



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 CATEMU
REGIÓN DE VALPARAÍSO**

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFÉRICAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

DFZ-2024-326-V-NC

MARZO 2024

	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	2
2. INTRODUCCIÓN	4
3. OBJETIVOS	6
4. ALCANCE	6
5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS	7
5.1. ESTACIONES DECLARADAS COMO EMRP DE MP10 Y SO ₂	7
5.2. DESCRIPCIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE LA RED DE CATEMU.....	8
5.3. AUDITORÍA DE DATOS	9
6. RESULTADOS	13
6.1. EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP10.....	13
6.1.1. <i>Evaluación de la norma 24 horas para MP10</i>	13
6.1.2. <i>Evaluación de la norma anual para MP10</i>	14
6.2. EVALUACIÓN DE LA NORMA PRIMARIA SO ₂	16
6.2.1. <i>Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO₂</i>	16
6.2.2. <i>Evaluación de la norma primaria 24 horas SO₂</i>	18
6.2.3. <i>Evaluación de la norma primaria anual de SO₂</i>	21
7. CONCLUSIONES	24
8. ANEXOS	26



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del aire para MP10, contenida en el D.S. N° 12/2022 del Ministerio del Medio Ambiente y la norma primaria para SO₂, contenida en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio de 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: “Corresponderá a la Superintendencia del Medio Ambiente, fiscalizar el cumplimiento de las normas de calidad, 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 consideraron los datos validados proporcionados por el titular Anglo American Sur S.A.; a los datos enviados por el titular se realizó una auditoría de validación, correspondientes a los datos registrados por las estaciones calificadas como de representatividad poblacional para MP10 (EMRP) y representatividad poblacional para SO₂ (EMRPG). Las 4 estaciones declaradas con representatividad poblacional corresponden a: Catemu, Lo Campo, Romeral y Santa Margarita.

El análisis de datos de MP10 y SO₂, se realizó con las mediciones correspondiente al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023, periodo en el cual se utilizaron instrumentos de medición con aprobación EPA.

Para la auditoría de los datos horarios se consideraron los criterios establecidos en la norma primaria de calidad del aire para MP10, que indica que los datos deben ser reportados de acuerdo con lo establecido el 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 instrumentos de tipo gravimétrico, en el caso del MP10, se utilizó como criterio lo dispuesto en el decreto antes mencionado. 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, de acuerdo con los criterios establecidos en la norma de SO₂.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, y que fija como límite un valor de 130 µg/m³N (dicho límite rige desde el año 2022), mediante el análisis de los datos de MP10 y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en las 2 estaciones que cuentan con EMRP por MP10, concluyó que la norma de 24 horas solo fue superada en el año 2023 en la estación Catemu (El Arrayán) con una concentración de 133 µg/m³N, equivalente a 102% del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, las concentraciones en la estación Lo Campo, no superaron la norma de 24 horas ni el 80% del valor límite, en el periodo evaluado.



Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, mediante el cálculo del promedio trianual (2021-2022-2023). De acuerdo con el análisis, se determinó que la norma anual de MP10 fue superada en la estación de Catemu, con una concentración promedio trianual de $60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalente al 120% del valor límite de la norma anual. Por otra parte, en la estación Lo Campo se determinó una concentración promedio trianual fue de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalente a un 74% del valor establecido en la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para SO_2

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO_2 , que establece como límite 134 ppbv ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), mediante el cálculo del promedio aritmético del percentil 99 de tres años calendario sucesivos, entre el año 2021 y el año 2023, se determinó que la norma primaria horaria no fue superada, la concentración más alta se registró en la estación Santa Margarita con 80,20 ppbv, correspondiente al 60% del valor límite de la norma horaria. Respecto al análisis de los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora, para cada uno de los años del periodo analizado, establece que la norma se considerará sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, bajo esta segunda condición (b) ninguna de las estaciones presenta superación.

Por otra parte, la evaluación de la norma primaria de SO_2 , de 24 horas, que establece como límite de 57 ppbv ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), determinó que la norma no fue superada y tampoco el 80% del valor límite de la norma de 24 horas. La concentración más alta se observó en la estación Santa Margarita con una concentración promedio trianual de 32,56 ppbv, equivalente al 57% del valor límite de la norma de 24 horas. Respecto del análisis en un año calendario, la norma señala que podrá considerarse superada si la concentración determinada mediante el percentil 99 fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, de acuerdo con esta segunda condición (b) la norma de 24 horas no fue superada durante el periodo en estudio.

Respecto de la norma anual, al analizar el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023, cuyo límite de la norma anual es de 23 ppbv ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) como promedio trianual de tres años consecutivos, se determinó que la norma anual no fue superada. La estación Santa Margarita tuvo el registro más alto, con una concentración promedio trianual de 14,75 ppbv, equivalente al 64% del valor límite de la norma anual. La evaluación realizada para un año calendario que señala que se considera sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, tanto para el año 2021, 2022, como el año 2023 no presentó superación para la segunda condición (b) descrita.



2. INTRODUCCIÓN

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.

En este orden de ideas, dentro del Programa de Fiscalización Ambiental de Normas de Calidad Ambiental, se presenta el informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2024-326-V -NC, en el cual se señalan los resultados de la auditoria de datos de los años 2021, 2022 y 2023, de las estaciones de la Red de Catemu y la evaluación de las normas de calidad primaria para MP10 y SO₂.

La comuna de Catemu pertenece a la provincia de San Felipe de Aconcagua en la Región de Valparaíso. La comuna de Catemu se ubica a 85 km de Santiago y a 95 km del puerto de Valparaíso, y posee una superficie de 361,6 km² con una población de 13.998 habitantes (CENSO 2017, INE).

En la comuna de Catemu se encuentra ubicada la localidad de Chagres, la que se encuentra declarada como zona latente para dióxido de azufre (SO₂), según el D.S. N° 185/1991 del Ministerio de Minería.

Por otra parte, a fines del año 2018, mediante el D.S. N°107, el Ministerio del Medio Ambiente declaró la provincia de Quillota y las comunas de Catemu, Panquehue y Llay-Llay, como zona saturada por material particulado MP10 a nivel anual, y latente a nivel diario (24 horas). Posteriormente, el 10 de marzo de 2021, mediante el D.S. N° 11 del Ministerio del Medio Ambiente, se declara Zona Latente por dióxido de azufre (SO₂) como concentración anual y de 24 horas, a la comuna de Catemu.

Otro antecedente relevante es que, a fines de 2018 se publicó la norma de dióxido de azufre (SO₂), contenida en el D.S. N° 104, del Ministerio del Medio Ambiente, dicha norma establece límites de concentración a nivel de 24 horas y anual más restrictivos que la anterior norma, además esta norma implementa un límite de concentración horario que no existía.

Por lo antes expuesto, el presente informe da cuenta de la calidad del aire para MP10 y SO₂, para la comuna de Catemu y se realiza un análisis de la validez de las mediciones de MP10 y SO₂, informadas por el titular Anglo American Sur S.A, responsable de la red de vigilancia de calidad del aire de Chagres y cuyas estaciones corresponden a: Catemu (El Arrayán), Lo Campo, Romeral y Santa Margarita. Cabe señalar que, las estaciones de Catemu (El Arrayán) y Lo Campo cuentan con calificación de representatividad poblacional (EMRP en adelante) por MP10 y las cuatro estaciones mencionadas cuentan con la calificación de representatividad poblacional para SO₂ (EMRPG).



En el proceso de auditoría y análisis de los datos se consideró la verificación del cumplimiento normativo de las normas primarias 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.

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 la norma de calidad del aire primaria para MP10 en su nivel diario y anual, además de la norma de calidad del aire primaria para SO₂ en su nivel horario, diario y anual; considerando el período de información comprendido entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023, en las estaciones que cuentan con representatividad poblacional para material particulado MP10 y dióxido de azufre SO₂. Para evaluación de la normativa como promedio de tres años consecutivos, se utilizaron las concentraciones del año 2021 y 2022 de MP10 y SO₂, obtenidas de los datos validados por esta Superintendencia y publicadas en el informe de fiscalización DFZ-2022-273-V-NC y DFZ-2023-446-V-NC.

Para lo anterior se determinó la validez de las mediciones de MP10 y SO₂, realizadas por la red de vigilancia de calidad del aire de Catemu, en base a una auditoría de los datos del año 2023 y los informes de fiscalización DFZ-2022-273-V-NC y DFZ-2023-446-V-NC.

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 Catemu, para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023.

Las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de MP10, que cumplen con ser estaciones con EMRP para MP10 son: Catemu (El Arrayán) y Lo Campo. Por otra parte, las estaciones utilizadas para la evaluación de datos de SO₂, que cumplen con ser estaciones con EMRPG para SO₂ son: Catemu (El Arrayán), Lo Campo, Romeral y Santa Margarita.

El presente documento evaluó el cumplimiento de las normas primarias de calidad vigentes para el periodo evaluado entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023. A continuación, en la Tabla 1 se muestran los valores límite a nivel horario, diario y anual, según corresponda por contaminante y cuerpo normativo evaluado:

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° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente	MP10	No aplica	130 µg/m ³ N	50 µg/m ³ N (promedio trianual)
D.S. N° 104/2018 del Ministerio de 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) (promedio trianual)



5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

La información de las mediciones de MP10 para el año 2021 y 2022, corresponden a los datos auditados y validados en el marco del informe DFZ-2022-273-V-NC y DFZ-2023-446-V-NC, emitido por la Superintendencia del Medio Ambiente durante el año 2022 y 2023, respectivamente.

Para las mediciones del año 2023 se utilizó la información remitida por el titular responsable de la Red de Chagres de la comuna de Catemu. La información de calidad del aire recepcionada incluyó los datos crudos (minutos), datos validados (horarios o diario) y códigos de invalidación. Adicionalmente, el titular remitió las calibraciones realizadas a los instrumentos de medición durante el periodo en estudio. 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, corresponden a las mediciones realizadas en las estaciones declaradas con representatividad poblacional para material particulado, indicadas en el punto 5.1 de este documento.

5.1. Estaciones declaradas como EMRP de MP10 y SO₂

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Catemu y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado MP10 y SO₂.

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP de MP10 y SO₂

Estación	EMRP	Resolución que otorga EMRP
Catemu (El Arrayán)	MP10	Res. Exenta N° 480 de 21 de enero de 2002, del Servicio de Salud de Aconcagua
	SO ₂	Res. Exenta N° 12.480 de 26 de noviembre de 2003, del Servicio de Salud de Aconcagua
Lo Campo	MP10	Res. Exenta N° 480 de 21 de enero de 2002, del Servicio de Salud de Aconcagua
	SO ₂	Res. Exenta N° 12.480 de 26 de noviembre de 2003, del Servicio de Salud de Aconcagua
Romeral	SO ₂	Res. Exenta N° 12.480 de 26 de noviembre de 2003, del Servicio de Salud de Aconcagua
Santa Margarita	SO ₂	Res. Exenta N° 12.480 de 26 de noviembre de 2003, del Servicio de Salud de Aconcagua



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

Tabla 3 Ubicación de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Catemu

Estación	Coordenadas UTM (m)	
	Datum WGS84, Huso 19 S*	
Catemu (El Arrayán)	316.312 E	6.371.160 N
Lo Campo	322.075 E	6.369.208 N
Romeral	311.981 E	6.366.107 N
Santa Margarita	318.267 E	6.371.490 N

*Referencia de las resoluciones EMRP.

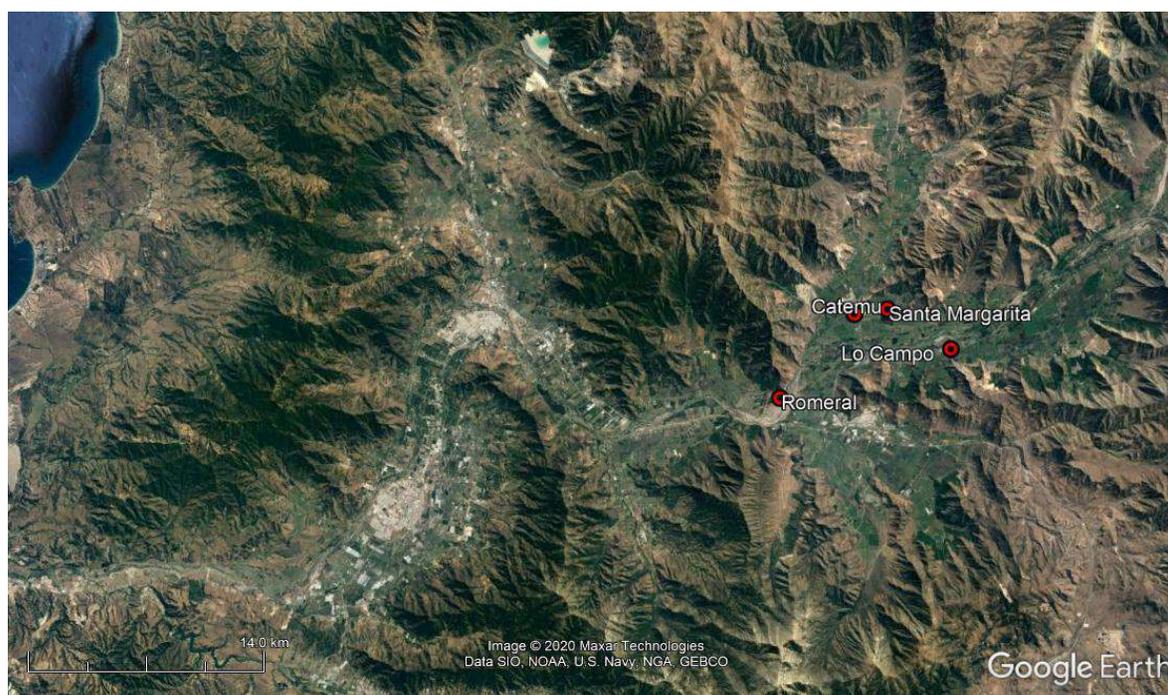


Figura 1 Ubicación de estaciones de la red calidad del aire de Catemu

5.2. Descripción de instrumentos de medición de la Red de Catemu

De acuerdo con los antecedentes entregados por el titular de las Red de Chagres de la comuna de Catemu, los instrumentos de medición utilizados para medir MP10 en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear instrumentos de medición con aprobación USEPA, establecido en las normas primarias y secundaria de calidad del aire.



A continuación, en la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP10 y SO₂, utilizados actualmente en las estaciones de calidad del aire analizadas.

Tabla 4 Listado de estaciones, instrumento y método de medición.

Estación	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
Catemu (El Arrayán)	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch Environmental Model TE-6070	RFPS-0202-141
	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Teledyne Advanced Pollution Inst. T100	EQSA-0495-0100
Lo Campo	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch Environmental Model TE-6070	RFPS-0202-141
	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Teledyne Advanced Pollution Inst. T100	EQSA-0495-0100
Romeral	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Teledyne Advanced Pollution Inst. T100	EQSA-0495-0100
Santa Margarita	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Teledyne Advanced Pollution Inst. T100	EQSA-0495-0100

5.3. Auditoría de datos

Los datos de MP10 y SO₂ para los años 2021, 2022 y 2023, validados previamente por el titular de la red, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en las normas primarias de calidad del aire para cada contaminante. 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 horarios reportados para el contaminante MP10 y SO₂, de las estaciones correspondientes a Catemu (El Arrayán), Lo Campo, Romeral y Santa Margarita. Para el caso de los datos diarios de MP10, medidos con instrumentos 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 2021 al 2023

Estación	Contaminante	2021		2022		2023	
		% Diario	% Horario	% Diario	% Horario	% Diario	% Horario
Catemu (El Arrayán)	MP10	2,5	No Aplica	0,8	No Aplica	3,3	No Aplica
	SO ₂	No Aplica	2,1	No Aplica	1,2	No Aplica	1,3
Lo Campo	MP10	3,3	No Aplica	1,6	No Aplica	1,7	No Aplica
	SO ₂	No Aplica	1,7	No Aplica	3,2	No Aplica	1,3
Romeral	SO ₂	No Aplica	3,2	No Aplica	1,4	No Aplica	1,4
Santa Margarita	SO ₂	No Aplica	1,3	No Aplica	1,8	No Aplica	1,4



La invalidación de datos para el contaminante MP10 (discreto) se debió principalmente por tiempo mínimo de muestreo y falla de equipo. En las estaciones que miden SO₂ continuo, la invalidación de datos horarios se debió a falla de energía, mantenciones en terreno y valor fuera de rango.

Mediante el análisis estadístico se determinó la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios respecto del MP10 en base a la disponibilidad de datos, 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. En los casos de días con un porcentaje menor al 75% de datos horarios, estos se invalidaron de acuerdo con lo descrito en el decreto mencionado, sin perjuicio de lo dispuesto en cada una de las normas primarias. Para los datos obtenidos de instrumentos de medición continuos se consideró la cantidad de horas de funcionamiento del instrumento, con un mínimo de 18 horas continuas de medición.

En las tablas siguientes, se resumen los días válidos por año y estación para el contaminante MP10 y SO₂. Se puede observar un porcentaje de datos válidos superior al 75% para los contaminantes, en las estaciones de la red en análisis para los años 2021, 2022 y 2023.

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

Tabla 6 Estación Catemu (El Arrayán) porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO ₂	Porcentaje de datos (%)
Catemu (El Arrayán)	2021	119	97,5	363	99
	2022	121	99	365	100
	2023	117	97	364	99,7

Tabla 7 Estación Lo Campo porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) SO ₂	Porcentaje de datos (%)
Lo Campo	2021	118	97	363	99
	2022	120	98	355	97
	2023	119	98	365	100



Tabla 8 Estación Romeral porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) SO ₂	Porcentaje de datos (%)
Romeral	2021	355	97
	2022	365	100
	2023	365	100

Tabla 9 Estación Santa Margarita porcentaje de datos válidos por año (1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023)

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) SO ₂	Porcentaje de datos (%)
Santa Margarita	2021	365	100
	2022	362	99
	2023	364	99,7

Para efectos de la evaluación anual de las normas respectivas, a continuación, en la Tabla 10, se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, de la red de Catemu, observándose una disponibilidad superior al 75% en la mayoría de los datos mensuales para el contaminante MP10, a excepción del mes de abril 2021 en la estación Lo Campo.

Tabla 10 Porcentaje de datos válidos de MP10 mensuales por estación para los años 2021, 2022 y 2023

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Catemu	2021	100	100	100	100	91	100	100	90	100	100	100	90
	2022	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100
	2023	80	100	100	100	100	100	100	91	100	100	100	90
Lo Campo	2021	100	100	100	70	100	100	90	100	100	100	100	100
	2022	100	100	90	100	100	90	100	100	100	100	100	100
	2023	100	89	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100

En relación con el parámetro SO₂ se observa en la Tabla 11, que el porcentaje de datos es menor al 75% en algunos meses, como en el caso de estación Lo Campo en el mes de octubre de 2022 presentando un 74% de válidos para SO₂.

Tabla 11 Porcentaje de datos válidos de SO₂ mensuales por estación para los años 2021, 2022 y 2023

Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Catemu	2021	100	96,4	96,8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Lo Campo	2021	100	100	96,8	100	100	100	100	100	96,7	100	100	100
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	74	93	100



Estación	Año	MESES (%)											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
	2023	100	89	100	100	100	100	90	100	100	100	100	100
Romeral	2021	100	100	87,1	100	100	86,7	100	100	100	100	100	93,5
	2022	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Santa Margarita	2021	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2022	94	100	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100
	2023	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100



6. RESULTADOS

6.1. Evaluación de la norma para MP10

6.1.1. Evaluación de la norma 24 horas para MP10

El periodo de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 12 se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP10, para los años 2021, 2022 y 2023, de las estaciones de vigilancia de la Red.

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

- a) En un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas, sea mayor o igual a 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$.
- b) Si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, sea mayor que siete.

Cabe resaltar que el nuevo límite establecido en la norma es aplicable a partir del año 2022, y para el periodo anterior se encontraba vigente la norma de MP10, D.S. 59/1998, del MINSEGPRES. En la tabla, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de las concentraciones 24 horas de MP10, para los años 2021, 2022 y 2023, de las estaciones de vigilancia de calidad del aire.

El análisis de la norma de 24 horas de MP10 para el año 2023, que establece como límite un valor de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ desde el año 2022, mediante el análisis y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10, se determinó que el valor límite de la norma fue superado en las estaciones en estudio, así la estación Catemu (El Arrayán) para el año 2023 obtuvo una concentración de 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalente al 102% del límite de la norma. En relación con la estación Lo Campo, mediante el cálculo del percentil 98 se obtuvo una concentración de 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (45%) en el año 2023, valor por debajo del 80% del límite normativo.

Tabla 12 Percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de MP10

Estación	Percentil 98 Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas 2021 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas 2022 130 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas 2023 130 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
Catemu (El Arrayán)	116	77	115	88	133	102
Lo Campo	70	46	66	51	58	45



El Gráfico 1 muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación, para los años 2022 y 2023.

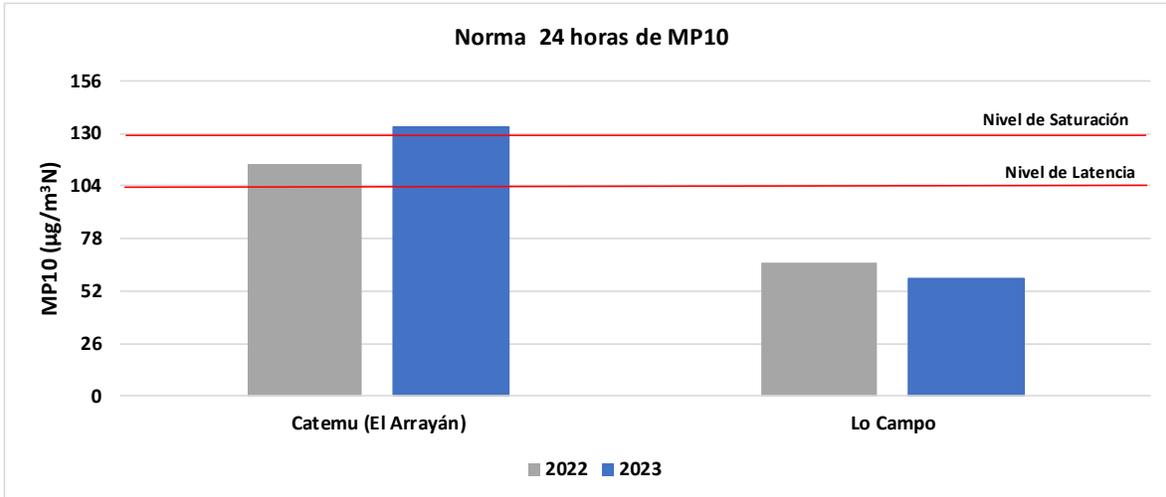


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP10 para los años 2022 y 2023

6.1.2. Evaluación de la norma anual para MP10

El periodo de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 13 se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2021, 2022 y 2023 para las estaciones de vigilancia de la Red.

De acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2022, del Ministerio del Medio Ambiente, se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad ambiental para material particulado respirable MP10 como concentración anual, cuando el promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, en cualquier estación monitorea calificada como EMRP, sea mayor o igual a 50 µg/m³N.

El promedio trianual (2021, 2022 y 2023), muestra que en la estación de Catemu se superó la norma anual de MP10, con una concentración de 60 µg/m³N, correspondiente a un 120% del valor del límite de la norma. Por otra parte, Lo Campo presentó una concentración de 37 µg/m³N, correspondiente a un 74%, encontrándose por debajo del 80% del límite de la norma anual.



Tabla 13 Concentración trianual y porcentaje de la norma

Estación	Promedio Anual 2021 (µg/m ³ N)	Promedio Anual 2022 (µg/m ³ N)	Promedio Anual 2023 (µg/m ³ N)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (µg/m ³ N)	% de la Norma Anual 50 (µg/m ³ N)
Catemu (El Arrayán)	64	63	54	60	120
Lo Campo	39	38	34	37	74

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 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.

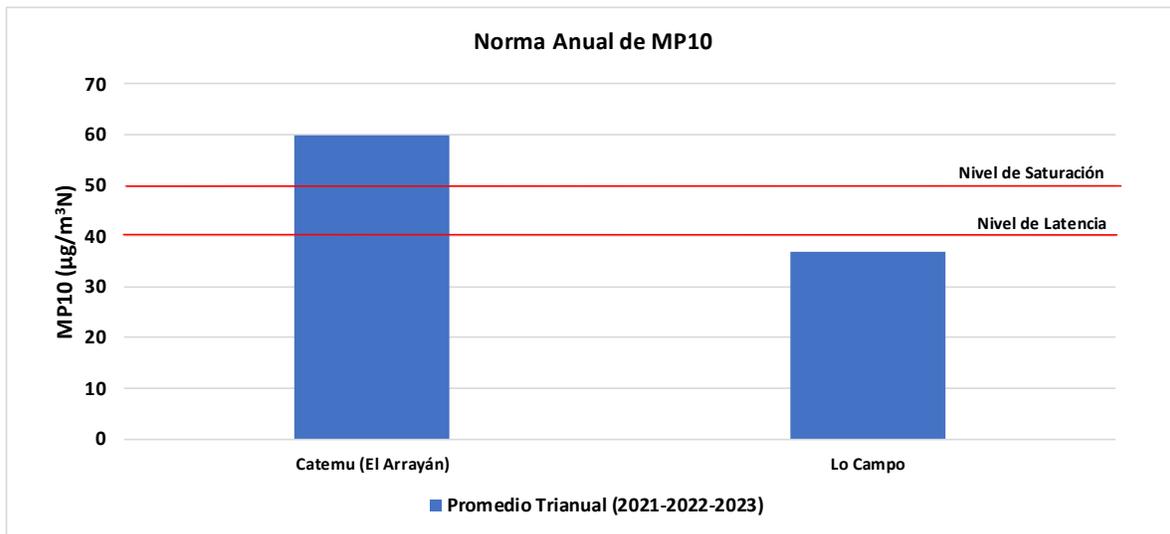


Gráfico 2 Norma Anual para MP10, Promedio trianual periodo 2021, 2022 y 2023



6.2. Evaluación de la norma primaria SO₂

6.2.1. Evaluación de la norma primaria de 1 hora SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria de 1 hora para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 14, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 1 hora para SO₂, en todas las estaciones de la Red.

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

- 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.
- Se considerará superada la norma de 1 hora, si en un año calendario, el valor correspondiente al percentil 98,5 de las concentraciones de 1 hora registradas, fuere mayor o igual al doble del valor de la norma que se establece. A partir del cuarto año calendario año de publicada la norma en el Diario Oficial, se considera un percentil 99 para evaluar esta condición.

Cabe destacar que el Artículo 5° de la norma establece que a partir del cuarto año calendario de publicada la norma en el Diario Oficial (16 de mayo de 2019), se considera el percentil 99 para evaluar la condición a. y condición b. de la norma primaria horaria, por lo tanto, se debió calcular el percentil 99 para los años 2021 y 2022, y de esta manera determinar el promedio trianual con el mismo criterio y el mismo percentil.

Tabla 14 Evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂ para el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 99 2021 (ppbv)	Percentil 99 2022 (ppbv)	Percentil 99 2023 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma Horaria 134 ppbv
Catemu (El Arrayán)	27,68	21,20	17,41	22,10	16
Lo Campo	57,23	31,67	45,80	44,90	34
Romeral	34,79	25,90	22,19	27,63	21
Santa Margarita	92,51	77,60	70,50	80,20	60



Respecto a la condición (a) se observó, en las estaciones para el período en estudio, que la norma horaria que establece como límite 134 ppbv no fue superada en ninguna de las estaciones evaluadas para el periodo 2021 a 2023. En relación con la evaluación de acuerdo con la condición (a), se determinó que la norma de 1 hora no fue superada en ninguna de las estaciones para el período en estudio y la concentración más alta se registró en la estación Santa Margarita con 80,20 ppbv, correspondiente al 60% del valor límite de la norma horaria.

El Gráfico 3 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio trianual (condición a).

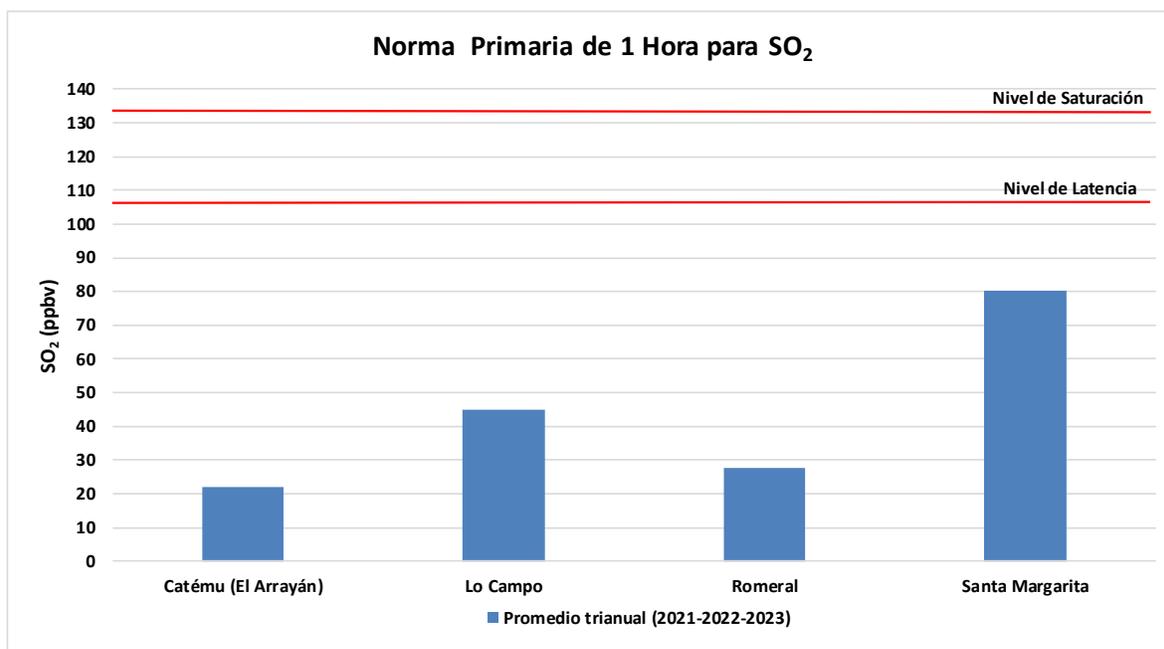


Gráfico 3 Norma primaria de 1 hora para SO₂, promedio trianual periodo 2021 al 2023 (condición a)

El Gráfico 4 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora para cada uno de los años del periodo analizado (condición b).



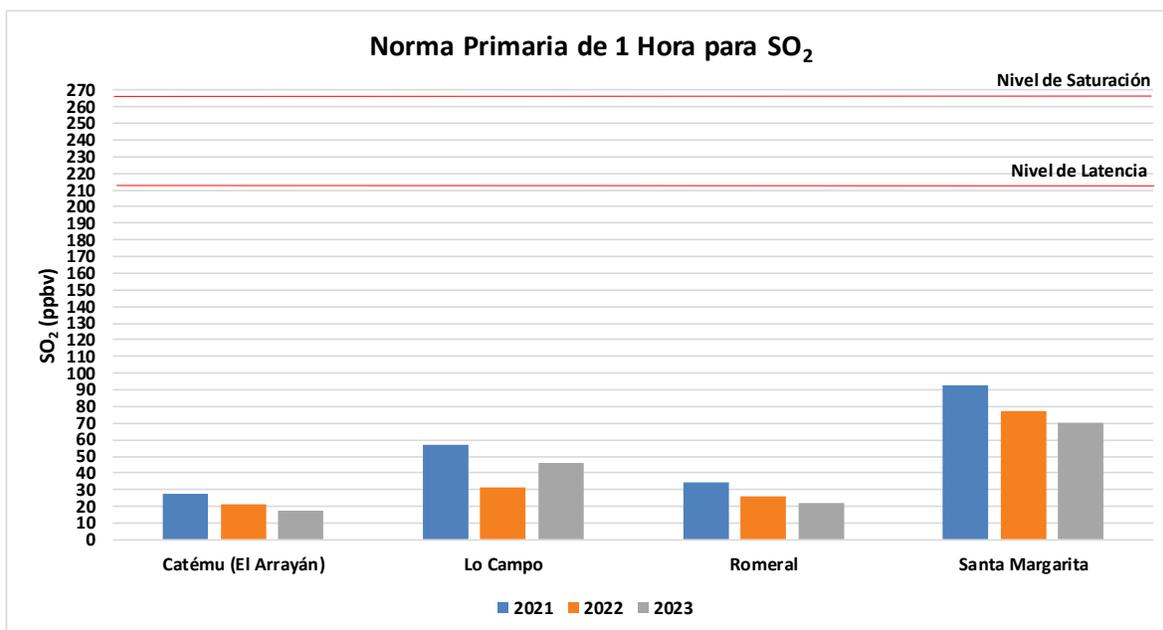


Gráfico 4 Norma primaria de 1 hora para SO₂, por año para el periodo 2021 al 2023 (condición b)

En la Tabla 15, se resume el número de días de excedencias a la norma de 1 hora de SO₂ por estación, para los años 2021, 2022 y 2023, considerando el valor límite de 134 ppbv. Para todo el periodo evaluado, la estación Santa Margarita presenta el mayor número de excedencias a la norma en el año 2021 con 1 día, el año 2022 con 2 excedencia y el año 2023 presenta 4 excedencias a la norma de 1 hora en la estación.

Tabla 15 N° de Excedencias a la norma de 1 Hora de SO₂ por estación para los años 2021, 2022 y 2023

Estación	N° de Excedencia Horarias 2021	N° de Excedencia Horarias 2022	N° de Excedencia Horarias 2023
Catemu (El Arrayán)	0	0	0
Lo Campo	0	0	1
Romeral	0	1	1
Santa Margarita	1	2	4

6.2.2. Evaluación de la norma primaria 24 horas SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria de 24 horas para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 16, se presenta un resumen con los valores del percentil 99 de la norma de 24 horas para SO₂, en todas las estaciones de la Red.



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

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

De acuerdo con lo calculado, ver Tabla 16, se determinó respecto a la condición (a) que la norma de 24 horas no fue superada, y tampoco se superó el 80% del valor límite de la norma de 24 horas en las estaciones de la red. La concentración más alta se observa en la estación Santa Margarita con una concentración promedio trianual de 32,56 ppbv, equivalente al 57% del valor límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, la evaluación de la norma 24 horas de acuerdo con la condición (b), determinó que la norma no fue superada en ninguna de las estaciones para el período en estudio.

Tabla 16 Evaluación de la norma primaria de 24 horas para SO₂ durante el período 2021 al 2023

Estación	Percentil 99 2021 (ppbv)	Percentil 99 2022 (ppbv)	Percentil 99 2023 (ppbv)	Percentil 99 Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma 24 horas 57 ppbv
Catemu (El Arrayán)	12,35	7,87	8,70	9,64	17
Lo Campo	17,67	11,09	15,75	14,84	26
Romeral	20,64	8,38	7,63	12,22	21
Santa Margarita	35,67	30,93	31,08	32,56	57

El Gráfico 5 muestra los valores obtenidos del análisis del percentil 99 del periodo como promedio trianual (condición a).



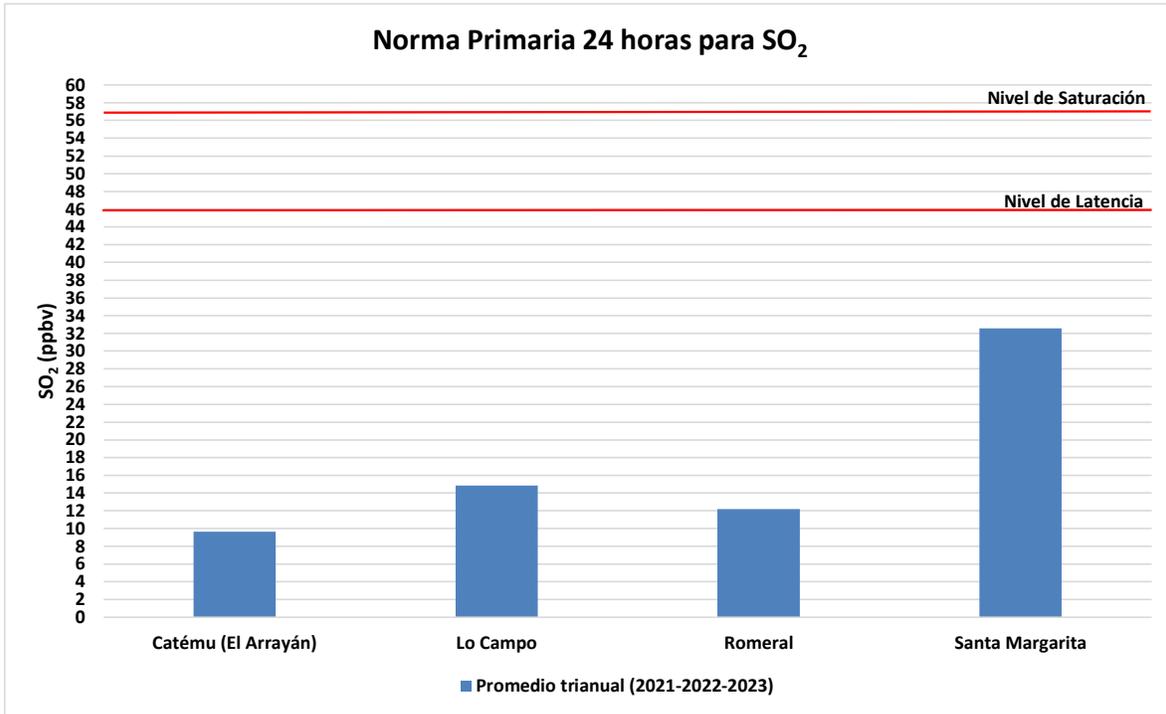


Gráfico 5 Norma primaria 24 horas para SO₂, promedio trianual periodo 2021 al 2023 (condición a)

El Gráfico 6 presenta los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 24 horas para cada uno de los años del periodo analizado (condición b).



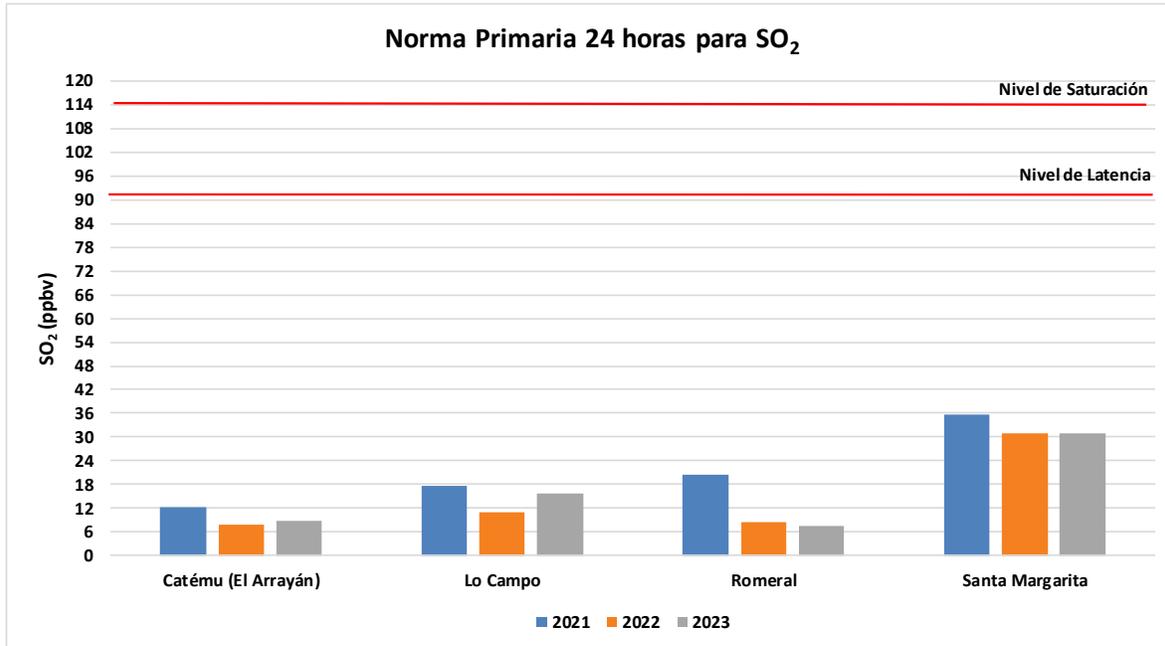


Gráfico 6 Norma primaria 24 horas para SO₂, por año para el periodo 2021 al 2023 (condición b)

6.2.3. Evaluación de la norma primaria anual de SO₂

El periodo de evaluación de la norma primaria anual para SO₂, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 17, se presenta un resumen con los promedios anuales de SO₂ en todas las estaciones de la Red.

Se debe señalar que, de acuerdo con los límites establecidos en el D.S. N° 104/2018 del Ministerio del Medio Ambiente, deben cumplir con 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.

Los resultados de la evaluación de la norma anual, presentados en la Tabla 17, indican que de acuerdo con la condición (a), la norma anual no fue superada, la estación Santa Margarita presenta la mayor concentración promedio trianual de 14,75 ppbv, equivalente al 64% del límite de la norma anual. Respecto de la evaluación de acuerdo con la condición (b) se determinó que la norma no fue superada.



Tabla 17 Evaluación de la norma primaria anual para SO₂ durante el período 2021 al 2023

Estación	Concentración Anual 2021 (ppbv)	Concentración Anual 2022 (ppbv)	Concentración Anual 2023 (ppbv)	Promedio Trianual (2021-2022-2023) (ppbv)	% de la Norma Anual 23 (ppbv)
Catemu (El Arrayán)	4,32	2,78	2,47	3,19	14
Lo Campo	6,56	3,85	5,31	5,24	23
Romerol	5,20	4,12	3,27	4,20	18
Santa Margarita	17,11	13,27	13,88	14,75	64

El Gráfico 7 muestra el promedio trianual de los años 2021, 2022 y 2023, para cada una de las estaciones de la red (condición a).

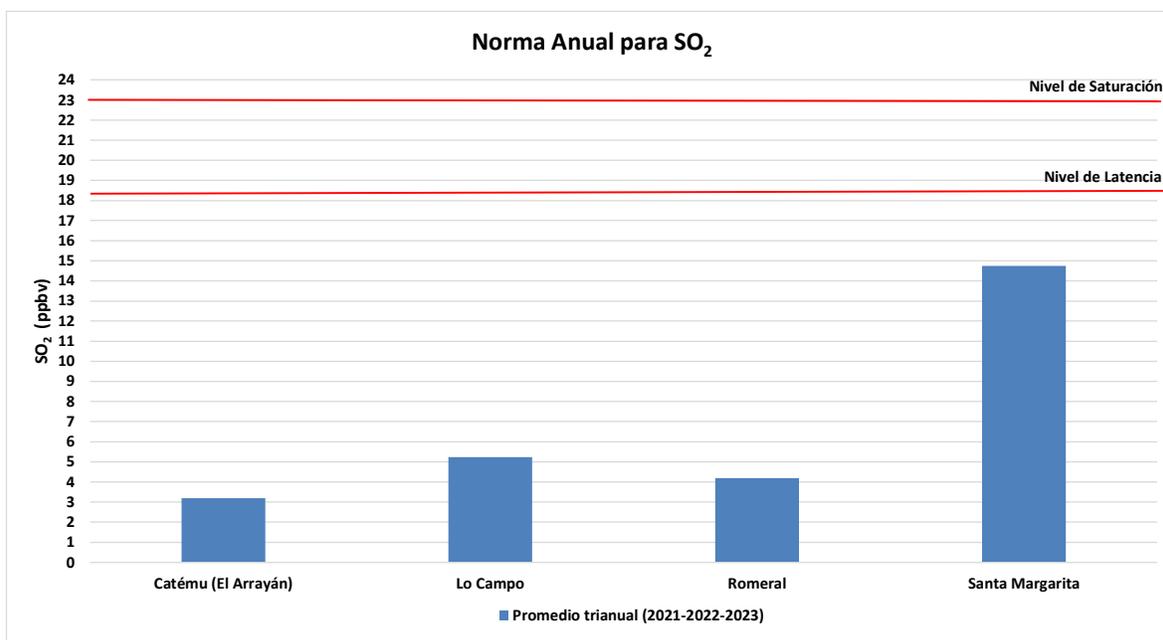


Gráfico 7 Norma primaria anual para SO₂, promedio trianual periodo 2021 al 2023 (condición a)

El Gráfico 8 presenta las concentraciones como promedio anual para cada uno de los años de periodo analizado (condición b).



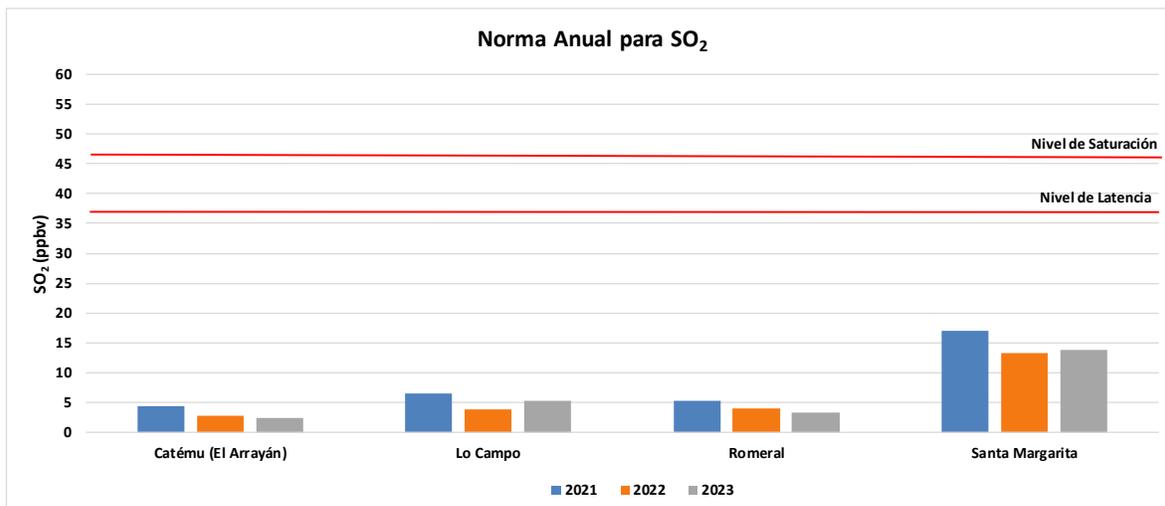


Gráfico 8 Norma primaria anual para SO₂, promedio anual por año para periodo 2021 al 2023 (condición b).



7. CONCLUSIONES

La revisión de la norma primaria de calidad del aire para el contaminante MP10, se realizó en base al periodo comprendido entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023, considerándose válida la información generada de las mediciones de MP10 y SO₂ de las 4 estaciones de la Red Catemu; denominadas Catemu, Lo Campo, Romeral y Santa Margarita. Para verificar el cumplimiento de las normas se tomó en cuenta la representatividad poblacional para material particulado respirable MP10 y dióxido de azufre (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 2021, 2022 y 2023.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, y que fija como límite un valor de 130 µg/m³N (dicho límite rige desde el año 2022), mediante el análisis de los datos de MP10 y el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas en las 2 estaciones que cuentan con EMRP por MP10, concluyó que la norma de 24 horas fue superada en el año 2023 en la estación Catemu (El Arrayán) con una concentración de 133 µg/m³N, equivalente al 102% del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, las concentraciones en la estación Lo Campo, no superaron la norma de 24 horas ni el 80% del valor límite, durante el periodo evaluado.

Respecto de la norma anual de MP10 que establece como límite una concentración de 50 µg/m³N, mediante el cálculo del promedio trianual (2021-2022-2023). De acuerdo con el análisis, se determinó que la norma anual de MP10 fue superada en la estación de Catemu, con una concentración promedio trianual de 60 µg/m³N, equivalente al 120% del valor límite de la norma anual. Por otra parte, en la estación Lo Campo se determinó una concentración promedio trianual fue de 37 µg/m³N, equivalente a un 74% del valor establecido en la norma anual.

Norma primaria de calidad del aire para SO₂

La evaluación de la norma primaria de 1 hora de SO₂, que establece como límite 134 ppbv (350 µg/m³N), mediante el cálculo del promedio aritmético del percentil 99 de tres años calendario sucesivos, entre el año 2021 y el año 2023, se determinó que la norma primaria horaria no fue superada, la concentración más alta se registró en la estación Santa Margarita con 80,20 ppbv, correspondiente al 60% del valor límite de la norma horaria. Respecto al análisis de los valores obtenidos del cálculo del percentil 99 de las concentraciones de 1 hora, para cada uno de los años del periodo analizado, establece que la norma se considerará sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, bajo esta segunda condición (b) ninguna de las estaciones presenta superación.



Por otra parte, la evaluación de la norma primaria de SO₂, de 24 horas, que establece como límite de 57 ppbv (150 µg/m³N), determinó que la norma no fue superada y tampoco el 80% del valor límite de la norma de 24 horas. La concentración más alta se observó en la estación Santa Margarita con una concentración promedio trianual de 32,56 ppbv, equivalente al 57% del valor límite de la norma de 24 horas. Respecto del análisis en un año calendario, la norma señala que podrá considerarse superada si la concentración determinada mediante el percentil 99 fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, de acuerdo con esta segunda condición (b) la norma de 24 horas no fue superada durante el periodo en estudio.

Respecto de la norma anual, al analizar el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023, cuyo límite de la norma anual es de 23 ppbv (60 µg/m³N) como promedio trianual de tres años consecutivos, se determinó que la norma anual no fue superada. La estación Santa Margarita tuvo el registro más alto, con una concentración promedio trianual de 14,75 ppbv, equivalente al 64% del valor límite de la norma anual. La evaluación realizada para un año calendario que señala que se considera sobrepasada si fuere mayor o igual al doble del valor de la norma, tanto para el año 2021, 2022, como el año 2023 no presentó superación para la segunda condición (b) descrita.



8. ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP.
2	Datos de calidad del aire para el año 2023.

