



1573

Carta N° 154244 /

Santiago, 08 OCT 2015

Señor  
Jorge Cáceres Tónacca  
Director Ejecutivo Centro SOFOFA Medio Ambiente  
Sociedad de Fomento Fabril  
Presente

Estimado Señor,

En relación a su carta de fecha 1° de septiembre del presente año, en la cual usted adjunta el informe denominado: "Análisis de validez de los datos utilizados para declaración de zona saturada" de las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví; tengo a bien dar respuesta a los siguientes aspectos planteados en su carta:

- a) El D.S. N° 10, de 2015, del Ministerio del Medio Ambiente, que declara zona saturada por MP2,5 anual, zona latente por MP2,5 diario y zona latente por MP10 anual, a las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, cumplió con los procedimientos técnicos, jurídicos y administrativos que la Ley exige para tales efectos y que están señalados en las Resoluciones Exentas N° 302 del 2011 y 422 del 2012, todas del Ministerio del Medio Ambiente (en adelante MMA), las que instruyen sobre los procedimientos de declaración de zona saturada y latente, a partir de la entrada en vigencia de la nueva institucionalidad ambiental.

En lo que atañe a aspectos técnicos, la declaración de zona se sustentó en los informes elaborados de manera independiente por la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región de Valparaíso y por la Superintendencia del Medio Ambiente.

El informe de la Superintendencia del Medio Ambiente "Examen de Información MP10; MP2,5 y SO2 Red Ventanas ENAP-2015", fue remitido al MMA mediante oficio ordinario N° 166, del 28 de enero de 2015. Los resultados del informe muestran que las mediciones efectuadas en las estaciones de monitoreo de calidad del aire que cuentan con representatividad y con mediciones validadas por dicha entidad, que la norma primaria para material particulado fino respirable MP2,5 como concentración anual se encuentra sobrepasada y que como concentración diaria se encuentra en latencia; y que la norma primaria para material particulado respirable MP10, como concentración anual, se encuentra en latencia.



1573  
UTA

- b) El D.S N° 12, de 2011, artículo 2, letra g), norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP2,5, define concentración anual como el promedio de los valores de concentración mensual en la estación monitorea, en un año calendario. El título IV, sobre "condiciones de superación", indica el artículo 4°, letra b), que se considerará sobrepasada la norma primaria de calidad del aire para material particulado fino respirable MP2,5, como promedio anual, cuando el promedio trianual de las concentraciones anuales sea mayor a 20 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Y define promedio trianual como el promedio aritmético de tres años calendarios consecutivos de la concentración anual.

En el contexto anterior, para verificar si se está sobre el valor de la norma anual se usa el promedio aritmético.

- c) Sobre la conclusión de su carta "un análisis estadístico de t-student que indica que no se puede concluir que el promedio de los tres años en Concón ha sobrepasado la norma".

Como se dijo, para verificar si se está sobre el valor de la norma anual, se usa el promedio aritmético de tres años.

Respecto al test de hipótesis que desarrolla en su informe, cabe indicar que una hipótesis es una declaración sobre un parámetro y mediante la información muestral se puede decir si la información es estadísticamente correcta o no. En el caso de su estudio la hipótesis sería si se está sobre el valor de la norma anual, tal afirmación no se rechaza a menos que la información de la muestra ofrezca evidencia convincente de que ésta es falsa.

Para lo anterior, se debe testear o probar la hipótesis utilizando la teoría de probabilidad, cabe indicar que los datos utilizados en su informe no corresponden a una distribución normal o t-student, por lo tanto, no se presenta una distribución de probabilidad conocida y se debió procesar antes para demostrar normalidad. Por su parte, las fracciones de material particulado MP2,5 y MP10 se acercan a distribuciones log-normales.

En el análisis de t-student se usan datos observados que conforman series de tiempo, siendo relevante ampliar la serie de datos a más de 3 años. En la zona hay monitoreo disponible de larga data. Cuando se usa t-student con una muestra pequeña, aumentan los grados de libertad y la distribución tiende asintóticamente a una normal de media cero y varianza unitaria.

En su informe no se plantean los criterios para rechazar la o las hipótesis (tabla 5), de medias bajo o sobre 20.

- Si se desea contrastar "H1: la media es inferior a 20", se rechazará con valores de prueba superiores al valor crítico.
- Si se contrasta "H1: la media es superior a 20", H1 se rechazará con valores de prueba inferiores al valor crítico.

En ambos casos, de acuerdo a su informe se debería concluir que "no se rechaza H1", es decir, no se puede afirmar con un 99% de certeza, que la media sea menor ni mayor que 20.

Finalmente, respecto a este ítem, se puede decir que las normas de MP2,5 y MP10 no se definen respecto a parámetros poblacionales, sino a estadísticas definidas sobre muestras; la prueba de hipótesis respecto a medias poblacionales basada en t-student no aplica, al no cumplirse los supuestos de la misma; y las pruebas de hipótesis en general permiten rechazar una hipótesis o no ser suficientes para rechazar, pero en ningún caso aceptar o concluir que la media es inferior o superior a 20, como indica en el primer párrafo de la página 8 de su informe y en su carta.

- d) Respecto a la conclusión de su carta que indica "que las mediciones de Concón no tienen influencia en el sector de Ventanas".

Me permito señalar que no hay estudios disponibles que permitan afirmar que las mediciones de Concón no tienen influencia en el sector de Ventanas. Los estudios recabados y desarrollados por el MMA concluyen que la química atmosférica de la zona es compleja en cuanto a la formación y transporte del MP10 y MP2,5. Donde se puede afirmar que la formación secundaria de la fracción fina MP2,5, tiene como principales precursores a los óxidos de azufre, los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, y que los mecanismos de transporte de las masas de aire y la carga de emisión de las grandes fuentes emisoras presentes en la zona, están influenciadas por intercambios de energía y de rugosidad de la superficie (mar - tierra - atmósfera).

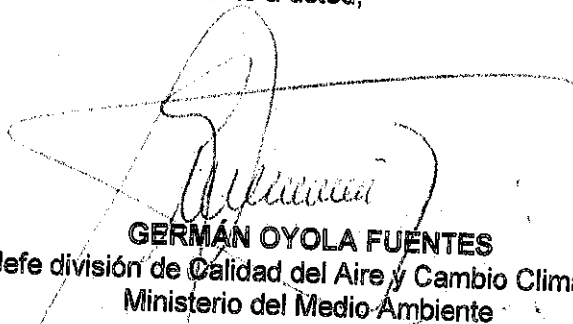
Adicionalmente, es jurídicamente factible, conveniente técnicamente y por sobretodo eficiente en términos de la gestión ambiental del territorio, contar con un nuevo Plan que comprenda a las tres comunas; evitando de esta forma costos que favorecen la gestión y la acción reguladora del Estado, en un solo instrumento para una única zona que comparte características similares en cuanto a desarrollo industrial y condiciones meteorológicas locales. De este mismo modo, se gestiona el territorio en otras zonas del país, como por ejemplo en la Región Metropolitana, que agrupa a todas las comunas de la región.



VTA 1574

Finalmente, en concordancia a los procedimientos administrativos, su carta y la presente respuesta se incorporan al expediente público de elaboración del Plan, al cual puede acceder en el link <http://planesynormas.mma.gob.cl>

Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

  
**GERMÁN OYOLA FUENTES**  
Jefe división de Calidad del Aire y Cambio Climático  
Ministerio del Medio Ambiente

CGCF/gqs

C.c.:

- Sra. Tania Bertoglio Caballero, SEREMI del Medio Ambiente V Región
- Archivo División Calidad del Aire y Cambio Climático
- Archivo Oficina de Partes
- Expediente Público Plan Ventanas ✓

Santiago, 1 de septiembre 2015

Señores  
Ministerio del Medio Ambiente  
Presente

CCF. 18.320



Ref.: Res. 573 del 03 de julio de 2015 del Ministerio del Medio Ambiente y aporte de antecedentes técnicos y científicos sobre la zona latente y saturada para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

Junto con saludar, y en concordancia con lo establecido en la Resolución 573 del Ministerio del Medio Ambiente, vengo en anexar informe con antecedentes técnicos relativos al proceso de elaboración del plan de descontaminación atmosférica por  $MP_{2,5}$ , como concentración anual, del plan de prevención por  $MP_{2,5}$ , como concentración diaria, y del plan de prevención por  $MP_{10}$ , como concentración anual, en adelante Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica de Concón, Quintero y Puchuncaví

Al respecto, tras el análisis de los antecedentes sobre la zona latente y saturada, consideramos necesario hacer presente como Asociación Gremial, la constatación de limitaciones atribuibles a la información de calidad del aire disponible a la fecha para efectos de una correcta evaluación de medidas.

Teniendo como referencia el informe técnico: "Examen de Informacion\_  $MP_{10}$ \_  $MP_{25}$ \_  $SO_2$  Red Ventanas-ENAP\_2015" se encargó a la Universidad de Santiago de Chile una evaluación de las concentraciones de  $MP_{2,5}$  en la zona geográfica que comprende las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

Tras este análisis se concluyó lo siguiente:

- Efectuando un análisis estadístico de t-Student se desprende que no se puede concluir que el promedio de los tres años en Concón ha sobrepasado la norma.

1575  
VTA



- Constatación de incumplimiento de lo indicado por la norma de  $MP_{2,5}$  en lo que respecta a realizar medidas con una frecuencia diaria para el año 2014.


En adición, teniendo como referencia la modelación realizada por UNTEC en el informe técnico "Diagnóstico Plan de Gestión Atmosférica – Región de Valparaíso Implementación de un Modelo Atmosférico" de junio de 2012, en donde se indica que una fuente ubicada en Concón no tiene un influencia mayor al 1% en el sector de Ventanas, es posible señalar que las mediciones en Concón no son representativas de lo que ocurre en Ventanas (o las cercanías).

Sobre la base de lo anterior, venimos en manifestar la pertinencia de adopción de cursos de acción que permitan subsanar los vacíos de información evidenciados, lo cual se estima fundamental para una adecuada evaluación del impacto de las medidas que se consideren en el Plan respectivo, independiente de su alcance y/o precisión.

En particular, vemos con preocupación el riesgo de sobre-exigencias sobre una o varias fuentes emisoras existentes en las comunas reguladas sin que ello conlleve necesariamente una reducción de concentraciones de  $MP_{2,5}$  que permitan el cumplimiento de la norma para este contaminante. Ello, especialmente si se consideran los antecedentes expuestos y la posibilidad de que otras fuentes emisoras, más allá de las del sector industrial, pueden tener una incidencia relevante, cuyo control entregue mayor costo-efectividad y mayor costo-beneficio al momento de elaborar el Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica de Concón, Quintero y Puchuncaví.

Quedamos a disposición del Ministerio para efectos de abordar detalles de lo expuesto y colaborar en el levantamiento de información necesaria para una adecuada evaluación de las medidas

Agradeciendo de antemano una favorable acogida, saluda atentamente,

  
**JORGE CÁCERES TONACCA**  
Director Ejecutivo  
Centro SOFOFA Medio Ambiente  
Sociedad de Fomento Fabril - SOFOFA



**Análisis de validez de los datos de utilizados para la  
declaración de zona saturada**

---

**Departamento de Física  
Universidad de Santiago de Chile**

**Agosto 2015**

## 1 Análisis de validez de los datos de utilizados para la declaración de zona saturada

De acuerdo a lo indicado en el Decreto N° 10 del Ministerio del Medio Ambiente del 2 de Marzo del año 2015, se declara zona saturada por Material Particulado Fino Respirable MP2,5, como concentración anual, la zona geográfica que comprende las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, de la Región de Valparaíso.

Esta determinación se basa en el resultado de las mediciones efectuadas en las estaciones de monitoreo de calidad del aire de Quintero, La Greda, Puchuncaví, Los Maitenes, Valle Alegre, Concón, Colmo y Junta de Vecinos. Estas estaciones de monitoreo cuentan con representatividad poblacional según consta en el Informe Técnico "Cumplimiento de Normas de Calidad del Aire por MP2,5, MP10 y SO<sub>2</sub>", remitido al Ministerio del Medio Ambiente mediante oficio ordinario N°166, de 28 de enero de 2015, del Jefe de la División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente. El informe concluye que la Norma Primaria para Material Particulado Fino Respirable MP2,5, como concentración anual, se encuentra sobrepasada (**mediciones estación Concón**), y que como concentración diaria se encuentra en estado de latencia (mediciones estación Concón, Puchuncaví, La Greda y Quintero); y que la Norma Primaria para Material Particulado Respirable MP10, como concentración anual, se encuentra en estado de latencia (mediciones estaciones Concón, Quintero y La Greda).

## 2 Descripción de equipos de medición utilizados en la Red de Ventanas y la Red de ENAP Refinerías

De acuerdo a los antecedentes entregados por los titulares AES Gener - CODELCO División Ventanas y ENAP Refinerías para el año 2014, los instrumentos de medición utilizados para el monitoreo de MP2,5, MP10 y SO<sub>2</sub> en las estaciones evaluadas, cumplen con el requisito de emplear equipos con aprobación USEPA, establecido en las normas primarias y secundaria de calidad del aire. En la Tabla 1 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP2,5, MP10 y SO<sub>2</sub>, utilizados en las estaciones de calidad del aire analizadas, durante el año 2014.

Tabla 1. Listado de estaciones, instrumento y método de medición.

Red	Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
AESGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGIPQ200/200A	RFPS-0498-116
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA-0486-060
	La Greda	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA-0486-060
	Puchuncaví	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125



1577

Red	Estación de Monitoreo	Parámetro	Método de Medición	Marca/Modelo	Método de Referencia o Equivalente EPA
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	Maitenes	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
		MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
	Valle Alegre	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
		MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
	Sur	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
MP2,5		Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125	
ENAP Refinerías	Concón	MP2,5	Método Gravimétrico de Muestreador de Bajo Volumen	BGI / PQ200	RFPS-1298-125
		MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Thermo Scientific G10557PM10-1	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Thermo / 43i	EQSA -0486-060
	Colmo	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Teledyne/100E	EQSA -0495-100
	Junta de Vecinos	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	EnvironnementS.A /AF21M	EQSA -0292-084
	Las Gaviotas	MP10	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
		SO <sub>2</sub>	Fluorescencia ultravioleta	Environnement/S.AAF21M	EQSA -0292-084

Las estaciones indicadas en la Tabla 1y que cuentan con mediciones con monitor Beta cuyos datos están en el sitio Web <http://sinca.mma.gob.cl/> son:

- Sur (solo MP10)
- Loncura (solo MP10)
- Los Maitenes (MP10 y MP2,5)
- La Greda (MP10 y MP2,5)

Luego para estas estaciones se puede hacer un análisis del error experimental de medición y que será utilizado en la sección

8224 157ATA

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

De acuerdo a lo indicado en el informe técnico "Examen de Información\_MP10\_MP25\_SO2 Red Ventanas-ENAP\_2015", se realizó una evaluación para el periodo comprendido entre el día 1° de enero de 2012 y el día 31 de diciembre de 2014. En la Tabla 2 se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo de la media anual de las concentraciones de 24 horas de MP2,5, para los años 2012, 2013 y 2014, en las estaciones de monitoreo de la Red de Ventanas y de la Red de ENAP Refinerías.

De acuerdo a los límites establecido en el D.S. N°12/2011 del MMA, la norma para MP2,5 se considera sobrepasada cuando el promedio trianual de las concentraciones anuales es mayor a 20 µg/m<sup>3</sup>, en cualquier estación monitorea calificada como EMRPMP2,5.

Cabe señalar que la norma anual para MP2,5 requiere determinar el promedio aritmético de 3 años calendario consecutivos de las concentraciones anuales. Si al cabo de un año, en alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire clasificadas como EMRP, se verifica la superación de la norma, su frecuencia de medición deberá ser diaria.

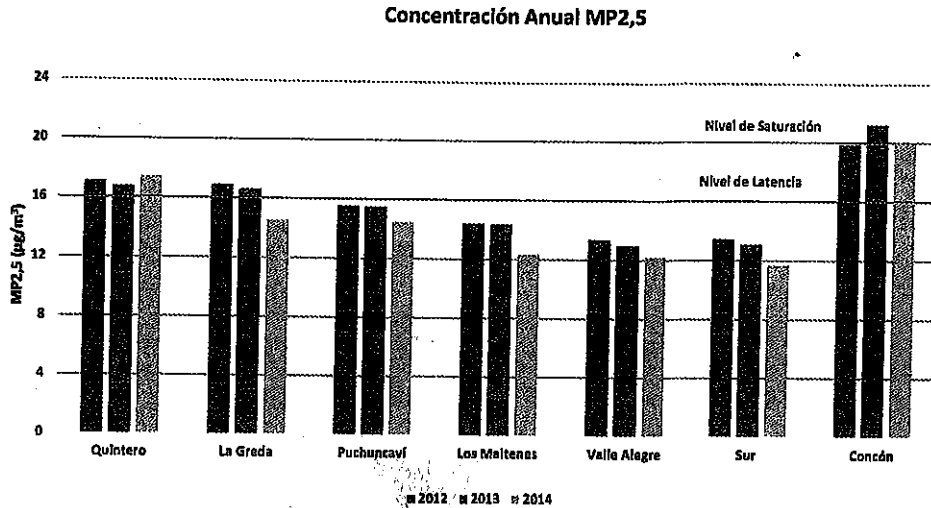
**Tabla 2.** Concentración trianual y porcentaje de la norma MP2,5

Red	Estación	Concentración Anual Año 2012 (µg/m <sup>3</sup> )	Concentración Anual Año 2013 (µg/m <sup>3</sup> )	Concentración Anual Año 2014 (µg/m <sup>3</sup> )	Promedio Trianual (2012-2013-2014) (µg/m <sup>3</sup> N)	% de la Norma Anual 20 (µg/m <sup>3</sup> )
AesGener y CODELCO División Ventanas	Quintero	17	17	17	17	86
	La Greda	17	17	15	16	80
	Puchuncaví	16	16	14	15	76
	Los Maitenes	14	14	12	14	69
	Valle Alegre	13	13	12	13	64
	*Sur	13	13	12	13	64
ENAP Refinerías	Concón	20	21	20	20	102

\*Evaluación referencial, la estación no posee representatividad poblacional para MP2,5.

La evaluación de la norma anual, con la información disponible para los años 2012, 2013 y 2014, indica que la norma no es superada en su nivel anual en ninguna de las estaciones de la Red de Ventanas, solo se aprecia un porcentaje superior al 80% de la norma en la estación Quintero y en estación La Greda con porcentajes de 86% y 80%, respectivamente.

En el caso de la Red de ENAP Refinerías, la evaluación de la norma anual del promedio trianual, determinó que en la estación de Concón se registró un porcentaje de 102% de la norma, superando el límite de la norma anual. Los resultados gráficos del análisis anterior se muestran en la Figura 1 (tomada del informe técnico).



1578

**Figura 1.** Concentración anual para MP2,5 por año y estación.

#### 4 Frecuencia de muestreo

La Norma de MP<sub>2,5</sub> indica que:

*El monitoreo se deberá efectuar a lo menos una vez cada tres días y....*

*Si al cabo de un año, en alguna de las estaciones de monitoreo de calidad del aire clasificadas como EMRP, se verifica la superación de la presente norma, su frecuencia de medición deberá ser diaria.*

En Concón, el año 2013 se realizaron medidas con una frecuencia de 3 días y el promedio al final del año fue de 22,98 µg/m<sup>3</sup>. Por lo tanto, de acuerdo a la norma, durante el año 2014 debería haberse medido con una frecuencia diaria. Esto no fue hecho y el promedio del año 2014 tiene menos mediciones que lo correspondiente.

#### 5 Análisis estadístico de las mediciones de material particulado para Concón

Para evaluar la pertinencia de la declaración de Zona Saturada utilizando la información entregada en la Tabla 2, se hará un análisis de errores estadísticos y experimentales de los datos.

De acuerdo a lo indicado en el Informe técnico "Examen de Información MP10\_MP25\_SO2 Red Ventanas-ENAP\_2015", la estación Concón presenta superación de la norma trienal. La Figura 2 muestra los datos recolectados por SGS CIMM TYS para MP10 y MP2,5 en Concón. La recolección se realizó cada dos días con un Muestreador de Bajo Volumen.

1578VTR

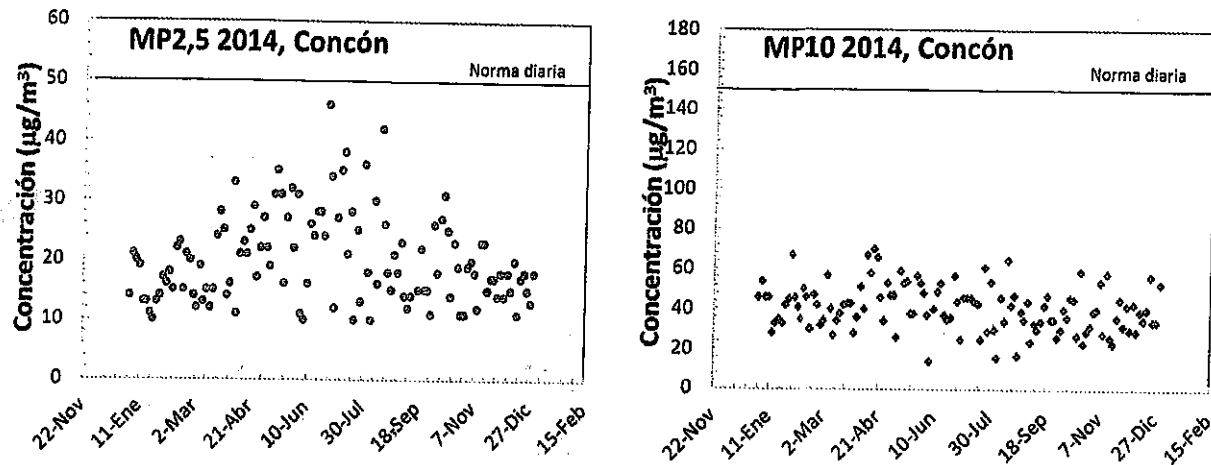


Figura 2. Concentración diaria promedio de MP2,5 (a) y MP10 en la Estación Concón para el año 2014

Los datos de la Figura 3a, fueron utilizados para la declaración de zona saturada. La información estadística para esas mediciones se muestra a continuación en la Tabla 3 junto con las normas de 24 horas y anual de calidad del aire.

Tabla 3. Información estadística de las mediciones de MP<sub>2,5</sub> en unidades de (µg/m<sup>3</sup>N) en Concón

Parámetro	2012	2013	2014	Tres años
Norma anual	20	20	20	20
Promedio	19,71	22,98	20,03	20,91
Desv. estándar	10,08	12,42	7,36	10,25
Máximo	43	63	46	63
Mínimo	0	8	10	0
Mediana	17	20	18	18
Moda	11	18	15	18

En la Tabla 3 se puede observar que el promedio de Material Particulado fino MP<sub>2,5</sub> es mayor que 20 µg/m<sup>3</sup> en los años 2013 y 2014. Sin embargo la desviación estándar es aproximadamente el 50% del valor del promedio en los tres años de medición. Esto indica que se debe hacer análisis más detallado para determinar si el promedio es mayor que la norma. Esto se hará en la sección 5.2.

La desviación estándar indica la incertidumbre que tiene la media en un grupo de medidas. En este caso las mediciones diarias de concentración para el año 2013 o 2014. Por ejemplo para el año 2014, se dice que existe una probabilidad del 64,2% de que la media esté contenida entre (20,03 - 7,36) y (20,03 + 7,36).

### 5.1 Análisis de valores atípicos (outliers)

Los valores atípicos en una observación son aquellos que están numéricamente distantes del resto de los datos. Las estadísticas derivadas de los conjuntos de datos que incluyen valores atípicos serán frecuentemente engañosas. Los valores atípicos pueden ser indicativos de datos

que pertenecen a una población diferente del resto de la muestra establecida. Los valores atípicos pueden indicar un error en la medición ya sea debida al equipo, o a una condición especial que afecte las concentraciones en terreno. Por ejemplo una quema realizada cerca de la estación de monitoreo, o actividades de construcción en el sector.

Se efectuó un análisis de los valores atípicos en los datos diarios para los tres años determinar si existen valores atípicos.

1579

Se utilizó la prueba de Rosner para valores atípicos. Los resultados se muestran en la Tabla 4

**Tabla 4. Valores atípicos en las mediciones de MP<sub>2,5</sub> en Concón**

	2012	2013	2014
Número de valores atípicos para 1% de certeza	0	0	0

El análisis de Rosner no muestra valores atípicos para ninguno de los años.

## 5.2 Análisis de T-Student

La prueba t-Student se utiliza para contrastar hipótesis sobre medias en poblaciones con distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente (aunque en este último caso es preferible realizar una prueba no paramétrica).

La norma es superada cuando el promedio tri-anual de las concentraciones es mayor a 20( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en cualquier estación monitorea calificada como EMRP.

Por ellos, se realizó un análisis de estadístico t-Student para determinar si se supera la norma con certeza estadística suficiente.

El análisis se realizó con todos los datos de Material Particulado fino en Concón para los tres años y se comparó con una media de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que corresponde a la norma.

Los resultados se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 5. Análisis estadístico t-Student de mediciones de MP<sub>2,5</sub> en Concón para los tres años**

Estación	Concón	
Parámetro: MP <sub>2,5</sub>		
Nº de muestras válidas	365	365
Nº de muestras faltantes	1	1
Hipótesis: Media es	<b>MENOR QUE 20</b>	<b>MAYOR QUE 20</b>
Certeza	99%	99%
Valor crítico	2,337	-2.337
Valor prueba T	1,7	1,7
Valor P	0,045	0,955
Resultado, hipótesis es:	<b>Valida</b>	<b>Válida</b>

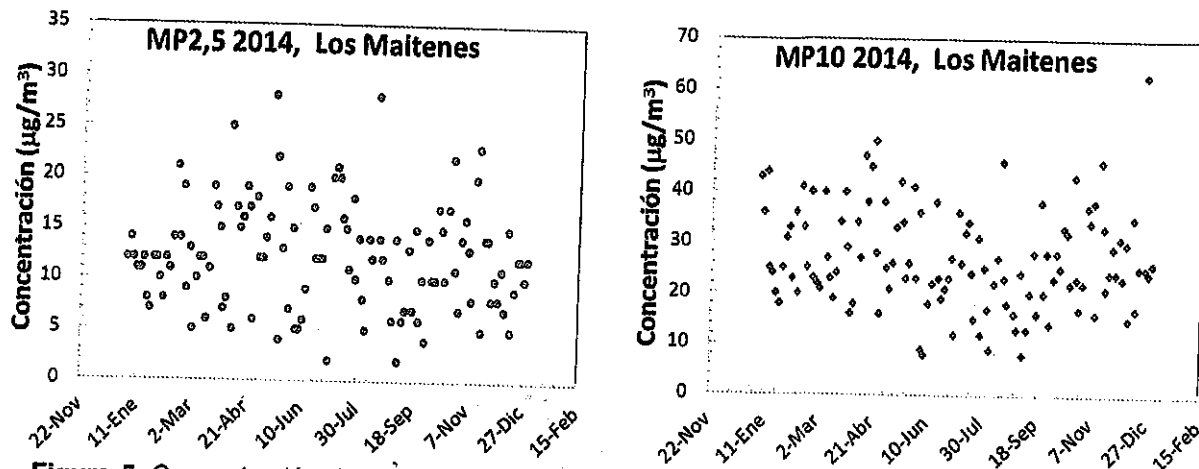


Figura 5. Concentración diaria promedio de MP2,5 (a) y MP10 en la Estación Los Maitenes para el año 2014 medida con el Muestreador HiVol.

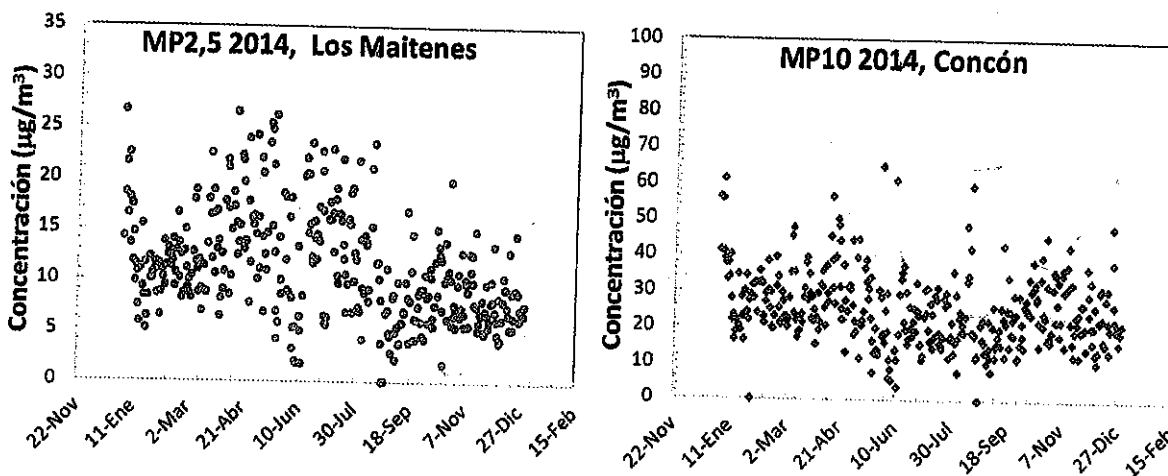


Figura 6. Concentración diaria promedio de MP2,5 (a) y MP10 en la Estación Los Maitenes para el año 2014 medida con el muestreador de Atenuación Beta.

Análisis estadístico de datos

Tabla 7. Información estadística para mediciones en Los Maitenes el año 2014 con dos tecnologías de muestreo distintas.

Parámetro	MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )		MP10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	
	HiVol	Beta	HiVol	Beta
Promedio	12,36	11,55	27,04	25,48
Desv.estándar	5,20	5,87	9,87	10,75
Máximo	28	43,2	63	92,9
Mediana	12	10,68	25	23,62

De la Tabla 7 se puede encontrar la diferencia entre los valores de la media del equipo HiVol y el Equipo Beta y que corresponde a  $12,36 - 11,55 = 0,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Esta diferencia corresponde al error experimental en la media de las mediciones en la Estación Los Maitenes. Al igual que

antes, esta diferencia se puede extrapolar a lo que ocurre en la Estación Concón, ya que ambas estaciones están ubicadas en una misma zona geográfica.

De acuerdo a lo anterior, el error en la media en Concón sería de  $0,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Este valor es menor que la diferencia entre la norma y la media de los tres años ( $0,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## 7 Representatividad de las estaciones

1580

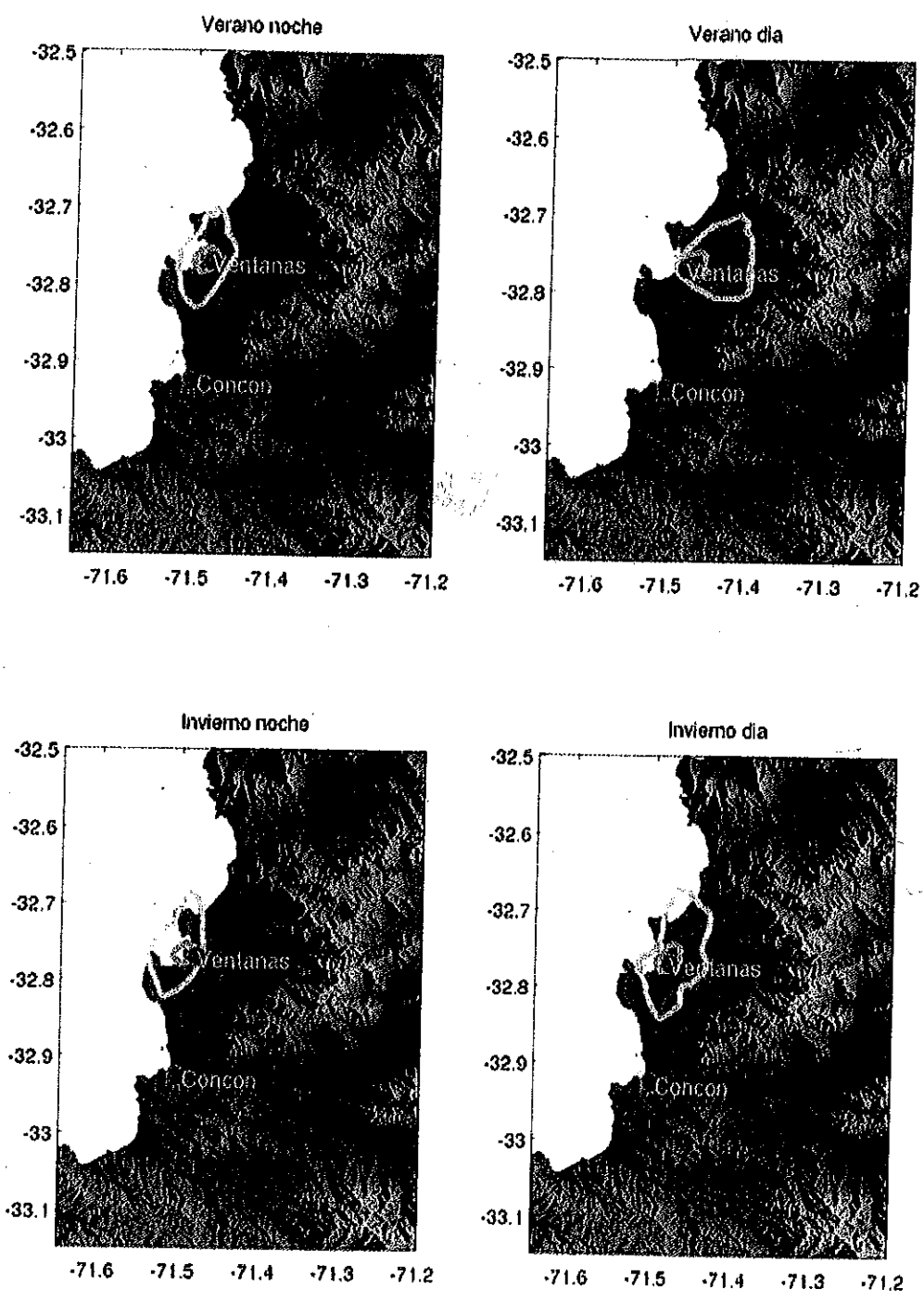
En el estudio "Diagnóstico Plan de Gestión Atmosférica - Región de Valparaíso Implementación de un Modelo Atmosférico" realizado por UNTEC, el año 2012, se hace un análisis de la zona geográfica que comprende las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví y que ha sido declarada como zona saturada.

En este análisis se realiza una modelación de la dispersión de MP10 y MP2,5 en este sector. La Figura 7, tomada del informe UNTEC, muestra las características de dispersión MP10 para una fuente ubicada a nivel de suelo en el sector de Ventanas. Las figuras indican concentraciones relativas en el sentido que las líneas rojas representan el 70% del valor máximo, las líneas naranjas el 10% y las líneas amarillas el 1% del máximo de los promedios. En cada figura se distingue entre verano entre diciembre y febrero (paneles superiores) e invierno entre junio y agosto (paneles inferiores) y noche entre las 22:00-06:00 (paneles a la izquierda) y día 10:00-18:00 (paneles a la derecha). En general, se puede observar que la dispersión durante la noche es mucho más débil que durante el día. El alcance espacial mayor durante el día se puede explicar por los vientos más fuertes durante este periodo. Sin embargo, cabe recordar que las concentraciones durante el día también son muy inferiores que durante la noche. Es decir, los impactos que se muestran en todos los casos hacia el este de las fuentes durante el día sólo serían significativos en caso de una emisión muy alta.

Las modelaciones indican que una fuente ubicada en Ventanas (o en la vecindad) no tiene un efecto mayor al 1% en el sector de Concón.

1201

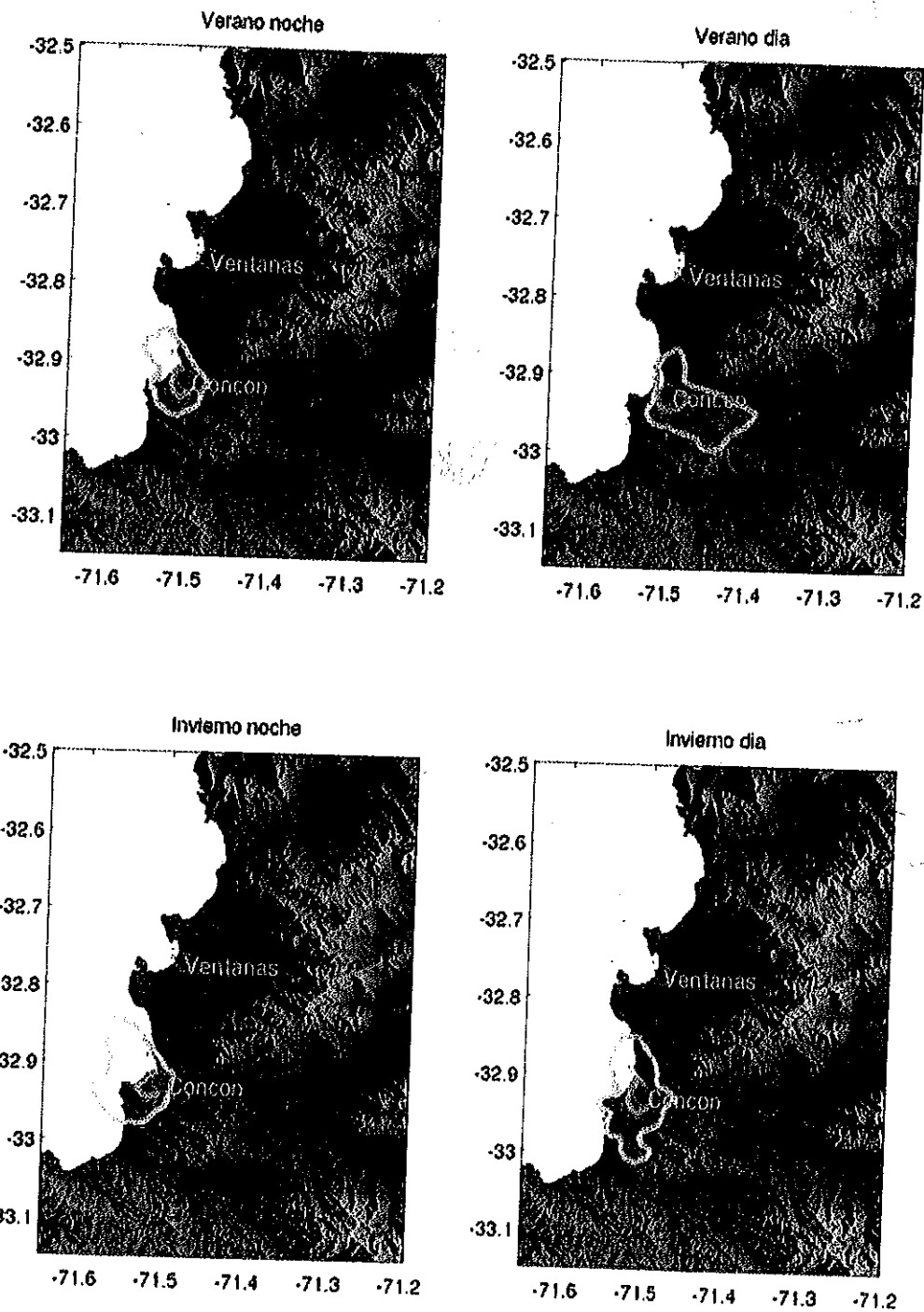
1580TA



**Figura 7.** Patrones de dispersión a partir de una fuente superficial en la zona de Puchuncaví/Quintero. Se muestran contornos relativos al máximo de la concentración promedio. Las líneas rojas representan el 70% del valor máximo, las líneas naranjas el 10% y las líneas amarillas el 1% del máximo de los promedios.

Un análisis similar se hizo para una fuente ubicada en el sector de Concón, esto se muestra en la Figura 8.





1581

**Figura 8.** Patrones de dispersión a partir de una fuente a 45 m de altura (chimenea) en la zona de Concón. Se muestran contornos relativos al máximo de la concentración promedio. Las líneas rojas representan el 70% del valor máximo, las líneas naranjas el 10% y las líneas amarillas el 1% del máximo de los promedios.

Al igual que para una fuente en Ventanas, la modelación indica que una fuente ubicada en Concón (o en la vecindad) no tiene un efecto mayor al 1% en el sector de Ventanas. Es decir, de acuerdo a la modelación, ambas comunas son independientes en términos de

1581 TA

contaminación por MP10 y el material particulado generado en Concón no debería influenciar el sector de Ventanas. En el informe de UNTEC, no se realizó una modelación para MP2,5, pero se estima que las conclusiones deberían ser similares para este último contaminante.

## 8 Conclusiones

En el informe técnico: "Examen de Información\_MP10\_MP25\_SO2 Red Ventanas-ENAP\_2015" se realizó una evaluación de las concentraciones de MP2,5 zona geográfica que comprende las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, concluyéndose que la Estación Concón supera la norma anual de MP2,5 ya que el promedio tri-anual de los años 2012, 2013 y 2014 es mayor que 20 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En este trabajo se realizó un análisis de los datos utilizados concluyéndose lo siguiente:

- Un análisis estadístico de t-Student indica que no se puede concluir que el promedio de los tres años en Concón ha sobrepasado la norma.
- No se cumplió lo que indica la norma de MP<sub>2,5</sub> de realizar medidas con una frecuencia diaria para el año 2014. Por lo tanto hay menos mediciones que lo requerido por la norma.
- Las modelación realizada por UNTEC en el informe técnico "Diagnóstico Plan de Gestión Atmosférica – Región de Valparaíso Implementación de un Modelo Atmosférico" indica que una fuente ubicada en Concón no tiene una influencia mayor al 1% en el sector de Ventanas. Por lo tanto las mediciones en Concón no son representativas de lo que ocurre en Ventanas (o las cercanías).