



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 CHILLAN
REGIÓN DE ÑUBLE**

SECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y EMISIONES ATMOSFERICAS

DIVISIÓN DE FISCALIZACIÓN

DFZ-2025-1262-XVI-NC

NOVIEMBRE 2025

	Nombre	Firma
Aprobado	Juan Pablo Rodríguez F.	
Revisado	Isabel Leiva C.	
Elaborado	Mauricio Grez A.	



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 CHILLAN	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 MP_{2,5} 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 MP_{2,5} 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 Ñuble, ubicadas en la ciudad de Chillan, denominadas “INIA” y “Purén”, pertenecientes al Ministerio del Medio Ambiente, ambas declaradas con representatividad poblacional (EMRP) por MP_{2,5} y MP₁₀.

Cabe señalar que, el 28 de noviembre de 2012 mediante el Decreto Supremo N°36, del Ministerio del Medio Ambiente, fue declarada zona saturada por material particulado respirable MP₁₀, y por material fino respirable MP_{2,5}, ambas como concentración de 24 horas; y declarada zona latente por material particulado respirable MP₁₀ como concentración anual, a las comunas de Chillán y Chillán Viejo, en base a los datos registrados en la estación INIA.

Una vez declarada la zona saturada, y de conformidad a lo establecido en el artículo 44 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, y en el D.S N° 94, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, se inició la elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica (en adelante PDA) para las comunas de Chillán y Chillán Viejo, el cual fue publicado en el Diario Oficial mediante Resolución Exenta N° 510 del Ministerio de Medio Ambiente, el 4 de julio de 2013.

Posteriormente, mediante Decreto Supremo N° 48 de fecha 28 de octubre de 2015, del Ministerio de Medio Ambiente, se estableció el Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de Chillán y Chillán Viejo.

En el año 2025 la Superintendencia del Medio Ambiente realizó una fiscalización ambiental a la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la Ciudad de Chillan, con el objeto de evaluar la representatividad poblacional para MP_{2,5} y MP₁₀. Producto de esta fiscalización, se calificaron como EMRP (estación de monitoreo con representatividad poblacional) por MP_{2,5}, y MP₁₀ la estación de monitoreo denominada “Purén”.



El análisis de datos de MP2,5 y MP10, se realizó con las mediciones del periodo comprendido entre el 1° de enero de 2022 y 31 de diciembre de 2024, 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 la “Instrucción requisitos técnicos para la instalación, funcionamiento y operación de los instrumentos en estaciones de muestreo y medición de calidad del aire y meteorología”, R.E. N°1.449/2023 de la SMA. 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 2022, 2023 y 2024 superaron el límite de 50 µg/m³ establecido en la norma en ambas estaciones evaluadas. El análisis determinó que mediante el cálculo del percentil 98, en el año 2022 las concentraciones correspondieron a: 58 µg/m³ en INIA y 114 µg/m³ en Purén, equivalentes a 116% y 228%, respectivamente, respecto del límite de la norma de 24 horas; en el año 2023 la concentración en INIA fue de 88 µg/m³ y en Purén fue de 141 µg/m³, equivalentes a 176% y 282% del límite de la norma 24 horas, respectivamente. Finalmente, durante el año 2024, las concentraciones obtenidas correspondieron a: 76 µg/m³ en INIA y 129 µg/m³ en Purén, equivalentes a 152% y 258% respecto 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 2022 en estación INIA un número de 15 días y en Purén un número de 52 días; para el año 2023 un número de 29 días en la estación INIA, mientras que en la estación Purén se registraron 60 días con excedencia a la norma de 24 horas; y por último en el año 2024 un número de 23 días en la estación INIA, mientras que en la estación Purén se registraron 58 días.

La evaluación de la norma anual para MP2,5, con la información disponible se pudo determinar el promedio anual para los años 2022, 2023 y 2024 en ambas estaciones de la ciudad de Chillán. El promedio tres años para el periodo antes mencionado determinó que la norma anual que establece como límite una concentración de 20 µg/m³ fue superado en la estación Purén, con una



concentración promedio de tres años de 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en INIA con una concentración de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, equivalentes a 135% y 90% respecto del límite de la norma anual, respectivamente.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, no fue superado en la estación INIA en todo el periodo evaluado, registrando concentraciones de 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2022, 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2023, y 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ el año 2024, equivalente a 47%, 88% y 65%, respectivamente, respecto del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, en la estación Purén mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, se determinó una concentración de 162 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2024, correspondiente a 125%, 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, determinándose para el año 2022 en la estación INIA no se registraron excedencias, Asimismo, el año 2023 se determinó una excedencia de 6 días en la estación INIA, y por último 1 día de superación, para el año 2024. En cuanto a la estación Purén, se registraron 15 excedencias en el año 2024.

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 tres años (2022, 2023 y 2024), se determinó que la norma anual de MP10 no fue superada en ninguna estación, encontrándose una concentración promedio de tres años de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, correspondiente al 56% del límite de la norma anual en la estación INIA. La estación Purén no dispone de datos representativos durante los años 2022 y 2023, por tanto, no se dispone de información suficiente para determinar el promedio de tres años de concentraciones para esa estación.



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 2022, 2023 y 2024, con el fin de obtener información válida que permita evaluar la norma primaria de calidad del aire de MP2,5 y MP10.

La comuna de Chillán, perteneciente a la provincia de Diguillín de la Región de Ñuble posee una población de 204.091 habitantes (proyección 2024, CENSO Instituto Nacional de Estadísticas).

La comuna de Chillán, perteneciente a la provincia de Diguillín de la Región de Ñuble, se encuentra emplazada en los 36°36' Latitud Sur y 72°06' Longitud Oeste, la comuna de Chillán tiene una superficie total de 511 km2. Limita al Norte con la comuna de San Nicolás y San Carlos, al Oeste con la comuna de Quillón, Portezuelo y Ránquil, al Este con la comuna de Pinto y Coihueco, y al Sur con la comuna de San Ignacio.

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 “INIA” y “Purén” 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 con la R.E. N°1.449/2023 de la SMA.

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 2022 y el 31 de diciembre de 2024, 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 Chillán, en base a una auditoría de los datos reportados para los años 2022, 2023 y 2024.

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 Chillán, Región de Ñuble, para el periodo comprendido entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024.

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 para la estación INIA y la estación Purén.

El presente documento evaluó el cumplimiento de las normas primarias de calidad vigentes para el periodo evaluado entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024. 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 2022, 2023 y 2024, 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 la R.E. N°1.449/2023 de la SMA. 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 Chillán, Región de Ñuble 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
INIA	Res. Exenta N° 005335 de 31 de julio de 2012, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud. Región de Biobío.	Res. Exenta N° 005459 de 3 de noviembre 2009, de la Secretaría Regional Ministerial de Salud. Región de Biobío.
Purén	Res. Exenta N° 55 del 16 de enero de 2025, de la Superintendencia del Medio Ambiente.	Res. Exenta N° 54 del 16 de enero de 2025, de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Cabe hacer presente que las Resoluciones. Exentas N° 54 y N°55, de la SMA, ambas del 16 de enero de 2025, otorgan representatividad poblacional a la estación Purén a contar del 20 de febrero de 2024 para MP10 y 21 de enero de 2022 para MP2,5, por tanto, la verificación del cumplimiento normativos y auditoría de datos se realizará considerando el periodo evaluado a contar de esas fechas.

Por su parte, en la

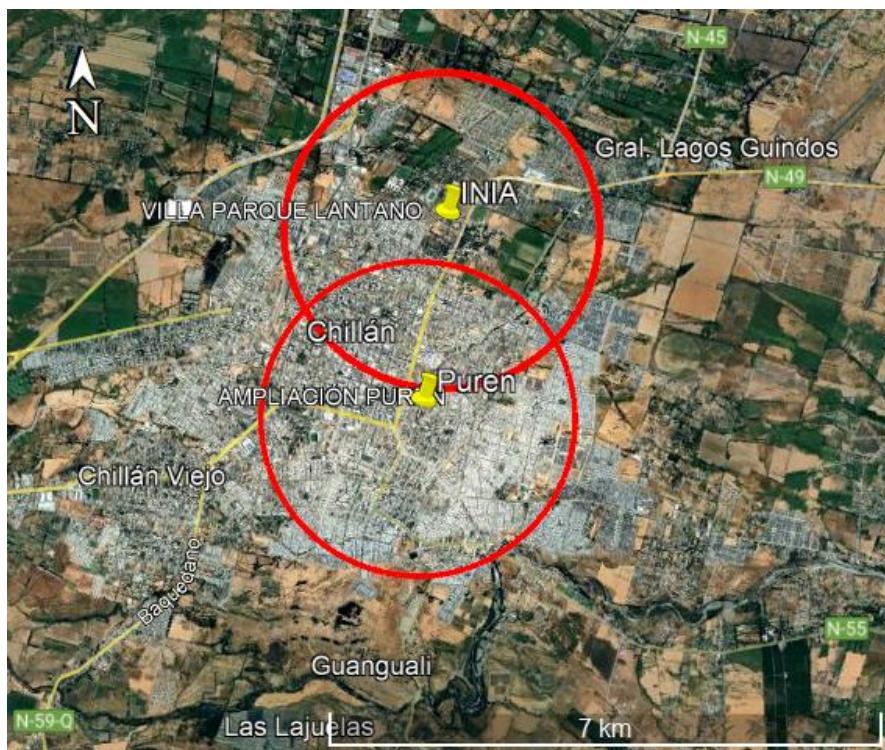
Tabla 3 se describe la ubicación de las estaciones de la Red de vigilancia de la calidad del aire de la ciudad de Chillán, cuya representación gráfica se ilustra en la Figura 1.



Tabla 3 Ubicación de las estaciones de la Red Chillán Georreferenciadas

Propietario	Estación de Monitoreo	Coordenadas UTM (m) Datum WGS84, Huso 18 S	
MMA	INIA	760.382 E	5.946.127 S
MMA	Purén	759.980 E	5.943.765 N

*Referencia de las resoluciones EMRP.


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

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

Los datos de MP10 para los años 2022, 2023 y 2024, validados previamente por el titular, fueron sometidos a una revisión usando como criterio lo establecido en la norma primaria de calidad del aire para dicho contaminante y de acuerdo con lo indicado en R.E. N°1.449/2023 de la SMA. Conjuntamente, se evaluó el comportamiento de los datos para el periodo en estudio, a través de gráficas de series de tiempo.



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
INIA	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Environnement MP 101	EQPM-0404-151
	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Thermo FH62 C14	EQPM-1102-150
Purén	MP2,5	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020	EQPM-0308-170
	MP10	Basado en el principio de atenuación beta	Met One BAM 1020	EQPM-0798-122

5.3 Auditoría de datos

Los datos de MP2,5 y MP10 para los años 2022, 2023 y 2024, 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 la R.E. N°1.449/2023 de la SMA. 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 evalúo el número de días sin dato o dato inválido. De este análisis se presentó el siguiente porcentaje de datos inválidos para los años 2022, 2023 y 2024.

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 2022, 2023 y 2024. En ésta se observa que ambas estaciones registran menos del 25% de sus datos inválidos, determinándose porcentajes de datos inválidos menor al 15,3 en todo el periodo en evaluación.



Tabla 5 Porcentaje de datos inválidos horarios para MP2,5 y MP10 para el periodo de 2022 al 2024

Estación	2022		2023		2024	
	MP2,5 % Horario	MP10 % Horario	MP2,5 % Horario	MP10 % Horario	MP2,5 % Horario	MP10 % Horario
INIA	2,2	0,5	2,5	1,9	1,6	1,8
Purén	7,4	-	2,5	-	1,6	15,3

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 la R.E. N°1.449/2023 de la SMA. 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 INIA y Purén, para los años 2022, 2023 y 2024.

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 (2022, 2023 y 2024)

Estación	Año	Nº de Datos Disponibles (Días) MP2,5	Porcentaje de datos (%)	Nº de Datos Disponibles (Días) MP10	Porcentaje de datos (%)
INIA	2022	357	98	351	96
	2023	365	98	358	98
	2024	360	99	363	99
Purén	2022	363	99	-	-
	2023	356	98	-	-
	2024	360	98	310	85

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 INIA y Purén, observándose una disponibilidad de datos mensuales válidos de MP2,5 superior al 75%.



Tabla 7 Porcentaje de datos válidos de MP2,5 mensuales por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		Red de Ñuble											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
INIA	2022	100	93	100	100	100	100	100	97	87	97	100	100
	2023	100	100	100	100	100	90	100	100	80	100	100	100
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	97	84	100	100
Purén	2022	35	93	100	100	97	100	100	100	100	100	100	87
	2023	100	82	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87
	2024	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	87

Tabla 8 Porcentaje de datos válidos de MP10 mensuales por estación para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	Año	MESES (%)											
		Red de Ñuble											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
INIA	2022	100	100	100	100	97	100	100	94	100	100	100	100
	2023	100	100	100	100	100	87	100	94	93	100	100	100
	2024	100	100	100	100	100	100	100	100	93	97	100	100
Purén	2022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2024	-	31	87	100	100	100	100	100	100	100	97	100

6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA NORMA

6.1 Evaluación de la norma para MP2,5

El periodo de evaluación de la norma para MP2,5, corresponde a aquel comprendido entre el día 1° de enero de 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 2022, 2023 y 2024, de las estaciones de vigilancia de calidad del aire de la ciudad de Chillan.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en cualquier estación monitora calificada como EMRPMP2,5. Cabe hacer presente que las Resolución Exenta N°55, de la SMA, del 16 de enero de 2025, otorga representatividad poblacional a la estación Purén a contar del 21 de enero de 2022 para MP2,5, por tanto, la verificación del cumplimiento normativos y auditoría de datos se realizará considerando el periodo evaluado a contar de esas fechas.



Tabla 9 Evaluación de la norma 24 horas para MP2,5 para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentil 98 Año 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma 24 horas 2024 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
INIA	58	116	88	176	76	152
Purén	114	228	141	282	129	258

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para los años 2022, 2023 y 2024, determinó que el valor de la norma 24 horas para MP2,5, fue superado en las dos (2) estaciones evaluadas denominadas INIA y Purén, 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 la estación de INIA fueron de: 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, 88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2023 y 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2024, correspondiente a 116%, 176% y 152%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, en la estación Purén, se determinaron las siguientes concentraciones: 114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2022, 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2023 y 129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2024, correspondiente a 228%, 282% y 258%, respecto del límite de la norma de 24 horas.

El Gráfico 1 , muestra los valores obtenidos del cálculo del percentil 98 de las concentraciones diarias para el contaminante MP2,5, por estación, para los años 2022, 2023 y 2024.



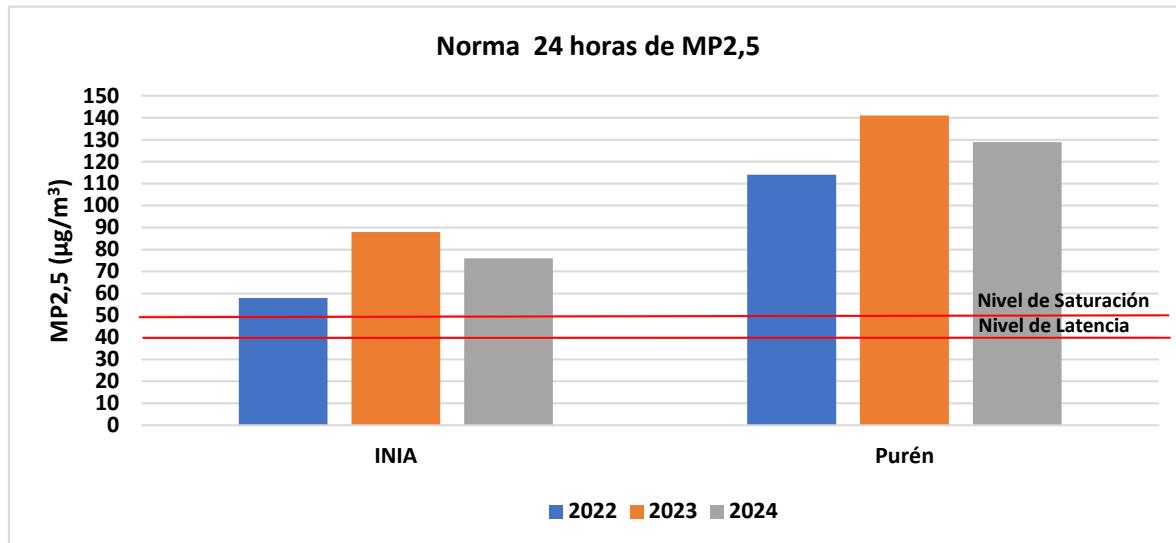


Gráfico 1 Norma 24 horas para MP2,5 por año

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 2022 en estación INIA un número de 15 días y en Purén un número de 52 días; mientras que en el año 2023 en estación INIA un número de 29 días y en Purén un número de 60 días; y por ultimo para el año 2024 un número de 23 días en la estación INIA, mientras que en la estación Purén se registraron 58 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 2022, 2023 y 2024

Estación	Nº de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2022	Nº de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2023	Nº de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2024
INIA	15	29	23
PURÉN	52	60	58



El Gráfico 2 muestra el número de excedencias por cada estación, desgregada a nivel mensual, para el período comprendido entre enero y diciembre del periodo 2022 al 2024, donde se observa que en ambas estaciones los días en los cuales se excede la norma se distribuyen en su mayoría entre marzo y septiembre, siendo la estación Purén, las que presentó el mayor número de excedencias a la norma de 24 horas, con 60 días en el año 2024.

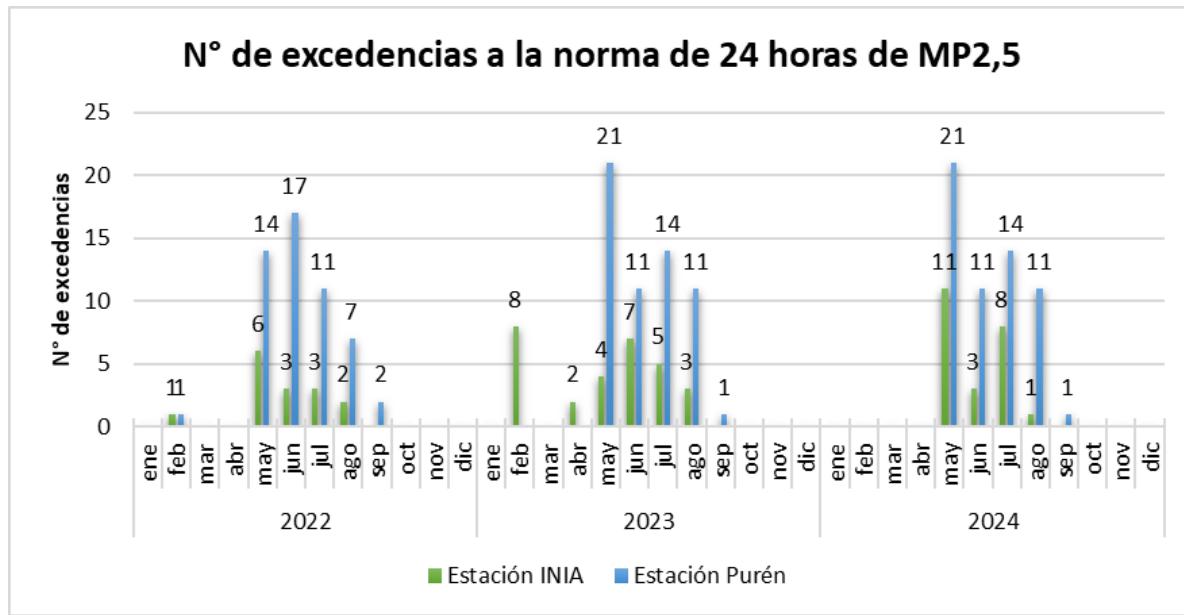


Gráfico 2 Excedencias norma 24 Horas MP2,5 para el año 2022 al 2024

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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 2022, 2023 y 2024, para las estaciones de la Red de monitoreo de la ciudad de Chillán.

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 µg/m³, en cualquier estación monitora 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 tres años, para la evaluación de la norma anual de MP2,5, con la información disponible en las estaciones INIA y Purén fue posible evaluarlas. A continuación, en la Tabla 11 se presentan los valores como promedio anual para los años 2022, 2023 y 2024, y el promedio tres años calendarios.

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

Estación	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de la Norma Anual 20 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
INIA	16	19	18	18	90
Purén	27	30	25	27	135

La evaluación de la norma anual, determinó que ésta fue superada en la estación Purén, de la ciudad de Chillán, las concentraciones como promedio tres años fue de: $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en INIA, equivalente a 135% del límite de la norma anual. Respecto a la estación INIA, las concentraciones como promedio tres años fue de: $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en INIA, equivalente a 90% 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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024.



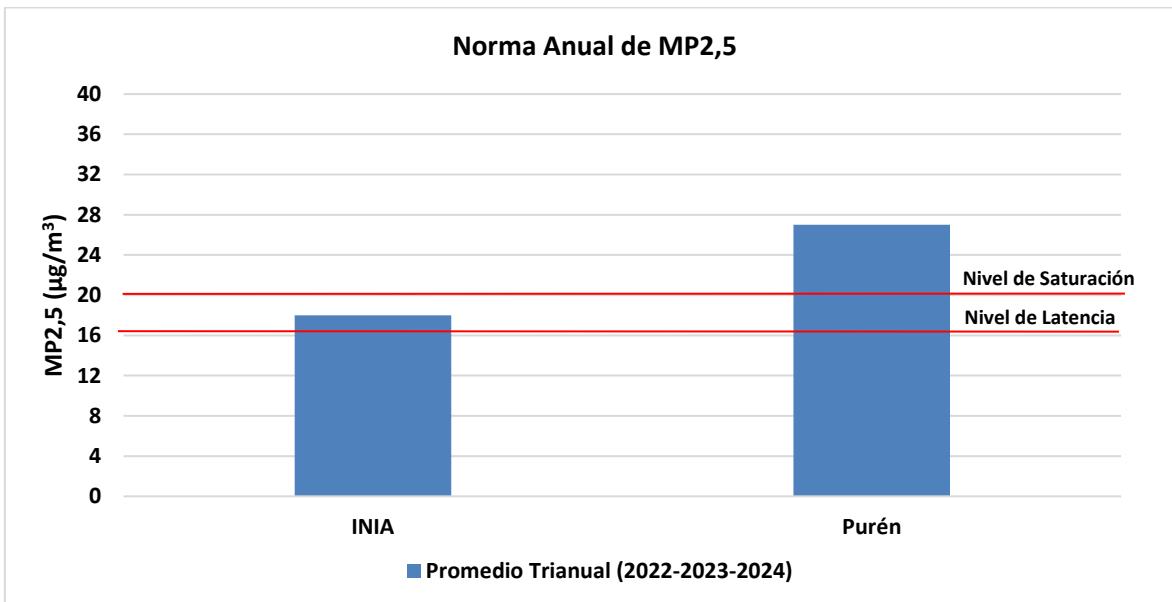


Gráfico 3 Norma Anual para MP2,5, promedio tres años para el periodo entre el 2022 y 2024

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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 2022, 2023 y 2024, de las estaciones INIA y Purén.

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 sobre pasada en las siguientes condiciones:

- Cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitora clasificada como EMRPMP10, sea mayor o igual a $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Asimismo, se considerará superada la norma, si antes que concluya un año calendario, el número de días con mediciones sobre el valor de $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. Cabe hacer presente que las Resoluciones. Exentas N° 54, de la SMA, del 16 de enero de 2025, otorga representatividad



poblacional a la estación Purén a contar del 20 de febrero de 2024, por tanto, la verificación del cumplimiento normativos se realizará considerando el periodo evaluado a contar de esas fechas.

Tabla 12 Evaluación de la norma 24 horas para MP10 para los años 2022, 2023 y 2024

Estación	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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Percentil 98 Año 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma 24 horas 2024 130 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
INIA	61	47	115	88	85	65
Purén	-	-	-	-	162	125

De acuerdo con el análisis efectuado y la determinación del percentil 98 con las concentraciones de 24 horas para el periodo en estudio entre los años 2022 y 2024, y comparándolo con el límite de 24 horas establecido en 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, se determinó que el valor de la norma de 24 horas de MP10, no fue superado en la estación INIA durante todo el periodo evaluado. Cabe señalar que, las concentraciones determinadas en la estación INIA fueron de: 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2022, 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2023 y 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en el año 2024, correspondiente a 47%, 88% y 65%, respecto del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, en la estación Purén mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, se determinó una concentración de 162 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para el año 2024, correspondiente a 125% 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 el año 2022, 2023 y 2024.



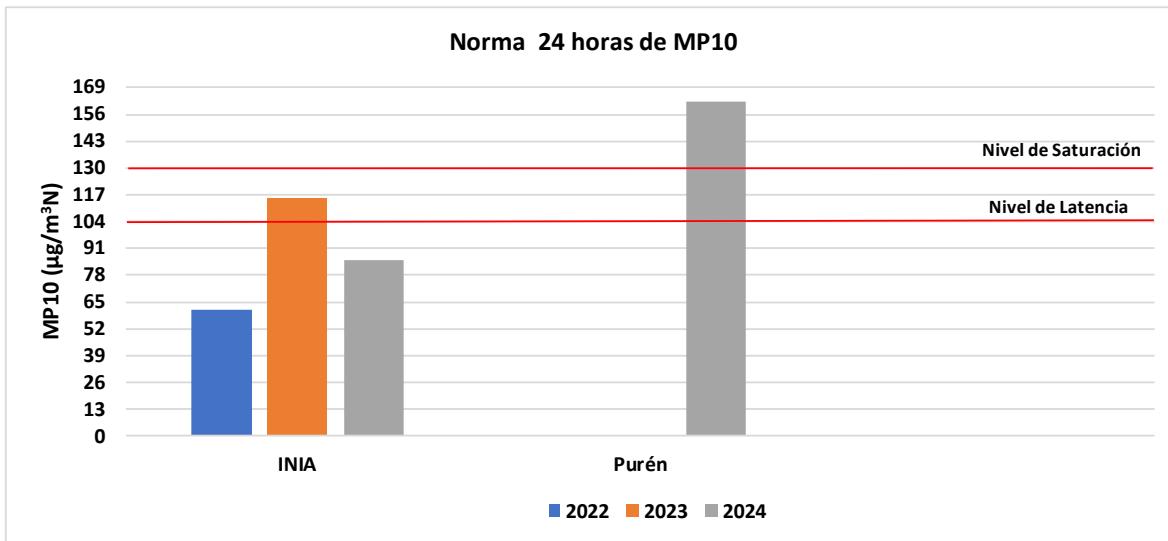


Gráfico 4 Norma 24 horas para MP10 por año y estación

En la Tabla 13, se resume el número de días con excedencias a la norma de 24 horas por estación, para el periodo evaluado, no registrándose excedencias en el año 2022 en estación INIA, mientras que en el año 2023 un número de 6 días; por último, en el año 2024 se observa 1 día en la estación. En la estación Purén, registra 15 días de excedencia en el año 2024.

Tabla 13 N° de días de excedencias a la norma 24 horas de MP10 para los años 2022 al 2024.

Estación	Nº de días de excedencias a la Norma 24 horas 2022	Nº de días de excedencias a la Norma 24 horas 2023	Nº de días de excedencias a la Norma 24 horas Año 2024
INIA	0	6	1
Purén	-	-	15

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 2022 al 2024.



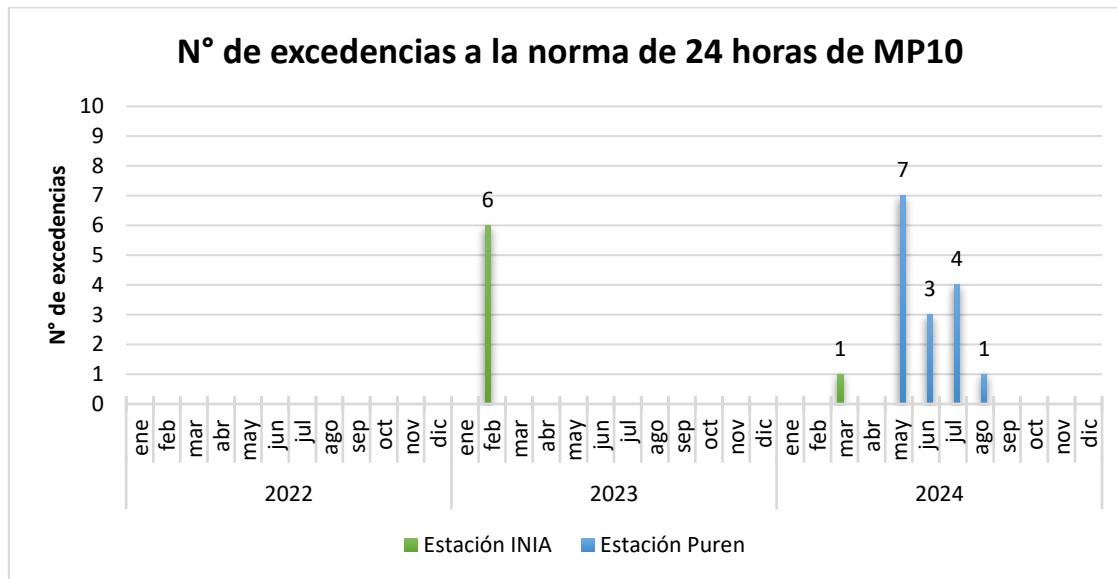


Gráfico 5 Excedencias a la Norma de 24 horas de MP10 en el año 2022, 2023 y 2024

6.2.2 Evaluación de la norma anual MP10

De acuerdo con los límites establecidos 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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024. 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 2022, 2023 y 2024, para las estaciones de monitoreo de Chillán.

Del análisis de evaluación de la norma anual para MP10, que establece como límite $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, expresada como promedio tres años, se determinó que la norma no fue superada en la estación INIA, y el valor obtenido alcanza el 56% respecto del límite de la norma anual de MP10, con una concentración de $28 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, y en relación con la estación Purén con la cantidad de datos disponibles no permitió realizar la evaluación de la norma anual.



Tabla 14 Concentración trianual y porcentaje de la norma MP10

Estación	Promedio Anual 2022 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2023 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Anual 2024 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	Promedio Tres Años (2022-2023-2024) ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)	% de la Norma Anual 50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)
INIA	27	32	25	28	56
Purén	-	-	47	-	-

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 2022 y el día 31 de diciembre de 2024 en las estaciones de INIA y Purén.

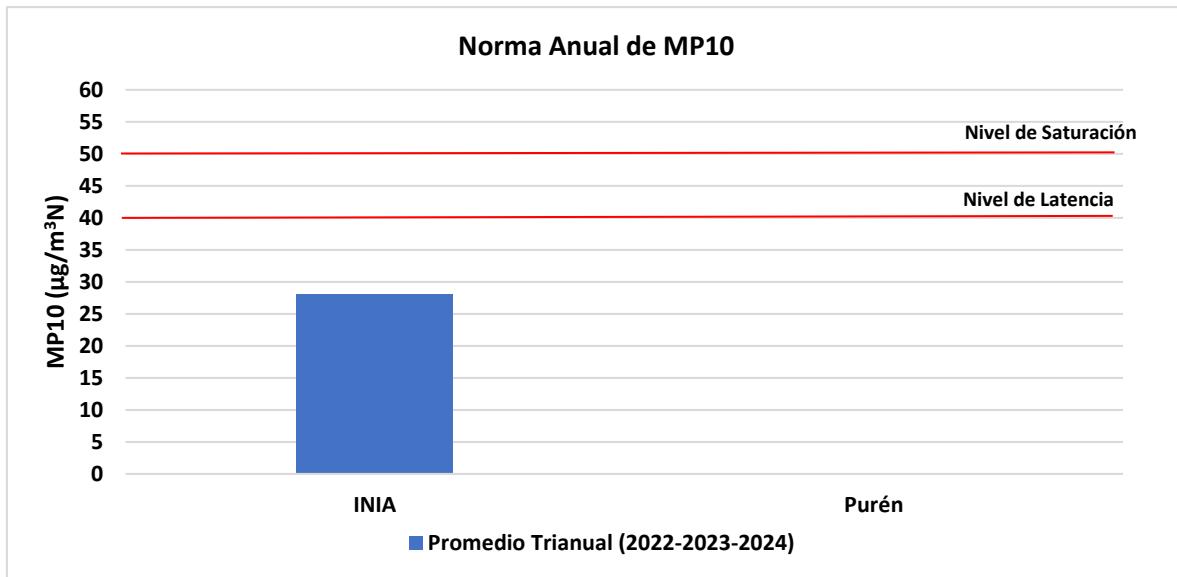


Gráfico 6 Norma Anual para MP10, Promedio trianual periodo 2022, 2023 y 2024



7. CONCLUSIONES

El análisis de los datos de calidad del aire de la Red de monitoreo de la ciudad de Chillán consideró la información válida generada de las mediciones de MP2,5 y MP10, en base al período comprendido entre el 1° de enero de 2022 y el 31 de diciembre de 2024, de las estaciones de la Red de monitoreo de la ciudad de Chillán, 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 2022, 2023 y 2024 por parte del MMA.

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 la “Instrucción requisitos técnicos para la instalación, funcionamiento y operación de los instrumentos en estaciones de muestreo y medición de calidad del aire y meteorología”, R.E. N°1.449/2023 de la SMA. 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 2022, 2023 y 2024 superaron el límite de 50 µg/m³ establecido en la norma en ambas estaciones evaluadas. El análisis determinó que mediante el cálculo del percentil 98, en el año 2022 las concentraciones correspondieron a: 58 µg/m³ en INIA y 114 µg/m³ en Purén, equivalentes a 116% y 228%, respectivamente, respecto del límite de la norma de 24 horas; en el año 2023 la concentración en INIA fue de 88 µg/m³ y en Purén fue de 141 µg/m³, equivalentes a 176% y 282% del límite de la norma 24 horas, respectivamente. Finalmente, durante el año 2024, las concentraciones obtenidas correspondieron a: 76 µg/m³ en INIA y 129 µg/m³ en Purén, equivalentes a 152% y 258% respecto 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 2022 en estación INIA un número de 15 días y en Purén un número de 52 días; para el año 2023 un número de 29 días en la estación INIA, mientras que en la estación Purén se registraron 60 días con excedencia a la norma de 24



horas; y por último en el año 2024 un número de 23 días en la estación INIA, mientras que en la estación Purén se registraron 58 días.

La evaluación de la norma anual para MP_{2,5}, con la información disponible se pudo determinar el promedio anual para los años 2022, 2023 y 2024 en ambas estaciones de la ciudad de Chillán. El promedio tres años para el periodo antes mencionado determinó que la norma anual que establece como límite una concentración de 20 µg/m³ fue superado en la estación Purén, con una concentración promedio de tres años de 27 µg/m³ y en INIA con una concentración de 18 µg/m³, equivalentes a 135% y 90% respecto del límite de la norma anual, respectivamente.

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, no fue superado en la estación INIA en todo el periodo evaluado, registrando concentraciones de 61 µg/m³N en el año 2022, 115 µg/m³N en el año 2023, y 85 µg/m³N el año 2024, equivalente a 47%, 88% y 65%, respectivamente, respecto del límite de la norma de 24 horas. Por otra parte, en la estación Purén mediante el cálculo del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas, se determinó una concentración de 162 µg/m³N para el año 2024, correspondiente a 125%, 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, determinándose para el año 2022 en la estación INIA no se registraron excedencias, Asimismo, el año 2023 se determinó una excedencia de 6 días en la estación INIA, y por último 1 día de superación, para el año 2024. En cuanto a la estación Purén, se registraron 15 excedencias en el año 2024.

Respecto de la norma anual de MP₁₀ que establece como límite una concentración de 50 µg/m³N, mediante el cálculo del promedio tres años (2022, 2023 y 2024), se determinó que la norma anual de MP₁₀ no fue superada en ninguna estación, encontrándose una concentración promedio de tres años de 28 µg/m³N, correspondiente al 56% del límite de la norma anual en la estación INIA. La estación Purén no dispone de datos representativos durante los años 2022 y 2023, por tanto, no se dispone de información suficiente para determinar el promedio de tres años de concentraciones para esa estación.



8. ANEXOS

Nº Anexo	Nombre Anexo
1	Resoluciones EMRP
2	Datos de calidad del aire para el periodo 2022, 2023 y 2024

