

S O F O F A

Centro Medio Ambiente y Energía



Santiago, 09 de diciembre de 2019

Ref.: Recopilación de antecedentes para elaboración
Plan de Descontaminación Prov. Quillota y otras comunas

Señor
Roberto Martínez
Jefe Departamento Planes y Normas
Ministerio del Medio Ambiente
Presente

De mi consideración:

Mediante la presente, adjunto documentación pertinente a la recopilación de antecedentes técnicos para la futura elaboración del Plan de Prevención y Descontaminación para la provincia de Quillota y comunas de Catemu, Panquehue y Llayllay de la provincia de San Felipe de Aconcagua.

Adjunto a esta carta, se entregan en formato digital en disco compacto (CD) los siguientes documentos:

- "Antecedentes con relación a inicio del proceso de elaboración de Plan de Descontaminación Atmosférica para Quillota, Región de Valparaíso", en formato PDF. Minuta elaborada por el Centro de Energía y Medio Ambiente de la SOFOFA.
- "Informe – Análisis de antecedentes para la elaboración del Anteproyecto del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica por material particulado MP10 como concentración anual y latente por MP10 como concentración diaria, a la provincia de Quillota y a las comunas de Catemu, Panquehue y Llayllay de la provincia de San Felipe", en formato PDF. Informe del Departamento de Física, Facultad de Ciencia, Universidad de Santiago de Chile.

Sin otro particular, le saluda atentamente,

Jorge Cáceres Tonacca
Director Ejecutivo

Centro SOFOFA Medio Ambiente y Energía
SOCIEDAD DE FOMENTO FABRIL
Av. Andrés Bello 2777, Piso 3, Las Condes
Fono: (56-2) 23913183 (56-9) 91401289

c.c. Archivo Centro SOFOFA Medio Ambiente y Energía

Documento

Antecedentes con relación a inicio del proceso de elaboración de Plan de descontaminación Atmosférica para Quillota, Región de Valparaíso.

1. Presentación

SOFOFA, por medio de su Centro de Medio Ambiente y Energía, entrega a continuación antecedentes con relación al inicio del proceso de elaboración de Plan de Descontaminación Atmosférica para Quillota, Región de Valparaíso.

En particular, se ha encargado al Departamento de Física de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago, un estudio a efectos de analizar los antecedentes que condujeron a la Declaración de zona saturada. Ello, se ha complementado con análisis propios y de empresas de SOFOFA presentes en la zona.

Se presentan en este documento las principales observaciones del Informe, el cual se adjunta, todo lo cual se espera ermita un adecuado diseño del Plan.

2. Antecedentes

El DS 107 del 27 de diciembre de 2018, declaró como “zona saturada” por MP10 como concentración anual y como “zona latente” por MP10 como concentración diaria a la provincia de Quillota y a las comunas de Catemu, Panquehue y Llaillay de la provincia de San Felipe de Aconcagua.

De las 11 estaciones categorizadas como representativas de exposición poblacional “EMRP”, el Decreto 107 indica que:

- ✓ *“para la norma diaria de MP10, se observó para los años 2016 y 2017 concentraciones por sobre el 80% de la norma de 24 horas en la estación Catemu, registrándose concentraciones de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, respectivamente, lo que daría origen a una condición de **latencia en la estación de Catemu como concentración diaria**”*
- ✓ *“con respecto a la evaluación de la Norma Primaria de Calidad Ambiental para MP10, mediante el cálculo del promedio trianual (2015-2016-2017), se determinó que **la norma***

10-12-2019

anual fue superada en las estaciones de Catemu, La Calera y La Cruz 2, con concentraciones de 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, respectivamente”.

- ✓ *“se verificó un porcentaje superior al 80% de la norma anual en las estaciones de Los Vientos con una concentración de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, Lo Campo con una concentración de 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y Bomberos con una concentración de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, lo que implica, además, una condición de latencia para dicho contaminante”*

Dado lo anterior, el Ministerio del Medio Ambiente abrió el proceso de elaboración de un Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica (PPDA) por Material Particulado para las comunas objeto de declaración de latencia y saturación. Ello, mediante Resolución Exenta N°1.105 del 10 de septiembre de 2019.

Como consecuencia de la Resolución de inicio precedente, en lo que corresponde a una primera para la elaboración del anteproyecto de Plan, se indica en tal Resolución la conformación de un expediente electrónico para la tramitación del proceso de elaboración del Plan y se solicita informe sobre la elaboración del mismo a la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de Valparaíso, fijándose finalmente como fecha límite para la recepción de antecedentes sobre la zona el día 09 de diciembre de 2019.

Se espera que el anteproyecto sea sometido a consulta pública durante el segundo semestre de 2020.

Dado lo anterior, SOFOFA encargó, en conjunto con las empresas presentes en la zona, un estudio a la Universidad de Santiago de Chile y más específicamente al Departamento de Ciencia de esa Universidad, cuyo objetivo fue la revisión de información utilizada para la declaración de saturación y latencia de las comunas de Catemu, Panquehue y Llaillay de la provincia de San Felipe de Aconcagua” y en particular, junto con recopilar y sistematizar información de calidad del aire y emisiones de la zona, aplicar “pruebas de alcance estadístico” que den cuenta de la suficiencia de esa información para las decisiones de latencia y saturación adoptadas, así como de su evolución.

3. Conclusiones del Informe

Las conclusiones del Informe se entregan a continuación:

1. Los análisis estadísticos permiten determinar que sólo en Catemu se supera la norma anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
2. En las estaciones de La Cruz 2 y La Calera, solamente se puede afirmar que el promedio trianual de MP_{10} es igual a la norma. Esto es importante porque indica que con pequeños ajustes a las emisiones de las fuentes se puede salir de la condición de saturación.
3. Los niveles iguales a la norma que se presentan en estación La Cruz 2, son probablemente debidos a un gran aumento en el tráfico durante la primera mitad del año 2015. Sin embargo, no es claro por qué esta estación tiene niveles altos de MP_{10} y las estaciones cercano no. Por ello, es necesario contar con un inventario con una buena caracterización de las fuentes.
4. Los altos niveles de MP_{10} en La Calera, son debidos a las fuentes locales (tráfico, calefacción o industrias) ya que en las estaciones cercanas los niveles de MP_{10} son menores.
5. En Catemu, los altos niveles de MP_{10} pueden ser consecuencia de altas emisiones dentro del pueblo, de emisiones generadas por actividades mineras en el sector norte o la planta de Anglo American. Con la información disponible no es posible determinar la responsabilidad de las fuentes.
6. Una mejora o actualización de los inventarios de emisiones puede ayudar en la determinación de las fuentes responsables de la generación de MP_{10} en Catemu y La Calera. Es necesario especialmente caracterizar mejor las fuentes difusas y areales (leña, vehículos, pequeños talleres, etc.).
7. En el sector norte de Catemu, existen muchas faenas mineras que pueden ser responsables del MP_{10} observado en el pueblo. Sin embargo, sería importante contar con mediciones en ese sector (actualmente no existen) que indiquen la concentración de MP_{10} y por lo tanto ayudar a determinar la responsabilidad de las fuentes.
8. Un estudio de composición química de los compuestos de MP_{10} puede también ayudar en la determinación de la responsabilidad de las fuentes.

4. Consideraciones para la elaboración del Plan

Sobre la base de las conclusiones del Informe se listan a continuación una serie de aspectos que se consideran relevantes para la elaboración del Plan:

1. Consideraciones con relación al monitoreo de calidad del aire en la zona.

1.1 Pertinencia técnica del desarrollo de una nueva red.

- Más allá de las conclusiones derivadas del Informe de la Universidad de Santiago, la red de la zona bajo análisis presenta los mismos sesgos de diseño que otras redes en el país. En efecto, la actual red no responde a un diseño especialmente elaborado para la zona sino a una superposición de estaciones principalmente implementadas a partir de exigencias establecidas en el sistema de evaluación de impacto ambiental.
- Ello se traduce en criterios de exigencias que son disímiles y que en teoría responden a ubicación en puntos de máximo impacto para fuentes específicas, lo que además se ha definido en base a modelos de dispersión heterogéneos.
- Finalmente, no se aprecia la existencia de protocolos sistemáticos de aseguramiento y control de la calidad de las mediciones.

Una red moderna aplica, en efecto, criterios de diseño como la consideración estaciones con objetivos distintos (caracterización de exposición poblacional, de fuentes específicas y de niveles denominados background, entre otros).

Se propone entonces, como ha ocurrido en planes de descontaminación o prevención anteriormente publicados, mandar en el mismo Plan el rediseño de la red.

A modo de referencia, el DS 105/2019, correspondiente al plan de prevención y descontaminación atmosférica para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, el cual regula las emisiones del complejo industrial Ventanas, ubicado en el borde costero de la quinta región, indica en su artículo 51 que "Artículo 51. Dentro del plazo de 6 meses contado desde la publicación del presente decreto, el Ministerio del Medio Ambiente elaborará los estudios necesarios para el rediseño y modernización de la red de monitoreo de calidad del aire de la zona cubierta por el Plan.

En efecto, la propuesta de rediseño de la red, fue encargada por el Gobierno al Instituto Finlandés de Meteorología “FMI”, lo cual fue presentado a comunidades y empresas la última semana de noviembre de 2019.

Se espera en suma se incorpore en el mismo Anteproyecto de Plan y luego en el definitivo, un curso de acción como el expuesto.

1.2 Necesidad de consideración de nuevas mediciones Ex Ante y Ex Post.

Es deseable, tal como se observa en la propuesta de rediseño de la red para el borde costero de la Quinta Región, desarrollada por FMI, que se considere la caracterización química del Material Particulado como una actividad sistemática, ello con el fin de dimensionar de mejor forma las responsabilidades en la contaminación atmosférica.

Ello ha de permitir el mejor dimensionamiento de las medidas, atendida la factibilidad de identificación de las responsabilidades en la contaminación atmosférica. Esto resulta fundamental al tener en cuenta que el MP2,5 es parte del MP10.

Asimismo, se considera relevante analizar la suficiencia del monitoreo de variables meteorológicas en la zona, con el fin de incorporar modelaciones integradas y análisis de trayectorias, todo lo cual permita comprender de mejor forma la fenomenología de la contaminación atmosférica en la zona.

Las conclusiones del estudio elaborado por la Universidad de Santiago dan cuenta por ejemplo de que las mayores concentraciones se alcanzan en la estación de monitoreo “CATEMU”. Es necesario discriminar si ello se debe a impacto de alcance local (predominantemente quema de leña, transporte o industria de menor escala) o existe transporte de masas de aire contaminado desde actividades aledañas.

Cabe señalar que es deseable que este análisis sea complementado idealmente por campañas de monitoreo Ex Ante, de modo que información de este tipo sea considerada de manera previa al establecimiento de medidas de descontaminación para la zona. De lo contrario se corre el riesgo de sub o sobrerregulación para determinadas actividades.

2. Consideraciones con relación al monitoreo de emisiones en la zona y la existencia de regulaciones previas.

2.1 Optimización de inventarios

Se ha constatado la inexistencia de un inventario de emisiones para la zona. Si bien se tiene información del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, se tiene que esa información puede resultar insuficiente dadas las diferencias en el tipo de reporte que existe y en los protocolos de validación.

En efecto, fuentes emisoras como centrales térmicas de generación de electricidad y fundiciones de cobre, tienen normas de emisión específicas y han materializado inversiones en monitoreo, que pueden incluso perfilar las emisiones a lo largo del año y a lo largo del día (cuando existe monitoreo continuo de emisiones), pudiéndose comprender de mejor forma el efecto de sus emisiones en calidad del aire.

No sucede lo mismo con otras actividades que, o bien efectúan monitoreos aislados y discretos, o bien, no miden.

2.2 Consideración de esfuerzos previos

Dado lo señalado en el ítem precedente, a efectos del desarrollo del nuevo Plan, no sólo ha de considerarse la preexistencia de exigencias de monitoreo, derivadas de normas de emisión previas o exigencias emanadas del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, sino también las inversiones desarrolladas, de manera de “reconocer” los esfuerzos de control previos, en comparación con fuentes no reguladas o reguladas de manera insuficiente.

3. Consideraciones con relación a la integración con otros planes e instrumentos utilizados

3.1 Intercambios de masas de aire.

Lo señalado en el ítem 1 precedente, con relación a optimización del monitoreo de calidad del aire, guarda relación también con comprender la interacción de las emisiones de la zona con otras zonas reguladas, específicamente en lo que concierne al Plan de descontaminación atmosférico para la Región Metropolitana de Santiago y el Plan para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví.

Así, puede darse que parte de la contaminación de la zona bajo estudio esté impactada por emisiones provenientes de esas zonas, lo cual debe ser adecuadamente estudiado para disponer de un Plan efectivo.

3.2 Equivalencias gases-partícula y fortalecimiento de instrumentos de incentivo a la reducción de emisiones de mayor costo-efectividad.

Se espera que, en coherencia con lo establecido en el Plan de descontaminación atmosférico para la Región Metropolitana de Santiago y en el Plan para las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví, el instrumento compensación de emisiones y la consideración de equivalencias gases-partícula, sean desarrollados para la zona que será regulada por el nuevo Plan.

De esa manera, sea en lo concerniente a nuevas metas de emisión o para nuevos proyectos que ingresen al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, podrá utilizarse el instrumento compensación de emisiones, de manera de contribuir eficaz y eficientemente a reducir emisiones.

Finalmente, SOFOFA, por medio de su Centro de Medio Ambiente y Energía, hace presente la disposición a colaborar con las autoridades en el levantamiento de información específica durante el período de elaboración del anteproyecto, de manera de facilitar su elaboración y adecuado diseño.

Atentamente,

JORGE CÁCERES TONACCA

Director Ejecutivo Centro de Medioambiente y Energía



10-12-2019

Av. Andrés Bello 2777, Piso 3, Las Condes, Santiago.

+56 2 2391 31 83 + 56 9 91401289

SOFOFA.CL



Informe

"Análisis de antecedentes para la elaboración del Anteproyecto del Plan de Prevención y de Descontaminación Atmosférica por material particulado MP10 como concentración anual y latente por MP10 como concertación diaria, a la provincia de Quillota y a las comunas de Catemu, Panquehue y Llay Llay de la provincia de San Felipe"

Diciembre, 2019

**Departamento de Física
Facultad de Ciencia
Universidad de Santiago de Chile**

1. Presentación.

Se entrega a continuación un análisis técnico de la información utilizada para la Declaración de zona saturada y proceso de elaboración de Plan de descontaminación Atmosférica para Quillota, Región de Valparaíso.

Esta determinación se basa en el resultado de las mediciones efectuadas en las estaciones de monitoreo de calidad del aire de Catemu, Lo campo, La Calera, La Cruz, Rural 1, Bomberos, La Palma, San Pedro, la Cruz 2, Manzanar y Los Vientos. Estas estaciones de monitoreo cuentan con representatividad poblacional según consta en el Decreto 107, del Ministerio del Medio Ambiente, publicado el 11 de Junio de 2019, promulgado el 27 de Diciembre de 2018, titulado “declara zona saturada por material particulado MP10, como concentración anual y latente por MP10 como concentración diaria a la provincia de Quillota y a las comunas de Catemu, Panquehue y Llayllay de la provincia de San Felipe de Aconcagua”.

- ✓ “para la norma diaria de MP10, se observó para los años 2016 y 2017 concentraciones por sobre el 80% de la norma de 24 horas en la estación Catemu, registrándose concentraciones de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, respectivamente, lo que daría origen a una condición de **latencia en la estación de Catemu como concentración diaria**”
- ✓ “con respecto a la evaluación de la Norma Primaria de Calidad Ambiental para MP10, mediante el cálculo del promedio trianual (2015-2016-2017), se determinó que **la norma anual fue superada en las estaciones de Catemu, La Calera y La Cruz 2**, con concentraciones de 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, respectivamente” **generando una condición de saturación.**
- ✓ “se verificó un porcentaje superior al 80% de la norma anual en las estaciones de Los Vientos con una concentración de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, Lo Campo con una concentración de 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ y Bomberos con una concentración de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$, lo que implica además, una **condición de latencia para dicho contaminante**”

2. Revisión de antecedentes técnicos usados para la declaración de zona latente y saturada.

2.1 Descripción de equipos de medición utilizados para la evaluación de zona latente y saturada.

La información disponible a la fecha indica que el plan de descontaminación en cuestión se aplicaría en la provincia de Quillota y las comunas de Catemu, Panquehue y Llayllay de la provincia de San Felipe. El área marcada en rojo de la Figura 1 muestra la demarcación de la zona.

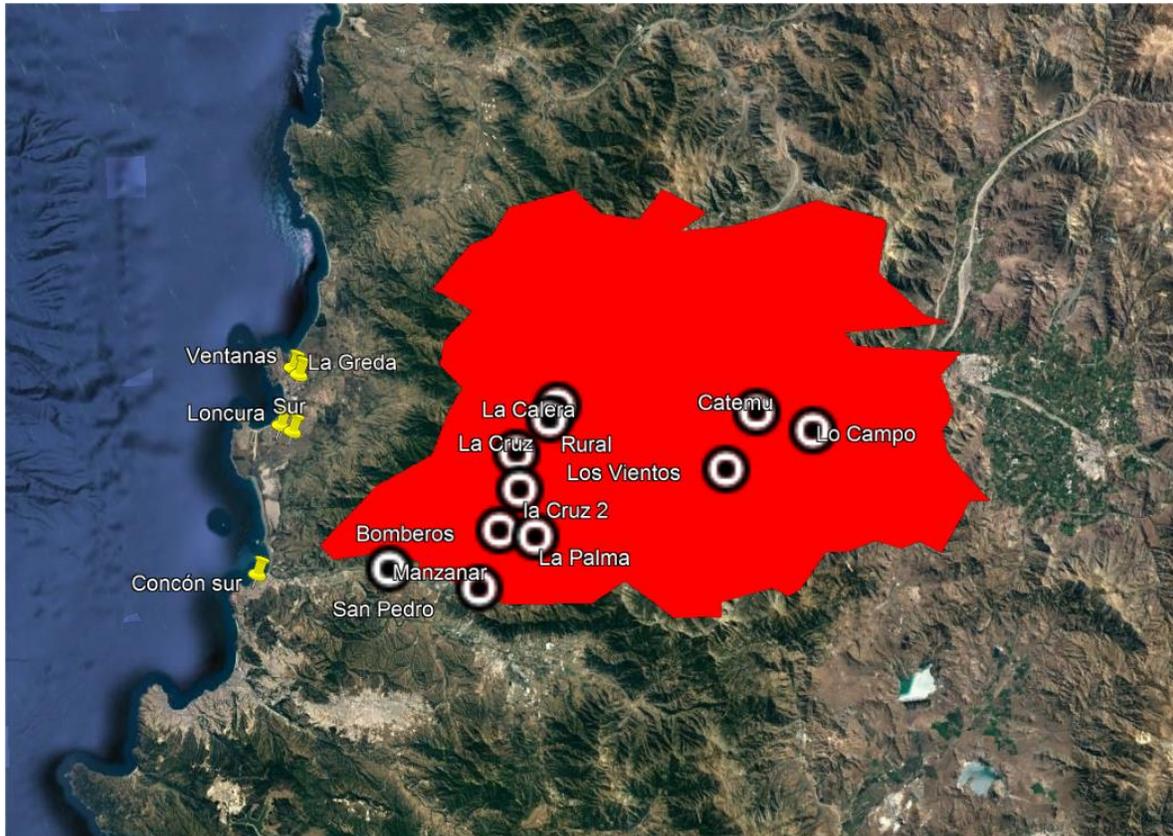


Figura 1.- Área de influencia del PDA de Quillota con las estaciones de monitoreo involucradas, con un área de alrededor de 198 hectáreas. Fuente: Elaboración propia en función de la delimitación de la provincia y comunas declaradas.

2.2 Descripción de equipos de medición utilizados para la evaluación de zona latente y saturada.

De acuerdo a los antecedentes indicados en el informe técnico “Cumplimiento de norma de calidad del aire por MP10 en las redes de calidad del aire interior de la Región de Valparaíso” de la Superintendencia del Medio Ambiente del 20 de Agosto de 2018, en la Tabla 1 se describen los instrumentos y métodos de medición de MP₁₀ utilizados en las estaciones de calidad del aire mencionadas anteriormente. Cinco de los equipos utilizados corresponden a muestreadores gravimétricos de alto volumen que colectan muestra durante 24 horas cada 3 o 4 días. En estos equipos se obtiene una muestra con el promedio diario. Seis de los equipos corresponden a muestreadores que utilizan el método de atenuación beta. Estos equipos miden en forma continua y entregan datos cada 1 hora. Para estos datos es posible realizar un análisis de perfil diario que se puede utilizar para entregar información aproximada sobre las fuentes que generan el MP₁₀.

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
Fundición Chagres	Catemu (El Arrayán)	MP ₁₀	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
	Lo Campo	MP ₁₀	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	GrasebyAndersen / GMW 1200	RFPS-1287-063
Melón	La Calera	MP ₁₀	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch Environmental Modelo TE-6070	RFPS-0202-141
	La Cruz	MP ₁₀	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch Environmental Modelo TE-6070	RFPS-0202-141
	Rural 1	MP ₁₀	Método Gravimétrico de Muestreador de Alto Volumen	Tisch Environmental Modelo TE-6070	RFPS-0202-141
San isidro / Nehuenco	Bomberos	MP ₁₀	Método de atenuación beta	Thermo Andersen/ Serie FH 62 C14	EQPM-1102-150
	La Palma	MP ₁₀	Método de atenuación beta	Thermo Andersen/ Serie FH 62 C14	EQPM-1102-150
	San Pedro	MP ₁₀	Método de atenuación beta	Thermo Andersen/ Serie FH 62 C14	EQPM-1102-150
	La Cruz 2	MP ₁₀	Método de atenuación beta	Thermo Andersen/ Serie FH 62 C14	EQPM-1102-150
	Manzanar	MP ₁₀	Método de atenuación beta	Thermo Andersen/ Serie FH 62 C14	EQPM-1102-150
Eléctrica Santiago	Los Vientos	MP ₁₀	Método de atenuación beta	MetOne/ BAM1020	EQPM-0798-122

2.3 Evaluación de la norma de 24 horas para MP₁₀

De acuerdo a lo indicado en el informe técnico “Cumplimiento de norma de calidad del aire por MP₁₀ en las redes de calidad del aire interior de la Región de Valparaíso”, se realizó una evaluación para el periodo comprendido entre el día 1° de enero de 2015 y el día 31 de diciembre de 2017. En la Tabla 2 se presenta un resumen de los valores obtenidos del percentil 98 de las concentraciones de 24 horas de la norma de MP₁₀ para los años 2015, 2016 y 2017, en las estaciones de monitoreo de la Red.

Tabla 2. Percentil 98 de las concentraciones diarias (24 horas) de MP₁₀ y porcentaje de superación de la norma.

Red	Estación de Monitoreo	Percentil 98 año 2015 (µg/m ³)	% de la Norma 24 horas 2015 150(µg/m ³ N)	Percentil 98 año 2016 (µg/m ³)	% de la Norma 24 horas 2015 150(µg/m ³ N)	Percentil 98 año 2017 (µg/m ³)	% de la Norma 24 horas 2015 150(µg/m ³ N)
Fundición Chagres	Catemu (El Arrayán)	173	115	120	80	132	88
	Lo Campo	76	51	73	49	63	42
Melón	La Calera	104	69	92	61	89	60
	La Cruz	93	62	66	44	66	44
	Rural 1	82	55	67	45	75	50
San isidro / Nehuenco	Bomberos	97	65	74	49	74	49
	La Palma	78	52	54	36	57	38
	San Pedro	81	54	62	41	63	42

	La Cruz 2	113	75	81	54	83	55
	Manzanar	65	43	49	33	62	41
Eléctrica Santiago	Los Vientos	110	74	95	64	72	48

La Figura 1 muestra la superación de la norma debido al percentil 98 para todas las estaciones de la red en los años 2015 – 2017. Se puede observar, que sólo la estación Catemu tiene superación de esta norma.

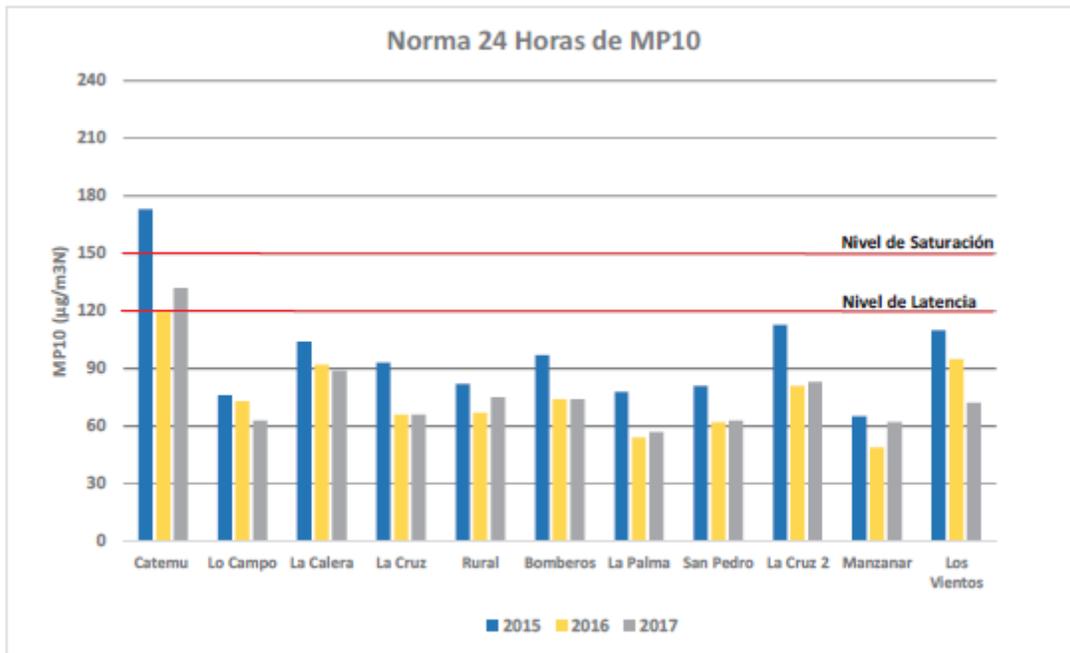


Figura 1. Gráfico del percentil 98 para todas las estaciones de la red los años 2015, 2016 y 2017.

2.4 Evaluación de la norma anual para MP₁₀

El período de evaluación de superación de la norma para MP₁₀ va desde el día 1° de enero de 2015 y el día 31 de diciembre de 2017. En la Tabla 3 se presenta un resumen de los valores obtenidos a través del cálculo del promedio aritmético de las concentraciones de los años 2015, 2016 y 2017, para las estaciones de monitoreo de la Red.

Tabla 3. Promedios anuales y trianuales de MP₁₀ para todas las estaciones. En rojo se indican las estaciones que superan la norma.

Red	Estación de Monitoreo	Promedio anual 2015	Promedio anual 2016	Promedio anual 2017	Promedio Trianual
-----	-----------------------	---------------------	---------------------	---------------------	-------------------

		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Fundición Chagres	Catemu (El Arrayán)	78	73	66	72
	Lo Campo	44	42	36	41
Melón	La Calera	52	51	49	51
	La Cruz	39	34	34	36
	Rural 1	40	37	35	37
San isidro / Nehuenco	Bomberos	43	39	37	40
	La Palma	35	32	32	33
	San Pedro	38	36	33	35
	La Cruz 2	52	48	49	50
	Manzanar	29	27	29	29
Eléctrica Santiago	Los Vientos	55	44	35	45

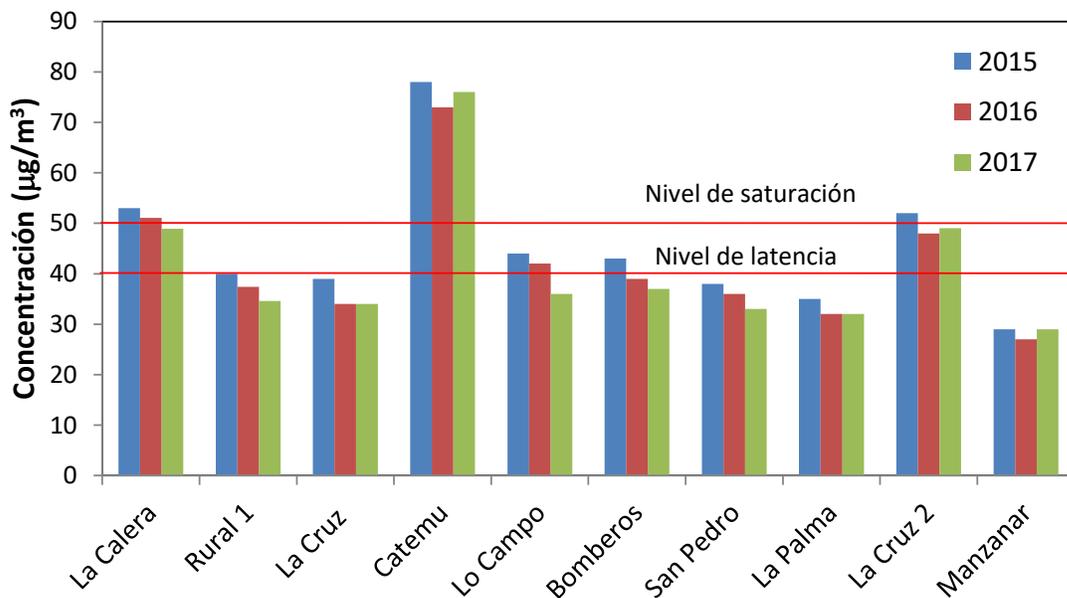


Figura 2. Concentraciones anuales en las estaciones de la red para los años 2015 – 2017.

La Figura 2 muestra el promedio anual de las estaciones de la red entre los años 2015 – 2017. Se puede observar que la estación Catemu supera claramente la norma anual, y las estaciones La Calera y La Cruz 2 solo la superan levemente.

Una figura con una interpolación de concentraciones medidas se muestra en Figura 4. La interpolación (de tipo Krigging) solo usa los datos de MP_{10} de las estaciones y rellena los espacios intermedios, no es una simulación. Se puede ver que en los alrededores de las estaciones que solo levemente superan la norma (La Calera y La Cruz 2) los niveles de MP_{10} son bastante más bajos. Esto se verá con más detalle más adelante.

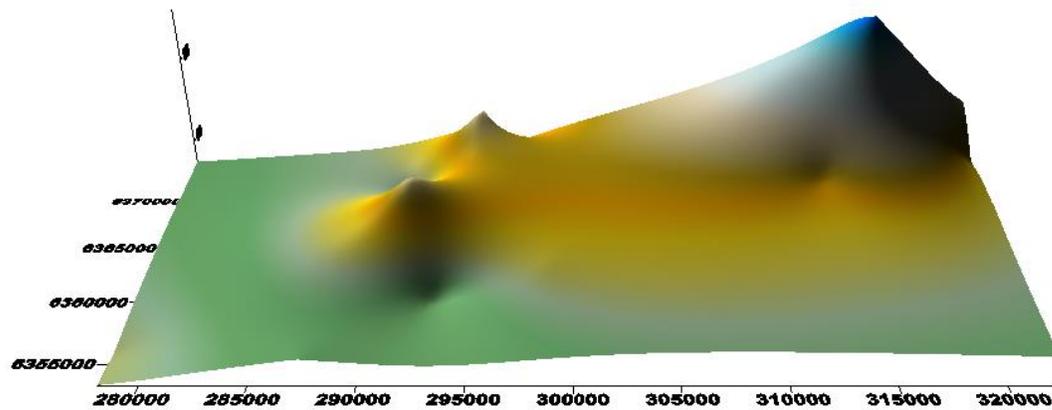
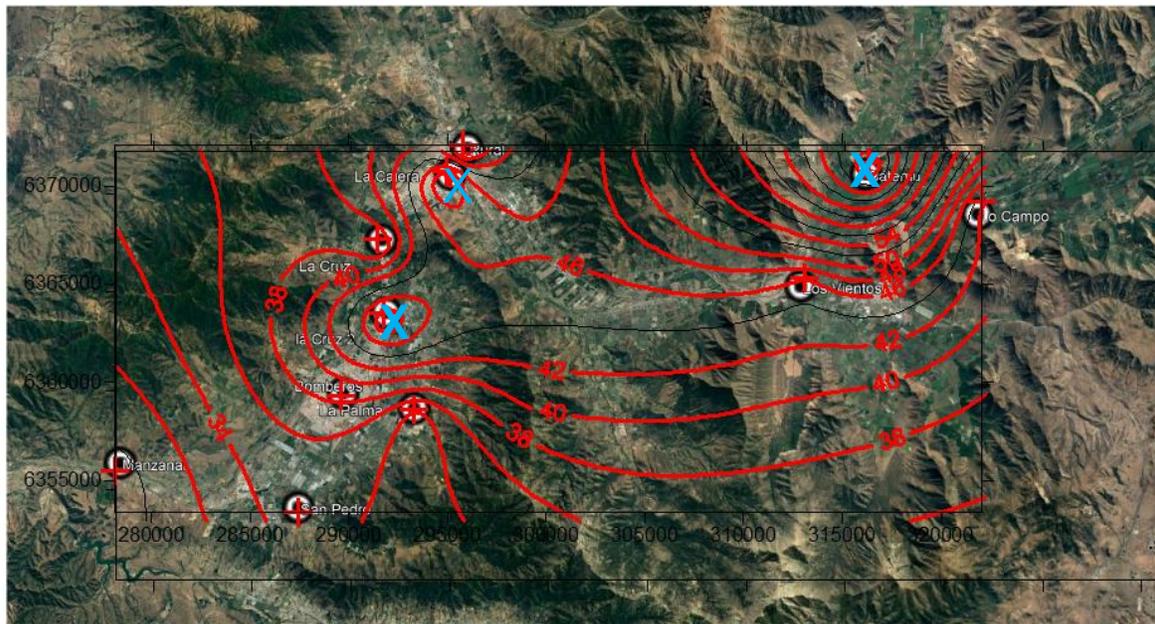


Figura 3. Mapas con interpolaciones de las concentraciones medidas. Las cruces azules muestran las estaciones con valores iguales o superiores a la norma de MP_{10} . La figura inferior, muestra un mapa tridimensional de las concentraciones.

2.5 Estadísticas descriptivas

Para evaluar la pertinencia de la declaración de Zona Saturada utilizando la información entregada en la Tabla 3 se hará un análisis de los errores y variabilidad experimental de los datos.

Tabla 4. Información estadística de las mediciones de MP_{10} en unidades de $(\mu g/m^3N)$ para las tres estaciones que superan la norma en los años 2015 – 2017.

Estación	Parámetro	2015	2016	2017	Triannual
Catemu ¹	Promedio	78,1	72,8	65,5	72,1
	Desv. estándar	36,8	24,0	25,1	29,6
	Máximo	267,5	148,3	155,0	267,5
	Mínimo	15,9	14,6	7,9	7,9
	Mediana	72,5	69,8	65,3	68,1
La Calera ¹	Promedio	52,3	51,1	48,9	50,8
	Desv. estándar	22,6	16,7	17,5	19,1
	Máximo	126,1	97,1	129,1	129,1
	Mínimo	1,3	11,8	18,0	1,3
	Mediana	49,7	49,7	48,8	49,5
La Cruz ²	Promedio	51,7	48,3	49,267	49,7
	Desv. estándar	34,0	30,1	32,2	32,1
	Máximo	641,9	485,7	462,8	641,9
	Mínimo	0,7	0,5	0,7	0,5
	Mediana	44,4	41,7	41,7	42,5

¹Calculado con los promedios diarios del período

¹Calculado con los promedios horarios del período

En la Tabla 4 se puede observar que el promedio triannual de MP₁₀ en Catemu es claramente mayor que 50 µg/m³. Pero el promedio triannual en La Calera es levemente mayor que 50 y en La Cruz 2, es levemente menor que 50. Además, la desviación estándar es aproximadamente el 40% del valor del promedio para todas las estaciones. Esto indica que se debe hacer análisis estadístico para determinar si el promedio es mayor o igual que la norma. Esto se hará en la sección 3.1.

La desviación estándar indica la incertidumbre que tiene el promedio en un grupo de medidas, y esto se expresa por medio de probabilidades. Por ejemplo para el año 2015 en Catemu (marcado en rojo en la Tabla 4), la desviación estándar indica que existe una probabilidad del 64,2% de que el promedio esté contenido entre (78,1 – 36,8) y (78,1 + 36,8).

2.6 Sistematización de la información de fuentes

Se muestran a continuación las fuentes emisoras industriales, medianas y grandes que existen en la provincia de Quillota y en San Felipe. De acuerdo al RETC para el año 2017, para las comunas mencionadas existe una emisión consolidada de 1.070 t/año de MP por fuentes fijas declaradas, y el 99,2% (1.061 t/año) se concentran en las siguientes fuentes:

Tabla 5. Lista de las fuentes emisoras industriales, medianas y grandes que existen en la provincia de Quillota y en San Felipe

Titular	Establecimiento	Tipo de fuente	Emisión MP (t/año)	Coordenadas Norte	Coordenadas Este
ANGLO AMERICAN SUR S.A.	ANGLO AMERICAN SUR S.A.	Proceso con combustión	775,81	6369240	316996
ANGLO AMERICAN SUR S.A.	ANGLO AMERICAN SUR S.A.	Proceso sin combustión	123,10375	6369240	316996
COMPANIA ELECTRICA TARAPACA S A	CENTRAL SAN ISIDRO I	Proceso con combustión	61,561	6353373	283427
COMPANIA ELECTRICA TARAPACA S A	CENTRAL SAN ISIDRO I	Proceso con combustión	5,86586322	6353373	283427
ENEL GENERACION CHILE S.A.	CENTRAL SAN ISIDRO II	Proceso con combustión	6,472	6353313	283436
COLBUN S A	COMPLEJO TERMOELÉCTRICO NEHUENCO I	Proceso con combustión	16,899	6353249	282921
COLBUN S A	COMPLEJO TERMOELÉCTRICO NEHUENCO II	Proceso con combustión	9,284	6353249	282921
MELON S.A.	CEMENTO MELÓN PLANTA LA CALERA	Proceso sin combustión	22,412448	6369818	293930
SODIMAC S A	HOMECENTER QUILLOTA	Grupo Electrónico	5,664343	6357992	289871
MELON S.A.	CEMENTO MELÓN PLANTA LA CALERA	Proceso con combustión	4,66926	6369818	293930
ANGLO AMERICAN SUR S.A.	ANGLO AMERICAN SUR S.A.	Proceso sin combustión	4,64875	6369240	316996
ANGLO AMERICAN SUR S.A.	ANGLO AMERICAN SUR S.A.	Proceso sin combustión	4,4805	6369240	316996
CENCOSUD RETAIL S.A.	SISA 646	Grupo electrónico	3,1780224	6360133	290986
CENCOSUD RETAIL S.A.	SISA 850	Grupo electrónico	3,05317152	6358069	289207
CENCOSUD RETAIL S.A.	N544 SISA LA CALERA JJPerez	Grupo electrónico	2,83752	6370308	294910
CENCOSUD RETAIL S.A.	SANTA ISABEL N848	Grupo electrónico	2,7807696	6357810	288143
CRISTALERIAS DE CHILE S A	CRISTALERIAS DE CHILE S A PLANTA LLAY LLAY	Proceso con combustión	2,77996	6363872	318291
CRISTALERIAS DE CHILE S A	CRISTALERIAS DE CHILE S A PLANTA LLAY LLAY	Proceso con combustión	2,4916	6363872	318291
VIVEROS HIJUELAS S A	VIVEROS HIJUELAS SA	Caldera industrial	2,33984	6365539	300946
CENCOSUD RETAIL S.A.	SISA N549	Grupo electrónico	1,1917584	6370141	295063

Asimismo, existen las siguientes faenas mineras (no subterráneas) declaradas para dichas comunas:

Tabla 6. Lista de faenas mineras en la provincia de Quillota y en San Felipe

N°	Nombre faena	Comuna	Extracción	Coordenada UTM Este	Coordenada UTM Norte
1	Mina El Molle	Quillota	Sulfuro de cobre, rajo abierto	295.885	6.382.020
2	Cía. Minera Catemu Ltda.	La Calera	Concentración de oro y cobre	303.750	6.373.050
3	Planta Proquimin	La Calera	Concentración de caolín	294.170	6.369.170
4	Soc. Minera Godoy Schwenger y Cía.	Hijuelas	Planta de chancado de carbonato de calcio blanco	299.092	6.368.492
5	Anglo American Sur S.A., División El Soldado – Mina Caquicito	Nogales	Sulfuros de cobre, rajo abierto	304.570	6.375.380
6	Anglo American Sur S.a. – División el Soldado – Planta Lixiviación y Extracción por Solventes	Nogales	Sulfuros de cobre	302.440	6.384.342
7	Anglo American Sur S.A., División El soldado – Rajo Veta Blanca	Nogales	Sulfuros de cobre, rajo abierto	302.440	6.386.500
8	Gunter Rochefort Ernst – Planta Veta del Agua	Nogales	Sulfuros de cobre, Planta de molienda	300.853	6.381.906
9	Anglo American Sur S.A., División El Soldado – Planta de Sulfuro	Nogales	Sulfuros de cobre – concentración	299.100	6.384.800
10	Ingrid Campodónico Martínez – Mina El Álamo Sur	Nogales	Óxidos de cobre – rajo abierto	297.845	6.375.016
11	Soc. Minera San José – Mina San José	Nogales	Caliza – Refinación electrolítica	296.321	6.389.000
12	Jaime Alonso Estay Valencia – Mina El Molle	Nogales	Óxidos de cobre – rajo abierto	290.885	6.382.350
13	Pinto Hermanos Ltda. – Mina Pucalán 4	Nogales	Caliza, rajo abierto	284.600	6.376.400
14	Minera Melón S.A. – Planta Chancado Ñilhue	Catemu	Carbonato de calcio blanco, molienda	323.300	6.378.450
15	Inmobiliaria e Inversiones El Cano Ltda. – Mina Cony	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	323.077	6.386.726
16	Inmobiliaria e Inversiones El Cano Ltda. – Mina La Cony	Catemu	Sulfuros y óxidos de cobre, rajo abierto	323.077	6.386.726
17	Inmobiliaria e Inversiones El Cano Ltda. – Mina Cardonal	Catemu	Sulfuros y óxidos de cobre, rajo abierto	323.077	6.386.726
18	Esteban Gómez Aguilera, Mina Chagualito	Catemu	Sulfuros de cobre, rajo abierto	323.000	6.385.800
19	Juan Schiappacase Ahumada – Planta Guayacán	Catemu	Molienda de feldespato sódico	322.270	6.373.145
20	Juan Schiappacase Ahumada – Mina Guayacán	Catemu	Feldespato sódico, rajo abierto	322.248	6.373.549
21	Irada Baeza Rivas – Mina Lucifer 10	Catemu	Sulfuros de cobre, rajo abierto	321.632	6.388.319
22	Soc. Exportadora El Escorial S.A. – Planta La Poza	Catemu	Cuarzo, molienda	321.318	6.381.253
23	Minera e Industrial Llay- Llay S.A. - Mina Jenny 1 al 20	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	317.005	6.384.449
24	Hugo Gerardo Ibarra Escudero – Mina Roger	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	316.817 316.800	6.386.393 6.386.376
25	CEMIN – Mina Uva	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	316.701	6.378.031

26	Armando Patricio Torres Briceño – Mina Jenny	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	316.676	6.384.221
27	Diego Bustamante Salinas – Mina San Diego	Catemu	Sulfuros de cobre, rajo abierto	316.308	6.383.831
28	Guido Samuel Codoceo Tapia – Mina Morterito 1 al 20	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	315.985	6.384.129
29	Manuel Fernández Olivares – Mina Punto Cuatro	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	315.878	6.383.839
30	José Iván Rojas Villarroel – Mina Marne 1/600	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	315.524	6.375.009
31	Luis Humberto Gamboa – Mina La Higuera	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	315.471	6.383.684
32	Soc. Constructora La Patagua – Planta Las Pataguas	Catemu	Óxido de cobre, lixiviación y extracción por solventes	314.873	6.382.517
33	CEMIN – Mina La Cardenilla	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	314.709	6.382.505
34	Soc. Contractual Minera Oximin – Mina El Sauce	Catemu	Sulfuros de cobre, rajo abierto	314.655	6.374.457
35	Soc. Contractual Minera Oximin – Mina Colbert	Catemu	Sulfuros de cobre, rajo abierto	314.627	6.374.457
36	Minera Alto Cordillera Ltda. – Mina Vicente Dos	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	314.248	6.375.124
37	Freddy Rivera Saavedra – Mina la Molino	Catemu	Óxidos y sulfuros de cobre, rajo abierto	313.500	6.374.500
38	Ricardo Hernán Parra Araya – Mina Boyen	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	313.366	6.382.284
39	Ricardo Felipe Parra Jamet - Mina El Boldo 1 al 20	Catemu	Óxidos de cobre, rajo abierto	312.619	6.378.635
40	Ricardo Hernán Parra Araya – Mina La Fortuna 21/31	Catemu	Sulfuros de cobre, rajo abierto	310.729	6.382.544
41	Cía. Minera Amalia Ltda. – Planta Catemu	Llay Llay	Óxidos de cobre, Lix. Y extracción por solvente	303.750	6.373.050
42	Hugo Gerardo Ibarra Escudero – Mina La Mona	Llay Llay	Cuarzo Rajo Abierto	328.328	6.358.479
43	Sociedad Minera Monte-Rey S.A. - Mina La Suerte 1-10	Llay Llay	Cobre – oro rajo abierto	326.495	6.358.325
44	Mina La vercosa	Llay Llay	Óxidos de cobre – rajo abierto	324.553	6.361.092
45	Mina David		Sulfuros de cobre – rajo abierto	324.177	6.360.085
46	Mina Mazona		Óxidos de cobre, rajo abierto	323.175	6.360.931
47	Los Loros (2)		Sulfuros de cobre, rajo abierto	323.172	6.361.470
48	Los Loros		Óxidos de cobre, rajo abierto	323.133	6.361.470
49	Las Ventanas		Sulfuros de cobre, rajo abierto	321.300	6.355.650
50	Las Varillas		Sulfuros de cobre, rajo abierto	320.894	6.355.465
51	Los Riscos de San Lorenzo		Sulfuros y óxidos de cobre, rajo abierto	320.817	6.365.325
52	Mina Mantolín		Óxidos de cobre, rajo abierto	315.498	6.357.737

Mapas con la ubicación de las fuentes emisoras y las compañías mineras del sector se muestran a continuación en la Figura 4. Se puede ver que existen muchas fuentes distribuidas por toda la región, sin embargo, sólo las fuentes que están cercanas a las estaciones o viento arriba de ellas influyen en las concentraciones medidas.

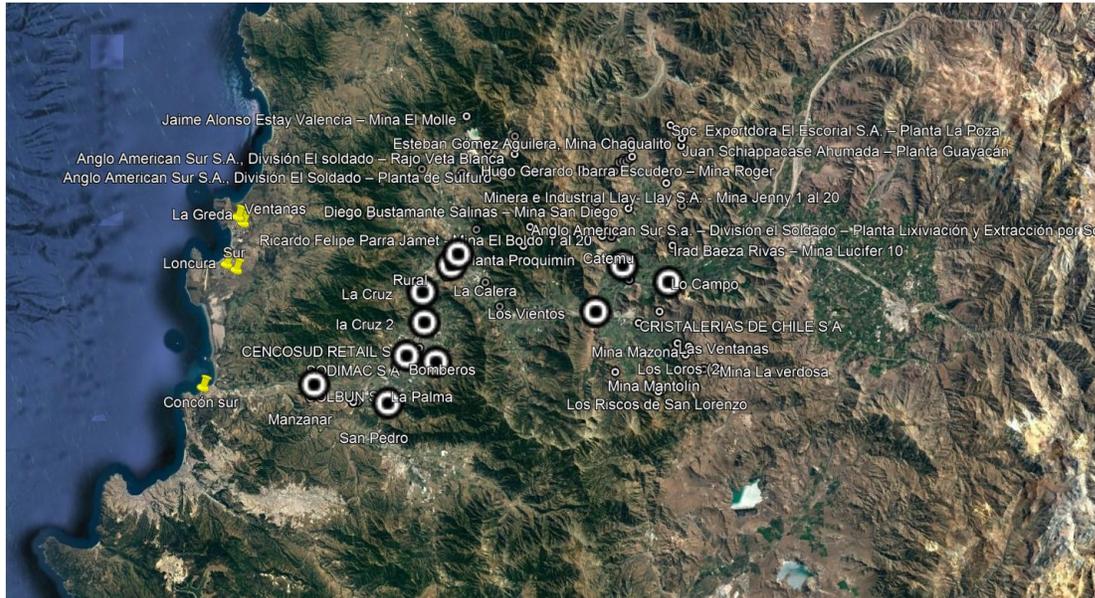


Figura 4. Mapa con las estaciones de monitoreo y las fuentes emisoras de material particulado.

3. Análisis estadístico y fenomenológico de los antecedentes

El análisis de las fuentes emisoras, que incluye su localización, compuestos emitidos, variación temporal es importante porque permite asignar responsabilidades para el MP_{10} medido en las estaciones. Por ejemplo, si el perfil temporal diario de una estación tiene un aumento de concentraciones entre las 8 y 10 de la mañana, significa que las el tráfico vehicular es responsable del aumento a esa hora. Si el aumento ocurre en la noche, durante el invierno, entonces las emisiones de quema de leña para calefacción son las responsables del aumento. El análisis de t-Student se utilizará para determinar si existe certeza estadística respecto a la superación de la norma, o sólo igualdad.

3.1 Análisis de T-Student en Catemu, La Calera y La Cruz 2.

Las pruebas estadísticas se utilizan porque los datos siempre tienen errores o variabilidad, que no permiten tener certeza del significado de una media u otro valor. Las pruebas estadísticas muestran la probabilidad de que la media u otro valor cumpla alguna condición. La prueba estadística de t-Student entrega la probabilidad de que la media sea mayor, menor o igual que otro valor. En este caso en particular, que la media trianual del MP_{10} de las estaciones, sea mayor, menor o igual a la norma de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De acuerdo al DS 107 del 27 de diciembre de 2018 el nivel de saturación es alcanzado cuando el promedio tri-anual de las concentraciones es mayor o igual a $50(\mu\text{g}/\text{m}^3)$. Por ello, se realizó un análisis de estadístico t-Student para determinar si se supera o iguala la norma con certeza estadística suficiente. El análisis se realizó con todos los datos de MP_{10} para las tres estaciones y se comparó con la norma de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 7. Análisis estadístico t-Student de mediciones de MP_{10} en Catemu para los años 2015 – 2017.

Estación	Catemu
Parámetro: MP_{10}	
Nº de muestras válidas	364
Nº de muestras faltantes	1
Hipótesis: Media es	MENOR o IGUAL QUE 50
Certeza	99%
Valor crítico	2,337
Valor prueba T	14,26
Valor P	0,0
Resultado, la hipótesis es:	Rechazada
Conclusión: La media es mayor que 50	

Los resultados del análisis t-Student para la estación de Catemu se muestran en la Tabla 7, y la conclusión es que se puede demostrar con certeza estadística del 99% que la media de los años 2015 – 2017 en Catemu es mayor que $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 8. Análisis estadístico t-Student de mediciones de MP_{10} en La Calera para los años 2015 – 2017.

Estación	La Calera
Parámetro: MP_{10}	
Nº de muestras válidas	366
Nº de muestras faltantes	0
Hipótesis: Media es	IGUAL a 50
Certeza	99%
Valor crítico	2,589
Valor prueba T	0,769
Valor P	0,443
Resultado, la hipótesis es:	Aceptada
Conclusión: La media es igual a 50	

Los resultados del análisis t-Student para la estación de La Calera se muestran en la Tabla 8, y la conclusión es que se puede demostrar con certeza estadística del 99% que la media de los años 2015 – 2017 es igual que $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esto significa que no se puede afirmar con certeza estadística que La Calera supera la norma, sino que solo alcanza el nivel de la norma.

Tabla 9. Análisis estadístico t-Student de mediciones de MP_{10} en La Cruz 2 para los años 2015 – 2017.

Estación	La Cruz 2
Parámetro: MP ₁₀	
Nº de muestras válidas	26.042
Nº de muestras faltantes	262
Hipótesis: Media es	IGUAL a 50
Certeza	99%
Valor crítico	-2,576
Valor prueba T	-1,329
Valor P	0,184
Resultado, la hipótesis es:	Aceptada
Conclusión: La media es igual a 50	

Los resultados del análisis t-Student para la estación de La Cruz 2 (Tabla 9) son similares a lo obtenido en La Calera y la conclusión es que se puede demostrar con certeza estadística del 99% que la media de los años 2015 – 2017 es igual que 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Al igual que en La Calera, no se puede afirmar con certeza estadística que La Cruz 2 supera la norma, sino que solo alcanza el nivel de la norma.

3.2 Perfil horario y mensual en la estación La Cruz 2.

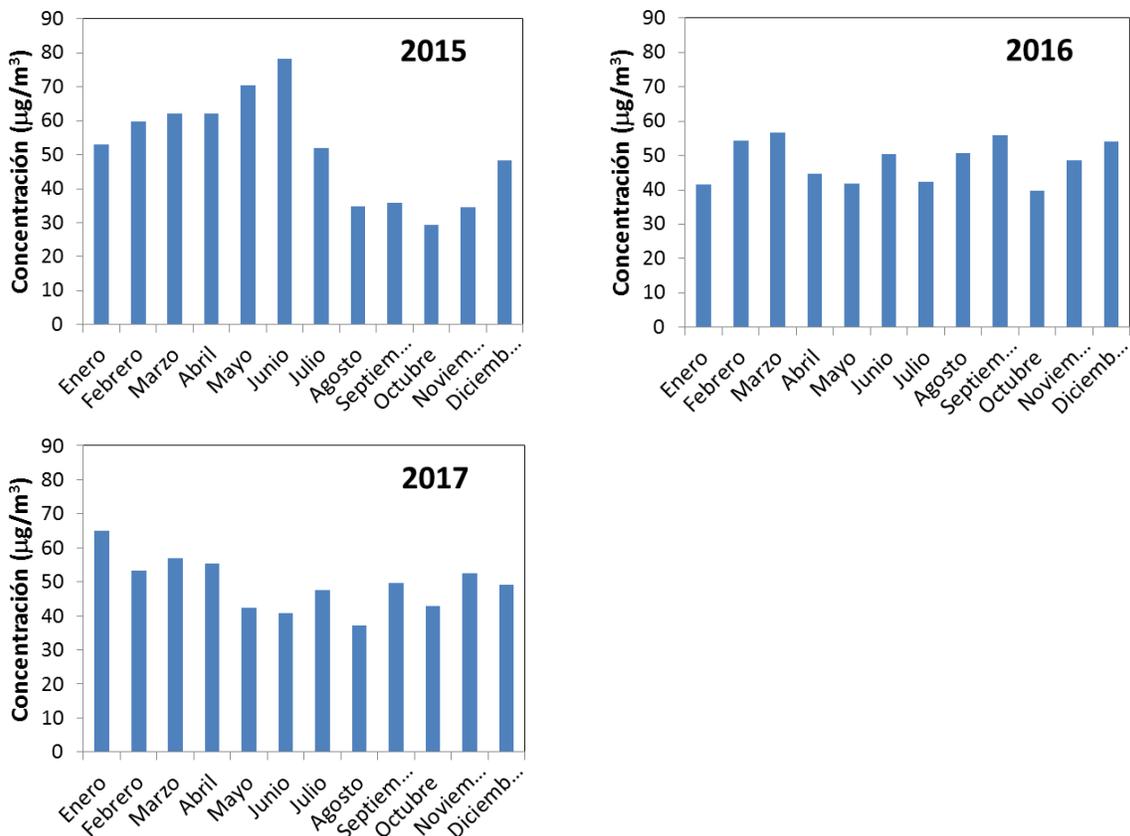


Figura 5. Promedios mensuales para la estación La Cruz 2 para los años 2015 – 2017.

La estación La Cruz 2 registró superación de la norma trianual durante los años 2015 – 2107. En particular, el año 2015 la concentración fue mayor que los años posteriores.

Para esta estación existen datos horarios de MP_{10} , ello permite calcular los perfiles diarios de contaminación. Estos perfiles son útiles para estimar las fuentes o las causas que general la contaminación.

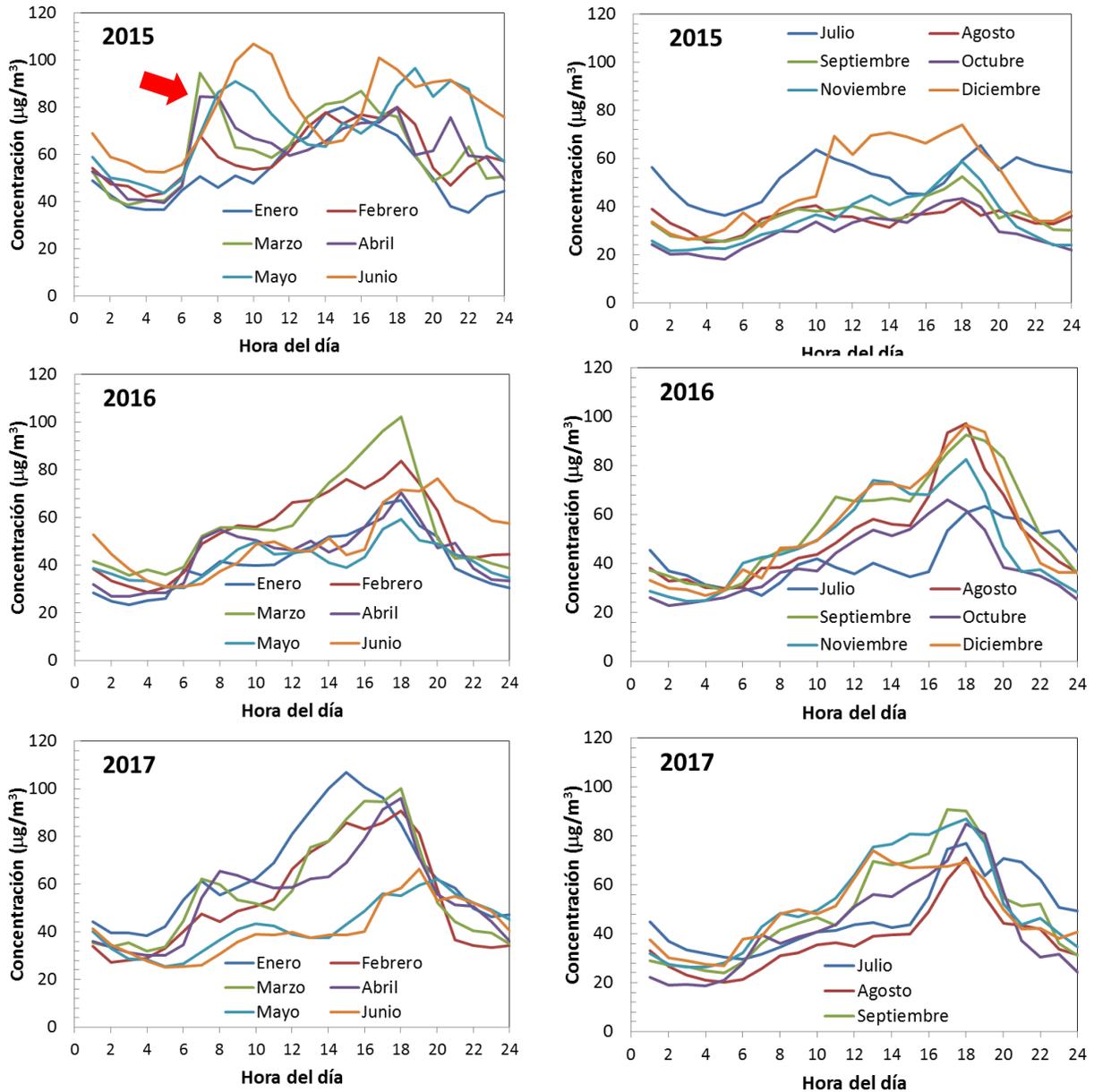


Figura 6. Perfiles diarios de MP_{10} (calculados mensualmente) para los tres años en la estación La Cruz 2.

Los perfiles anuales de MP_{10} muestran poca variación durante el año. Esto se puede entender porque el MP_{10} está compuesto principalmente de polvo resuspendido. La resuspensión es mayor en verano porque la velocidad del viento es mayor. Durante el invierno la velocidad del viento es menor y la humedad del suelo limita la resuspensión de polvo, por ello, debería haber menos MP_{10} . Sin embargo no se observa una baja

notoria probablemente porque el menor polvo resuspendido en invierno es compensado por otras fuentes que generan MP₁₀.

Por otro lado, el perfil anual del año 2015 difiere de los años 2016 y 2017. Se observa claramente que durante la primera mitad del año las concentraciones fueron más altas que durante la segunda. Esto puede ser debido a una fuente que generó MP₁₀ durante los primeros meses del año 2015 y después ya no siguió generando MP₁₀. La fuente se puede identificar a partir de los perfiles diarios de MP₁₀ que se muestran en la Figura 6. Durante los primeros 6 meses del año 2015, los niveles de MP₁₀ fueron más altos que en los meses siguientes y los demás años. Además, se observa un aumento entre las 7:00 y 11:00 de la mañana, que no se observa en los años siguientes (ver flecha roja en la figura). Este aumento es debido a tráfico vehicular, es decir durante los primeros 6 meses del año 2015 hubo un tránsito vehicular más alto que en los demás años y que probablemente es responsable de la superación de la norma ese año.

Hay que hacer notar, que la estación La Cruz 2 está ubicada en el pueblo del mismo nombre y que el entorno de la estación es similar al entorno que existe en la estación La Palma y la estación La Cruz. Pero estas últimas estaciones tienen niveles promedio de MP₁₀ que no superan ni igualan la norma. Esto significa que pueden existir fuentes en los alrededores de la estación la Cruz 2 responsables de los niveles de superación. Un inventario de emisiones que considerara todas las posibles fuentes sería importante para entender por qué existe superación de la norma. El inventario tendría que considerar fuentes areales tales como calefacción y quema de leña, fuentes difusas tales como uso de solventes, quema de residuos de cosecha, uso de maquinaria agrícola y fuentes vehiculares, ya que la estación La Cruz 2 está muy cerca de una carretera de alto flujo.

3.3 Perfil espacial y temporal en la estación La Calera

La estación La Calera, ubicada en en sector de la ciudad presenta superación de la norma. En el sector existen además otras dos estaciones de monitoreo de MP₁₀ que presentan niveles más bajos (Rural y La Cruz).

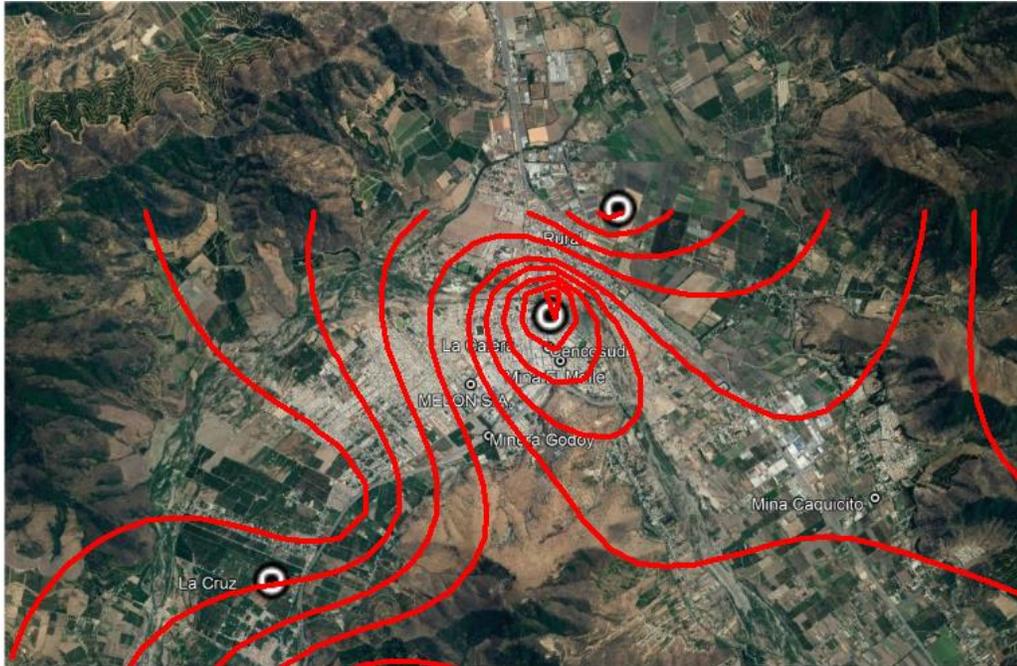


Figura 7. Mapa del sector de La Calera con las líneas de nivel de MP_{10}

Se puede ver en los niveles de MP_{10} de la Figura 7 son más altos en La Calera, ya que en La Cruz y en Rural los niveles de MP_{10} son menores. Esto se ve claramente en la Figura 8, que muestra los promedios trianuales.

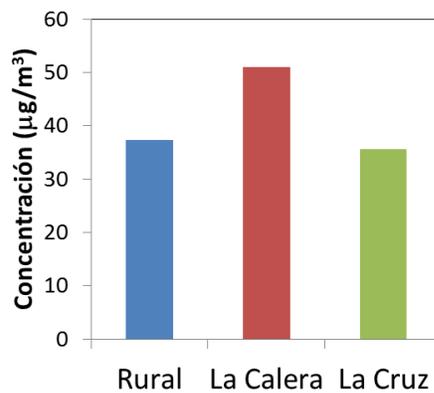


Figura 8. Promedio trianual de MP_{10} en las estaciones de Rural, La Calera y La Cruz.

La estación La Calera está dentro de la ciudad, mientras que las estaciones La Cruz y Rural están fuera de esta. Al ser los niveles del MP_{10} altos solamente dentro de la ciudad, esto indica que las fuentes dentro de la ciudad son las que generan la contaminación. Estas fuentes pueden ser vehiculares, combustión de leña, o empresas localizadas dentro de La Calera. Con los datos disponibles no es posible determinar cuáles son las fuentes que generan el MP_{10} o cuál es su importancia. Por ello, es necesario realizar una buena caracterización de las fuentes, especialmente las difusas y areales (leña, vehículos, pequeños talleres, etc.) y actualizar o mejorar el inventario de emisiones para el sector.

Se sugiere también realizar estudios de composición química de los compuestos del MP_{10} para determinar con mayor precisión las fuentes que lo generan.

Las concentraciones mensuales de MP_{10} para los años 2015 – 2017 en la estación La Calera se muestran en la Figura 9. Se puede ver que las concentraciones para los años 2016 y 2017 no varían mucho durante el año. Esto indica que las fuentes que típicamente aumentan sus emisiones en invierno (quema de biomasa) no son demasiado relevantes. El año 2015 hay un aumento en los meses de Junio – Julio. Los datos muestran que las concentraciones son probablemente generadas por fuentes que emiten en forma constante (faenas mineras, industriales o viento).

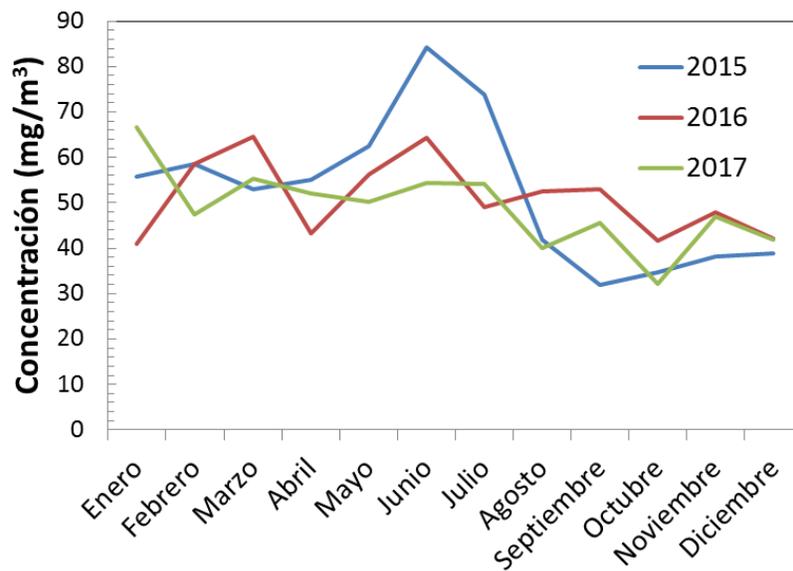


Figura 9. Concentraciones mensuales de MP_{10} para la estación La Calera.

3.4 Perfil espacial y temporal en la estación Catemu.

La estación Catemu, que presenta superación de la norma se muestra en la Figura 10. Al igual que en La Calera, los niveles más altos de MP_{10} se presentan en el pueblo de Catemu, y las estaciones cercanas, ubicadas en el lado sur: Los Vientos y Lo Campo tienen concentraciones más bajas. Por otro lado, como se ve en la Figura 10, en el sector norte de Catemu, existen varias faenas mineras que también pueden ser responsables de las altas concentraciones. Luego, en el sector de Catemu, las altas concentraciones son probablemente generadas por emisiones del pueblo, por faenas mineras en el sector norte y por la planta de Anglo American. La Figura 11 muestra las concentraciones trianuales en Catemu, Los Vientos y Lo Campo. En este caso, los altos niveles de MP_{10} en Catemu son probablemente generados por fuentes dentro del pueblo, por faenas mineras en el sector norte o por la planta de Anglo American. La Figura 10 también muestra que en el sector norte de Catemu, existen muchas faenas minera que pueden generar altos niveles de MP_{10} , sin embargo no existe ninguna estación de monitoreo

que pueda dar cuenta de estas emisiones. Sería conveniente tener más información en ese sector para determinar con mejor certeza la responsabilidad de las fuentes.

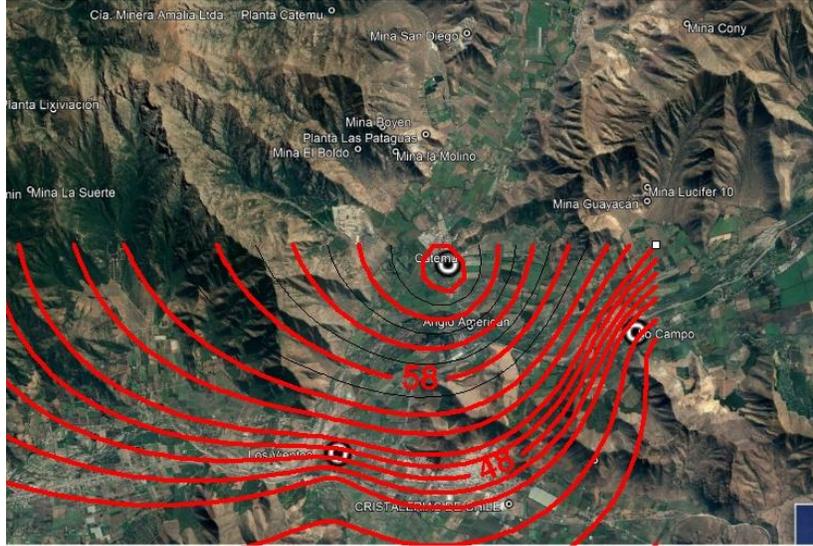


Figura 10. Mapa de la zona de Catemu con líneas de nivel de MP_{10}

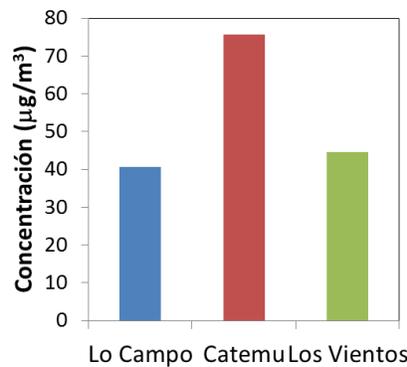


Figura 11. Promedio trianual de MP_{10} en las estaciones de Lo Campo, Catemu y Los Vientos.

Las concentraciones mensuales de MP_{10} para los años 2015 – 2017 en la estación Catemu se muestran en la Figura 12. Se puede ver que las concentraciones para los años 2016 y 2017 no varían mucho durante el año. Esto indica que las fuentes que típicamente aumentan sus emisiones en invierno (quema de biomasa) no son demasiado relevantes. Solo se observa en el año 2015 un aumento en los meses de Mayo – Julio. Los datos muestran que las concentraciones son probablemente generadas por fuentes que emiten en forma constante (faenas mineras, industriales o viento). Al igual que en La Calera, con los datos disponibles no es posible determinar cuáles son las fuentes que generan el MP_{10} o cuál es su importancia. Por ello, se sugiere realizar estudios de composición química para identificar las fuentes y la fracción de MP_{10} que generan. Además, una mejora en los inventarios de emisiones, y un contraste con las concentraciones medidas puede mejorar el conocimiento sobre la responsabilidad de las fuentes.

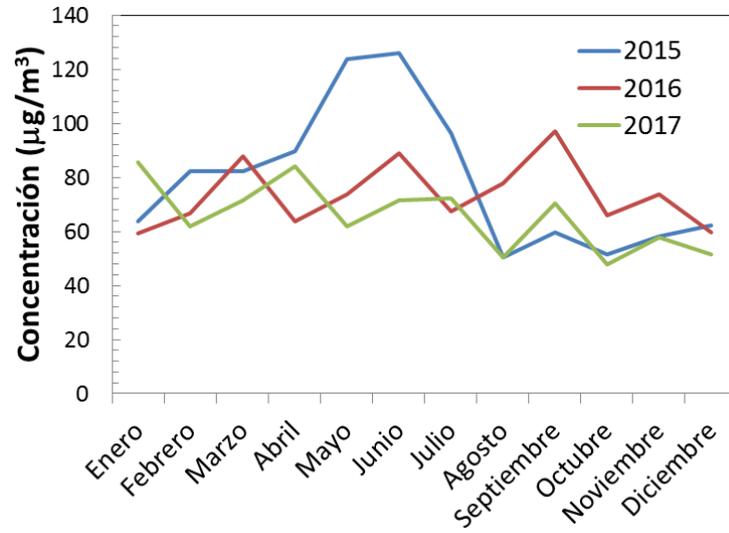


Figura 12. Concentraciones mensuales de MP_{10} para la estación Catemu

3.5 Distribución de emisiones y relación con concentraciones.

Las emisiones de contaminantes que se indican en la Tabla 5 han sido graficadas en un mapa tridimensional en la Figura 13 junto con las concentraciones trianuales medidas en las 11 estaciones de la red.

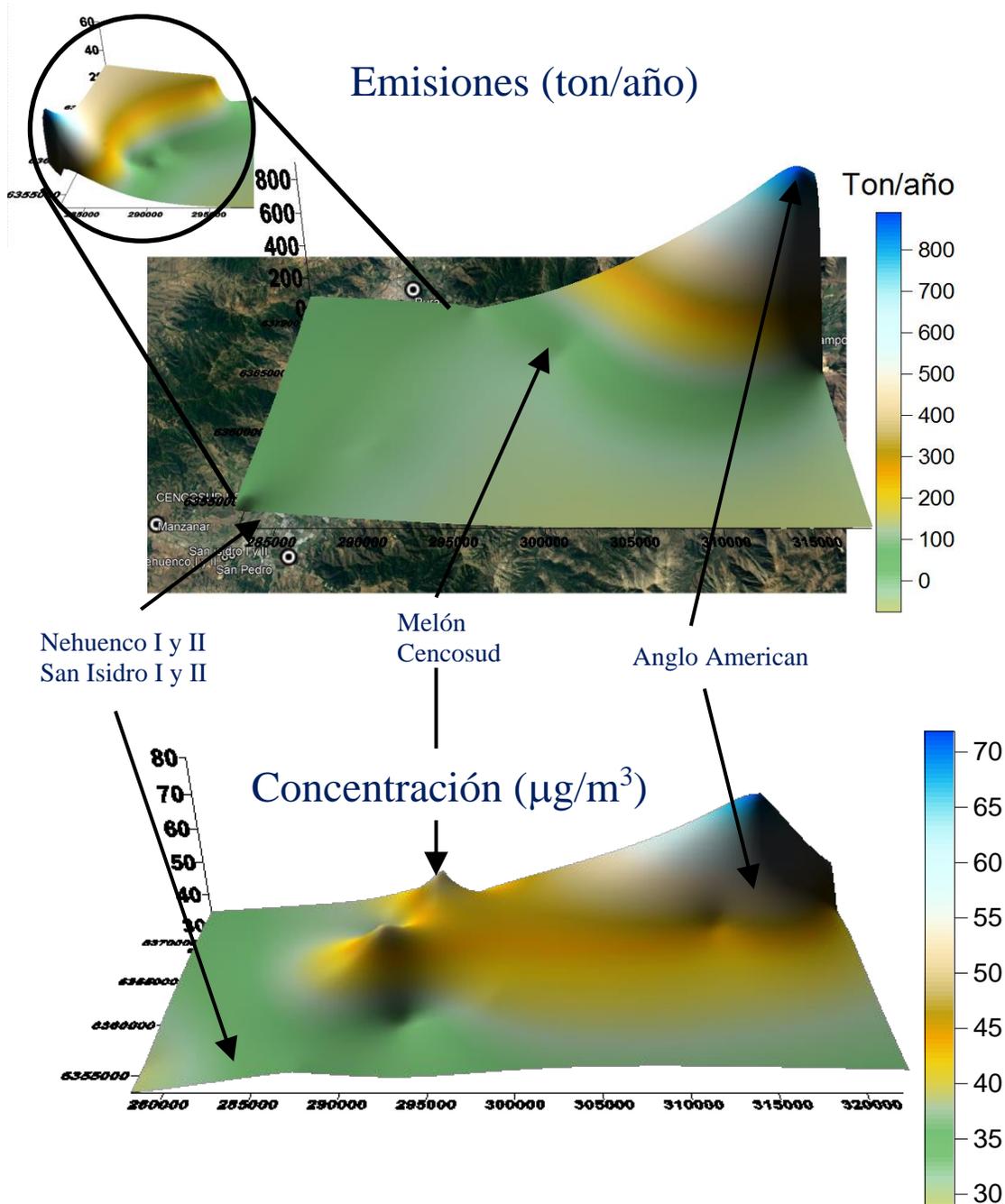


Figura 13. Relación entre emisiones de las fuentes (ton/año) y concentraciones promedio medidas en las estaciones.

La figura anterior muestra que no hay necesariamente una relación lineal entre las emisiones y las concentraciones ya que los perfiles no son iguales.

Las máximas emisiones anuales de la zona son generadas por la planta de Anglo American (que se muestra en el panel superior de la Figura 13). Sin embargo las concentraciones máximas son medidas en Catemu (panel inferior), que se encuentra 2 km al norte de Anglo American. Esto indica que tiene influencia sobre la concentración en Catemu, pero no necesariamente es la única fuente.

En el sector de La Calera, se observa un máximo en las concentraciones medidas (panel inferior), sin embargo, las emisiones de las fuentes (Melón, Cencosud) localizadas en La Calera no muestran un máximo en ese sector (las flechas en el panel superior muestran la ubicación de las fuentes). Esto indica que existen otras emisiones de MP₁₀ que influyen sobre las concentraciones.

En el sector donde están ubicadas las centrales Nehuenco I y II y San Isidro I y II (las flechas indican la ubicación de las centrales), no se observan concentraciones más altas que los sectores aledaños (panel inferior). El panel superior muestra que hay emisiones de MP₁₀ generadas por las centrales termoeléctricas, pero que no tienen influencia sobre las concentraciones medidas en el sector (panel inferior).

4. Conclusiones

- Los análisis estadísticos permiten determinar que sólo en Catemu se supera la norma anual de 50 µg/m³.
- En las estaciones de La Cruz 2 y La Calera, solamente se puede afirmar que el promedio trianual de MP₁₀ es igual a la norma. Esto es importante porque indica que con pequeños ajustes a las emisiones de las fuentes se puede salir de la condición de saturación.
- Los niveles iguales a la norma que se presentan en estación La Cruz 2, son probablemente debidos a un gran aumento en el tráfico durante la primera mitad del año 2015. Sin embargo no es claro por qué esta estación tiene niveles altos de MP₁₀ y las estaciones cercano no. Por ello, es necesario contar con un inventario con una buena caracterización de las fuentes.
- Los altos niveles de MP₁₀ en La Calera, son debidos a las fuentes locales (tráfico, calefacción o industrias) ya que en las estaciones cercanas los niveles de MP₁₀ son menores.
- En Catemu, los altos niveles de MP₁₀ pueden ser consecuencia de altas emisiones dentro del pueblo, de emisiones generadas por actividades mineras en el sector norte o la planta de Anglo American. Con la información disponible no es posible determinar la responsabilidad de las fuentes.
- Una mejora o actualización de los inventarios de emisiones puede ayudar en la determinación de las fuentes responsables de la generación de MP₁₀ en Catemu y La Calera. Es necesario especialmente caracterizar mejor las fuentes difusas y areales (leña, vehículos, pequeños talleres, etc.).

- En el sector norte de Catemu, existen muchas faenas mineras que pueden ser responsables del MP₁₀ observado en el pueblo. Sin embargo, sería importante contar con mediciones en ese sector (actualmente no existen) que indiquen la concentración de MP₁₀ y por lo tanto ayudar a determinar la responsabilidad de las fuentes.
- Un estudio de composición química de los compuestos de MP₁₀ puede también ayudar en la determinación de la responsabilidad de las fuentes.