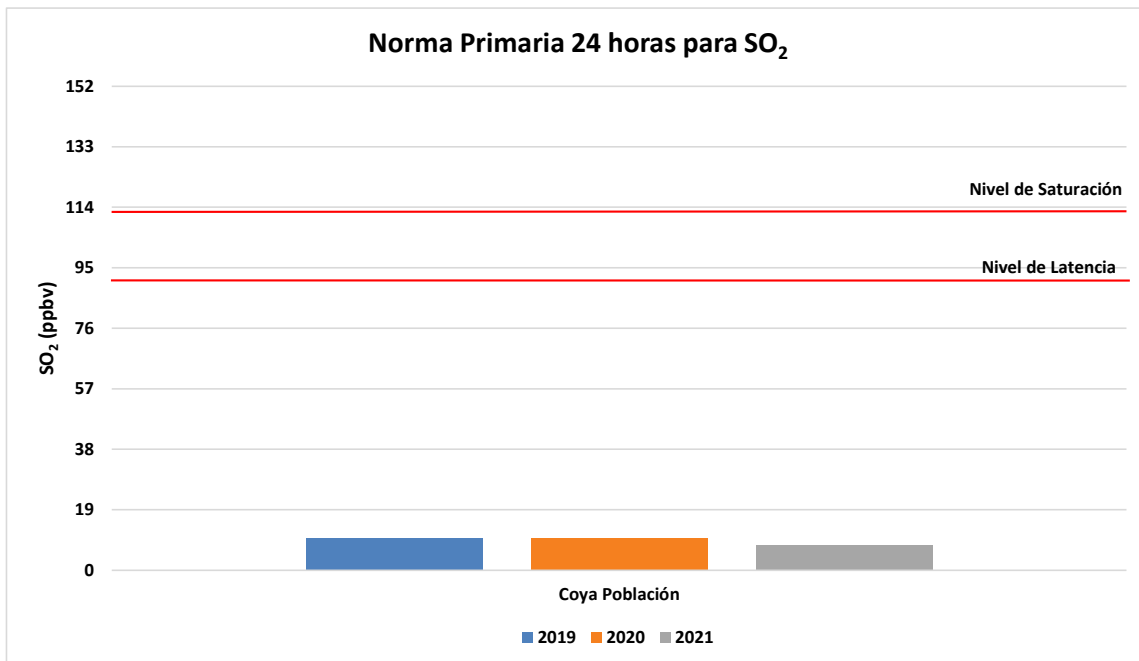


Gráfico 6 Norma primaria 24 horas para SO₂, por año para el periodo 2019 al 2021 (condición b)



6.2.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO₂

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, se tiene 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. En la Tabla 13 se presenta un resumen con los promedios anuales y la evaluación de la norma anual para SO₂ en la estación de la Red Caletones. La evaluación de la norma anual en la estación Coya Población, como concentración promedio trianual se encuentra por debajo del límite establecido de 23 ppbv, determinándose una concentración promedio trianual de 2,87 ppbv, correspondiente al 12% del límite normativo.

Tabla 13 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)
Coya Población	2,70	2,79	3,11	2,87	12

A continuación, en el gráfico se observa el promedio trianual 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 8, se muestra la evaluación de norma de manera anual.



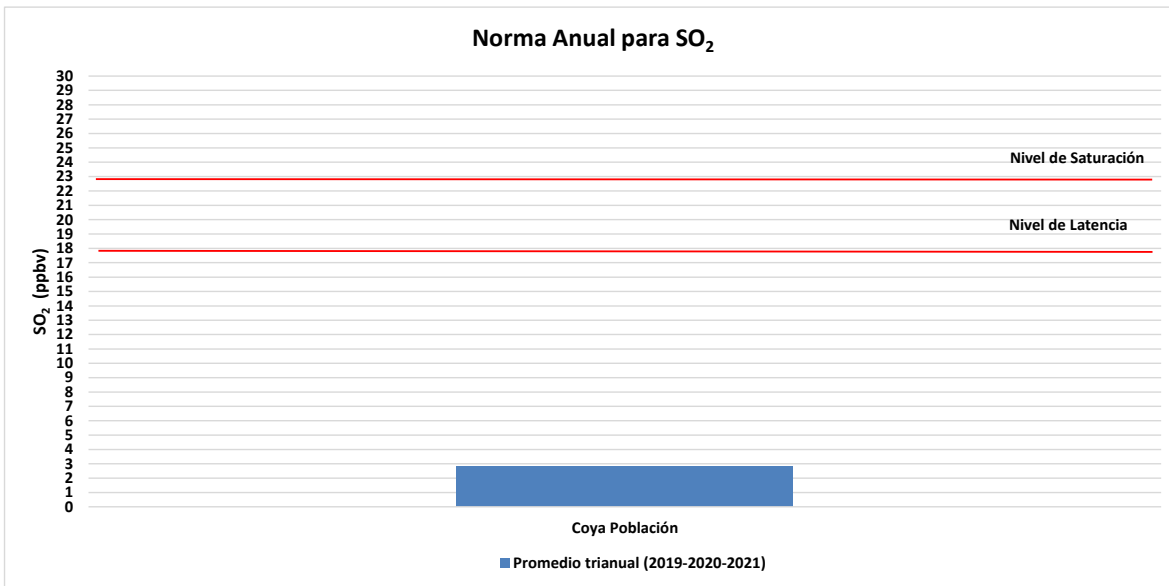


Gráfico 7 Norma primaria anual para SO₂, promedio trianual periodo 2019 al 2021 (condición a)

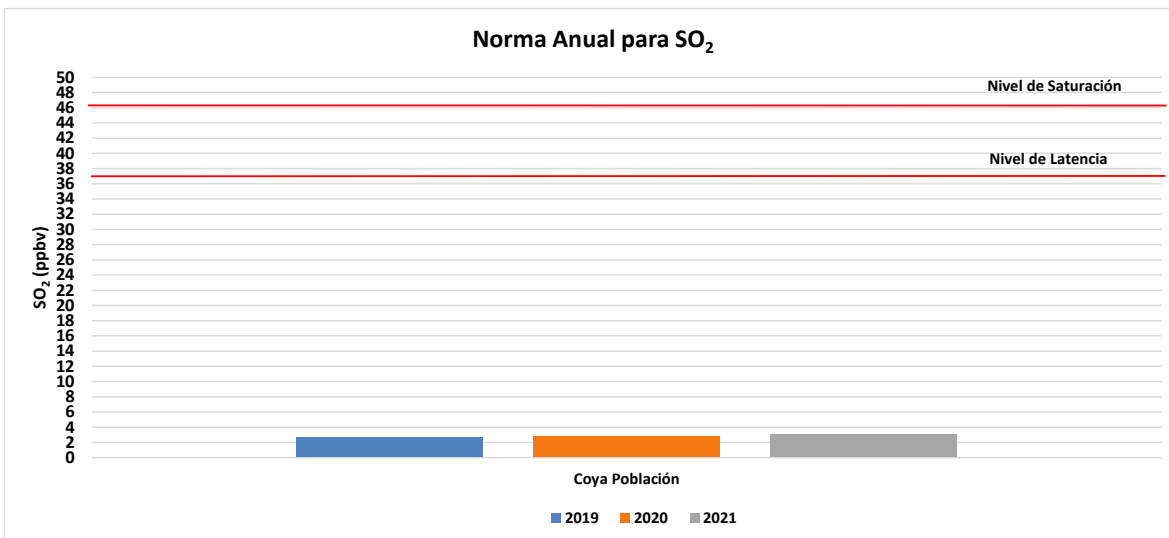


Gráfico 8 Norma primaria anual para SO₂, promedio anual por año para periodo 2019 al 2021 (condición b)



7. CONCLUSIONES

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para el contaminante MP10 y SO₂, se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y el 31 de diciembre de 2021, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10 y SO₂, de la estación Coya Población de la Red Caletones. Para verificar el cumplimiento de las normas se tomó en cuenta la representatividad poblacional para material particulado MP10 y SO₂, además del empleo de instrumentos de medición de contaminantes atmosféricos con aprobación USEPA y la constatación por parte de la SMA de la correcta validación de los datos por parte del titular para los años 2019, 2020 y 2021.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, para los años 2019, 2020 y 2021, y que fija como límite un valor de 150 µg/m³N, mediante el análisis de los datos de MP10 y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en la estación Coya Población, determinó que la norma de 24 horas no fue superada y las concentraciones obtenidas fueron de: 72 µg/m³N para el año 2019, 66 µg/m³N para el año 2020 y 84 µg/m³N para el año 2021, además, las concentraciones obtenidas estuvieron por debajo del 80% del límite de la norma de 24 horas.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de 50 µg/m³N, mediante el cálculo del promedio trianual (2019-2020-2021), se determinó que la norma anual de MP10 no fue superada en la estación de Coya Población, y la concentración obtenida fue de 36 µg/m³N, equivalente al 72% del límite de la norma anual, valor por debajo del 80% del límite de la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂, para el periodo entre al año 2019 y 2021, mediante el cálculo del promedio trianual de los valores del percentil 98,5, determinó que la norma horaria no fue superada en la estación Coya Población respecto del límite normativo de 134 ppbv, y el promedio trianual obtenido fue de 12,55 ppbv. Asimismo, se verificó el cumplimiento de la norma de 1 hora en un año calendario, si el valor del percentil 98,5, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, y el análisis determinó que bajo esta condición la norma tampoco fue superada en la estación Coya Población.

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 Coya Población y el valor obtenido como promedio trianual fue de 9,33 ppbv. Del mismo modo, se verificó el cumplimiento de la norma de 24 horas en un año calendario, si el valor del



percentil 99, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, y el análisis determinó que bajo esta condición la norma tampoco fue superada en la estación Coya Población.

Respecto de la norma anual para SO₂ que establece como límite 23 ppbv, se concluyó que la norma anual evaluada en la estación Coya Población no fue superada durante el periodo analizado (2019 al 2021) y la concentración promedio trianual obtenida fue de 2,87 ppbv, correspondiente al 12% del valor límite anual de la norma.



8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	<ul style="list-style-type: none">• Resoluciones EMRP.• Ordinario N°276/2003 COREMA VI Región.
2	Datos de calidad del aire para los años 2019, 2020 y 2021.

