



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 CAMBIO CLIMÁTICO**

**DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN Y CONFORMIDAD AMBIENTAL**

**DFZ-2022-2617-XI-NC  
DICIEMBRE 2022**

	Nombre	Cargo	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez F.	Jefe de Sección de Calidad del Aire y Emisiones Atmosféricas	
Revisado	Karin Salazar N.	Profesional División de Fiscalización	
Elaborado	Isabel Leiva Campos	Profesional División de Fiscalización	



## CONTENIDO

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>7</b>
<b>4. ALCANCE .....</b>	<b>7</b>
<b>5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS .....</b>	<b>8</b>
<b>5.1 ESTACIONES DECLARADAS COMO EMRP-MP2,5 Y EMRP-MP10 .....</b>	<b>8</b>
<b>5.2 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE LA COMUNA DE COYHAIQUE .....</b>	<b>9</b>
<b>5.3 AUDITORÍA DE DATOS.....</b>	<b>10</b>
<b>6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA .....</b>	<b>12</b>
<b>6.1 EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP2,5.....</b>	<b>12</b>
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
<b>6.2 EVALUACIÓN DE LA NORMA PARA MP10.....</b>	<b>16</b>
6.2.1 EVALUACIÓN DE LA NORMA 24 HORAS MP10.....	16
6.2.2 EVALUACIÓN DE LA NORMA ANUAL MP10.....	19
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>21</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>23</b>



## 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, del Ministerio del Medio Ambiente y el D.S. N° 59/1998, modificado por el D.S. N° 45/2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (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). 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 MP10 y MP2,5, se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero de 2019 y 31 de diciembre de 2021, 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 MP10 y MP2,5, 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 MP10 y MP2,5 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 2019, 2020 y 2021 superaron el límite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en la norma. El análisis determinó que en el año 2019 la concentración en estación Coyhaique 1 fue 174  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (348%) y 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (350%) en Coyhaique 2; para el año 2020 correspondieron a: 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (390%) en Coyhaique 1 y 179  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (358%) en Coyhaique 2. Finalmente, en el año 2021 mediante el cálculo del percentil 98, se determinó que la concentración en Coyhaique 1 fue de 253  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en Coyhaique 2 fue de 242  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalentes a 506% y 484% 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 2019 en estación Coyhaique 1 un número de 90 días y en Coyhaique 2 un número de 96 días; mientras que en el año 2020 en estación Coyhaique 1 un número de 97 días y en Coyhaique 2 un número de 98 días; y por último para el año 2021 un número de 60 días en la estación Coyhaique 1, mientras que en la estación Coyhaique 2 se registraron 74 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 2019, 2020 y 2021, 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 37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en Coyhaique 2 con una concentración de 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente a 185% y 195% 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 2019, 2020 y 2021, y que fija como límite un valor de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , fue superado en la estación Coyhaique 1 en todo el periodo evaluado, registrando concentraciones de 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en el año 2019, 196  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en el año 2020 y 287  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2021, correspondiente a 130%, 131% y 191%, 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 192  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2019, 196  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2020 y 266  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2021, correspondiente a 128%, 131% y 177%, 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 el periodo comprendido entre el año 2019 y el 2021, determinándose en estación Coyhaique 1 un número de excedencias de 21 días en el año 2019, 18 días en el año 2020 y 15 días en el año 2021. En relación con la estación Coyhaique 2 se determinó el número de excedencias para el año 2019 de 19 días, para el año 2020 de 17 días y 14 días en el año 2021.

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 (2019, 2020 y 2021), se determinó que la norma anual de MP10 fue superada en la estación de Coyhaique 1 con una concentración promedio trianual de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , correspondiente al 100% del límite de la norma anual. Respecto de la estación Coyhaique 2 el promedio trianual fue de 49  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , equivalente al 98% 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 2019, 2020 y 2021, 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 km<sup>2</sup>, 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 MP10 y MP2,5 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 la resolución exento N°302, de 2011, y N°1121, de 2020, ambas del Ministerio del Medio Ambiente.



### 3. OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire primaria para MP2,5 y MP10, en su nivel 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 MP2,5 y MP10.

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 2019, 2020 y 2021.

### 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 2019 y el 31 de diciembre de 2021.

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 2019 y el 31 de diciembre de 2021. 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° 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 <sup>3</sup> N	50 µg/m <sup>3</sup> N
D.S. N° 12/2011 del Ministerio del Medio Ambiente.	MP2,5	No aplica	50 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>



## 5. EVALUACIÓN DE VALIDEZ DE LOS DATOS

Para la evaluación de los datos de MP2,5 y MP10 en los años 2019, 2020 y 2021, 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. <sup>1</sup>

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 19 S*	
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.

<sup>1</sup> Datos válidos para MP10 a partir del 25 de octubre de 2018, según Resolución N° 277 (SMA).



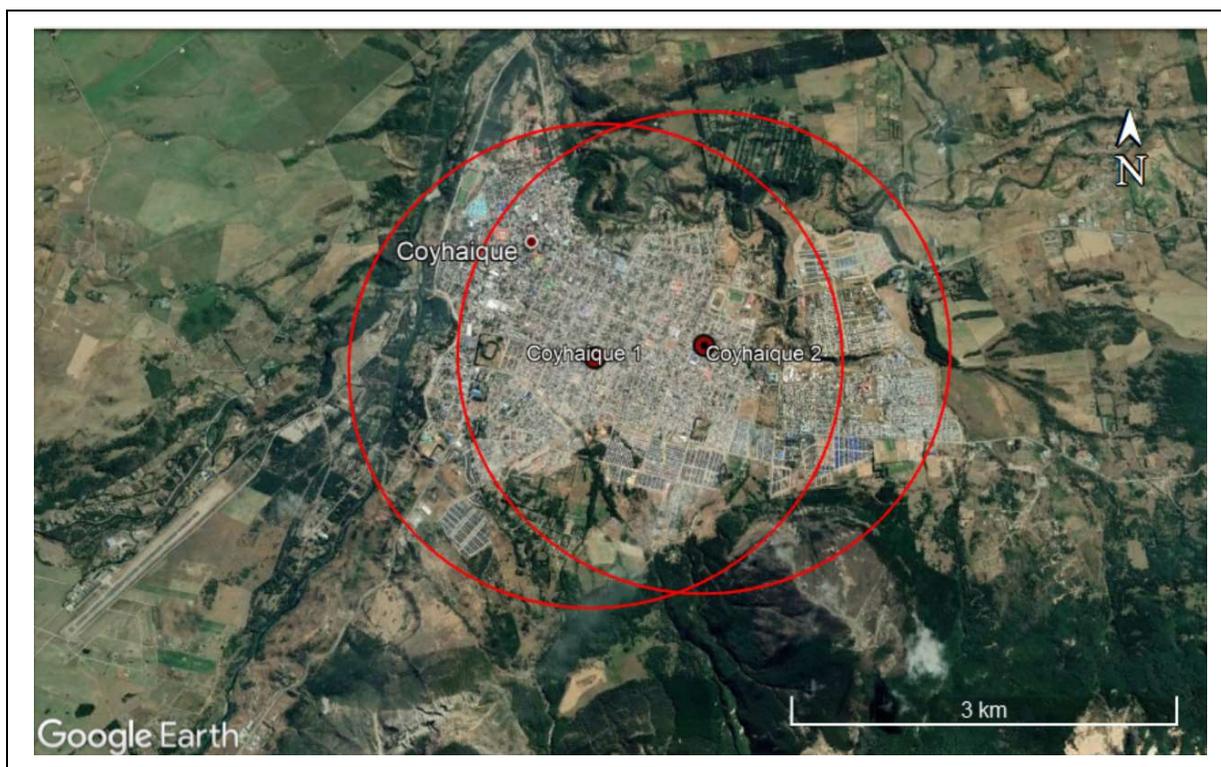


Figura 1 Ubicación de estaciones de calidad del aire del aire de Coyhaique

## 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 2019, 2020 y 2021, 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 año 2021.

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 2019, 2020 y 2021, 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 2019, 2020 y 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 2019, 2020 y 2021. En ésta se observa que ambas estaciones registran menos del 25% de sus datos inválidos, determinándose porcentajes de datos inválidos menor al 4,3%.

**Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios para MP2,5 y MP10 para el periodo de 2019 al 2021**

Estación	2019		2020		2021	
	MP2,5 % Horario	MP10 % Horario	MP2,5 % Horario	MP10 % Horario	MP2,5 % Horario	MP10 % Horario
Coyhaique 1	1,9	3,4	2,7	4,1	2,5	3,8
Coyhaique 2	4,3	1,6	1,4	1,6	1,4	2,2

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 2019, 2020 y 2021.

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 (2019, 2020 y 2021)**

Estación	Año	N° de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	N° de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)
Coyhaique 1	2019	358	98	349	96
	2020	356	97	351	96
	2021	356	98	351	96
Coyhaique 2	2019	350	96	361	99
	2020	361	99	360	98
	2021	360	99	357	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%, en la gran parte de los meses, excepto en la estación de Coyhaique 2 que para el mes de mayo de 2019 presentó un 67,7%. Por otra parte, la disponibilidad de datos válidos para MP10 en general supera el 75% a excepción del mes de enero de 2021 con un 71%.

**Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 mensuales por estación para los años 2019, 2020 y 2021**

		MESES (%)											
		Red de Coyhaique											
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Coyhaique 1	2019	100	100	100	100	100	96,7	100	100	93,3	100	86,7	100
	2020	96,8	100	96,8	100	100	100	100	100	86,7	100	86,7	100
	2021	100	100	93,5	90	100	100	100	100	100	100	86,7	100
Coyhaique 2	2019	87,1	100	96,8	100	67,7	100	100	100	100	100	100	100
	2020	87,1	100	96,8	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2021	87,1	100	100	100	96,8	100	100	100	100	100	100	100



**Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP10 mensuales por estación para los años 2019, 2020 y 2021**

		MESES (%)											
		Red de Coyhaique											
Estación	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Coyhaique 1	2019	100	100	93,5	100	96,8	96,7	100	100	86,7	100	86,7	87,1
	2020	93,5	93,1	96,8	100	93,5	100	100	93,5	100	100	80,0	100
	2021	71,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	86,7	96,8
Coyhaique 2	2019	87,1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2020	87,1	100	96,8	100	100	96,7	100	100	100	100	100	100
	2021	87,1	100	100	100	87,1	100	100	100	100	100	100	100

## 6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUPERACIÓN DE NORMA

### 6.1 Evaluación de la norma para MP2,5

#### 6.1.1 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5

El periodo de evaluación de superación de la norma para MP2,5, corresponde a aquel 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 MP2,5, para los años 2019, 2020 y 2021, 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/m<sup>3</sup>, en cualquier estación monitorea calificada como EMRPMP2,5.

**Tabla 9 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para los años 2019, 2020 y 2021**

Estación	Percentil 98 Año 2019 (µg/m <sup>3</sup> )	% de la Norma 24 horas 2019 50 (µg/m <sup>3</sup> )	Percentil 98 Año 2020 (µg/m <sup>3</sup> )	% de la Norma 24 horas 2020 50 (µg/m <sup>3</sup> )	Percentil 98 Año 2021 (µg/m <sup>3</sup> )	% de la Norma 24 horas 2021 50 (µg/m <sup>3</sup> )
Coyhaique 1	174	348	195	390	253	506
Coyhaique 2	175	350	179	358	242	484

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para los años 2019, 2020 y 2021, 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 2019 correspondieron a: 174  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (348%) en Coyhaique 1 y 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (350%) en Coyhaique 2; para el año 2020 correspondieron a: 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (390%) en Coyhaique 1 y 179  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (358%) en Coyhaique 2; y por último para el año 2021, las concentraciones determinadas correspondieron a: 253  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Coyhaique 1 y 242  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Coyhaique 2, equivalentes a 506% y 484% 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 2019, 2020 y 2021.

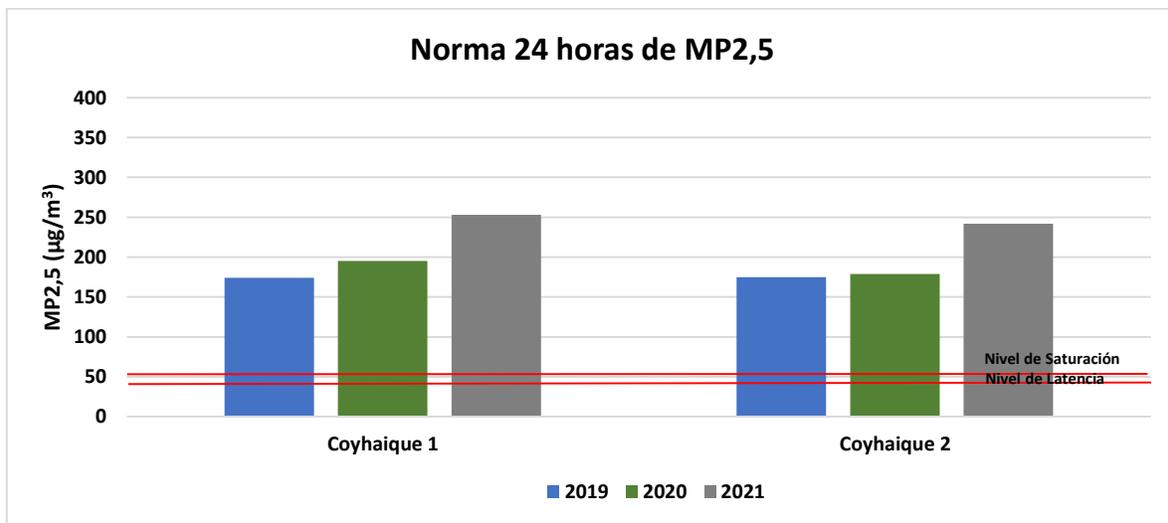


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP2,5 por año

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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración de 24 horas.

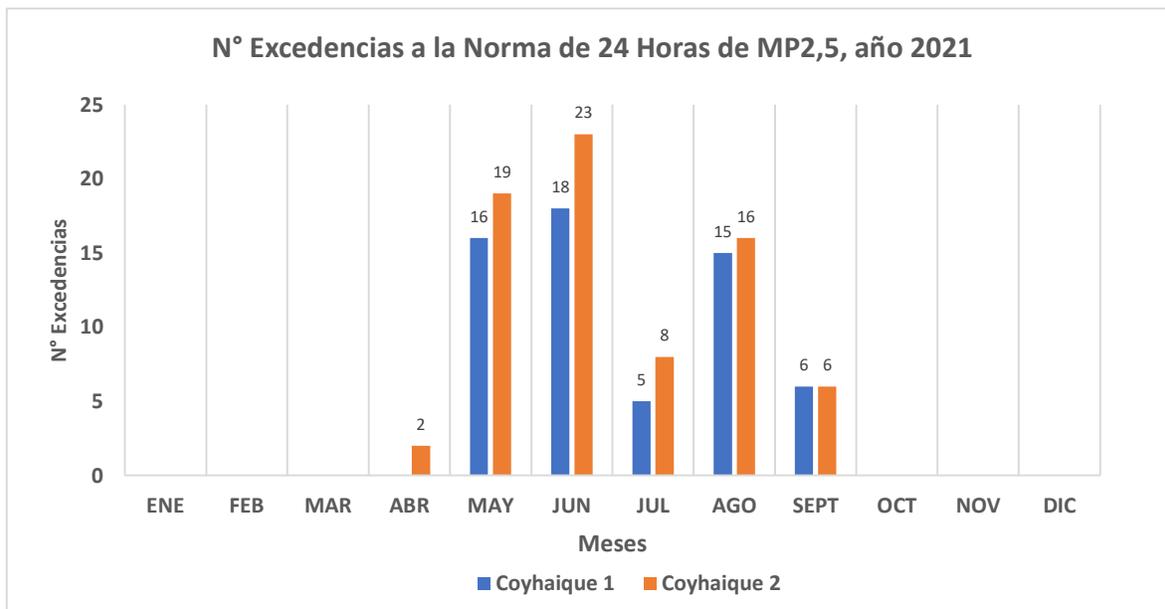
En la Tabla 10, se resume el número de días de excedencias a la norma de 24 horas por estación para todo el periodo en evaluación, registrándose en el año 2019 en estación Coyhaique 1 con 90 días y en Coyhaique 2 con 96 días; para el año 2020 en estación Coyhaique 1 con 97 días y en Coyhaique 2 con 98 días; y para el año 2021 un número de 60 días en la estación Coyhaique 1, mientras que en la estación Coyhaique 2 se registraron 74 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 2019, 2020 y 2021**

Estación	N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2019	N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2020	N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2021
Coyhaique 1	90	97	60
Coyhaique 2	96	98	74

El Gráfico 2 muestra el número de excedencias por cada estación, disgregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del 2021, 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 74 días en el año 2021.



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



### 6.1.2 Evaluación de la norma anual para MP2,5

El periodo de evaluación de superación de la norma anual para MP2,5, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 2019, 2020 y 2021, 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 2019, 2020 y 2021, y el promedio trianual.

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

Estación	Promedio Anual 2019 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio Anual 2020 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio Anual 2021 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio Trianual (2019-2020-2021) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	% de la Norma Anual 20 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Coyhaique 1	39	38	33	37	185
Coyhaique 2	40	40	37	39	195

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: 37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Coyhaique I y 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Coyhaique II, equivalente a 185% y 195% 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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021.

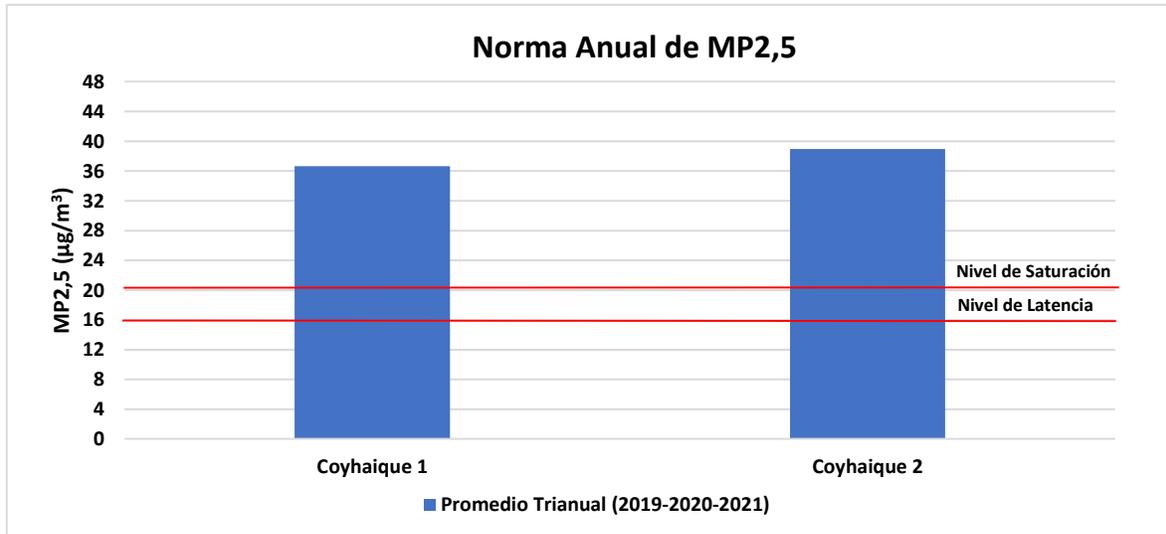


Gráfico 3 Norma Anual para MP2,5, Promedio trianual periodo 2019, 2020 y 2021

## 6.2 Evaluación de la norma para MP10

### 6.2.1 Evaluación de la norma 24 horas MP10

El período de evaluación de superación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. En la Tabla 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 2019, 2020 y 2021, de las estaciones Coyhaique 1 y Coyhaique 2.

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 en las siguientes condiciones:

- a) 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 150 µg/m<sup>3</sup>N.
- b) Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluyese el primer período anual de mediciones certificadas por el Servicio de Salud competente se registrare en alguna de las estaciones monitoras de Material Particulado Respirable MP10 clasificada como EMRP, un número de días con mediciones sobre el valor de 150 mg/m<sup>3</sup>N mayor que siete (7).

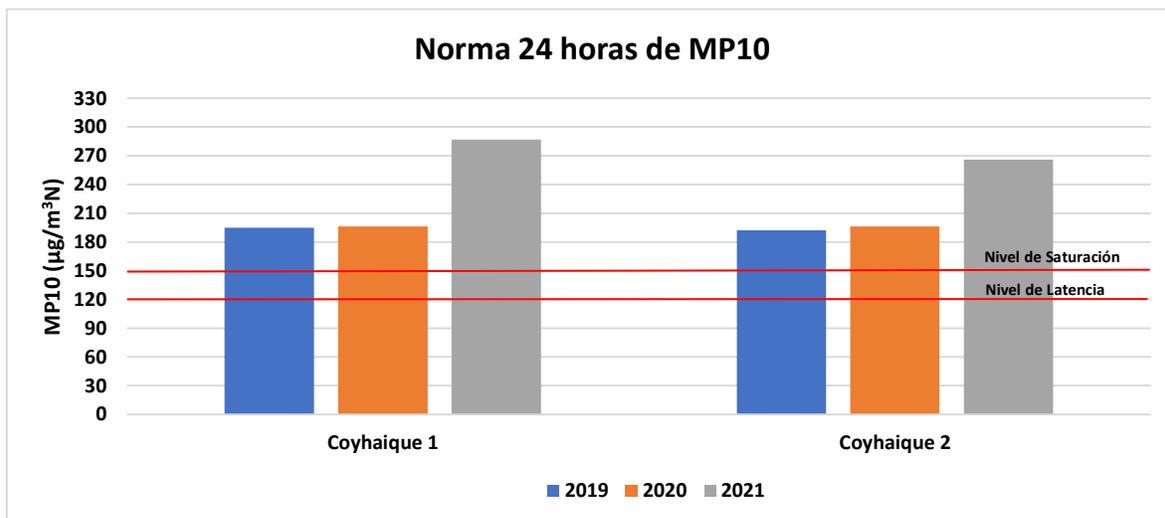


**Tabla 12 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 para los años 2019, 2020 y 2021**

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 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
Coyhaique 1	195	130	196	131	287	191
Coyhaique 2	192	128	196	131	266	177

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para los años 2019, 2020 y 2021, determinó que el valor de la norma 24 horas para MP10, fue superado en la estación Coyhaique 1 en todo el periodo evaluado, registrando concentraciones de 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (130%) en el año 2019, 196  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (131%) en el año 2020 y 287  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  (191%) para el año 2021. 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 192  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2019, 196  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2020 y 266  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2021, correspondiente a 128%, 131% y 177% del límite de la norma de 24 horas, respectivamente.

El Gráfico 4, muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP10, por estación, para los años 2019, 2020 y 2021.



**Gráfico 4 Norma 24 horas para MP10 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

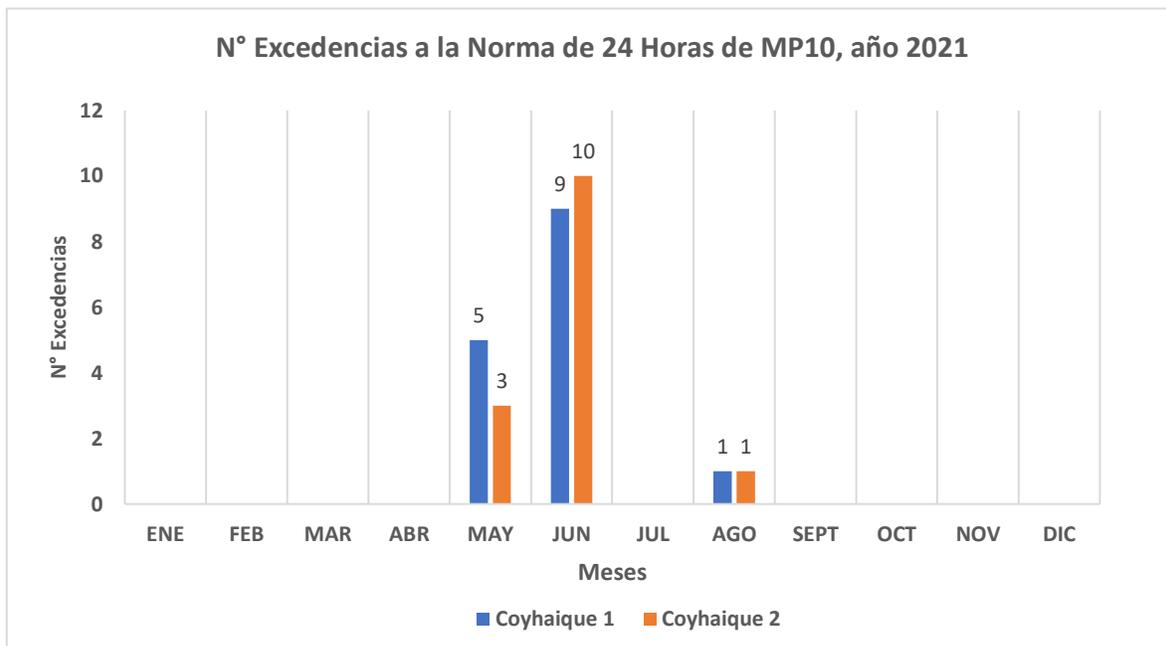


estación Coyhaique 1 con 21 días en el año 2019, 18 días en el año 2020 y 15 días en el año 2021. En relación con la estación Coyhaique 2 se determinó el número de excedencias para el año 2019 fue de 19 días, para el año 2020 fue de 17 días y 14 días en el año 2021.

**Tabla 13 N° de días de excedencias a la norma 24 horas de MP10 para los años 2019, 2020 y 2021**

Estación	N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2019	N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2020	N° de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2021
Coyhaique 1	21	18	15
Coyhaique 2	19	17	14

Adicionalmente, en el Gráfico 5, se recopilan el número de excedencias de la norma de 24 horas por MP10, a nivel mensual y por estación durante el año 2021, donde se aprecia que el número de días con excedencias a la norma se presentaron mayoritariamente en los meses de mayo y junio.



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



## 6.2.2 Evaluación de la norma anual MP10

De acuerdo con los límites establecidos 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  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ .

El periodo de evaluación de la norma para MP10, corresponde al comprendido entre el día 1° de enero de 2019 y el día 31 de diciembre de 2021. 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 2019, 2020 y 2021, para las estaciones de monitoreo de Coyhaique.

**Tabla 14 Concentración trianual y porcentaje de la norma MP10**

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 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )
Coyhaique 1	50	49	50	50	100
Coyhaique 2	52	49	45	49	98

Del análisis de evaluación de la norma anual para MP10, expresada como promedio trianual, se observa que la estación Coyhaique 1 alcanza el 100% del valor límite de la norma anual de MP10, con una concentración de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , y en relación con la estación Coyhaique 2 el valor obtenido como promedio trianual fue de 49  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , correspondiente al 98% 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 2019 y el día 31 de diciembre de 2021 de la estación Coyhaique 1.



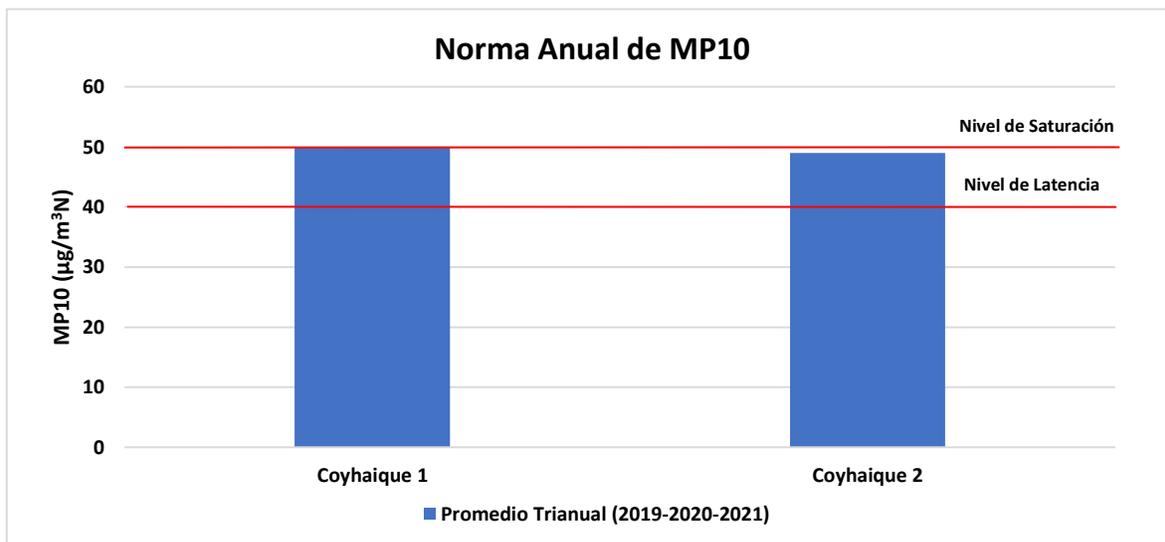


Gráfico 6 Norma Anual para MP10, Promedio trianual periodo 2019, 2020 y 2021



## 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 2019 y el 31 de diciembre de 2021, 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 2019, 2020 y 2021 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 2019, 2020 y 2021 superaron el límite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  establecido en la norma. El análisis determinó que en el año 2019 la concentración en estación Coyhaique 1 fue 174  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (348%) y 175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (350%) en Coyhaique 2; para el año 2020 correspondieron a: 195  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (390%) en Coyhaique 1 y 179  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (358%) en Coyhaique 2. Finalmente, en el año 2021 mediante el cálculo del percentil 98, se determinó que la concentración en Coyhaique 1 fue de 253  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y en Coyhaique 2 fue de 242  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalentes a 506% y 484% 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 período en estudio, registrándose en el año 2019 en estación Coyhaique 1 un número de 90 días y en Coyhaique 2 un número de 96 días; mientras que en el año 2020 en estación Coyhaique 1 un número de 97 días y en Coyhaique 2 un número de 98 días; y por último para el año 2021 un número de 60 días en la estación Coyhaique 1, mientras que en la estación Coyhaique 2 se registraron 74 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 2019, 2020 y 2021, en ambas estaciones de la ciudad de Coyhaique. El promedio trianual para el período 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  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y en Coyhaique 2 con una concentración de  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , equivalente a 185% y 195% 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 2019, 2020 y 2021, y que fija como límite un valor de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , fue superado en la estación Coyhaique 1 en todo el periodo evaluado, registrando concentraciones de  $195 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en el año 2019,  $196 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  en el año 2020 y  $287 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2021, correspondiente a 130%, 131% y 191%, 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  $192 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2019,  $196 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2020 y  $266 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  para el año 2021, correspondiente a 128%, 131% y 177%, 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 el periodo comprendido entre el año 2019 y el 2021, determinándose en estación Coyhaique 1 un número de excedencias de 21 días en el año 2019, 18 días en el año 2020 y 15 días en el año 2021. En relación con la estación Coyhaique 2 se determinó el número de excedencias para el año 2019 de 19 días, para el año 2020 de 17 días y 14 días en el año 2021.

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 (2019, 2020 y 2021), se determinó que la norma anual de MP10 fue superada en la estación de Coyhaique 1 con una concentración promedio trianual de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , correspondiente al 100% del límite de la norma anual. Respecto de la estación Coyhaique 2 el promedio trianual fue de  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ , equivalente al 98% 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 2021

