



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

**INFORME TÉCNICO
CUMPLIMIENTO DE NORMA DE CALIDAD DEL AIRE POR
MP2,5 Y MP10**

**RED DE CALIDAD DEL AIRE DE COYHAIQUE
REGIÓN DE AYSÉN**

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFERICAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

**DFZ-2024-2067-XI-NC
JULIO 2024**

| | Nombre | Cargo | Firma |
|-----------|-------------------------|--|-------|
| Aprobado | Juan Pablo Rodríguez F. | Jefe de Sección de Calidad del Aire y Emisiones Atmosféricas | |
| Revisado | Isabel Leiva C. | Profesional División de Fiscalización | |
| Elaborado | Mauricio Grez A. | Profesional División de Fiscalización | |



CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 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-MP2,5 Y EMRP-MP10 | 8 |
| 5.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE LA COMUNA DE COYHAIQUE | 9 |
| 5.3 AUDITORÍA DE DATOS | 10 |
| 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA | 12 |
| 6.1 EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP2,5 | 12 |
| 6.1.1 EVALUACIÓN DE LA NORMA 24 HORAS PARA MP2,5..... | 12 |
| 6.1.2 EVALUACIÓN DE LA NORMA ANUAL PARA MP2,5..... | 15 |
| 6.2 EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP10 | 17 |
| 6.2.1 EVALUACIÓN DE LA NORMA 24 HORAS MP10..... | 17 |
| 6.2.2 EVALUACIÓN DE LA NORMA ANUAL MP10 | 20 |
| 7. CONCLUSIONES | 22 |
| 8. ANEXOS | 24 |



1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento da cuenta de la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para material particulado fino respirable MP2,5 y MP10, establecida en el D.S. N° 12/2011 y en el D.S. N° 12/2021 ambos 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: “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 de calidad del aire correspondió a un examen de información de los datos validados y proporcionados por el Ministerio del Medio Ambiente, para los contaminantes MP2,5 y MP10. Con la información remitida por el Ministerio de Medio Ambiente, se realizó una auditoría a los datos validados, correspondiente a dos (2) estaciones de monitoreo de calidad del aire de la Región de Aysén, ubicadas en la ciudad de Coyhaique, denominadas “Coyhaique 1” y “Coyhaique 2”, pertenecientes al Ministerio del Medio Ambiente, ambas declaradas con representatividad poblacional (EMRP) por MP2,5 y MP10.

Cabe señalar que, el 28 de noviembre de 2012 mediante el Decreto Supremo N°33, del Ministerio del Medio Ambiente, se declaró zona saturada por material particulado respirable MP10, como concentración anual y de 24 horas, a la ciudad de Coyhaique y su zona circundante, en conformidad al polígono que se indica. Consecutivamente en mayo de 2013 se dio inicio al proceso de elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférico para la ciudad de Coyhaique, Región de Aysén; posteriormente mediante el Decreto Supremo N°46, de 28 de octubre de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, se establece el Plan de Descontaminación Atmosférico para la ciudad de Coyhaique y su zona circundante. Por otra parte, el 30 de agosto de 2016, a través del Decreto Supremo N°15 del Ministerio del Medio Ambiente, también fue declarada zona saturada por material particulado fino respirable MP2,5, como concentración de 24 horas, la ciudad de Coyhaique y su zona circundante, en conformidad al polígono que se indica.

En el año 2015 la Superintendencia del Medio Ambiente realizó una fiscalización ambiental a la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la Ciudad de Coyhaique, con el objeto de evaluar la representatividad poblacional para MP2,5. Producto de esta fiscalización, se calificaron como EMRP (estación de monitoreo con representatividad poblacional) por MP2,5, las estaciones de monitoreo denominadas “Coyhaique 1” y “Coyhaique 2”. De la misma forma el año 2019 se realizó la fiscalización para otorgar la EMRP para MP10 a la estación Coyhaique 2.

El análisis de datos de MP2,5 y MP10, se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero de 2021 y 31 de diciembre de 2023, datos medidos con instrumentos de medición con aprobación EPA.



Para la auditoría de los datos horarios se consideraron los criterios establecidos en las normas primarias de calidad del aire para MP2,5 y MP10, en esta última indica que todos los datos deben ser reportados de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos, D.S. N°61/2008, modificado por el D.S. N°30/2009, del Ministerio de Salud (MINSAL). En el caso de los contaminantes de MP2,5 y MP10 se utilizó como criterio, para el cálculo del promedio anual las concentraciones mensuales de un año calendario y para el promedio de 24 horas los promedios horarios en base un número igual o mayor a 18 horas, de acuerdo con los criterios establecidos en las respectivas normas primarias antes mencionadas.

Norma de calidad del aire para MP2,5

La evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 determinó que los valores correspondientes al percentil 98 de las concentraciones diarias para los años 2021, 2022 y 2023 superaron el límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la norma. El análisis determinó que en el año 2021 la concentración en estación Coyhaique 1 fue de 253 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (506%) y en Coyhaique 2 fue de 242 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (484%); para el año 2022 correspondieron a: 276 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (552%) en Coyhaique 1 y 279 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (558%) en Coyhaique 2. Finalmente, en el año 2023 mediante el cálculo del percentil 98, se determinó que la concentración en Coyhaique 1 fue de 165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Coyhaique 2 fue de 181 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalentes a 330% y 362% del límite de la norma 24 horas, respectivamente.

Complementariamente, se determinó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para MP2,5 para el periodo en estudio, registrándose en el año 2021 en estación Coyhaique 1 un número de 60 días y en Coyhaique 2 un número de 74 días; mientras que en el año 2022 en estación Coyhaique 1 un número de 69 días y en Coyhaique 2 un número de 82 días; y por último para el año 2023 un número de 83 días en la estación Coyhaique 1, mientras que en la estación Coyhaique 2 se registraron 95 días con excedencia a la norma de 24 horas.

La evaluación de la norma anual para MP2,5, con la información disponible se pudo determinar el promedio anual para los años 2021, 2022 y 2023, en ambas estaciones de la ciudad de Coyhaique. El promedio trianual para el periodo antes mencionado determinó que la norma anual que establece como límite una concentración de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, fue superada en la estación Coyhaique 1 con una concentración de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Coyhaique 2 con una concentración de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalentes a 175% y 200% respecto del límite de la norma anual.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, para los años 2022 y 2023, y que fija como límite un valor de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, fue superado en la estación Coyhaique 1 en todo el periodo evaluado, registrando concentraciones de 343 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2022 y 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2023,



correspondiente a 264% y 142%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, en la estación Coyhaique 2 mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, se determinó una concentración de 283 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2022 y 188 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2023, correspondiente a 218% y 145%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

Adicionalmente, se calculó el número de días con excedencia a la norma de 24 horas de MP10, para los años 2022 y 2023, determinándose en estación Coyhaique 1 un número de excedencias de 26 días en el año 2022 y 21 días en el año 2023. En relación con la estación Coyhaique 2 se determinó el número de excedencias para el año 2022 y 2023 correspondiente a 22 días.

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 y 2023), se determinó que la norma anual de MP10 fue superada en la estación de Coyhaique 1 con una concentración promedio trianual de 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, correspondiente al 102% del límite de la norma anual. Respecto de la estación Coyhaique 2 el promedio trianual fue de 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalente al 92% del límite de la norma anual, superando el 80% del límite normativo.



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. Para lo anterior, la Superintendencia realizó una auditoría y análisis de los datos remitidos para los años 2021, 2022 y 2023, con el fin de obtener información válida que permita evaluar la norma primaria de calidad del aire de MP2,5 y MP10.

La Ciudad de Coyhaique es la capital regional de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, principal núcleo urbano de la región, su población comunal alcanzó los 57.818 habitantes (CENSO 2017, INE).

La comuna de Coyhaique se ubica en los 45°34'0''O y 72°4' 0''S, en la zona central de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y posee una superficie de 7.775 km², cifra que representa el 7,1% de la superficie regional. La mayor parte de la comuna se emplaza en la ladera oriental de la cordillera de los Andes, limitando con la República Argentina, hacia el este, y las comunas de Lago Verde, hacia el norte, Río Ibáñez, hacia el sur y Aysén, hacia el poniente.

El presente documento da cuenta de la evaluación de la norma para MP2,5 y MP10, en las estaciones de vigilancia de calidad del aire correspondientes a “Coyhaique 1” y “Coyhaique 2” estaciones cuentan con calificación de representatividad poblacional (en adelante, EMRP) por MP2,5 y MP10.

El proceso de evaluación de la norma de MP2,5 y MP10 de las dos (2) estaciones consideró una auditoría y análisis de los datos con el objeto de dar cumplimiento a las normas primarias de calidad del aire para MP2,5, MP10, en conjunto al D.S. N° 61/2008, modificado por D.S. N° 30/2009, del Ministerio de Salud (en adelante MINSAL).

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 las Resoluciones Exentas 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 y MP10, en su nivel diario y anual, según corresponda, 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 MP2,5 y MP10. Cabe señalar que, en el informe DFZ-2022-2617-XI-NC se incluye el análisis de la norma de calidad del aire para MP2,5 y MP10 en el año 2021.,

Para lo anterior se determinó la validez de las mediciones de MP2,5 y MP10, realizadas por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la ciudad de Coyhaique, en base a una auditoría de los datos reportados para los años 2021, 2022 y 2023.

4. ALCANCE

Los datos validados por esta Superintendencia en el presente informe corresponden a los registros de MP2,5 y MP10 de la red de vigilancia de calidad del aire de la Ciudad de Coyhaique, Región de Aysén, 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 MP2,5 y de MP10, que cumplen con ser estaciones con EMRP para MP2,5 y MP10 corresponden a Coyhaique 1 y Coyhaique 2.

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 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° 12/2021 del Ministerio del Medio Ambiente. | MP10 | No aplica | 130 µg/m ³ N | 50 µg/m ³ N |
| D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente. | MP2,5 | No aplica | 50 µg/m ³ | 20 µg/m ³ |



5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

Para la evaluación de los datos de MP2,5 y MP10 en los años 2021, 2022 y 2023, se utilizó la información de las mediciones reportadas 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. Los datos evaluados de MP2,5 y 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-MP2,5 y EMRP-MP10

En la Tabla 2 se describen las estaciones de la red de monitoreo de calidad del aire de la ciudad de Coyhaique, Región de Aysén y sus respectivas resoluciones que las califican como estación de monitoreo con representatividad poblacional para material particulado MP2,5 y MP10.

Tabla 2 Estaciones declaradas como EMRP-MP2,5 y EMRP-MP10

| Estación | Resolución que otorga EMRP para MP2,5 | Resolución que otorga EMRP para MP10 |
|-------------|--|---|
| Coyhaique 1 | Res. Exenta N° 279 del 09 de abril de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente. | Res. Exenta N° 0507 del 01 de abril de 2007, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud. Región de Aysén. |
| Coyhaique 2 | Res. Exenta N° 160 del 10 de marzo de 2015, de la Superintendencia del Medio Ambiente. | Res. Exenta N° 277 del 22 de febrero de 2019, de la Superintendencia del Medio Ambiente. |

Por su parte, en la Tabla 3 se describe la ubicación de las estaciones de la Red de vigilancia de la calidad del aire de la ciudad de Coyhaique, cuya representación gráfica se ilustra en la Figura 1.

Tabla 3 Ubicación de las estaciones de la Red Coyhaique Georreferenciadas

| Propietario | Estación de Monitoreo | Coordenadas UTM (m) Datum WGS84, Huso 18 S* | |
|-------------|-----------------------|---|-------------|
| | | E | N |
| MMA | Coyhaique 1 | 729.272 E | 4.948.420 N |
| MMA | Coyhaique 2 | 730.159 E | 4.948.490 N |

*Referencia de las resoluciones EMRP.



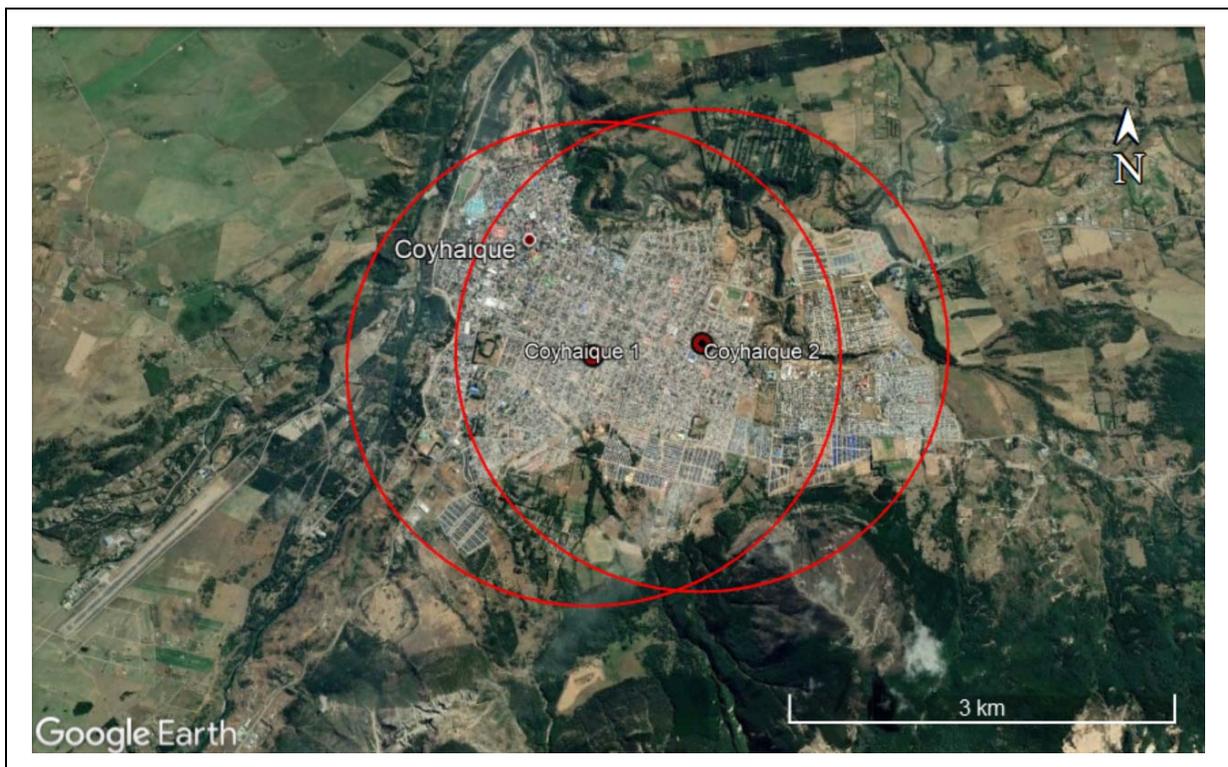


Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire del aire de Coyhaique

5.2 Descripción de equipos de medición de la Red de monitoreo de la comuna de Coyhaique

De acuerdo con los antecedentes entregados por el Ministerio de Medio ambiente, para los años 2021, 2022 y 2023, respecto de los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP2,5 y MP10 en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear instrumentos de medición con aprobación USEPA, establecido en la norma primaria de calidad del aire.

A continuación, en la Tabla 4 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP2,5 y MP10, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el periodo de evaluación.

Tabla 4 Listado de estaciones, instrumento y método de medición

| Estación | Parámetro | Método de Medición | Marca/Modelo | Método de Referencia o Equivalente EPA |
|-------------|-----------|---|---------------|--|
| Coyhaique 1 | MP2,5 | Basado en el principio de atenuación beta | Met One MP2,5 | EQPM-0308-170 |
| | MP10 | Basado en el principio de atenuación beta | Met One MP10 | EQPM-0798-122 |



| Estación | Parámetro | Método de Medición | Marca/Modelo | Método de Referencia o Equivalente EPA |
|-------------|-----------|---|---------------|--|
| Coyhaique 2 | MP2,5 | Basado en el principio de atenuación beta | Met One MP2,5 | EQPM-0308-170 |
| | MP10 | Basado en el principio de atenuación beta | Met One MP10 | EQPM-0798-122 |

5.3 Auditoría de datos

Los datos de MP2,5 y MP10 para los años 2021, 2022 y 2023, validados por el MMA, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en la norma primaria de calidad del aire para dichos contaminantes y de acuerdo con 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 para el periodo en estudio, a través de gráficas de series de tiempo para cada una de las estaciones.

La auditoría de los datos medidos con instrumentos de medición continuo, consideró una revisión de los códigos de invalidación horarios reportados para el contaminante MP2,5 y MP10 de cada estación, se evaluó el número de días sin dato o dato inválido. De este análisis se presentó el siguiente porcentaje de datos inválidos para los años 2021, 2022 y 2023. Cabe señalar que en el informe DFZ-2022-2617-XI-NC se incluye el análisis de la norma de calidad del aire para MP2,5 y MP10 en el año 2021.

La auditoría de los datos consideró una revisión de los códigos de invalidación horarios reportados para los contaminantes MP2,5 y de MP10, de cada estación. En la Tabla 5 se recopilan los porcentajes de datos inválidos por estación y contaminante para el año 2021, 2022 y 2023. En ésta se observa que ambas estaciones registran menos del 25% de sus datos inválidos, determinándose porcentajes de datos inválidos menor al 3,8%.

Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios para MP2,5 y MP10 para el periodo de 2021 al 2023

| Estación | 2021 | | 2022 | | 2023 | |
|-------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | MP2,5 % Horario | MP10 % Horario | MP2,5 % Horario | MP10 % Horario | MP2,5 % Horario | MP10 % Horario |
| Coyhaique 1 | 2,5 | 3,8 | 2,5 | 3,2 | 2,1 | 1,8 |
| Coyhaique 2 | 1,4 | 2,2 | 1,6 | 1,8 | 3,1 | 1,9 |



Mediante el análisis estadístico se determinó la cantidad de datos disponible para el cálculo de los promedios diarios, lo que permitió la construcción de los promedios diarios (24 horas) en base a la disponibilidad de datos 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. En los casos de días con un porcentaje menor al 75% de horas, éstos se invalidaron de acuerdo con lo descrito en el decreto mencionado.

En las tablas siguientes, se resumen los días válidos por año y estación para los contaminantes MP2,5 y MP10, en la tabla se puede observar que el porcentaje de datos válidos es superior al 75%, en las estaciones de Coyhaique 1 y Coyhaique 2, para los años 2021, 2022 y 2023.

El resumen de datos validos 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 Porcentaje de datos válidos por año para MP2,5 y MP10 (2021, 2022 y 2023)

| Estación | Año | N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5 | Porcentaje de datos (%) | N° de Datos Disponibles (Días) MP10 | Porcentaje de datos (%) |
|-------------|------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Coyhaique 1 | 2021 | 356 | 98 | 351 | 96 |
| | 2022 | 357 | 98 | 351 | 96 |
| | 2023 | 358 | 98 | 359 | 98 |
| Coyhaique 2 | 2021 | 360 | 99 | 357 | 98 |
| | 2022 | 360 | 99 | 361 | 99 |
| | 2023 | 352 | 96 | 359 | 98 |

Para efectos de la evaluación anual de las normas primarias de MP2,5 y MP10, a continuación, en las Tabla 7 y

Tabla 8, se resume el porcentaje de datos disponibles a nivel mensual, de las estaciones Coyhaique 1 y Coyhaique 2, observándose una disponibilidad de datos mensuales válidos de MP2,5 superior al 75% a excepción del mes de enero de 2021 con un 71% en la estación Coyhaique 1.



Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 mensuales por estación para los años 2021, 2022 y 2023

| MESES (%) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| Red de Coyhaique | | | | | | | | | | | | | |
| Estación | Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Coyhaique 1 | 2021 | 100 | 100 | 93,5 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 86,7 | 100 |
| | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 90 | 83 | 100 |
| | 2023 | 100 | 100 | 100 | 100 | 94 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 84 | 100 |
| Coyhaique 2 | 2021 | 87,1 | 100 | 100 | 100 | 96,8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2022 | 87 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2023 | 87 | 93 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 84 | 100 | 100 |

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP10 mensuales por estación para los años 2021, 2022 y 2023

| MESES (%) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Red de Coyhaique | | | | | | | | | | | | | |
| Estación | Año | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| Coyhaique 1 | 2021 | 71 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 87 | 97 |
| | 2022 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 100 | 97 | 100 | 100 | 87 | 87 | 87 |
| | 2023 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 100 | 100 | 87 | 100 |
| Coyhaique 2 | 2021 | 87 | 100 | 100 | 100 | 87 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2022 | 87 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | 2023 | 84 | 100 | 97 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA

6.1 Evaluación de la norma para MP2,5

6.1.1 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma para MP2,5, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la

Tabla 9, se presenta un resumen de los valores calculados del percentil 98 de la concentración 24 horas de la norma de MP2,5, para los años 2021, 2022 y 2023, de las estaciones de vigilancia de calidad del aire de la ciudad de Coyhaique.

De acuerdo con 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.



Tabla 9 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para los años 2021, 2022 y 2023

| Estación | Percentil 98 Año 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | % de la Norma 24 horas 2021 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Percentil 98 Año 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | % de la Norma 24 horas 2022 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Percentil 98 Año 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | % de la Norma 24 horas 2023 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------|--|---|--|---|--|---|
| Coyhaique 1 | 253 | 506 | 276 | 552 | 165 | 330 |
| Coyhaique 2 | 242 | 484 | 279 | 558 | 181 | 362 |

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para los años 2021, 2022 y 2023, determinó que el valor de la norma 24 horas para MP2,5, fue superado en las dos (2) estaciones Coyhaique 1 y Coyhaique 2, los valores obtenidos se encontraron por sobre el 100% de la norma de 24 horas en todo el periodo en estudio. Cabe destacar que las concentraciones obtenidas, mediante el cálculo del percentil 98, para el año 2021, las que determinaron la concentración en estación Coyhaique 1 fue $253 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (506%) y $242 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (484%) en Coyhaique 2; para el año 2022 correspondieron a: $276 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (552%) en Coyhaique 1 y $279 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (558%) en Coyhaique 2. Finalmente, en el año 2023 mediante el cálculo del percentil 98, se determinó que la concentración en Coyhaique 1 fue de $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Coyhaique 2 fue de $181 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalentes a 330% y 362% del límite de la norma 24 horas, respectivamente.

El Gráfico 1, muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP2,5, por estación, para los años 2021, 2022 y 2023.



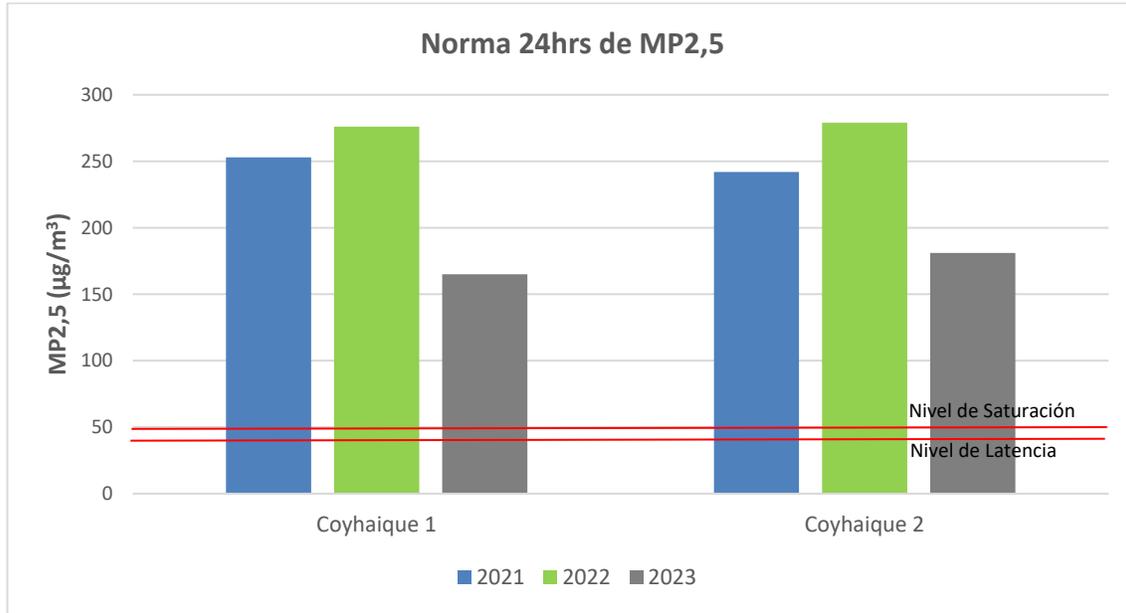


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP2,5 por año

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 10, se resume el número de días de excedencias a la norma de 24 horas por estación para todo el periodo en evaluación, registrándose en el año 2021 en estación Coyhaique 1 un número de 60 días y en Coyhaique 2 un número de 74 días; mientras que en el año 2022 en estación Coyhaique 1 un número de 69 días y en Coyhaique 2 un número de 82 días; y por ultimo para el año 2023 un número de 83 días en la estación Coyhaique 1, mientras que en la estación Coyhaique 2 se registraron 95 días con excedencia a la norma de 24 horas.

Tabla 10 N° de días de excedencias a la norma 24 horas de MP2,5 para los años 2021, 2022 y 2023

| Estación | N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2021 | N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2022 | N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2023 |
|-------------|--|--|--|
| COYHAIQUE 1 | 60 | 69 | 83 |
| COYHAIQUE 2 | 74 | 82 | 95 |



El Gráfico 2 muestra el número de excedencias por cada estación, desgregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del 2022 al 2023, donde se observa que en ambas estaciones los días en los cuales se excede la norma se distribuyen en su mayoría entre abril y septiembre, siendo la estación Coyhaique 2, las que presentó el mayor número de excedencias a la norma de 24 horas, con 95 días en el año 2023.

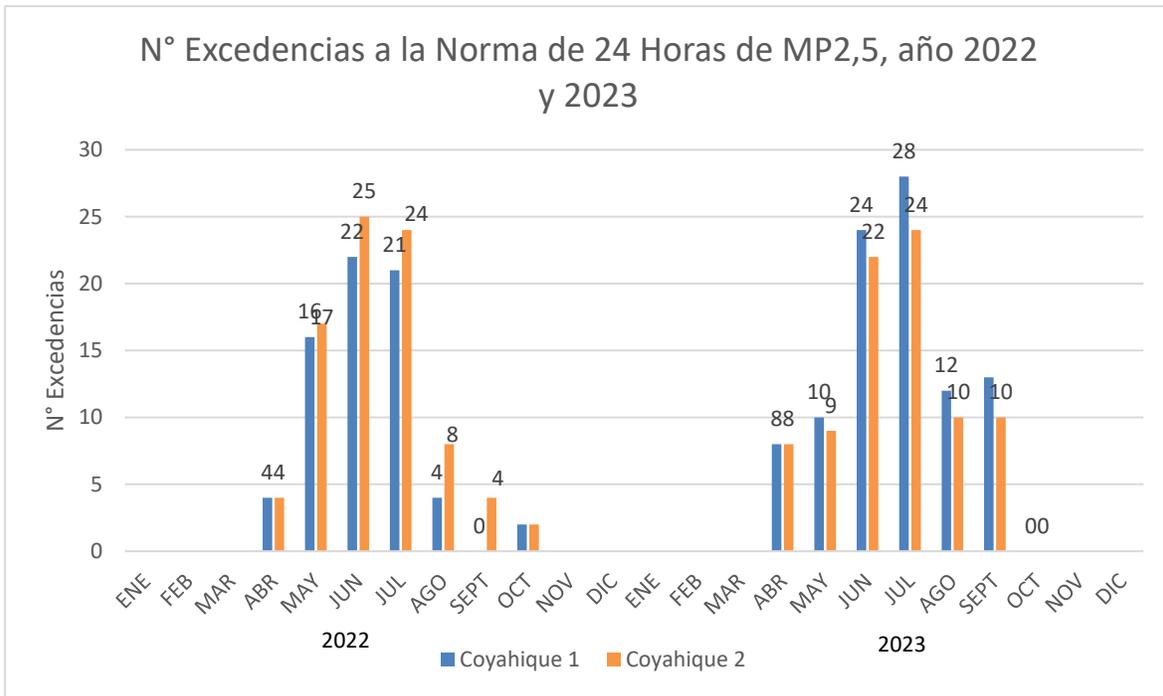


Gráfico 2 Excedencias norma 24 Horas MP2,5 para el año 2022 y 2023

6.1.2 Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma anual para MP2,5, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. En la Tabla 11, 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 la Red de monitoreo de la ciudad de Coyhaique.

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

Por otra parte, se considerará como valor de concentración anual, aquel determinado a partir de promedios mensuales medidos durante a lo menos 11 meses del año calendario. En caso de que durante un año calendario se disponga de mediciones para más de 8 y menos de 11 meses, para



completar el período mínimo señalado, se considerará como valor mensual de cada mes faltante, la concentración mensual más alta medida en los 12 meses anteriores a cada mes faltante. Si se dispone de valores sólo para 8 o menos meses, no se podrá calcular un valor de concentración anual para la estación de monitoreo correspondiente.

De acuerdo con el cálculo del promedio trianual, para la evaluación de la norma anual de MP2,5, con la información disponible en las estaciones Coyhaique 1 y Coyhaique 2 fue posible evaluarlas. A continuación, en la Tabla 11 se presentan los valores como promedio anual para los años 2021, 2022 y 2023, y el promedio trianual.

Tabla 11 Concentración trianual y porcentaje de la norma MP2,5

| Estación | Promedio Anual 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Promedio Trianual (2021-2022-2023) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | % de la Norma Anual 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------|--|--|--|---|---|
| Coyhaique 1 | 33 | 37 | 36 | 35 | 175 |
| Coyhaique 2 | 37 | 42 | 40 | 40 | 200 |

La evaluación de la norma anual, determino que ésta fue superada en las estaciones Coyhaique 1 y Coyhaique 2, de la ciudad de Coyhaique, las concentraciones como promedio trianual fueron de: $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Coyhaique 1 y $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Coyhaique 2, equivalente a 175% y 200% del límite de la norma anual.

Complementariamente, Gráfico 3, se pueden observar las concentraciones de la media trianual por estación, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023.



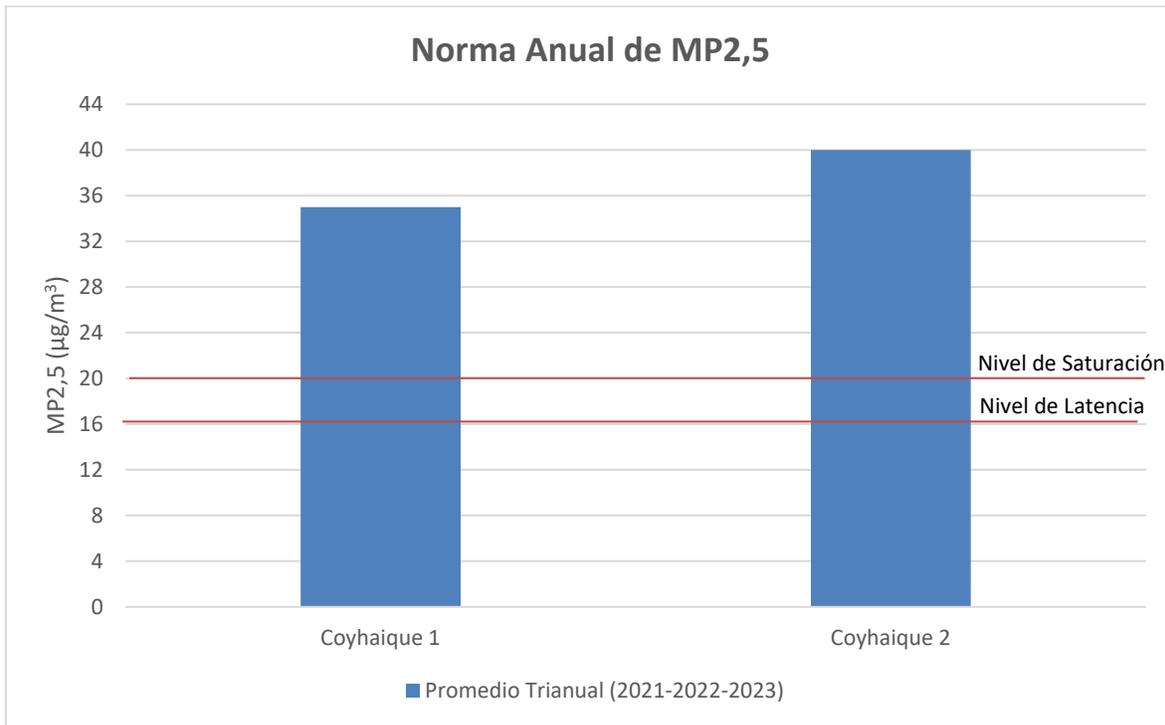


Gráfico 3 Norma Anual para MP2,5, Promedio trianual periodo 2021, 2022 y 2023

6.2 Evaluación de la norma para MP10

6.2.1 Evaluación de la norma 24 horas 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 Coyhaique 1 y Coyhaique 2.

Cabe señalar que, de acuerdo con los límites establecido en el D.S. N° 12/2021, del Ministerio del Medio Ambiente, la norma de calidad del aire para material particulado respirable (MP10), se considerará sobrepasada en las siguientes condiciones:

- Cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a 130 µg/m³N.
- Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de 130 µg/m³N, sea mayor que siete.



El periodo de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023. Cabe resaltar que el nuevo límite establecido en la norma es aplicable a partir del año 2022, y para el periodo anterior se encontraba vigente la norma de MP10, D.S. N°59/1998, del MINSEGPRES.

Tabla 12 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 para los años 2021, 2022 y 2023

| 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) |
|-------------|--|--|--|--|--|--|
| Coyhaique 1 | 287 | 191 | 343 | 264 | 184 | 142 |
| Coyhaique 2 | 266 | 177 | 283 | 218 | 188 | 145 |

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para los años 2022 y 2023, determinó que el valor de la norma 24 horas para MP10, que establece como límite una concentración de 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, fue superado en la estación Coyhaique 1, registrando concentraciones de 343 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2022 y 184 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2023, correspondiente a 264% y 142%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, en la estación Coyhaique 2 mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, y se determinó una concentración de 283 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2022 y 188 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2023, correspondiente a 218% y 145%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

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 2022 y 2023.



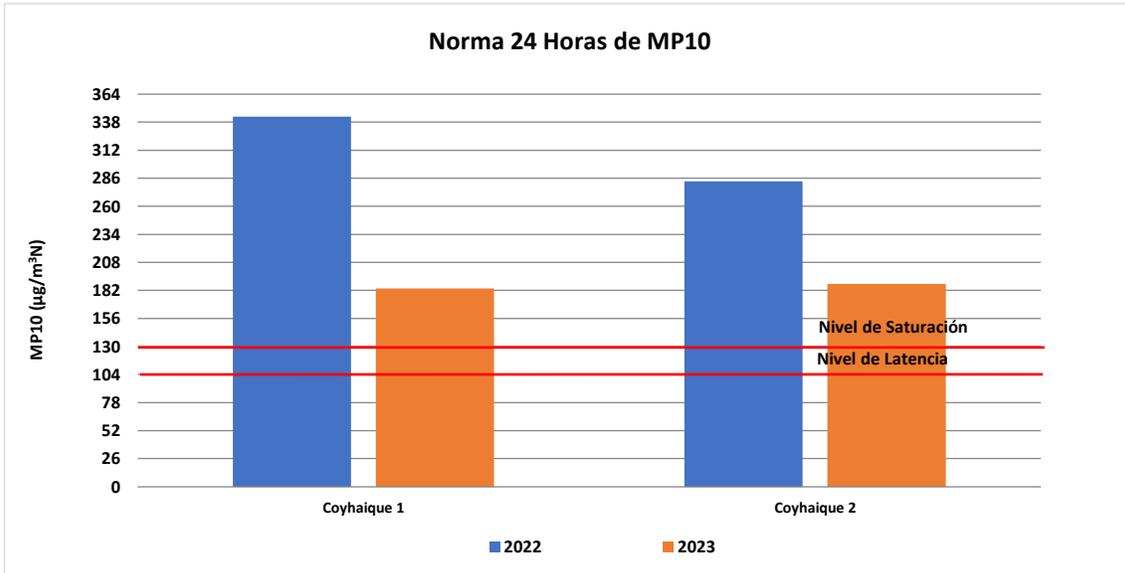


Gráfico 4 Norma 24 horas para MP10 por año y estación

En la Tabla 13, se resume el número de días con excedencias a la norma de 24 horas por estación, para el periodo evaluado, donde se observa el número de días con excedencias a la norma, en estación Coyhaique 1 con 26 días el año 2022 y 21 días el año 2023. En relación con la estación Coyhaique 2 se determinó el número de excedencias para los años 2022 y 2023 con 22 días.

Tabla 13 N° de días de excedencias a la norma 24 horas de MP10 para los años 2022 y 2023

| Estación | N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2022 | N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2023 |
|-------------|--|--|
| Coyhaique 1 | 26 | 21 |
| Coyhaique 2 | 22 | 22 |

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 2023, donde se aprecia que el número de días con excedencias a la norma se presentaron mayoritariamente en los meses de junio y julio.



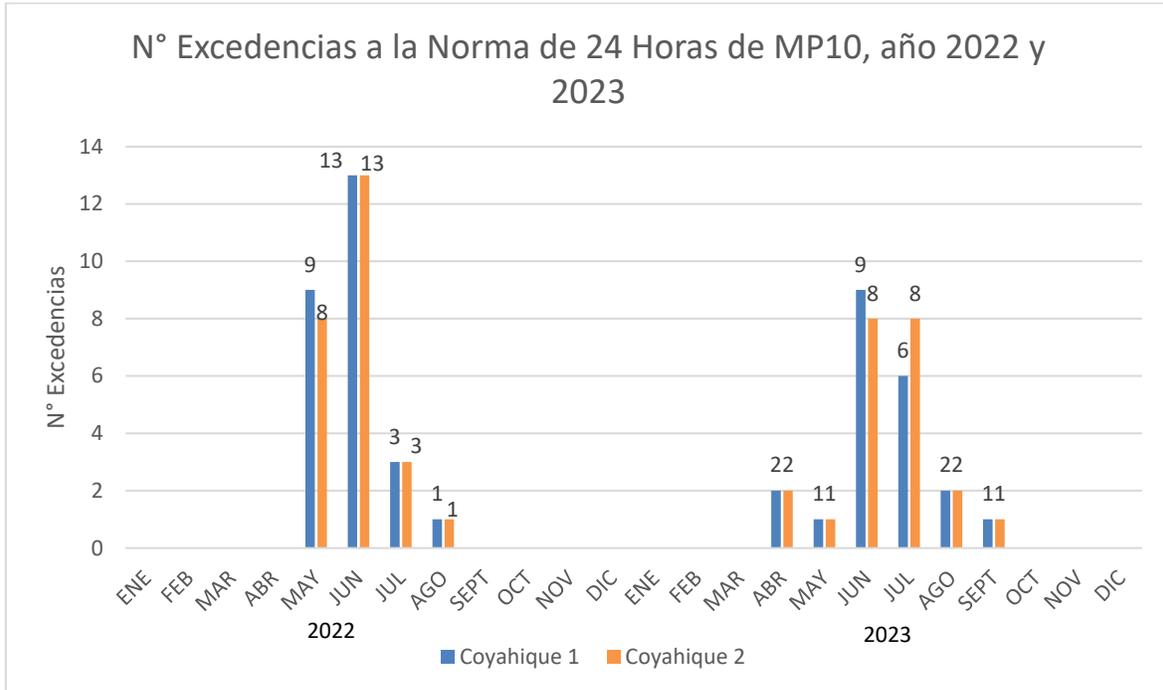


Gráfico 5 Excedencias a la Norma de 24 horas de MP10 en el año 2022 y 2023

6.2.2 Evaluación de la norma anual MP10

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

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 14, 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 monitoreo de Coyhaique.



Tabla 14 Concentración trianual y porcentaje de la norma MP10

| Estación | Promedio Anual 2021 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | Promedio Trianual (2021-2022-2023) ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) | % de la Norma Anual 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) |
|-------------|--|--|--|---|---|
| Coyhaique 1 | 50 | 56 | 48 | 51 | 102 |
| Coyhaique 2 | 45 | 46 | 46 | 46 | 92 |

Del análisis de evaluación de la norma anual para MP10, expresada como promedio trianual, se observa que la estación Coyhaique 1 alcanza el 102% del valor límite de la norma anual de MP10, con una concentración de $51 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, y en relación con la estación Coyhaique 2 el valor obtenido como promedio trianual fue de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, correspondiente al 92% del límite de la norma anual.

Complementariamente, en el Gráfico 6, se puede observar la concentración correspondiente al promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos, para el período comprendido entre el día 1° de enero de 2021 y el día 31 de diciembre de 2023 de la estación Coyhaique 1.

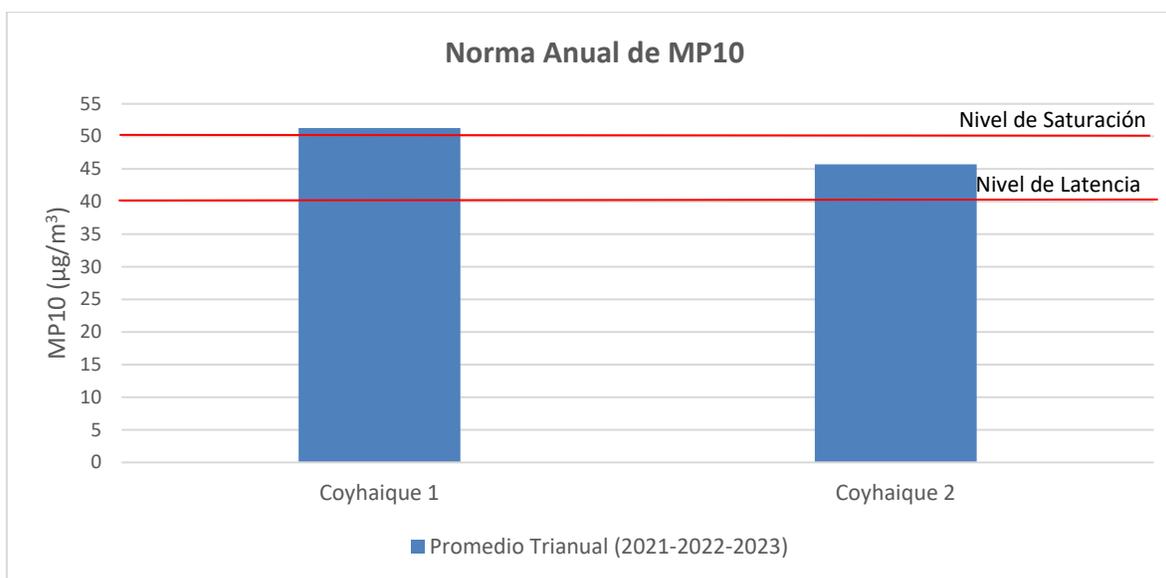


Gráfico 6 Norma Anual para MP10, Promedio trianual periodo 2021, 2022 y 2023



7. CONCLUSIONES

El análisis de los datos de calidad del aire de la Red de monitoreo de la ciudad de Coyhaique consideró la información válida generada de las mediciones de MP2,5 y MP10, en base al período comprendido entre el 1° de enero de 2021 y el 31 de diciembre de 2023, de las estaciones de la Red de monitoreo de la ciudad de Coyhaique, con representatividad poblacional por material particulado MP2,5 y MP10, 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 MP2,5 y MP10 de acuerdo con la Tabla 2, el 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 para los años 2021, 2022 y 2023 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

La evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 determinó que los valores correspondientes al percentil 98 de las concentraciones diarias para los años 2021, 2022 y 2023 superaron el límite de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la norma. El análisis determinó que en el año 2021 la concentración en estación Coyhaique 1 fue de 253 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (506%) y en Coyhaique 2 fue de 242 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (484%); para el año 2022 correspondieron a: 276 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (552%) en Coyhaique 1 y 279 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (558%) en Coyhaique 2. Finalmente, en el año 2023 mediante el cálculo del percentil 98, se determinó que la concentración en Coyhaique 1 fue de 165 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Coyhaique 2 fue de 181 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalentes a 330% y 362% del límite de la norma 24 horas, respectivamente.

Complementariamente, se determinó el número de días con excedencias a la norma de 24 horas para MP2,5 para el periodo en estudio, registrándose en el año 2021 en estación Coyhaique 1 un número de 60 días y en Coyhaique 2 un número de 74 días; mientras que en el año 2022 en estación Coyhaique 1 un número de 69 días y en Coyhaique 2 un número de 82 días; y por último para el año 2023 un número de 83 días en la estación Coyhaique 1, mientras que en la estación Coyhaique 2 se registraron 95 días con excedencia a la norma de 24 horas.

Respecto de la evaluación de la norma anual para MP2,5, con la información disponible se pudo determinar el promedio anual para los años 2021, 2022 y 2023, en ambas estaciones de la ciudad de Coyhaique. El promedio trianual para el periodo antes mencionado determinó que la norma



anual que establece como límite una concentración de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fue superada en la estación Coyhaique 1 con una concentración de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Coyhaique 2 con una concentración de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalentes a 175% y 200% respecto del límite de la norma anual.

Norma de calidad del aire para MP10

La evaluación de la norma de 24 horas de MP10, para los años 2022 y 2023, y que fija como límite un valor de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, fue superado en la estación Coyhaique 1 en todo el periodo evaluado, registrando concentraciones de $343 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2022 y $184 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2023, correspondiente a 264% y 142%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, en la estación Coyhaique 2 mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, se determinó una concentración de $283 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2022 y $188 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2023, correspondiente a 218% y 145%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

Adicionalmente, se calculó el número de días con excedencia a la norma de 24 horas de MP10, para los años 2022 y 2023, determinándose en estación Coyhaique 1 un número de excedencias de 26 días en el año 2022 y 21 días en el año 2023. En relación con la estación Coyhaique 2 se determinó el número de excedencias para el año 2022 y 2023 correspondiente a 22 días.

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 y 2023), se determinó que la norma anual de MP10 fue superada en la estación de Coyhaique 1 con una concentración promedio trianual de $51 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, correspondiente al 102% del límite de la norma anual. Respecto de la estación Coyhaique 2 el promedio trianual fue de $46 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, equivalente al 92% del límite de la norma anual, superando el 80% del límite normativo.



8. ANEXOS

| N° Anexo | Nombre Anexo |
|-------------|---|
| 1 | Resoluciones EMRP |
| 2 | Datos de calidad del aire para el año 2022 y 2023 |

