



Minuta
Cambios en las condiciones ambientales producto de
la aplicación del D.S. N°13, de 2011, del MMA.

Abril de 2023



Contenido

1	Objetivo de la minuta:.....	3
2	Contexto:.....	3
2.1	Antecedentes generales.....	3
2.2	Antecedentes de las condiciones ambientales de las zonas de emplazamiento de las centrales termoeléctricas.....	5
2.2.1	Tocopilla	5
2.2.2	Mejillones	6
2.2.3	Huasco	8
2.2.4	Quillota	9
2.2.5	Quintero-Puchuncaví.....	11
2.2.6	Santiago.....	12
2.2.7	Lota-Coronel.....	13
2.2.8	Valdivia	15
3	Origen de información:	17
4	Resultados:.....	17
4.1.1	Tocopilla	17
4.1.2	Mejillones.....	20
4.1.3	Huasco	22
4.1.4	Quillota	25
4.1.5	Quintero-Puchuncaví.....	25
4.1.6	Santiago.....	27
4.1.7	Lota-Coronel.....	28
4.1.8	Valdivia	30
5	Comentarios:.....	31



1 Objetivo de la minuta:

Realizar una evaluación de los cambios en las condiciones ambientales mediante la comparación de los cambios en los niveles de calidad de aire por MP, SO₂ y NO₂ antes y posterior a la entrada en vigencia de la Norma de emisión de centrales termoeléctricas (D.S. N°13/2011, del MMA). Lo anterior, con el objetivo de dar cumplimiento al literal c), del artículo 39, del D.S. N°38/2012, que aprueba reglamento para la dictación de normas de calidad ambiental y de emisión¹.

2 Contexto:

2.1 Antecedentes generales

La Tabla 2-1 presenta un resumen para los territorios de emplazamiento de las centrales termoeléctricas seleccionadas para casos de estudio, en consideración a contar con estaciones de calidad de aire de aire y si corresponden a una zona declarada saturada o latente. Además, se incluye los contaminantes que dieron origen a la declaración de saturación; el Decreto respectivo cuando corresponda y el número de la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) asociada a la aprobación de la central y las estaciones de monitoreo que aparecen mencionadas para el seguimiento de la calidad del aire.

Tabla 2-1 Resumen de territorios de emplazamiento de centrales termoeléctricas

Central	Territorio de Emplazamiento central	Zona S/L	Variables y Decreto declaración de Zona Latente (ZL) o Saturada (ZS)	RCA y Estaciones para seguimiento de concentraciones
Termoeléctrica Norgener	Tocopilla	Si	ZS por conc. anual de MP ₁₀ D.S. N°81/2007 de MINSEGPRES	RE45/1997, RE485/1994 Gobernación, Gendarmería, Bomberos
Tocopilla	Tocopilla	Si		RE075/1998 Escuela E10
Termoeléctrica Angamos	Mejillones	No		RE290/2007 1 est MP ₁₀ , SO ₂ , NO ₂
Termoeléctrica Cochrane	Mejillones	No		RE305/2009 1 est MP ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ SO ₂ cactus gaviotín
KELAR	Mejillones	No		RE341/2007 RE155/2013 Punta Itata o caleta hornitos
Guacolda	Huasco	Si	ZL por conc. anual de MP ₁₀ D.S. N°25/2011 de MMA	RE004/1195 EME F, EME M, SM1, SM2, SM3, SM4, SM5, SM6, SM7, SM8
San Isidro II	Quillota	Si	ZS por conc. anual de MP ₁₀ y ZL por conc. diaria de MP ₁₀ D.S. N°107/2018 de MMA	RE164/2004 Bomberos, La Palma, San Pedro
Nehuenco I	Quillota	Si		RE003/1997 Bomberos, La Palma, San Pedro

¹ <https://bcn.cl/2kahs>



Central	Territorio de Emplazamiento central	Zona S/L	Variables y Decreto declaración de Zona Latente (ZL) o Saturada (ZS)	RCA y Estaciones para seguimiento de concentraciones
Los Vientos	Llayllay	Si		RE293/2005 Los Vientos
Campiche	Puchuncaví-Quintero	Si	ZS por SO ₂ y MP ₁₀ D.S. N° 346/1994 MinAgricultura ZS por conc. anual de MP _{2,5} ZL por conc. diaria de MP _{2,5} y conc. anual de MP ₁₀ D.S. N°10/2015 del MMA	RE275/2010 Al Greda, Puchuncaví, Valle Alegre, Los Maitenes, Sur, Quintero.
Nueva Renca	Renca, Santiago	Si	ZS por MP ₁₀ , PTS, CO y O ₃ y ZL para NO ₂ . D.S. N°131/1996 MINSEGPRES ZS por conc. diaria de MP _{2,5} D.S. N°67/2014 del MMA	RE007/1996 RE123/2003 Estación Max impacto
Bocamina 2	Lota-Coronel	Si	ZS por conc. diaria de MP _{2,5} D.S. N°15/2015 de MMA	RE206/2007. Lagunillas, Lota Rural, Lota urbana
Antihue TG	Valdivia	Si	ZS por conc. diaria y anual de MP ₁₀ y MP _{2,5} D.S. N°17/2014 de MMA	RE091/1999 Colico

Fuente: Elaboración propia en base a información en mma.gob.cl y sea.gob.cl

Todas las evaluaciones de cumplimiento de normas fueron realizados con las normas vigentes para poder hacer comparación con años anteriores donde estaban las versiones antiguas, principalmente para MP₁₀ y SO₂.

Los valores límites de las normas de calidad de aire vigentes se detallan en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Contaminantes y Valores establecidos en las normas primarias de calidad de aire en Chile considerados para caracterizar calidad de aire

Contaminante (unidad)	Norma horaria	Norma Diaria	Norma Anual	Cuerpo legal
NO ₂ (µg/m ³ N)	400	-	100	D.S. N°114/2002
SO ₂ (µg/m ³ N)	350	150	60	D.S. N°104/2018
MP ₁₀ (µg/m ³ N)	-	130	50	D.S. N°12/2021
MP _{2,5} (µg/m ³)	-	50	20	D.S. N°12/2011

Fuente: Elaboración propia en base a MMA.

2.2 Antecedentes de las condiciones ambientales de las zonas de emplazamiento de las centrales termoeléctricas.

A continuación, se presenta un resumen de las condiciones ambientales de las zonas de emplazamiento de centrales para las cuales se cuenta con información de calidad de aire que permite realizar un análisis de cambios en las condiciones desde la entrada en vigencia de la NECT:

2.2.1 Tocopilla

La ciudad de Tocopilla registra medición de la calidad de aire desde fines de los 90s, realizada en dos estaciones: Escuela E10 (contaminantes medidos MP_{10} , SO_2 y NO_2) y Gobernación (MP_{10} y SO_2), cuyas ubicaciones se muestran en la Figura 2-1. Las concentraciones de MP_{10} excedieron la norma anual por lo cual en octubre de 2007 mediante el D.S. N° 50 de MINSEGPRES, se declaró a Tocopilla como Zona Saturada por concentración anual de MP_{10} ². Posteriormente, en el año 2010 mediante el D.S. N°79 de MINSEGPRES se estableció un Plan de Descontaminación (PDA) por MP_{10} .

Una de las medidas del plan de descontaminación fue el rediseño de la red de monitoreo y de las variables a monitorear, optimizando el equipamiento de las estaciones Escuela E10 y Gobernación, e incorporando las estaciones Lipased y Gendarmería.

La Figura 2-1 muestra la ubicación de las estaciones Gobernación y Escuela E10 consideradas para casos de estudio como también las centrales Norgener y Tocopilla.

Figura 2-1 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Tocopilla

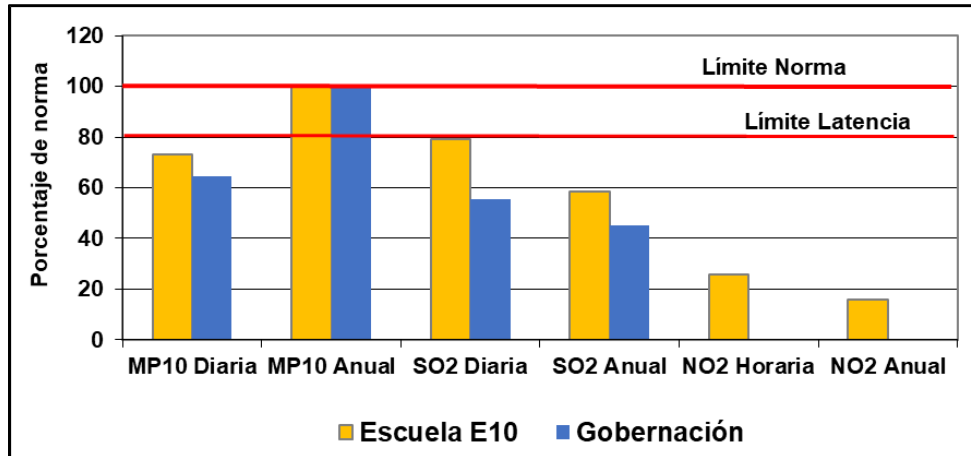


² Norma primaria vigente de MP_{10} en año 2011 D.S: N°59/1998 de MINSEGPRES



De acuerdo a las concentraciones presentadas en la Figura 2-2 para el año 2011, previo a la implementación de la NECT tanto en la estación Escuela E10 como en Gobernación se mantiene un promedio trianual de MP_{10} en el límite de la norma anual, es decir se mantiene condición de Zona Saturada. En cambio, para norma diaria por MP_{10} en ambas estaciones los valores son menores a 75% de la norma. Para SO_2 las concentraciones en Escuela E10 son cercanos al valor de latencia por norma diaria³, pero menores al 60% de la norma anual. Para NO_2 las concentraciones son menores al 3% de los valores establecidos en las normas horaria y anual. En adelante, las comparaciones se realizan para las normas vigente indicadas en la Tabla 2-2.

Figura 2-2 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Tocopilla, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos SINCA y SMA

2.2.2 Mejillones

En la comuna de Mejillones existe un sector industrial en el cual se han instalado centrales termoeléctricas (a gas natural, petróleo y carbón), una planta de amoníaco de ENAEX, plantas de procesamiento de pescado y un Terminal portuario. La instalación de fuentes emisoras en el sector industrial está favorecida por el régimen de vientos que dirige las emisiones desde el sector industrial hacia el mar, alejándolas de la zona poblada. Las estaciones Bomberos y Ferrocarril reportan datos desde el año 1999, MP_{10} y NO_2 en Bomberos, y MP_{10} y SO_2 en Ferrocarril. El aumento de fuentes emisoras en la zona industrial ha implicado un incremento del número de estaciones de monitoreo. Actualmente, hay 14 estaciones de monitoreo de calidad de aire en Mejillones, 6 de ellas en la zona urbana, pero los informes oficiales de la SMA no incluyen estas estaciones en la evaluación de normas porque varias de ellas no tienen declaración de representatividad poblacional (EMRP).

La Figura 2-3 muestra la ubicación de las estaciones Ferrocarril, Bomberos y Puerto Mejillones (conocida como Club Social y Deportivo Unión Marítimo) en la zona poblada ubicada en la zona SurOeste. La estación Molynor está al SurOeste de las centrales Angamos y Cochrane. Además, en la imagen se incluye la Central térmica Kelar ubicada al NorEste de la zona industrial de Mejillones.

³ Norma primaria de SO_2 vigente en año 2011 corresponde a D.S. N°13/2002 de MINSEGPRES

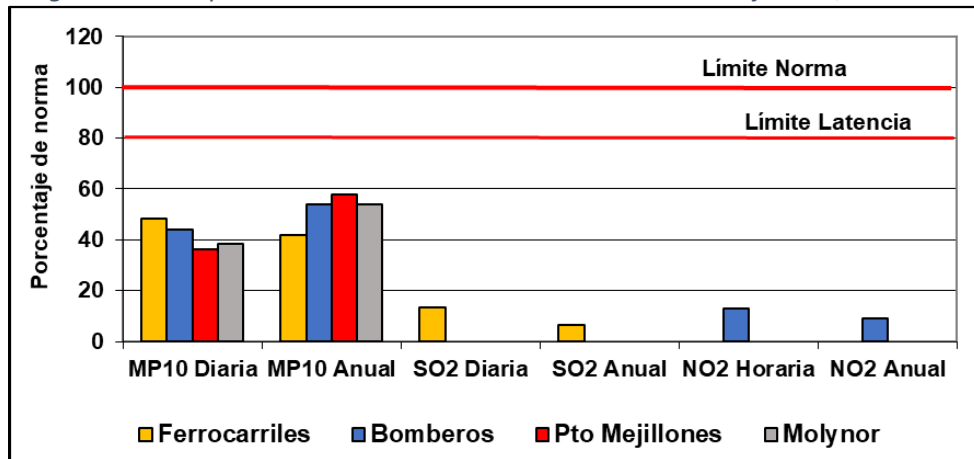


De acuerdo a las concentraciones presentadas en la Figura 2-4 para el año 2011, las concentraciones de MP₁₀ en las estaciones ubicadas en la zona urbana, es decir en Bomberos, Ferrocarril y Puerto Mejillones son inferiores al 45% de la norma diaria y al 55% de la norma anual. En cambio, para NO₂ y SO₂ las concentraciones son inferiores al 15% de las normas. Por otro lado, en la estación Molyndor ubicada en la zona industrial las concentraciones de MP₁₀ son cercanas al 40% de la norma diaria y cercanas al 50% de la norma anual.

Figura 2-3 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Mejillones



Figura 2-4 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Mejillones, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA y SINCA

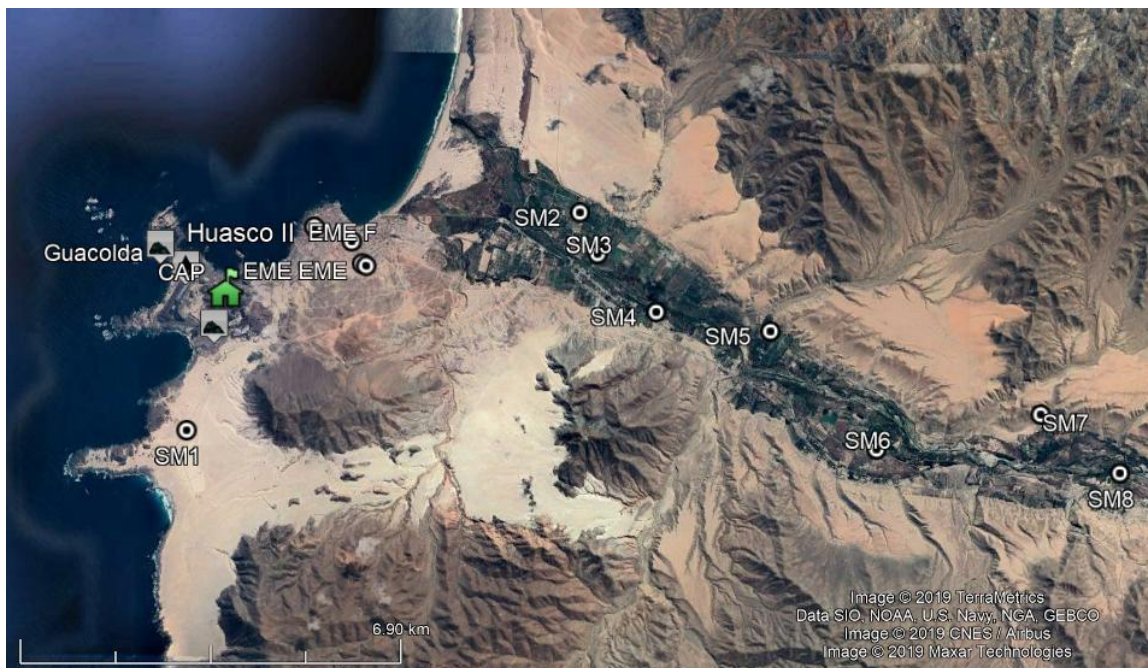


2.2.3 Huasco

El monitoreo de calidad del aire en Huasco comienza en el año 1995 con seis estaciones, posteriormente como exigencia a la aprobación del Proyecto “Uso de mezclas de carbón y petcoke en la Central Térmica Guacolda” (Res.Exenta N° 38/00), se agregan 8 estaciones para monitoreo permanente de SO₂ a lo largo del Valle del Huasco, denominadas desde SM1 hasta SM8, para el año 2011 se mantenía medición en las 8 estaciones más las estaciones EME F, EME M, 21 de Mayo y Huasco II cuya ubicación se muestra en la Figura 2-5 en la cual se incluyen las principales fuentes emisoras que corresponden a Central Guacolda, Central Huasco y la planta de pellet de la compañía de aceros del Pacífico (CAP)

Durante los primeros años de mediciones de MP₁₀ en las estaciones EME F y EME M se superó el nivel de la norma anual de MP₁₀ por lo cual se implementaron medidas de gestión de la calidad del aire. Posteriormente, en mayo de 2012 mediante el D.S. N°40 del MMA se declaró Zona Latente por norma anual de MP₁₀ a la localidad de Huasco y su zona circundante y en noviembre de 2016 se promulga el Plan de Prevención Atmosférica (PDA) para la localidad de Huasco y su zona circundante (D.S. N°38/2016 del MMA). Las concentraciones de MP₁₀ han disminuido durante los últimos años gracias a las medidas del PDA.

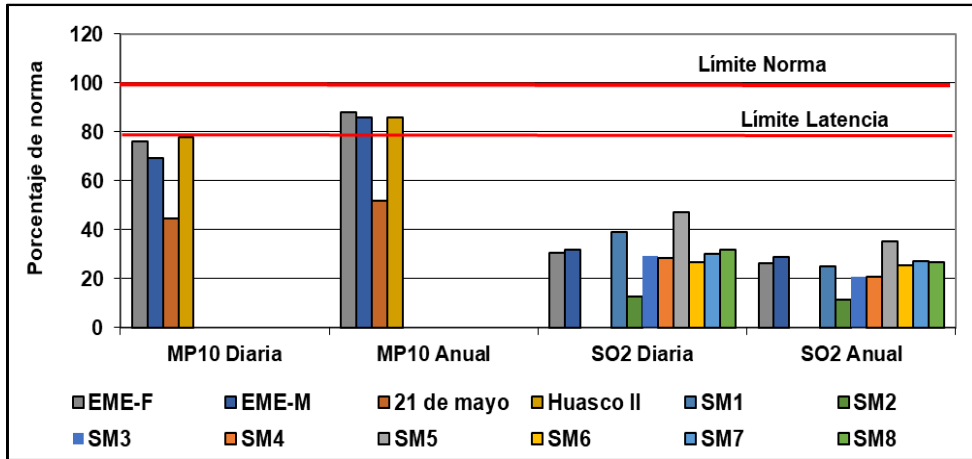
Figura 2-5 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Valle del Huasco



De acuerdo a la Figura 2-6 las concentraciones de MP₁₀ en las estaciones EME F, EME M, 21 de Mayo y Huasco están entre 40% y 78% de la norma diaria y alrededor de un 90% de la norma anual en EME M, EME F y Huasco, es decir en zona de latencia por norma anual a diferencia de 21 de mayo con un promedio anual cercano al 50% de la norma anual de MP₁₀. En cambio, las concentraciones de SO₂ son inferiores al 30% de la norma diaria y anual de SO₂, con concentraciones que disminuyen en la medida que se alejan de las fuentes emisoras.



Figura 2-6 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Huasco, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

2.2.4 Quillota

En la zona de Quillota se realiza monitoreo de calidad de aire asociado a las RCA de las centrales Nehuenco (RE003/1997) y San Isidro (RE164/2004) las cuales establecen seguimiento del impacto de las emisiones en las estaciones San Pedro, La Palma y Bomberos. Hay datos disponibles desde el año 2006, a los cuales se suman los datos de las estaciones La Cruz y Manzanar. La ubicación de las estaciones de monitoreo y las centrales San Isidro y Nehuenco se muestran en la Figura 2-7, además se incluye la ubicación de la planta de Cemento Melón al NorEste de Quillota

Producto de los niveles de MP₁₀ mediante el D.S. N°107/2018 de MMA se declaró a la comuna de Quillota Zona saturada por concentración anual de MP₁₀ y zona Latente por concentración diaria de MP₁₀.

La Figura 2-8 muestra el cumplimiento de las normas de calidad de aire para MP₁₀, SO₂ y NO₂ en las estaciones de Quillota para el año 2011. Se puede apreciar bajos niveles de SO₂ y NO₂ inferiores al 20% de las normas. En cambio, para MP₁₀ se alcanzan concentraciones entre 43% y 73% de la norma diaria y entre 58% y 106% de la norma anual, con la estación Bomberos en rango de latencia por norma anual y la estación La Cruz sobre el límite de superación de la norma. Es necesario destacar que los niveles más altos de MP₁₀ en La Cruz pueden estar impactados por las emisiones de la Planta Cemento Melón.



Figura 2-7 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Quillota

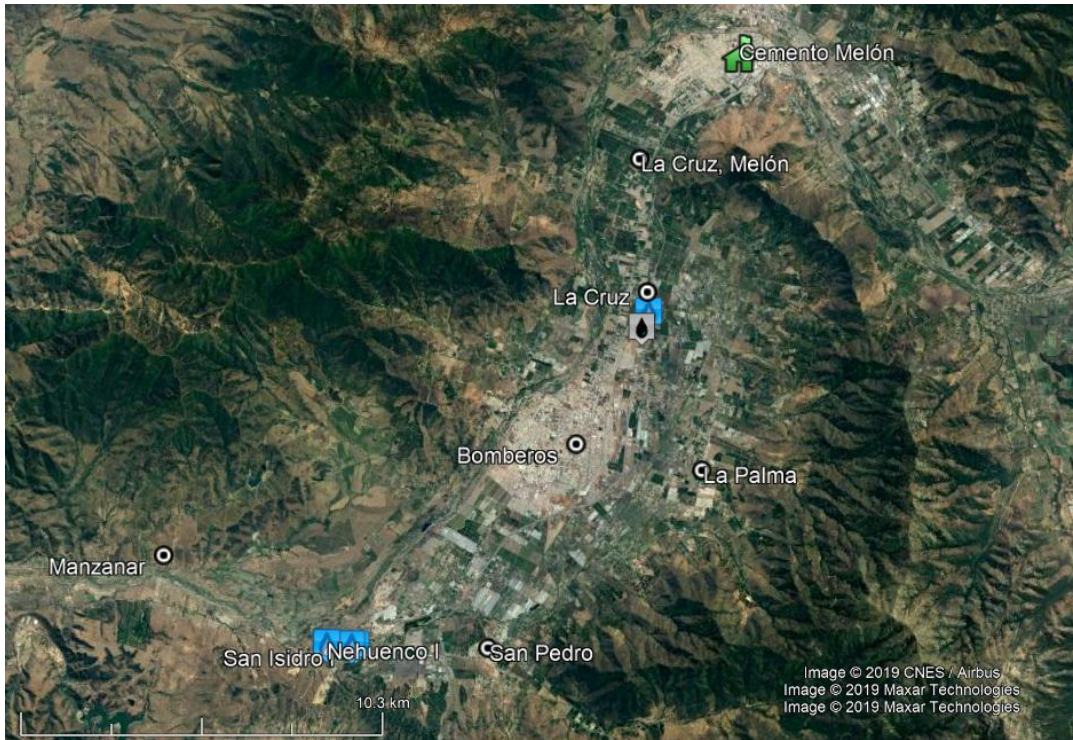
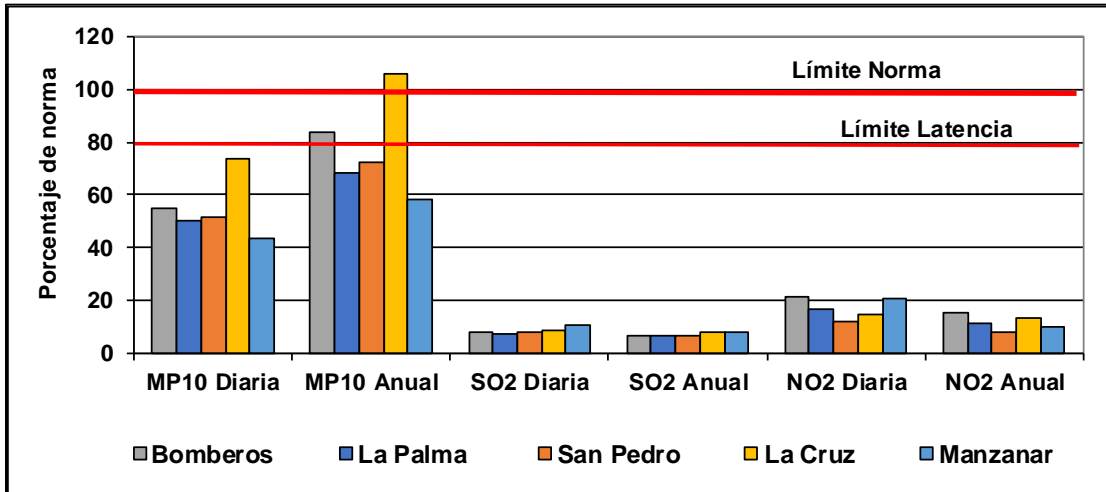


Figura 2-8 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quillota, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

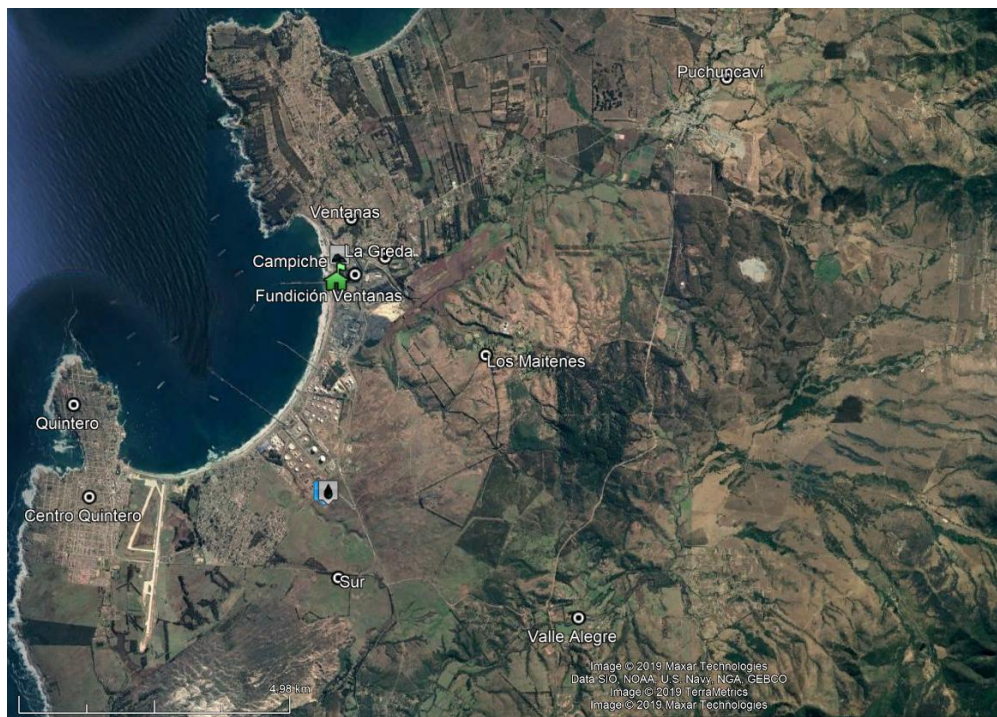


2.2.5 Quintero-Puchuncaví

Hace más de 50 años, se instalaron en el Complejo Industrial Ventanas dos grandes megafuentes: una planta termoeléctrica y una fundición-refinería de Cobre de ENAMI. Producto de las emisiones de SO_2 y MP_{10} de estas empresas fue necesario implementar en un Plan de Descontaminación (PDA) oficial desde 1992 (D.S N° 252 del Ministerio de Minería), y gran parte de las comunas de Quintero y Puchuncaví están declaradas zonas saturadas por SO_2 y MP_{10} desde 1994 (D.S. N° 346 del Ministerio de Agricultura). Las mediciones de SO_2 y MP_{10} se inician a mediados de los 90s en las estaciones La Greda, Puchuncaví, Sur, Valle Alegre y Los Maitenes (ver Figura 2-9) **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en las cuales se constató la disminución de los niveles de SO_2 producto de la implementación del PDA.

En los últimos 20 años se ha producido un significativo aumento del número de industrias en la zona, aparentemente sin una adecuada regulación y planificación con lo cual hay un nuevo crecimiento de emisiones por las cuales se declaró zona saturada por norma anual de $\text{MP}_{2,5}$, zona latente por norma diaria de $\text{MP}_{2,5}$ y zona latente por norma anual de MP_{10} a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví en marzo de 2015 mediante el D.S. N°10 del MMA y un nuevo Plan de prevención y descontaminación mediante D.S. N°105/2018 del MMA.

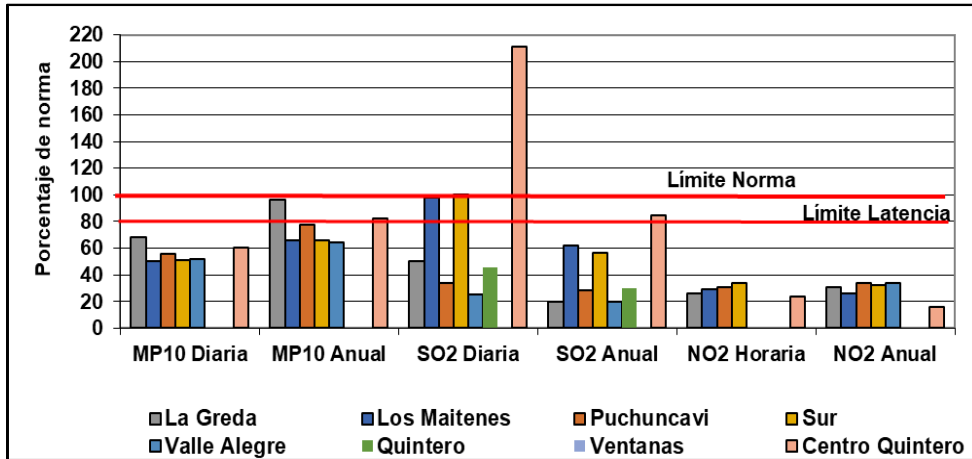
Figura 2-9 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Quintero-Puchuncaví



De acuerdo a lo presentado en la Figura 2-10 para el año 2011 las concentraciones de MP_{10} son inferiores al 60% de la Norma diaria y en el rango entre 60% y 95% por norma anual de MP_{10} siendo más alto en la estación La Greda la más cercana al complejo industrial. En cambio, las concentraciones de SO_2 se encuentran bajo el 60% de las normas, excepto la estación Centro Quintero donde se excede en 25% la norma diaria de SO_2 . Las concentraciones de NO_2 son inferiores al 40% de los valores de las normas diaria y anual de NO_2 .



Figura 2-10 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quintero-Puchuncaví, año 2011

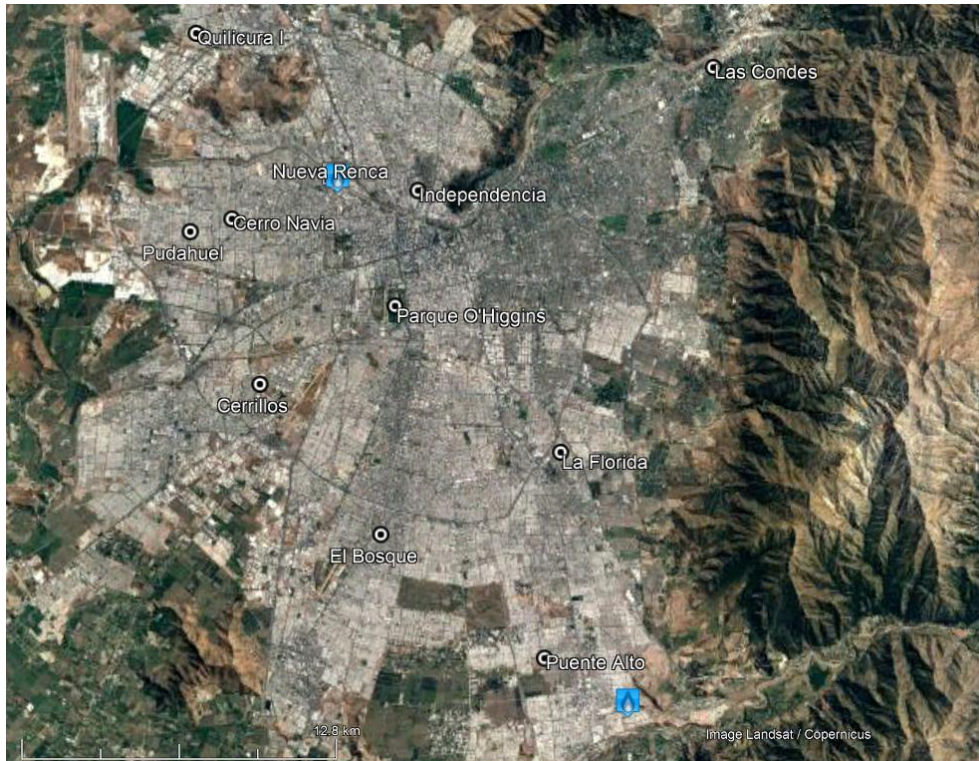


Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

2.2.6 Santiago

La red de monitoreo de Santiago, con mediciones de MP₁₀, CO, SO₂, NO_x y O₃, inicia su funcionamiento en 1988 con 5 estaciones creciendo hasta 11 en el año 2008 ubicadas en las comunas de Las Condes, Independencia, La Florida, Pudahuel, El Bosque, Cerrillos, Parque O’Higgins, Cerro Navia, Talagante, Puente Alto y Huechuraba cuya ubicación se presenta en la Figura 2-11.

Figura 2-11 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Santiago



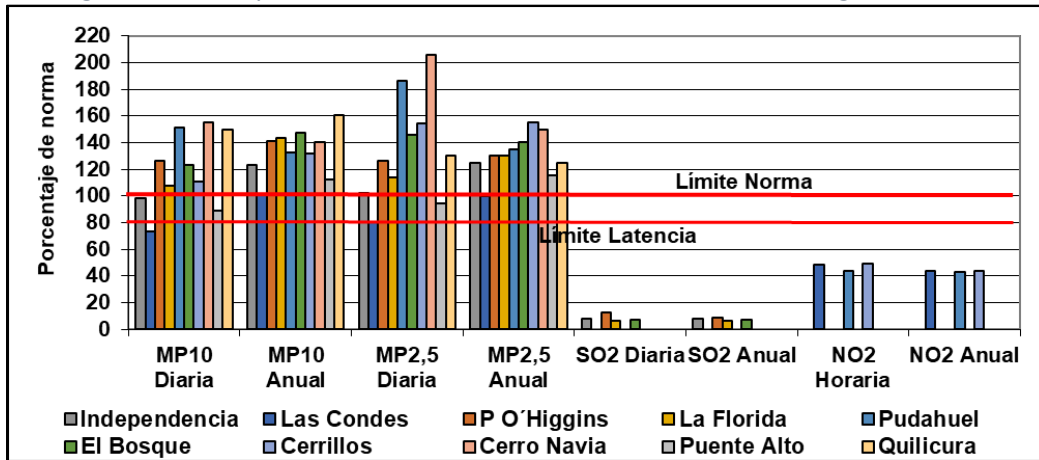


En 1996, mediante el D.S. N°131 del MINSEGPRES se declaró a la Región Metropolitana zona saturada para MP₁₀, PTS, CO y Ozono y zona latente para NO₂. En 1998 el D.S. N°16 de MINSEGPRES aprueba el Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana (PPDA), el cual es actualizado en los años 2004 y 2010. Mediante el D.S. N°67/2014 del MMA se declaró a la RM saturada por concentración diaria de MP_{2,5}. En noviembre de 2017 se aprobó un nuevo PPDA mediante el D.S. N°31 del MMA.

Respecto para la Central Nueva Renca, la RCA estableció monitoreo continuo de SO₂, NO, NO₂, CO, O₃ e hidrocarburos y medición cada 3 días de MP₁₀ en una estación ubicada en el punto de máximo impacto, el cual se estableció al interior del recinto industrial de acuerdo a la RE123/2003.

De acuerdo a la Figura 2-12 para el año 2011 a excepción de Las Condes se excede la norma anual de MP₁₀ y MP_{2,5} y en la mayoría de las estaciones se excede la norma diaria de MP₁₀ y MP_{2,5}. En cambio, las concentraciones de SO₂ son inferiores al 10% de las normas diaria y anual de SO₂. Las concentraciones de NO₂ son inferiores al 50% de las normas, es decir bajo el límite de latencia que superaba por NO₂ en el año 1996.

Figura 2-12 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Santiago, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA y SINCA

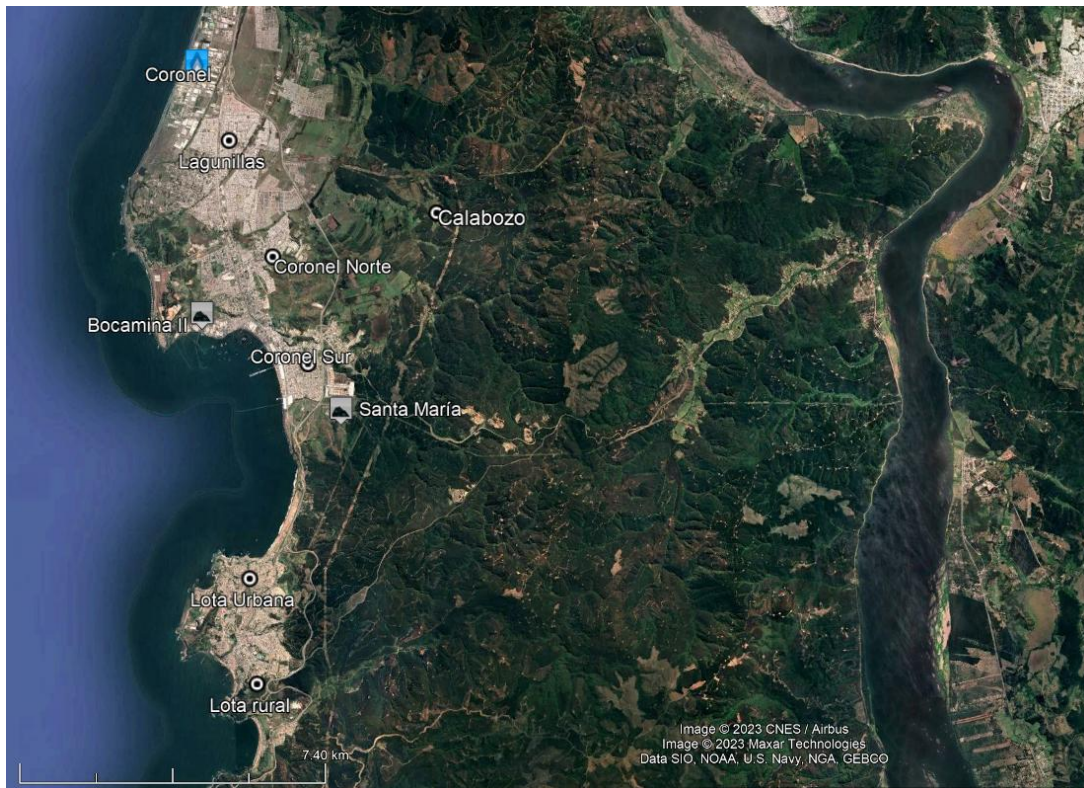
2.2.7 Lota-Coronel

En las comunas de Lota y Coronel se instalaron estaciones de monitoreo de la calidad de aire para seguimiento del impacto de las emisiones de las centrales termoeléctricas a carbón Bocamina y Santa María. Además, en la zona está instalada la CT Coronel que funciona con gas.

La RCA para la CT Bocamina (RE206/2007) estableció monitoreo de MP₁₀, SO₂, NO₂, O₃ y CO en las estaciones Lagunillas, Lota Rural, Lota urbana, las cuales inician sus mediciones en septiembre de 2009. Por otro lado, la RCA para la CT Santa María (RE176/2007) establece monitoreo en las estaciones Coronel Norte, Coronel Sur y Calabozo esta última ubicada en una zona más rural al NorEste de Coronel. La Figura 2-13 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra la ubicación de las estaciones, destacando además la ubicación de la CT Bocamina.



Figura 2-13 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Lota-Coronel

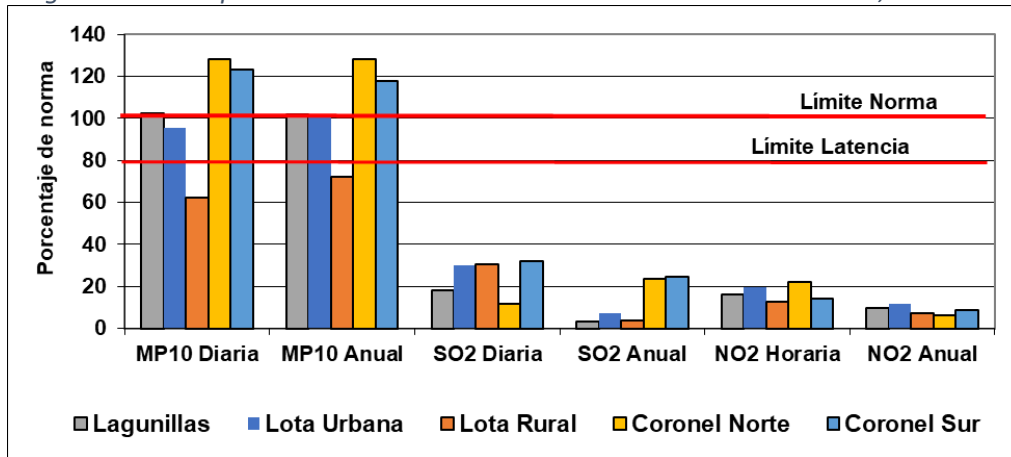


En el año 2015, las comunas de Lota y Coronel fueron incluidas en la declaración de zonas saturadas por material particulado fino respirable $MP_{2,5}$ por exceder la norma diaria mediante el D.S. N°15/2015 del MMA.

De acuerdo a la evaluación de normas para el año 2011 presentada en la Figura 2-14, las concentraciones de MP_{10} en Lagunillas, Coronel Norte y Coronel Sur ubicadas más cercanas a las Centrales exceden las normas diarias y anual de MP_{10} , es necesario señalar que en esta evaluación se está considerando la nueva norma diaria de MP_{10} que corresponde a $130\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, a diferencia de la vigente en el año 2011 que correspondía a $150\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$. En cambio, las estaciones ubicadas al Sur, en Lota están en rango de latencia (Lota Urbana) y con concentraciones entre 60 y 70% de las normas en la estación Lota Rural. Las concentraciones de SO_2 son inferiores al 30% de las normas y las concentraciones de NO_2 son inferiores al 20% de los valores establecidos en las normas.



Figura 2-14 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Lota-Coronel, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

2.2.8 Valdivia

La RCA para la Central Antilhue RE091/1999 estableció medición continua de SO_2 , NO_2 , CO y O_3 y la medición cada 3 días en una estación ubicada en la zona de máximo impacto. Sin embargo, la información disponible en la zona urbana más cercana corresponde a la medición de $\text{MP}_{2,5}$ y MP_{10} en la estación Valdivia del MMA instalada en enero de 2008.

En junio de 2014, mediante el D.S. N°17 de MMA se declaró a la comuna de Valdivia zona saturada por superación de norma diaria y anual de MP_{10} , y por superación de norma diaria de $\text{MP}_{2,5}$. En junio de 2017, mediante el D.S. N°25 de MMA se estableció un Plan de descontaminación para la Comuna. En Septiembre de 2018, se instaló una segunda estación de monitoreo en el sector NorOeste de Valdivia para medición de $\text{MP}_{2,5}$ y MP_{10} , registrando concentraciones menores a la ubicada en zona residencial.

La Figura 2-15 muestra la ubicación de las estaciones de monitoreo en Valdivia (Valdivia 1 y Valdivia 2) y la Central Antilhue al NorEste de la ciudad.

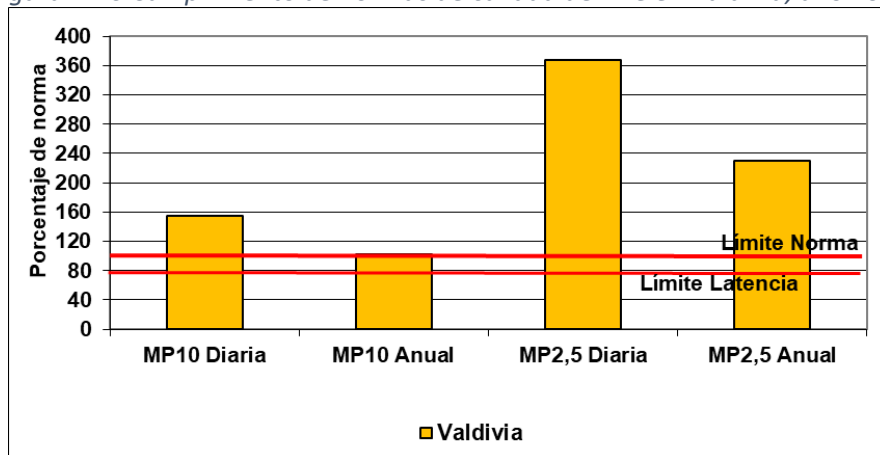


Figura 2-15 Ubicación de las estaciones de monitoreo en Valdivia



De acuerdo los valores de las concentraciones de MP_{10} y $MP_{2,5}$ presentados en la Figura 2-16 ¡**Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se aprecia superación tanto de la norma anual y diaria de MP_{10} y $MP_{2,5}$ llegando hasta una superación cercana a 3,5 veces el valor de la norma diaria de $MP_{2,5}$ lo cual justificó posteriormente la declaración de Zona Saturada.

Figura 2-16 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Valdivia, año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de SINCA



3 Origen de información:

- Información analizada para cumplimiento de norma corresponden a los datos horarios disponibles en la página del Sistema Nacional de Información de Fiscalización ambiental de la SMA (<https://snifa.sma.gob.cl/>) y en la página del Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (<https://sinca.mma.gob.cl/>).

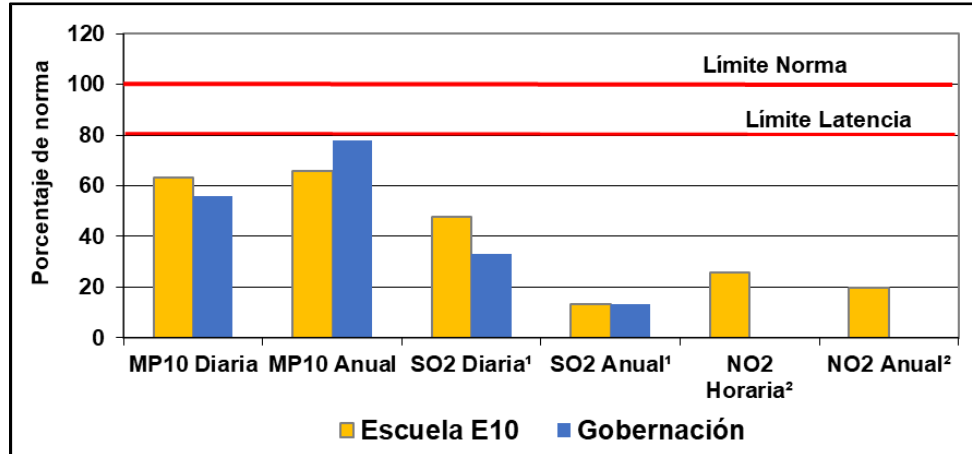
4 Resultados:

A continuación, se presentan los cambios en las condiciones ambientales mediante una evaluación del cumplimiento de las normas primarias de calidad de aire en el año 2021 y la evolución de promedios anuales de MP₁₀, MP_{2,5}, SO₂ y NO_x en comparación con suma de las emisiones anuales de las centrales termoeléctricas ubicadas en la zona, sujeto a la información disponible.

4.1.1 Tocopilla

La evaluación de normas para el año 2021, ver Figura 4-1, muestra un leve descenso para la norma diaria de MP₁₀, pero por norma anual las concentraciones disminuyen respecto a 2011, incluso por debajo del límite de latencia en estación Escuela E10 (actualmente SuperSite) y estación Gobernación. Las concentraciones de SO₂ muestran un fuerte descenso, por debajo del 50% de las normas diaria y anual. Para NO₂ en cambio los valores del año 2021 son similares a los registrados en 2011.

Figura 4-1 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Tocopilla, año 2021



¹ Evaluación norma SO₂ año 2019

² Valor referencial con datos sin validar 2021 desde SINCA

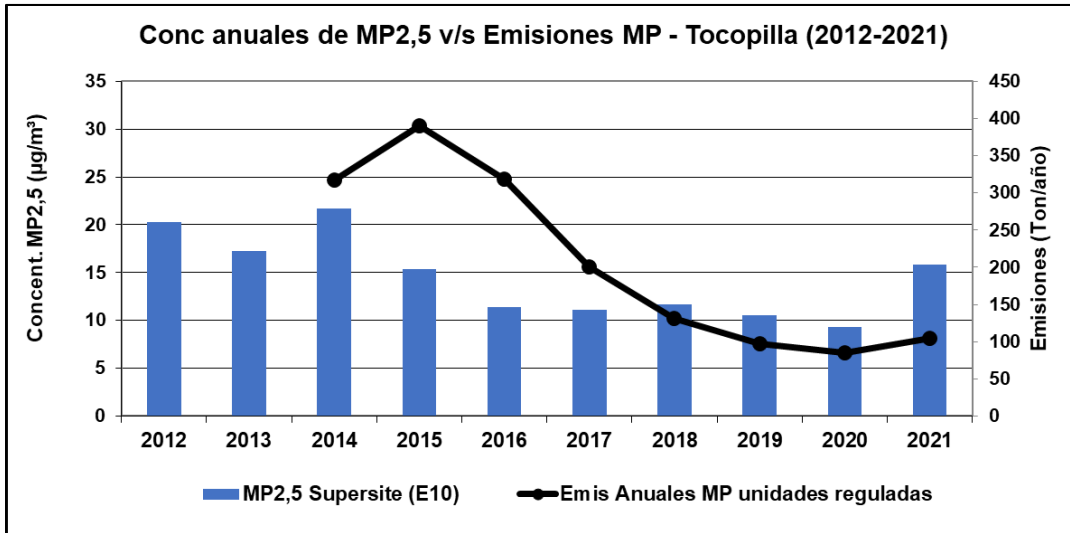
Fuente: Elaboración propia con datos SINCA y SMA

En la Figura 4-2 se presenta una comparación de los promedios anuales de concentración de MP_{2,5} obtenidos desde la estación Escuela E10 con las emisiones anuales de MP en Tocopilla. Se aprecia en el gráfico que a pesar del aumento de emisiones de MP en el año el año 2015 las concentraciones de MP_{2,5} disminuyen. Posteriormente, desde el año 2016 en adelante hay un fuerte descenso de las emisiones de MP. Sin embargo, las concentraciones de MP_{2,5} se mantienen en promedios anuales cercanos a 11 µg/m³. En el año 2021 hay un aumento de MP_{2,5} hasta un promedio anual de 16 µg/m³, el cual puede estar asociado a un aumento de las emisiones de MP en el año 2021 respecto al año 2020.



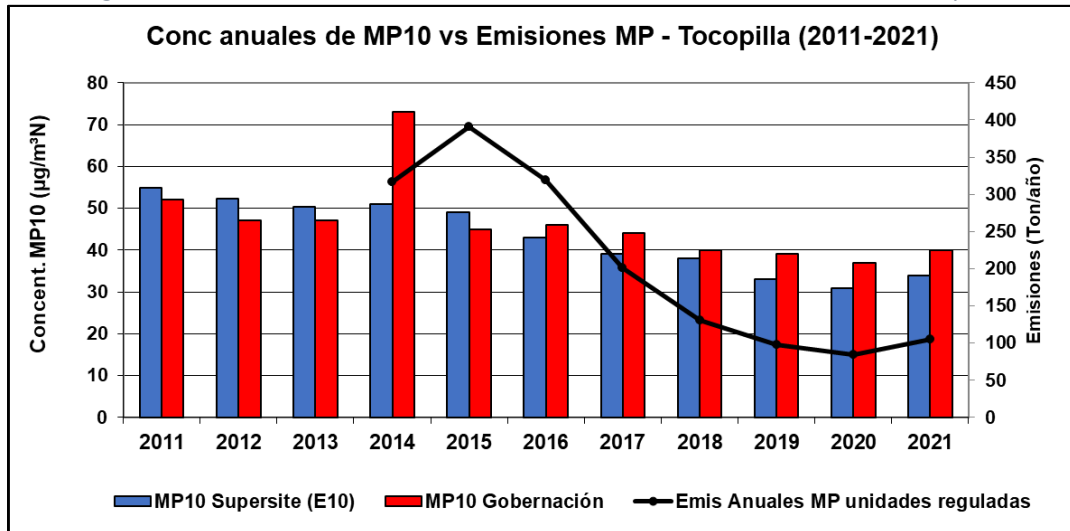
Una situación similar al MP_{2,5} se aprecia para MP₁₀ en las estaciones Escuela E10 y Gobernación de acuerdo a lo presentado en la Figura 4-3 que muestra que las concentraciones de MP₁₀ disminuyen hasta promedios anuales en el rango entre 35 y 40 µg/m³N. En el año 2021 también hay un aumento de MP₁₀, pero es menor respecto al que se produce para MP_{2,5}, lo cual puede estar asociado que el aumento de MP₁₀ corresponde principalmente a aumento de fracción fina producto del aumento en el año 2021 de las emisiones de MP en las centrales Norgener y Tocopilla.

Figura 4-2 Concentraciones anuales de MP_{2,5} v/s emisiones de MP en Tocopilla



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Norgener y Tocopilla de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

Figura 4-3 Concentraciones anuales de MP₁₀ v/s emisiones de MP en Tocopilla

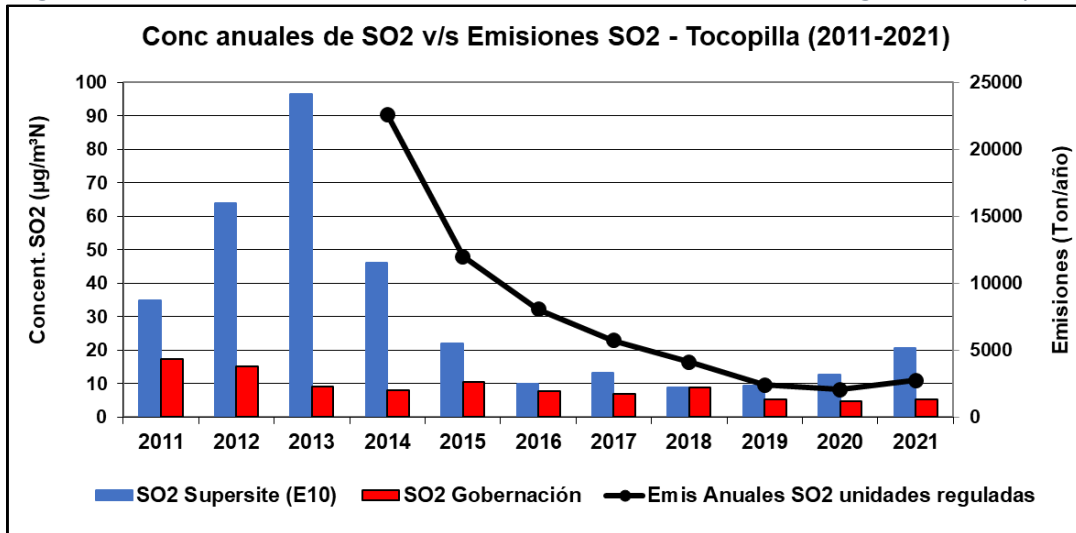


Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Norgener y Tocopilla de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)



La Figura 4-4 presenta una comparación de los promedios anuales de SO₂ en las estaciones Supersite (estación Escuela E10 hasta 2019) y Gobernación (desde mediados de 2019) con las emisiones anuales de SO₂ de Tocopilla (Norgener + Tocopilla). Se aprecia una fuerte disminución de las emisiones desde 2014 a 2016, especialmente en la estación E10 año en el cual se debe comenzar a cumplir el límite de emisión de SO₂ de la NECT para las Centrales termoeléctricas de Tocopilla. En el año 2021 hay un aumento de las concentraciones de SO₂ que coincide con aumento de las emisiones anuales de SO₂ respecto al año anterior.

Figura 4-4 Concentraciones Anuales SO₂ v/s emisiones SO₂—unidades reguladas. Tocopilla

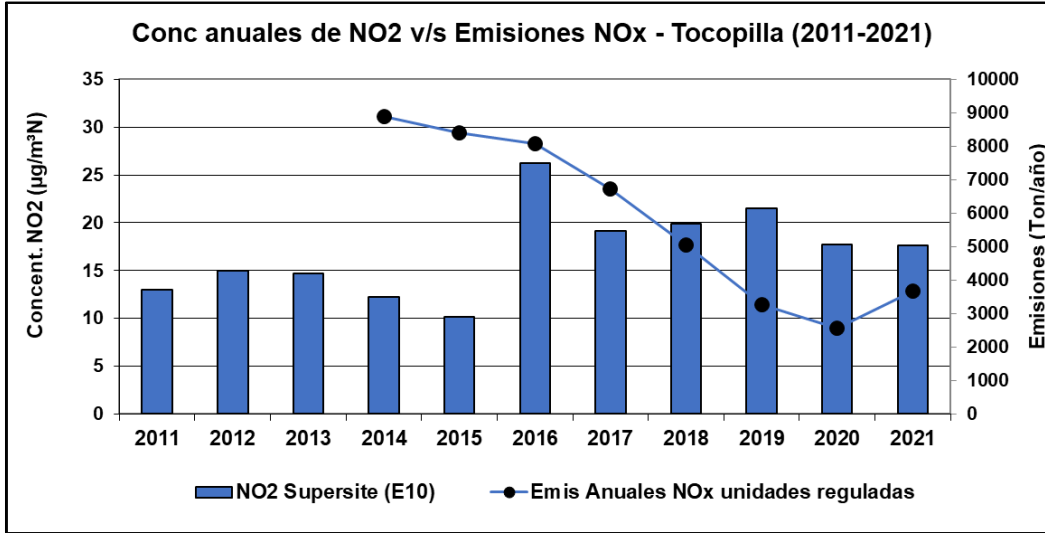


Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Norgener y Tocopilla de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

La Figura 4-5 presenta una comparación de los promedios anuales de NO₂ en la estación Escuela E10 de Tocopilla y las emisiones anuales de NO_x de Tocopilla (Norgener +Tocopilla). Se aprecia una disminución de las emisiones desde 2015 a 2016, año en el cual se debe cumplir el límite de emisión de NO_x, pero en el año 2016 hay un aumento del promedio anual de NO₂ en la Escuela E10, situación inversa ocurre en el año 2018 con un aumento de emisión y disminución de la concentración anual. Luego, los promedios anuales de NO₂ no tienen correspondencia con las emisiones anuales de NO_x. Al igual que las emisiones de MP y SO₂, durante el año 2021 también hay un aumento de las emisiones de NO_x para Tocopilla hasta un valor similar al año 2019.



Figura 4-5 Concentraciones anuales NO₂ v/s emisiones NO_x unidades reguladas. Tocopilla Escuela E10, actualmente Supersite. 2011 - 2021

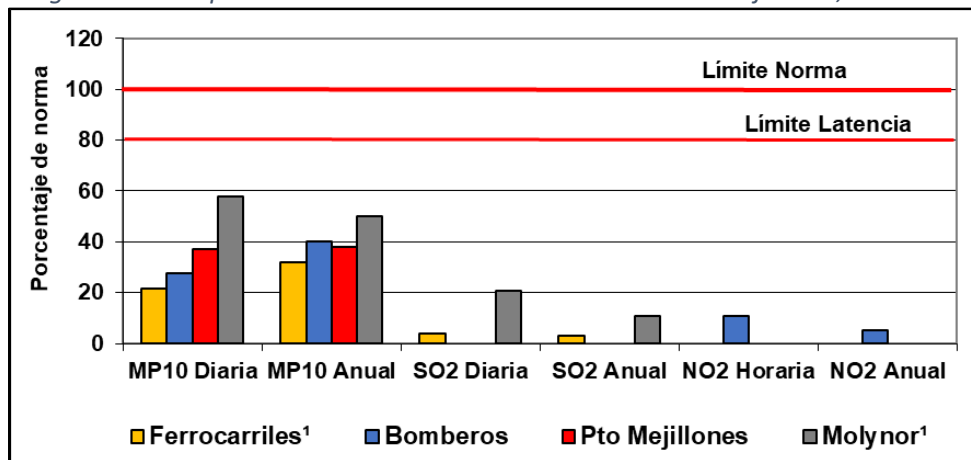


Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Norgener y Tocopilla de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

4.1.2 Mejillones

Al evaluar las normas en el año 2021, ver Figura 4-6, se aprecia un aumento de las concentraciones de MP₁₀ desde Este (Ferrocarriles) a Oeste (Molynor), registrándose en Molynor aumento cercano al 50% en la norma diaria respecto al año 2011 y una fuerte disminución casi a la mitad de la norma diaria en las estaciones Ferrocarriles y Bomberos. La Norma anual para MP₁₀ es similar al año 2011, y hay una leve disminución de las concentraciones de SO₂ y NO₂.

Figura 4-6 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Mejillones, año 2021



¹ Valores de evaluación de norma para año 2019

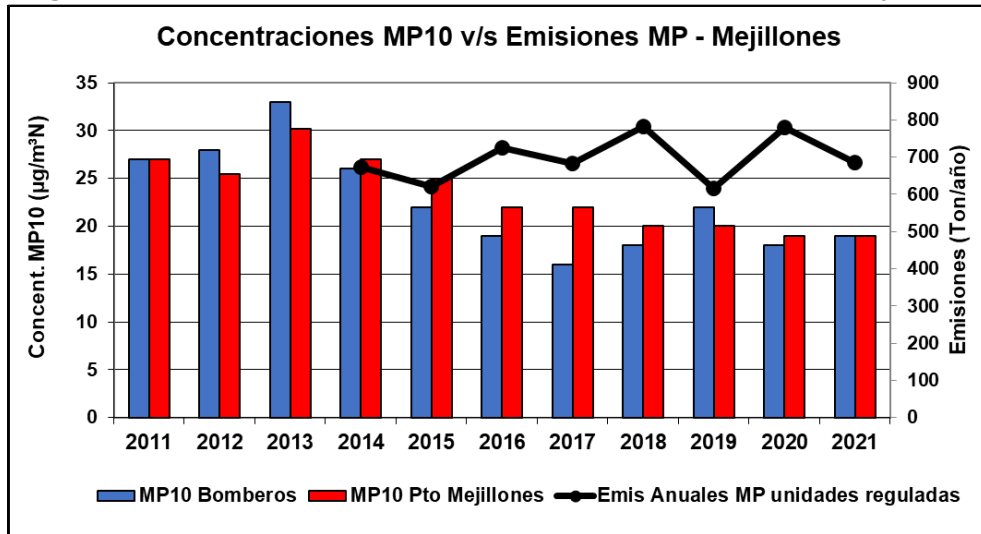
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA, SINCA y MMA

Las emisiones anuales de MP, SO₂ y NO_x consideradas en el análisis corresponden a la suma de las emisiones de las centrales Angamos, Cochrane, Mejillones, Andina, Gas Atacama y Kelar.



La Figura 4-7 presenta la comparación entre las concentraciones anuales de MP₁₀ de las estaciones Bomberos y Puerto Mejillones y las emisiones de MP en Mejillones. No se aprecia una correspondencia entre los valores, incluso desde el año 2015 se aprecia un aumento de emisiones de MP, pero hay un descenso en los promedios anuales de MP₁₀ de Bomberos y Puerto Mejillones.

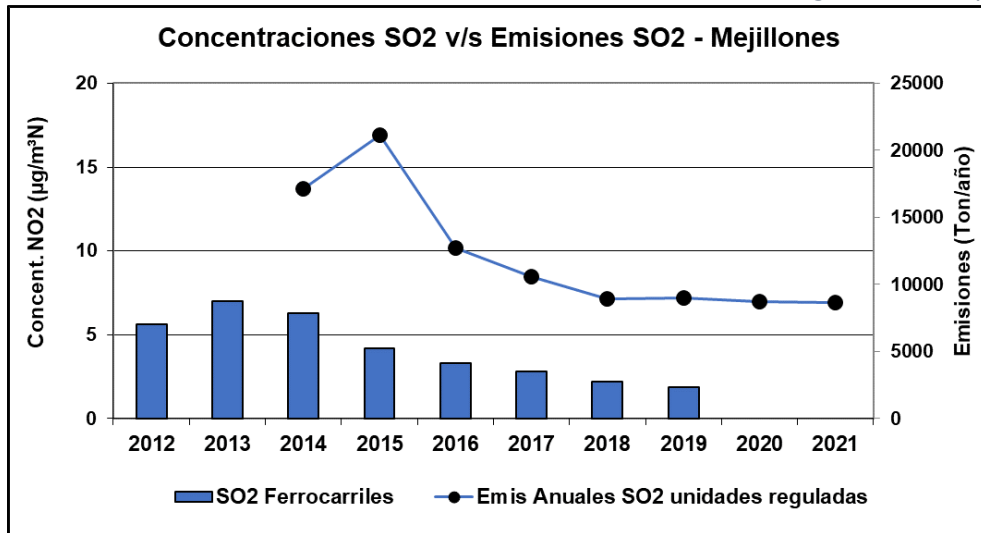
Figura 4-7 Concentraciones anuales de MP₁₀ v/s emisiones de MP en Mejillones



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Angamos, Cochrane, Mejillones, Andina, Gas Atacama y Kelar de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

La Figura 4-8 presenta una comparación de los promedios anuales de SO₂ en la estación Ferrocarriles con las emisiones anuales de SO₂ de Mejillones. Se aprecia una fuerte disminución de las emisiones de SO₂ desde 2015 a 2018 manteniendo emisiones anuales cercanas a 9.000 Ton/año desde 2019. No se recopilaban datos de concentraciones de SO₂ para los años 2019 a 2021.

Figura 4-8 Concentraciones Anuales SO₂ v/s emisiones SO₂—unidades reguladas. Tocopilla

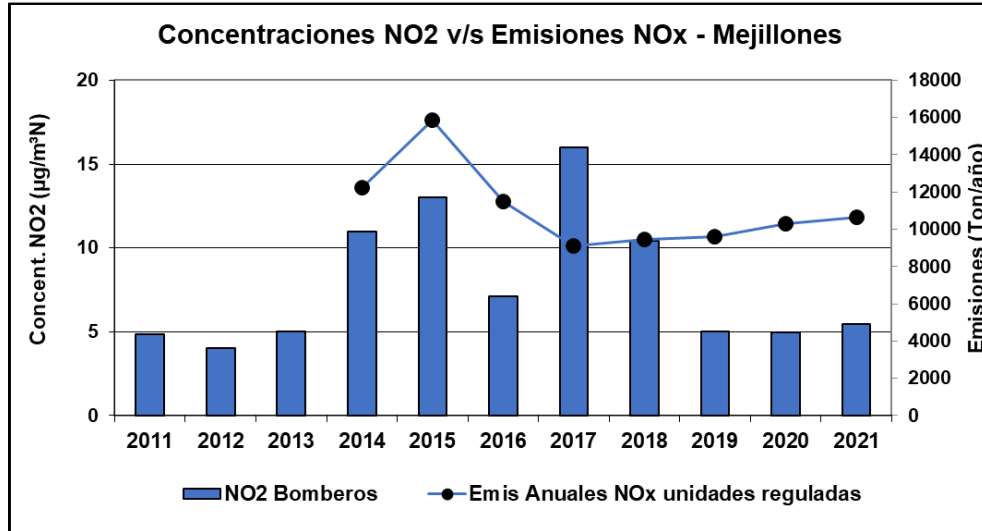


Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Angamos, Cochrane, Mejillones, Andina, Gas Atacama y Kelar de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)



La Figura 4-9 presenta la comparación entre las concentraciones anuales de NO₂ de la estación Bomberos y las emisiones de NO_x en Mejillones. Se aprecia un grado de correspondencia en el comportamiento, pero no en la magnitud entre los valores anuales de concentraciones y emisiones, a excepción de años 2017 y 2018. Desde 2017 hay un aumento de emisiones de NO_x.

Figura 4-9 Concentraciones anuales de NO₂ Bomberos v/s emisiones de NO_x en Mejillones



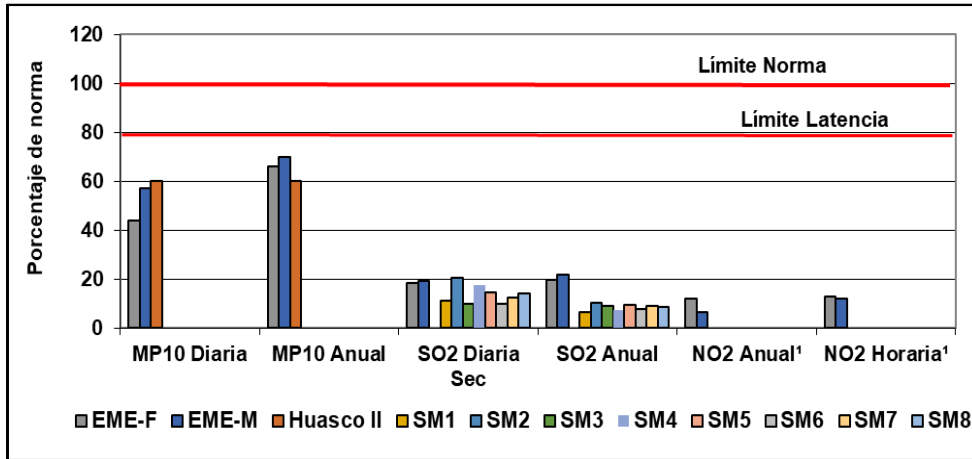
Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Angamos, Cochrane, Mejillones, Andina, Gas Atacama y Kelar de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

4.1.3 Huasco

La evaluación de normas para el año 2021, de acuerdo a la Figura 4-10, muestra una disminución de las concentraciones de MP₁₀ respecto a los niveles del año 2011 principalmente asociado al PDA de Huasco, destacando las concentraciones anuales inferiores al nivel de latencia por MP₁₀. Para SO₂ también hay una disminución de las concentraciones diarias y anuales respecto a 2011 registrando valores bajo el 20% de las normas. Para NO₂, el valor referencial del año 2021 es inferior al 15% de las normas horaria y anual.



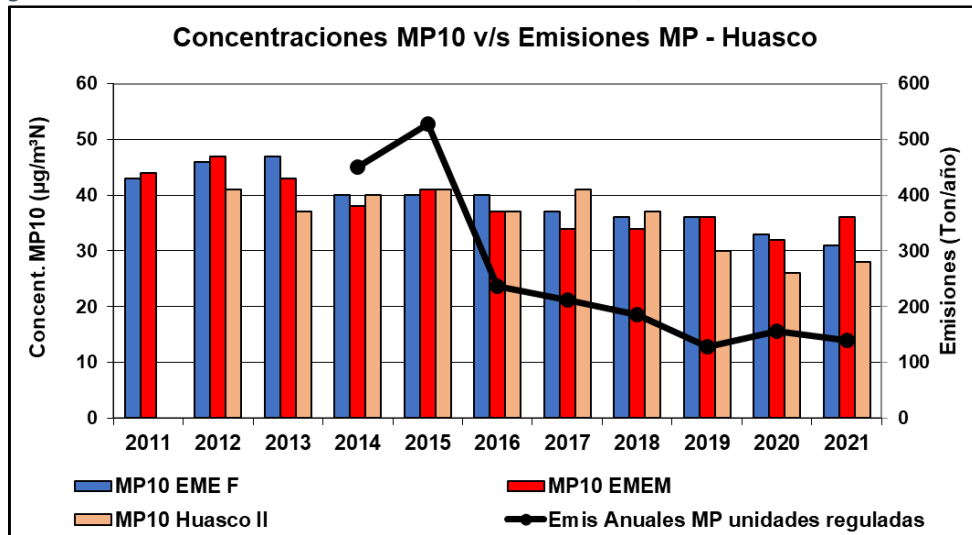
Figura 4-10 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Huasco, año 2021



¹Valores referenciales para NO₂ por tener menos de 3 años válidos (año con más de 75% de datos)
Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La Figura 4-11 presenta la comparación de los promedios anuales de MP₁₀ en las estaciones EME F y EME M y las emisiones de MP de Guacolda. Se aprecia que las concentraciones de MP₁₀ han ido disminuyendo paulatinamente entre los años 2012 y 2021 al igual que las emisiones anuales de MP₁₀, especialmente entre los años 2015 y 2016. La disminución de las concentraciones de MP₁₀ es menor en magnitud a la disminución de las emisiones entre los años 2015 y 2021.

Figura 4-11 Concentraciones anuales de MP₁₀ Huasco v/s emisiones de MP en Huasco

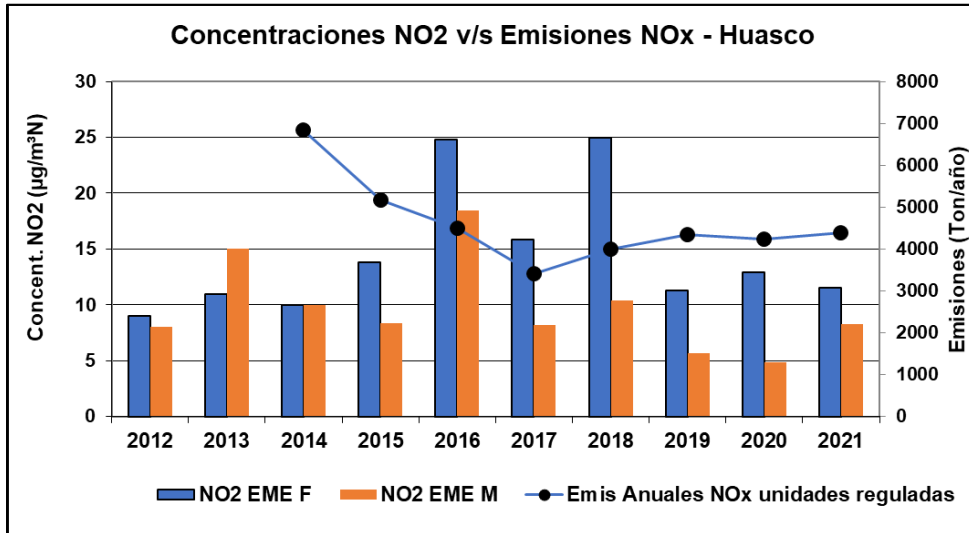


Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Guacolda de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

Huasco es una zona con concentraciones bajas de NO₂, inferiores al 10% de la norma anual de 100µg/m³N para la mayoría de los años, las cuales no tienen un comportamiento anual que se pueda asociar a las emisiones de NO_x de acuerdo a lo presentado en la Figura 4-12.



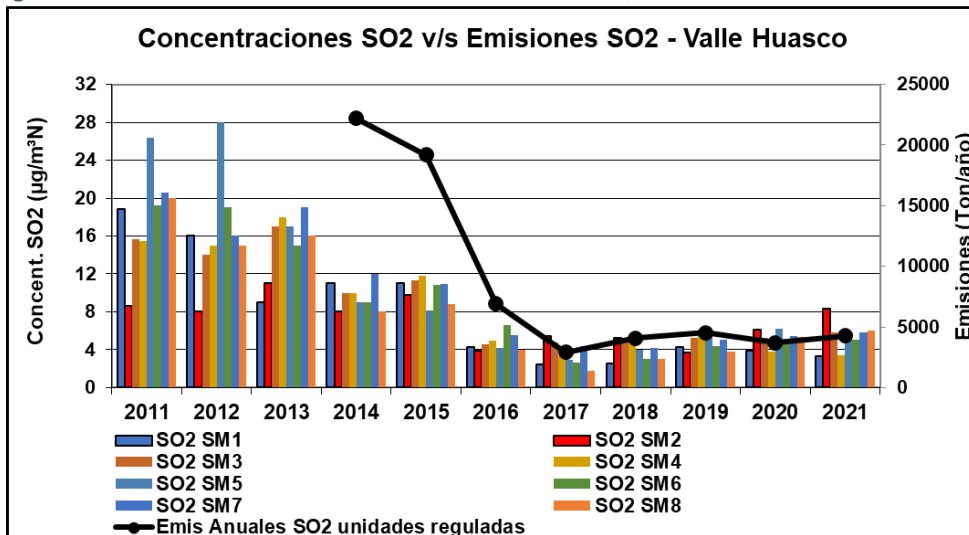
Figura 4-12 Concentraciones anuales de NO₂ Huasco v/s emisiones de NO_x en Huasco



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Guacolda de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

La Figura 4-13 muestra la comparación de los promedios anuales de SO₂ en las estaciones y las emisiones anuales de SO₂. Se aprecia una fuerte caída de las emisiones anuales de SO₂ entre los años 2014 y 2017 coincidiendo con la disminución de las concentraciones de SO₂ en el Valle. Desde 2018 en adelante las emisiones se han mantenido en torno a 4000 ton/año y las concentraciones anuales de SO₂ cercanas a 5µg/m³N, muy por debajo del valor de la norma anual de 60 µg/m³N.

Figura 4-13 Concentraciones anuales de SO₂ Huasco v/s emisiones de SO₂ en Huasco



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Guacolda de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)



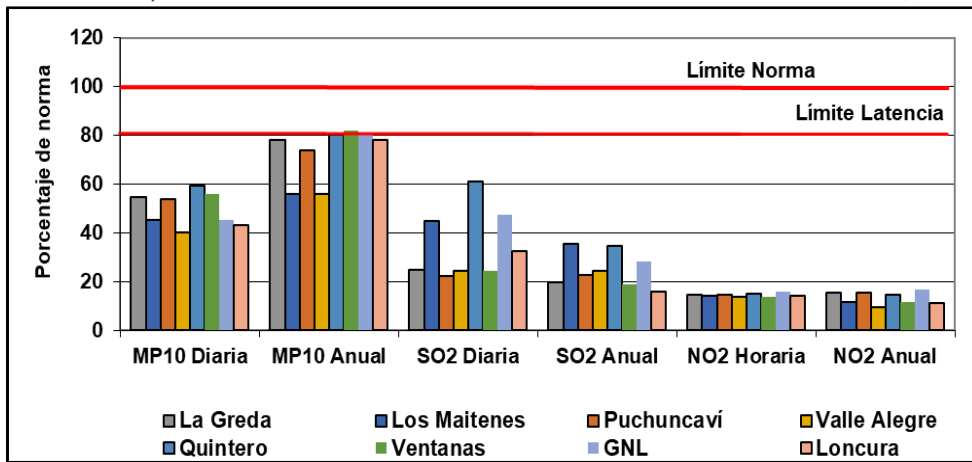
4.1.4 Quillota

No se logró recopilar información de concentraciones de SO₂, MP y NO₂ validadas para la zona de Quillota que permita establecer una comparación de emisiones y concentraciones para los últimos años.

4.1.5 Quintero-Puchuncaví

La evaluación de las normas de MP₁₀, SO₂ y NO₂ en el año 2021 presentada en la Figura 4-14 muestra una leve disminución para MP₁₀, aunque se mantienen las estaciones Quintero, Ventanas y GNL Quinteros en rango de latencia por norma anual de MP₁₀. Para SO₂ y NO₂ hay disminución de las concentraciones respecto a 2011 siendo las estaciones en Quintero y Los Maitenes las que presentan niveles más altos de SO₂, que no superan el 60% de las normas, el resto tienen concentraciones menores a 20% de las normas tanto de SO₂ como de NO₂.

Figura 4-14 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Quintero-Puchuncaví, año 2021

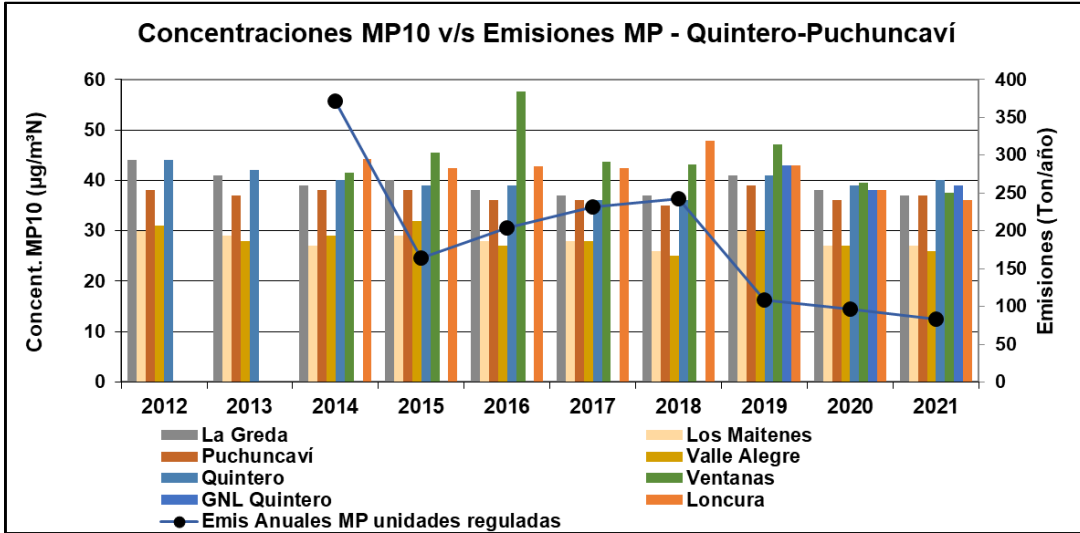


Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

La Figura 4-15 muestra que no hay relación entre las emisiones anuales de MP de las Centrales Ventanas I, Ventanas II, Ventanas III y Ventanas IV y las concentraciones de MP₁₀ lo cual es esperable por las diversas fuentes emisoras de material particulado en las comunas de Quintero y Puchuncaví.



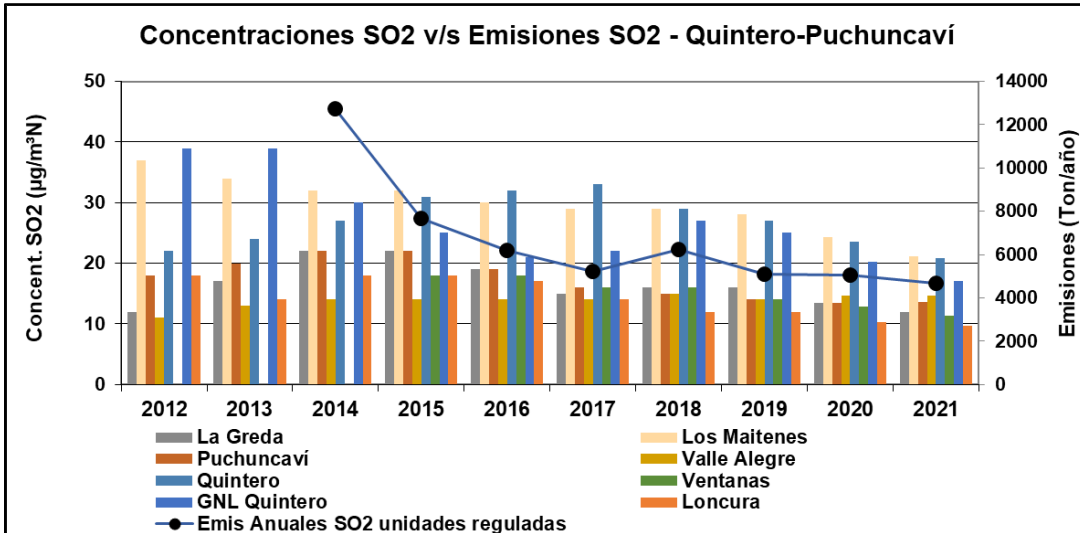
Figura 4-15 Concentraciones anuales de MP₁₀ v/s emisiones de MP en Quintero-Puchuncaví



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Ventanas I, II, III y IV de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

La Figura 4-16 muestra un grado de correspondencia entre la disminución de emisiones y las concentraciones de SO₂. Entre 2014 y 2021 las emisiones de SO₂ desde las centrales disminuyen casi a la mitad. Sin embargo, esta disminución de emisiones comenzó anteriormente con el PDA para el Complejo Industrial Ventanas, por lo cual no se puede asociar totalmente a la NECT la disminución de emisiones y de concentraciones de SO₂.

Figura 4-16 Concentraciones anuales de SO₂ v/s emisiones de SO₂ en Quintero-Puchuncaví



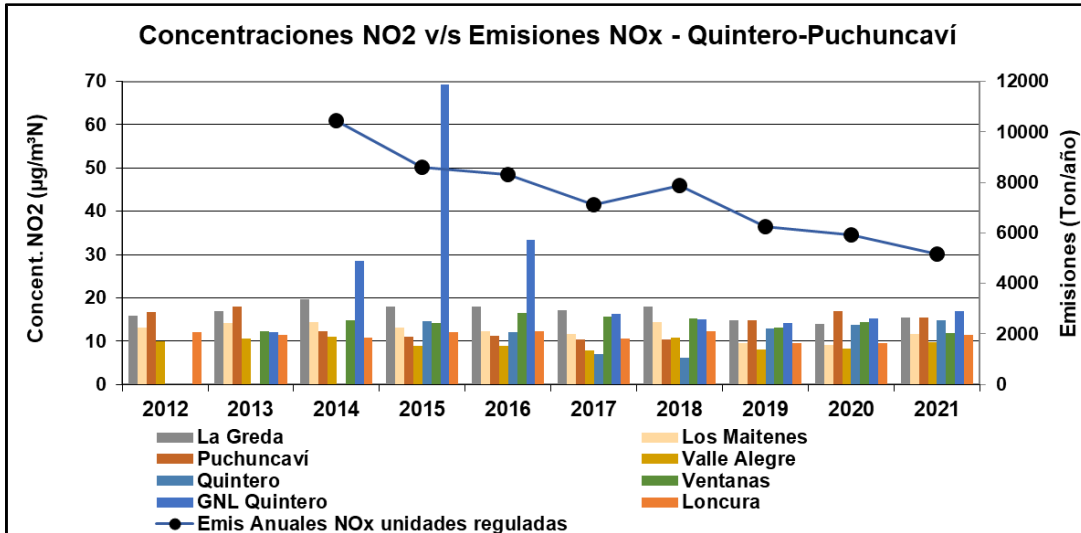
Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Ventanas I, II, III y IV de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

La Figura 4-17 muestra disminución de las emisiones anuales de NO_x casi a la mitad entre 2014 y 2021, pero una leve disminución de las concentraciones anuales de NO₂ en el mismo período. Por lo tanto, no hay una relación directa que explique el comportamiento de las concentraciones de



NO₂, siendo muy probable otras fuentes de NO_x en la zona que han compensado la disminución de emisiones desde las centrales

Figura 4-17 Concentraciones anuales de NO₂ v/s emisiones de NO_x en Quintero-Puchuncaví



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Ventanas I, II, III y IV de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

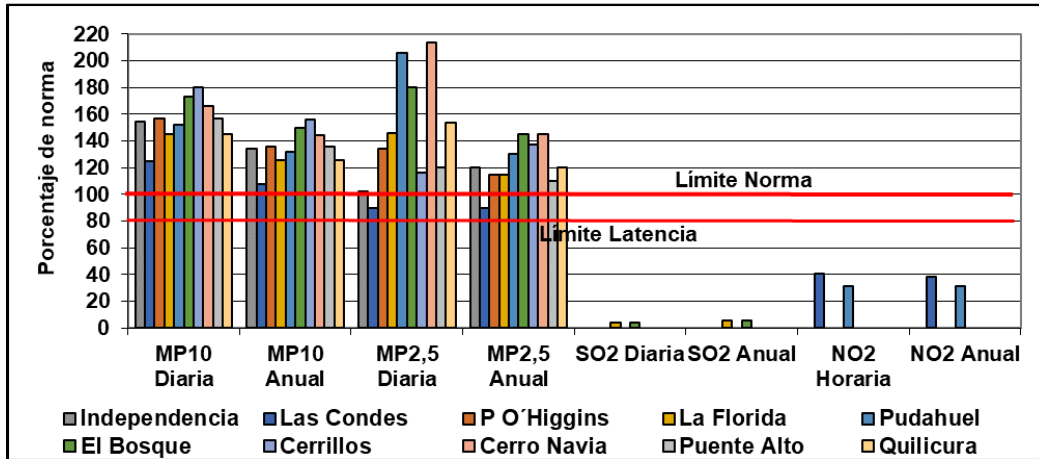
4.1.6 Santiago

Considerando que el estudio de O2b concluyó que Santiago no es una buena zona para estudiar la relación entre la disminución de emisiones desde las Centrales y los cambios en las concentraciones ambientales por la gran cantidad de otras fuentes existentes en la región, principalmente que aporten Material particulado y NO_x lo cual solamente se presenta la evaluación de las normas de NO₂, SO₂, MP₁₀ y MP_{2,5} en el 2021.

La evaluación de normas para el año 2021 presentada en la Figura 4-18 muestra un comportamiento similar al 2011 manteniendo la condición de saturación para MP_{2,5} y MP₁₀, excepto la estación Las Condes que está en latencia con leve disminución de los promedios anuales de MP₁₀ y MP_{2,5} y leves aumentos en las concentraciones diarias más altas, especialmente en Cerro Navia, Pudahuel y El Bosque. Para SO₂ y NO₂ las pocas estaciones que monitorean estas variables muestran un leve descenso respecto al 2011 con niveles de SO₂ inferiores al 10% de las Normas y niveles de NO₂ inferiores al 40% de las normas de NO₂.



Figura 4-18 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Santiago, año 2021

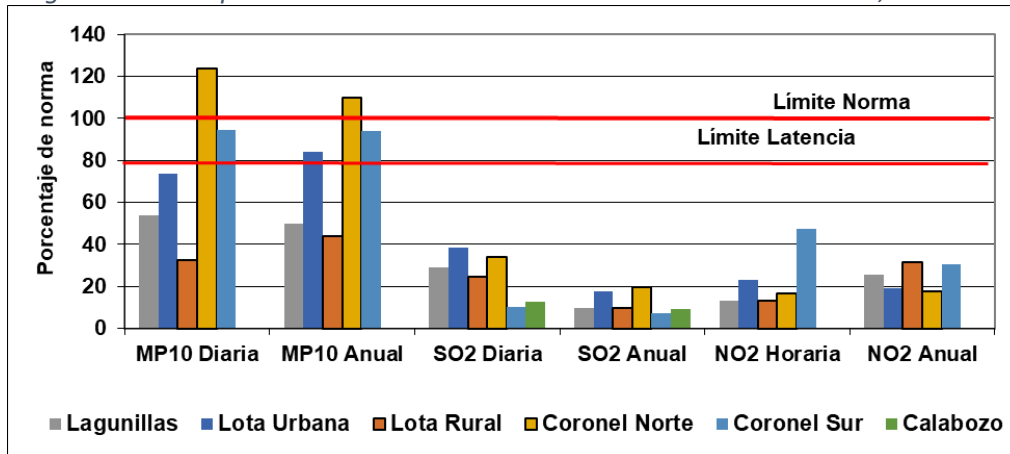


Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA y SINCA

4.1.7 Lota-Coronel

La evaluación de normas para el año 2021, presentada en la Figura 4-19, muestra una reducción en las concentraciones de MP₁₀ de Lagunillas desde saturación en el año 2011 hasta un nivel menor al límite de latencia, probablemente podría estar asociado al PDA para el Gran Concepción. Las estaciones Coronel Norte y Sur también presentan disminuciones, pero muy leves manteniéndose por sobre los límites de las normas diaria y anual. Para SO₂ y NO₂ las concentraciones se mantienen bajas las normas, pero con una leve disminución de los promedios anuales de SO₂ y un leve aumento de las concentraciones anuales de NO₂.

Figura 4-19 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Lota-Coronel, año 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de SNIFA

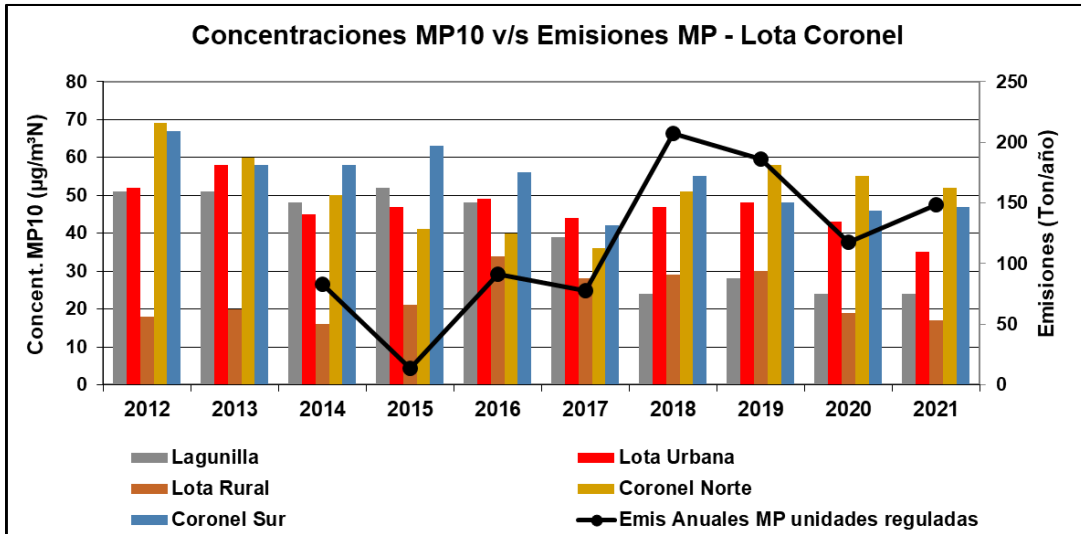
Al comparar las concentraciones anuales de MP₁₀, SO₂ y NO₂ no se aprecia una relación o comportamiento similar con las emisiones anuales de MP, SO₂ o NO_x de las Centrales Bocamina y



Santa María, las cuales registran un aumento de emisiones entre los años 2014 y 2018 que alcanza el monto anual máximo, luego hay una disminución de emisiones hasta el año 2020 y un leve aumento en el año 2021.

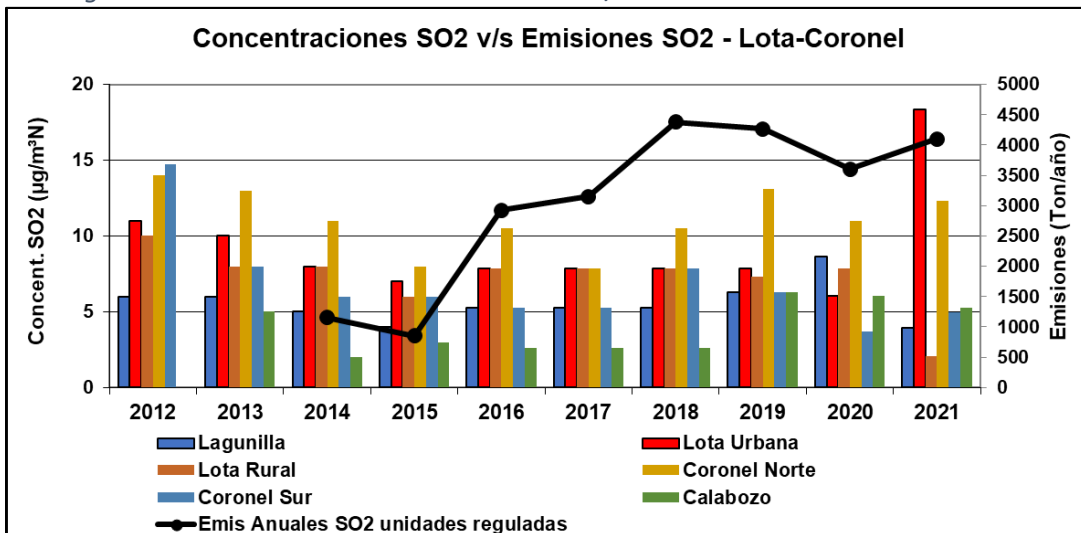
La relación entre emisiones y concentraciones, a nivel anual se presenta en las figuras siguientes:

Figura 4-20 Concentraciones anuales de MP₁₀ v/s emisiones de MP en Lota-Coronel



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Bocamina y Sta María de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

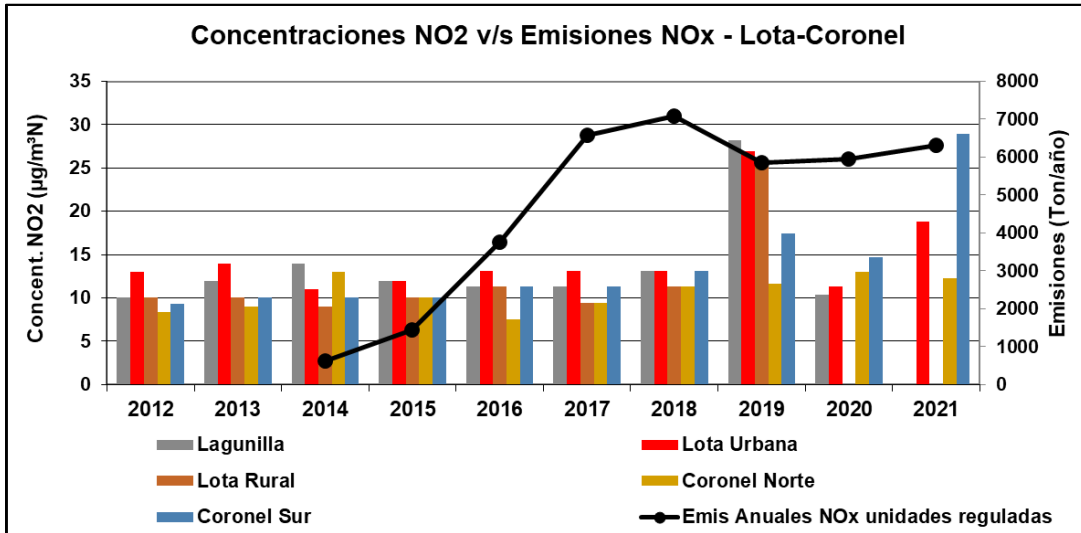
Figura 4-21 Concentraciones anuales de SO₂ v/s emisiones de SO₂ en Lota-Coronel



Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Bocamina y Sta María de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)



Figura 4-22 Concentraciones anuales de NO₂ v/s emisiones de NO_x en Lota-Coronel

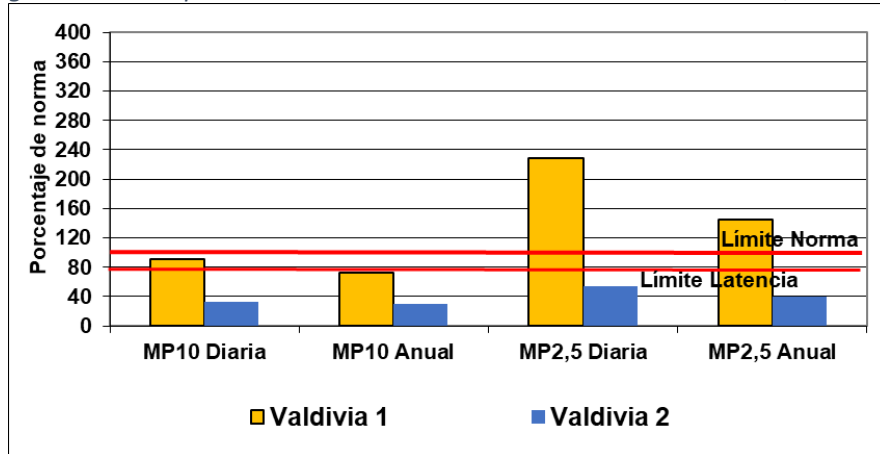


Fuente: Elaboración propia con datos de emisiones de CT Bocamina y Sta María de SMA (SNIFA) y MMA (SINCA)

4.1.8 Valdivia

La actualización de la evaluación de normas para el año 2021 se presenta en la Figura 4-23, en ella se aprecia una disminución de las concentraciones de MP₁₀ en Valdivia 1 hasta niveles de latencia por norma diaria y bajo latencia por norma anual. Para MP_{2,5} a pesar de la disminución de las concentraciones en Valdivia 1 se mantienen niveles de saturación por norma diaria y anual de MP₁₀. La estación Valdivia 2 fue instalada en el año 2018 en una zona menos poblada al noroeste del Río Calle Calle en la cual se han registrado concentraciones bajo las normas diaria y anual e incluso de los límites de latencia para MP_{2,5} y MP₁₀.

Figura 4-23 Cumplimiento de normas de calidad de Aire en Valdivia, año 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de SINCA



Las estaciones de calidad de aire en Valdivia se encuentran alejadas de la central termoeléctrica y solo monitorean material particulado en una zona con altas emisiones de MP asociado a las emisiones de quema de leña, lo cual no permite establecer una comparación con las emisiones anuales de MP de la central.

5 Comentarios:

Los cambios en las condiciones ambientales evaluados mediante los cambios en los niveles de calidad de aire por MP (MP_{10} y/o $MP_{2,5}$), SO_2 y NO_2 corroboran las conclusiones del estudio realizado por el O2b en el año 2019 es decir:

- **Para MP:** Para las localizaciones analizadas hay un efecto directo entre inicio de vigencia de la NECT y reducción de las emisiones. Estas reducciones, en los casos de Tocopilla y Huasco tienen directa relación con las acciones implementadas por lo regulados con la instalación de equipos de abatimiento (NT01 y NTO2 en Tocopilla y Guacolda 1 y 2 en Huasco). Sin embargo, no es posible confirmar correlación entre la reducción de emisiones asociadas a la implementación de la NECT y bajas en los niveles de concentración, lo cual se explica por la presencia de otras fuentes locales o cercanas a las estaciones de monitoreo o en las medidas de reducción de emisiones implementadas en el marco de los Planes de descontaminación o prevención.
- **Para SO_2 :** Se aprecia un alto nivel de correlación entre la reducción de emisiones y los niveles de concentración en las zonas donde las CT son las fuentes principales de SO_2 (Tocopilla, Mejillones, Huasco). Así mismo las variaciones en emisiones son consistentes con la vigencia del límite para SO_2 de la NECT y los cambios en los niveles de generación. Siendo las unidades carboneras las fuentes más significativas de emisión, las acciones implementadas por el regulado en estos casos, en particular Tocopilla y Huasco, han tenido una incidencia directa en la calidad ambiental.
- **Para NO_x :** los análisis permiten concluir que la NECT tuvo impacto positivo en la reducción de emisiones. Sin embargo, la disminución tiene una baja o nula correlación con las concentraciones ambientales de NO_2 en todas las localizaciones analizadas. La existencia de otras otras fuentes fijas como móviles de NO_x dispersas en zonas urbanas, interfiere en el efecto que la disminución de las emisiones de NO_x de las fuentes reguladas en el ambiente.