

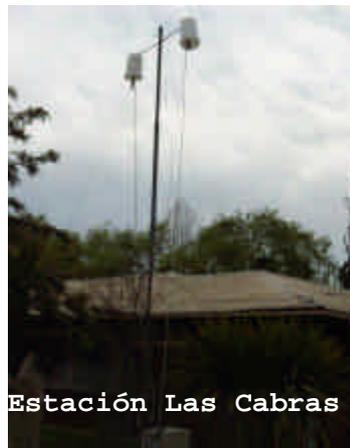


INFORME FINAL

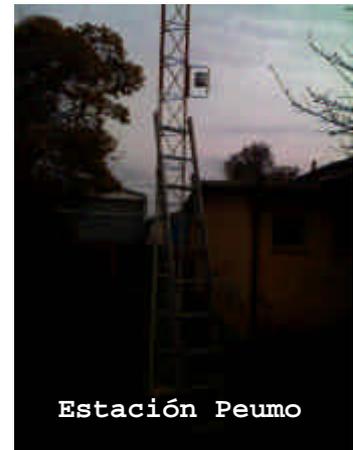
ESTUDIO: "DIAGNOSTICO CALIDAD DEL AIRE EN CINCO SECTORES DE LA REGION DEL LIBERTADOR BERNARDO O'HIGGINS"



Estación Marchigüe



Estación Las Cabras



Estación Peumo



Estación Santa Cruz



Estación San Vicente

INFOTEC-0341-03-INFINAL-CONAMA-VI-20101214

INFORME FINAL

COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGION DE O'HIGGINS CONAMA-VI REGION

CODIGO: INFOTEC-0341-03-INFINAL-AVANCE-CONAMA-VI-20101214.
AUTOR(ES): Ignacio OLAETA (IOU)-Yolanda SILVA (YSC).
REVISOR(ES): IOU.
RESPONSABLE: YSC.

1. INDICE.

	Página
1 Índice.	2
2 Introducción.	3-8
3 Objetivo del Estudio.	
3.1 Objetivo General del Estudio.	9
3.2 Objetivo Específicos del Estudio.	9
4 Plan de Trabajo y actividades realizadas Estudio.	
4.1 Etapa 1. Revisión de antecedentes existentes.	10
4.2 Etapa 2. Definición y selección de los 5 Sitios para la Medición de Material Particulado MP10 y Ozono.	11-42
4.3 Etapa 3. Programa de medición de Material Particulado MP10 y Ozono.	43-55
4.4 Etapa 4. Sistematización de información de Calidad del Aire y Meteorología.	56
4.5 Etapa 5. Preparación de las bases de datos.	56-57
5 Resultados de Mediciones Calidad del Aire 2009-2010.	58-86
6 Conclusiones y Recomendaciones.	87-90
7 Bibliografía.	90-91
8 Anexos.	91

2. INTRODUCCION.

2.1 Identificación y descripción del Estudio.

La Región de O'Higgins actualmente cuenta con un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire y Meteorología, conformado por 8 estaciones monitoras del tipo públicas y privadas las cuales es posible observar en la **Figura 1**. (Fuente: <http://sinca.conama.cl>). Los registros históricos de dichas mediciones de calidad del aire han permitido tener un diagnóstico de los niveles de contaminación atmosférica que indican que en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins presenta problemas en la calidad del aire por contaminantes atmosféricos tales como el Material Particulado Respirable (MP₁₀) y Ozono Troposférico (O₃).

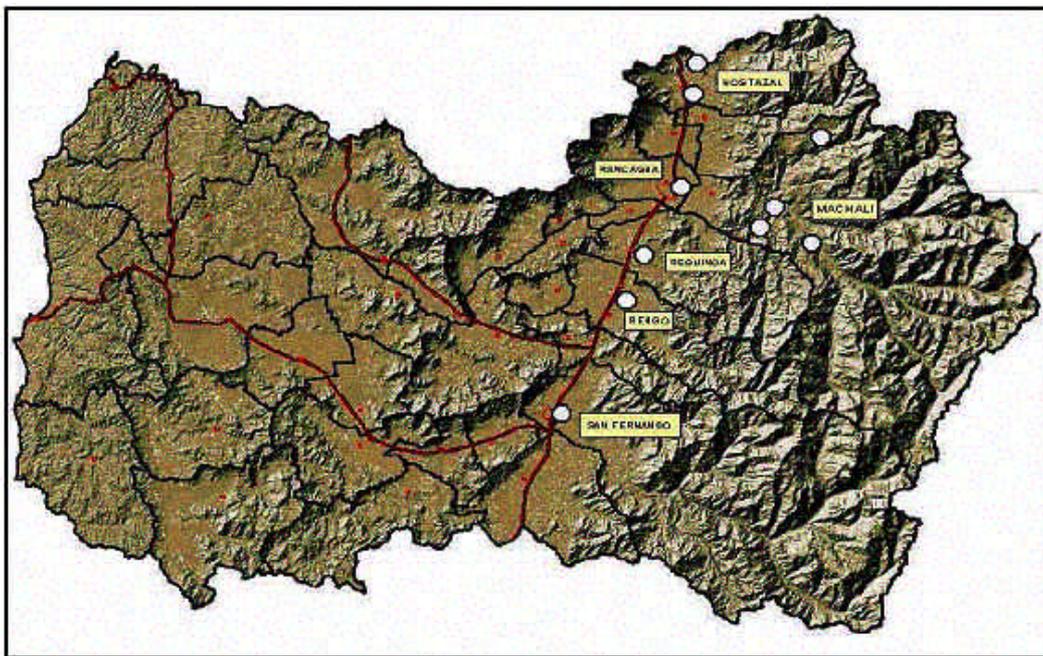


Figura 1. Red permanente Vigilancia Calidad del Aire VI región.
Fuente: CONAMA VI Región.

Los principales problemas en Región y que han sido detectados, son principalmente por el contaminante MP₁₀, el cual se presenta principalmente en los meses de invierno debido a bajas temperaturas y mala ventilación en el valle central, donde los contaminantes presentan una dispersión muy lenta. No obstante, debido a las distintas fuentes presentes en la región (como quemas agrícolas) se ha detectado además que el problema de MP₁₀ se manifiesta durante todo el año, con un incremento en los meses de invierno. Por ejemplo, se ha observado que los niveles de MP₁₀ en Santiago y Rancagua tienen un comportamiento bastante similar y esto se interpreta porque las vaguadas costeras y otras situaciones sinópticas desfavorables para la calidad del aire, afectan a todas las localidades de los valles

interiores de las regiones VI y Metropolitana de la misma forma. Ver **Figura 2**.

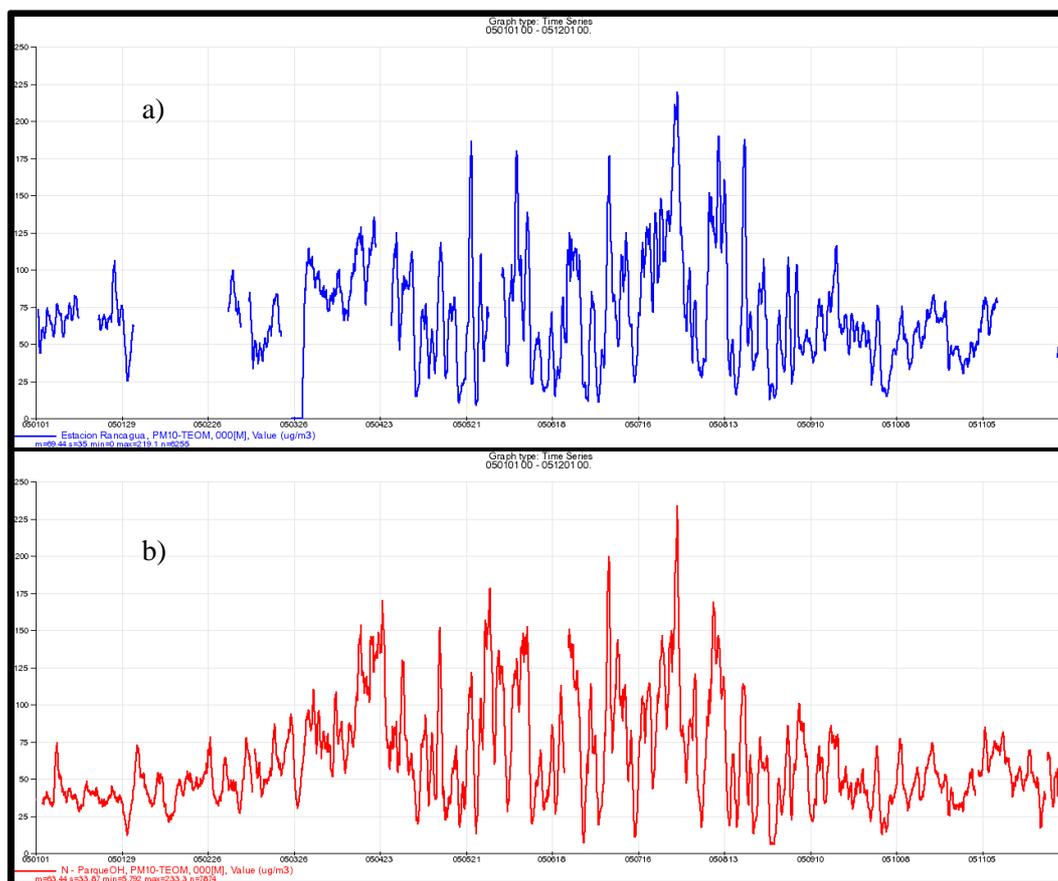


Figura 2. Promedios móviles de 24 de MP_{10} medidos con técnica TEOM en a) Estación Rancagua b) Santiago, estación Parque O'Higgins.

Otro contaminante de importancia es el Ozono, al ser un contaminante secundario de origen fotoquímico, el cual se forma por la reacción entre óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos en presencia de radiación solar, por ello principalmente en los meses de verano y primavera este se presenta concentraciones más elevadas. No obstante, basta un día soleado para que aún en invierno, ocurra este proceso de generación del ozono, a partir de los contaminantes primarios emitidos a la atmósfera.

En las comunas de Rengo y San Fernando, también registran varias superaciones del valor de la norma diaria de MP_{10} durante el año 2007, inicio de las mediciones, lo que fundamentó aún más la solicitud de declarar zona saturada para un área más amplia, que considero desde el cono norte, en San Francisco de Mostazal, hasta San Fernando y Chimbarongo por el sur, y que fue determinada a partir de una modelación de dispersión de los contaminantes realizada en el Estudio "Diagnóstico y Plan de Gestión de Calidad del Aire, VI Región", desarrollado por DICTUC. En este estudio se desarrollo un inventario de las emisiones regionales, con base en el año 2006, el que revelo que las principales fuentes contaminantes de MP_{10} a nivel regional, son las quemas agrícolas e incendios forestales y la quema de leña, según la distribución que es posible apreciar en la **Figura 3**.



Figura 3. Distribución Fuentes emisoras MP_{10} , año 2006 VI Región

El estudio señalado, entrego los resultados de estimación de emisiones a nivel comunal, a partir de lo cual fue posible pensar que podrían existir otras zonas, donde no hay vigilancia de calidad del aire, que tal vez puedan presentar altos niveles de contaminación.

En la siguiente **Figura 4**, muestra los resultados de la modelación realizadas en marco del estudio "Diagnóstico Plan de Gestión de Calidad del Aire, VI Región" (Gobierno Regional a través de un FNDR ejecutado el año 2007) , identificando las zonas que presentan mayor impacto por ozono y MP_{10} .

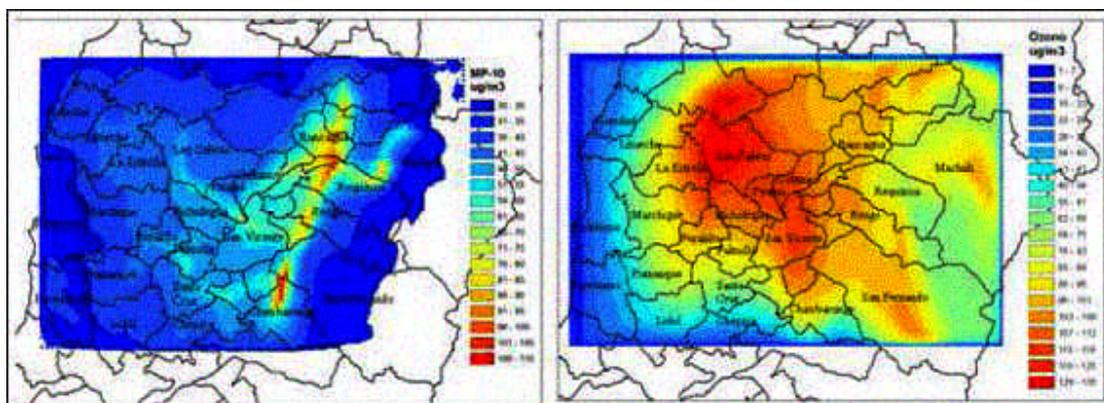


Figura 4. Máximos impactos de MP₁₀ (a) y Ozono (b) en la VI Región.

En el caso particular del Material Particulado, MP₁₀, el estudio señaló que el mayor impacto por este contaminante se daba en el valle central de la región. Considerando que la norma de MP₁₀ es de carácter primario, es decir su objetivo es proteger la salud de la población, es que resulta de interés vigilar aquellas comunas con mayor población expuesta, que presenten altos niveles de concentración por MP₁₀.

En todo caso hay que destacar que dicho Estudio se apoyó en un número limitado de sitios de medición de MP₁₀, concentrados en Rancagua y San Fernando en el valle, y en la división El Teniente de CODELCO en la precordillera (MP₁₀ y SO₂).

Según la modelación realizada los valores más altos de concentración de Ozono se encuentran en el oeste de la región, en el secano, y corresponde básicamente a zonas agrícolas, fuera de las zonas urbanas relevantes. En esas zonas, actualmente no existe monitoreo de la calidad del aire para ozono que ratifique los resultados de la modelación, que corresponden a valores altos de ozono.

Al respecto es relevante mencionar que el ozono es un contaminante que afecta significativamente el rendimiento de las cosechas de diversos cultivos, por lo que el conocimiento más detallado de los niveles de este contaminante en las zonas agrícolas de la VI Región es altamente deseable.

La evolución de las concentraciones ambientales que exhibieron las estaciones de monitoreo mostraron que el contaminante MP₁₀, en el valle central de la región, está presentando concentraciones tales, que la Dirección Ejecutiva de CONAMA dio inicio al proceso de declaración de Zona Saturada por este contaminante, con fecha 27 de Marzo del año 2009, fue publicado en el diario oficial el D.S 7/2009 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia (MINSEGPRES), la cual declara "Zona saturada por Material Particulado Respirable, en sus niveles diarios y anual para el valle Central de la Región de O'Higgins".

Conocido es el efecto MP_{10} y Ozono en la salud humana, por lo que una exposición prolongada a estos agentes afecta la calidad de vida de las personas. Como las condiciones de ventilación y variables meteorológicas son diferentes entre el valle central y el resto de la región se hace necesario explorar la calidad del aire en zonas que pudiesen estar siendo expuestas a altas concentraciones de Ozono y/o MP_{10} , pues se sabe que ambos contaminantes pueden cubrir extensas áreas.

En este sentido es que se planteo realizar esta consultoría para contar con un diagnóstico exploratorio de calidad del aire que permita determinar la condición atmosférica en áreas de la región que actualmente no cuentan con información.

2.2 LOCALIZACION GEOGRÁFICA Y COBERTURA DEL ESTUDIO.

El estudio fue desarrollado en la VI Región, donde se definieron sitios para monitorear la calidad del aire en 5 sectores de la Región de O'Higgins. Las áreas donde se ubicarán los puntos de monitoreo fueron seleccionadas en base a una serie de criterios, entre los que se consideró el resultado de la modelación desarrollado por DICTUC, la distribución de fuentes de emisiones, criterios de principales centros poblados expuestos a posibles niveles de riesgo para la salud y sectores de actividad agrícola, una de las principales fuentes de emisiones, por quemas e incendios forestales.

Considerando el máximo impacto por MP_{10} , las comunas consideradas para realizar el monitoreo de este contaminante fueron: Santa Cruz y San Vicente de Tagua Tagua.

Considerando el máximo impacto por ozono, las comunas consideradas para conocer las concentraciones de este contaminante a través del monitoreo, correspondieron a comunas del secano interior y algunas comunas del valle inferior del Cachapoal.

Los sectores seleccionado para realizar esta campaña de medición fueron los siguiente; Ver **Figura 5**.

1. Santa Cruz
2. San Vicente de Tagua Tagua.
3. Un punto por definir, ubicado en la zona comprendida por las comunas de Peumo y Coltauco.
4. Un punto por definir, ubicado en la zona comprendida por las comunas de Las Cabras y Pichidegua.
5. Un punto por definir, ubicado en la zona comprendida por las comunas La Estrella, Litueche y Marchigüe. (secano interior).

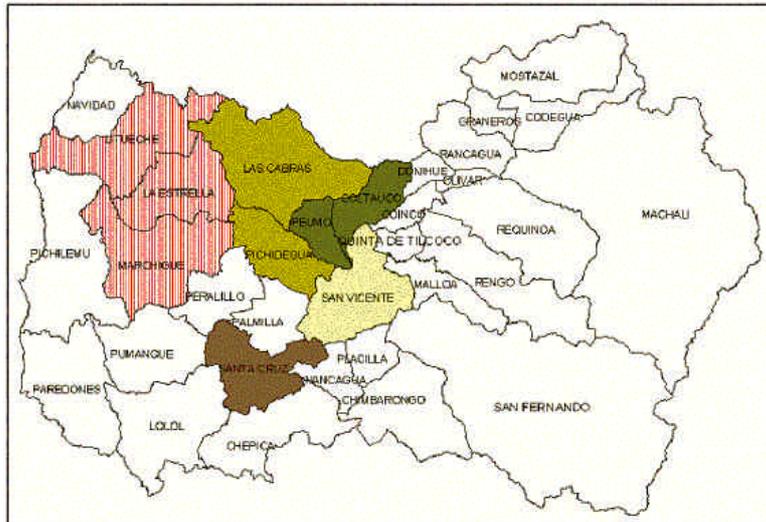


Figura 5. Sectores donde se llevarán a cabo las mediciones.

Considerando que San Vicente y Santa Cruz no corresponden a las comunas con máximo impacto por ozono, y que el monitoreo será de carácter referencial, solo se llevo a cabo la medición de O_3 en estos puntos en primavera-verano, que es cuando se alcanzarían las máximas concentraciones. En los otros tres sectores el monitoreo se realizó durante todo el año para incluir en el diagnóstico la variabilidad temporal del contaminante. En el caso del material particulado, MP_{10} los máximos de concentración se presentan en invierno, por lo que las mediciones de MP_{10} se realizaron por un periodo anual.

La **Tabla 1**, muestra un resumen de los periodos de medición planificado en los sectores seleccionado en el Estudio Diagnóstico Calidad del Aire 5 comunas de la Región de O'Higgins.

Comuna	Medición Ozono	Medición de PM_{10}
San Vicente de Tagua Tagua	Primavera-Verano	Todo el año
Santa Cruz	Primavera-Verano	Todo el año
Punto por definir entre Peumo y Coltauco	Todo el año	Todo el año
Punto por definir entre Las Cabras y Pichidegua	Todo el año	Todo el año
Punto por definir entre La Estrella, Litueche y Marchigue	Todo el año	Todo el año

Tabla 1. Resumen periodos de medición planificados en el Estudio Diagnóstico Calidad del Aire 5 Comunas de la Región de O'Higgins.

3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

3.1 OBJETIVO GENERAL.

- Diagnosticar la calidad del aire en 5 Sectores de la Región de O'Higgins, de manera que los resultados obtenidos permitan tomar decisiones respecto de la gestión de calidad del aire.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Desarrollar un plan de trabajo para la definición de los puntos de monitoreo.
- Determinar la concentración de los contaminantes estudiados y analizar los niveles de contaminantes encontrados en relación a las fuentes y procesos presentes en cada área.
- Proponer posibles ubicaciones de estaciones permanentes de monitoreo de calidad del aire, según los resultados del diagnóstico de calidad del aire.
- Difundir el tema de la Gestión de Calidad, dando a conocer el Estudio, sus alcances y resultados.

4. PLAN DE TRABAJO Y ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL ESTUDIO.

4.1 Etapa 1. Revisión de antecedentes existentes.

En esta Etapa fue sistematizada la información existente de Calidad del Aire y de Meteorología estaciones SIVICA, correspondiente al año 2009 y la disponible entregada por CONAMA VI, Enero hasta abril año 2010. Por otro lado en los Sitios donde fueron emplazados los muestreadores de MP₁₀ y Tubos Pasivos de Ozono, se trabajo con información de las Estaciones Meteorológicas agroclimáticas disponibles, periodo de Septiembre 2009 a Agosto 2010, la cual fue utilizada como entrada para realizar los cálculos de concentraciones de material particulado. Esta información fue obtenida mensualmente en el Sitio Web <http://www.agroclima.cl>. Solamente, a partir de la segunda semana de Septiembre 2009, en la Comuna de Peumo no fue posible disponer de esta información, reportando en el portal una falla técnica, lo cual se mantuvo hasta Agosto 2010. Por tener un comportamiento similar a la Estación de la Comuna de Las Cabras, los datos fueron corregidos utilizando la información de dicha comuna.

La **Tabla 2**, muestra aquellas estaciones agro-meteorológicas cuya información estaba más cercana a los sitios donde se realizaron las mediciones para esta campaña de monitoreo. Las coordenadas geográficas de estas estaciones son las siguientes:

Estación	Latitud	Longitud
Las Cabras	34° 17' 53.09"	71° 19' 25.68"
Nancagua (Comuna cercana a Santa Cruz)	34° 38' 57.2"	71° 11' 42.4"
Peralillo (Comuna cercana a Marchihue)	34° 29' 44.5"	70° 19' 56.1"
Peumo	34° 21' 55.6"	71° 11' 48.0"
Pichidegua	34° 21' 34"	71° 17' 59"
San Vicente Tagua-Tagua	34° 26' 0"	71° 04' 00"

Tabla 2. Ubicación de las estaciones agro-meteorológicas de referencia.

Las planillas con información meteorológica que fue utilizada y obtenida de la pagina web antes indicada, será incorporada en el CD entregado como parte integrante del Informe Final.

4.2 Etapa 2. Definición y Selección de los 6 Sitios para la medición de Material particulado MP₁₀ y Ozono.

4.2.1 Uso de la información satelital como apoyo a la selección de sitios.

Como uno de los antecedentes considerados para la selección de sitios (comunas) específicos a aparte de las solicitadas por CONAMA VI Región (San Vicente y Santa Cruz), fue analizar la información satelital disponible para aerosoles finos en la VI Región. Esta información consiste en la columna total de aerosoles en la atmósfera, medida a través del instrumento MODIS, a bordo del satélite Terra de la NASA. La obtención de esta información se describe a continuación.

"El instrumento MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) es uno de los sensores del sistema NASA de observación de la tierra (EOS, *Earth Observing System*), y que monitorea propiedades de nubes, aerosoles, temperaturas, etc. a escala global.

En el caso de los aerosoles, el instrumento observa la reflectancia de la luz solar que incide sobre la superficie terrestre y que alcanza el tope de la atmósfera, llegando a esa zona después de haber sido atenuada y dispersada por la columna de aerosoles y por el resto de los gases atmosféricos presentes (ver siguiente **Figura 6**). Esa reflectancia es medida a diversas longitudes de onda, de manera de usar esa información para inferir la distribución del tamaño de los aerosoles y la distribución de los tipos de aerosoles sobre los continentes y océanos (MODIS Atmosphere, 2008).

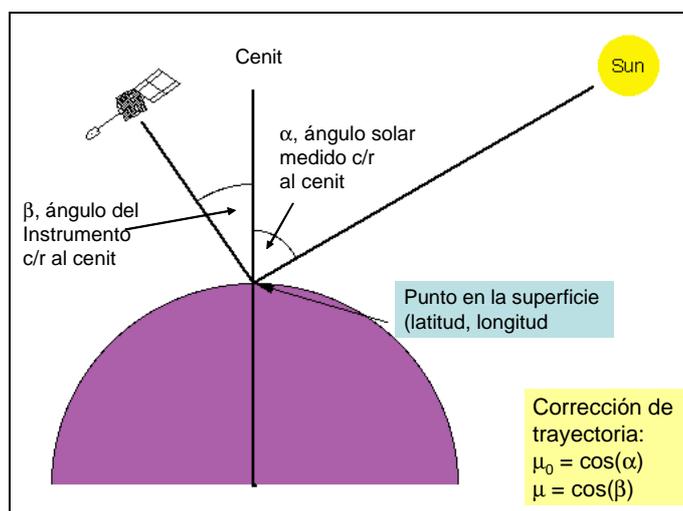


Figura 6. Esquema de operación de MODIS para medir reflectancias.

MODIS estima el espesor óptico de la columna de aerosol (AOT, *Aerosol Optical Thickness*). Esta cantidad corresponde a una medida de la atenuación y dispersión de la luz causada por la presencia de partículas finas de aerosol en toda la columna vertical desde el suelo hasta la ubicación del sensor en el satélite (ver figura anterior); la atenuación causada por los aerosoles es la suma de contribuciones de absorción y dispersión de luz, que se expresa en función del coeficiente de extinción, por lo que el AOT queda definido por la expresión:

$$t = AOT = \int_{z=0}^{z=\infty} \left\{ \int_0^{R_{\max}} C_{\text{ext}}(r, m) n(r, z) dr \right\} dz$$

Donde m es el índice de refracción de las partículas, $n(r, z)$ su distribución de tamaños y C_{ext} es el coeficiente de extinción, una función conocida de r y m .

Si bien es cierto no hay una relación exacta entre AOT y el valor de la concentración de aerosoles finos cerca del suelo (donde se monitorea en las redes de calidad del aire), se puede asumir que a mayores niveles de AOT, mayores serán los respectivos niveles de $MP_{2.5}$ y, por lo tanto, las fuentes que emiten o producen $MP_{2.5}$ serán más relevantes en una zona dada.

Las siguientes figuras muestran las medianas (percentil 50) de los valores de AOT a nivel comunal en la VI Región, para los años 2006, 2007 y 2008, respectivamente. La escala de colores es la misma en las tres figuras, de manera de establecer comparaciones cualitativas y cuantitativas.

Se aprecia que hay un claro gradiente espacial de valores de AOT con aumento progresivo de los valores hacia el oriente de la Región. Los máximos valores aparecen en las comunas de Machalí, seguida de San Francisco de Mostazal, Codegua, Rancagua, Rengo y San Fernando. Las comunas costeras o del secano costero muestran valores de AOT mucho más bajos que los medidos en Machalí, hasta cuatro veces menores.

Además al analizarse los últimos tres años completos disponibles (2006-2008), se aprecia un incremento de las comunas con valores medios de AOT entre 0.040 y 0.080.

Es importante recalcar que las mediciones satelitales corresponden a datos tomados a una misma hora del día (10:30 am aproximadamente), por lo que reflejan la distribución espacial del $MP_{2.5}$ a esa hora del día.

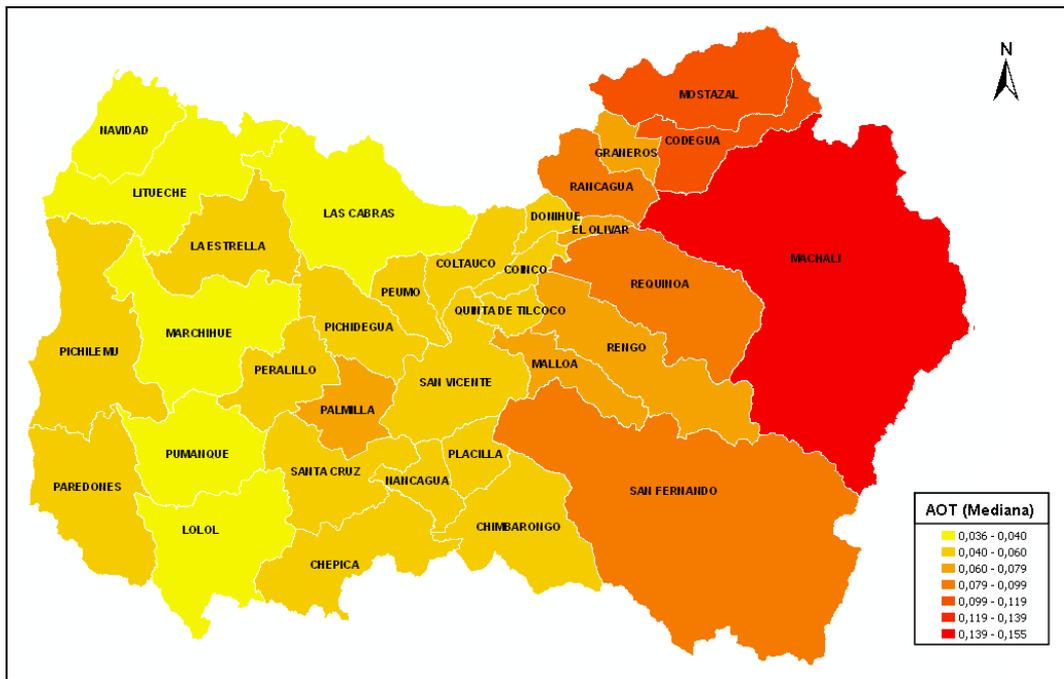


Figura 7. Valores del percentil 50 del AOT comunal, VI Región, año 2006. Fuente: MODIS (NASA, EEUU).

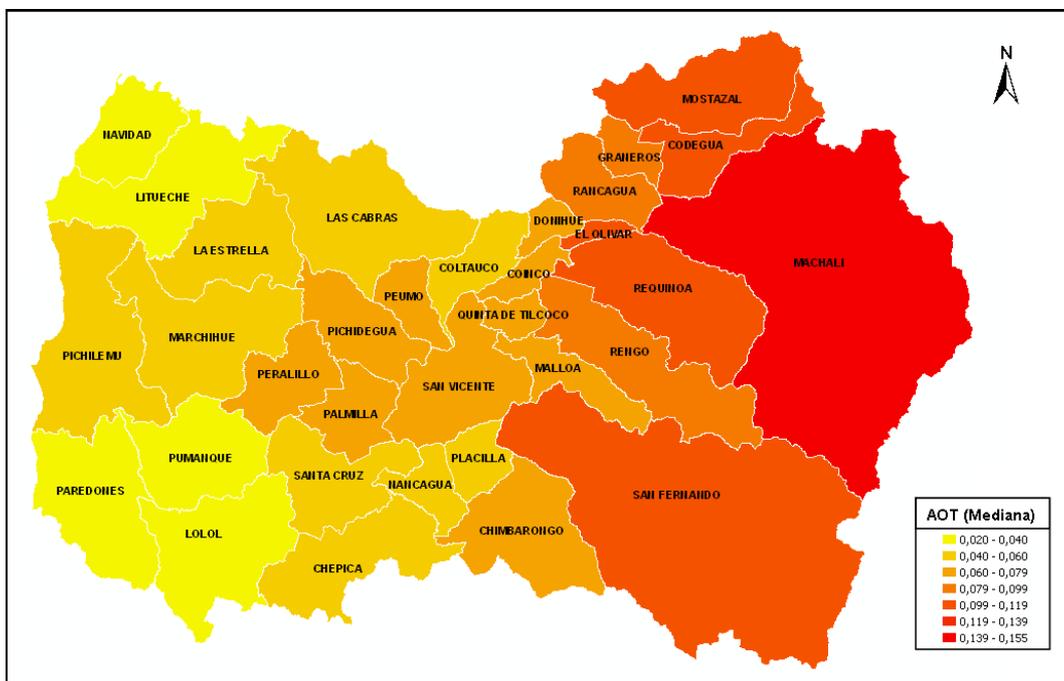


Figura 8. Valores del percentil 50 del AOT comunal, VI Región, año 2007. Fuente: MODIS (NASA, EEUU).

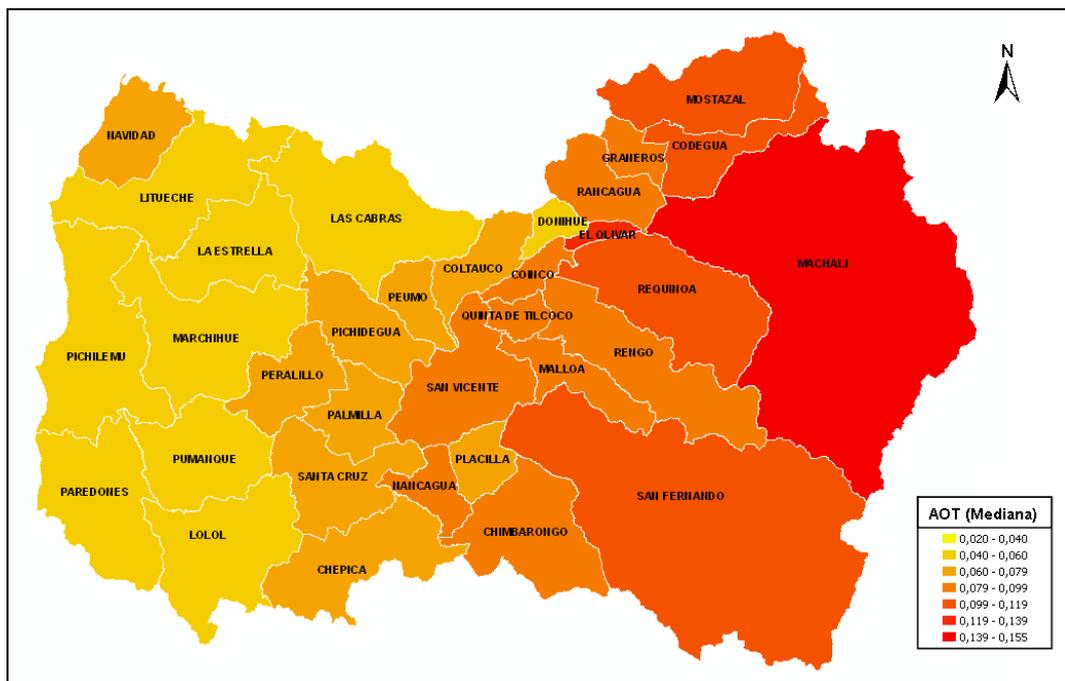


Figura 9. Valores del percentil 50 del AOT comunal, VI Región, año 2008. Fuente: MODIS (NASA, EEUU).

Con respecto a la información satelital, la medición más asociada a la cantidad de $MP_{2.5}$ presente en la atmósfera es el AOT (espesor óptico de aerosoles). En la siguiente Tabla se muestran los percentiles 50 de esos valores (o medianas de los datos), ya que los datos presentan histogramas que no son normales, con cola a la derecha.

CODIGO	MUNICIPIO	AOT
6101	RANCAGUA	0.100
6102	CODEGUA	0.128
6103	COINCO	0.090
6104	COLTAUCO	0.058
6105	DOÑIHUE	0.062
6106	GRANEROS	0.093
6107	LAS CABRAS	0.050
6108	MACHALÍ	0.172
6109	MALLOA	0.081
6110	MOSTAZAL	0.119
6111	OLIVAR	0.120
6112	PEUMO	0.065
6113	PICHIDEGUA	0.072
6114	QUINTA DE TILCOCO	0.085
6115	RENGO	0.096
6116	REQUINOA	0.117
6117	SAN VICENTE	0.073
6201	PICHILEMU	0.049
6202	LA ESTRELLA	0.057
6203	LITUECHE	0.047
6204	MARCHIHUE	0.049
6205	NAVIDAD	0.048
6206	PAREDONES	0.045
6301	SAN FERNANDO	0.112
6302	CHÉPICA	0.065
6303	CHIMBARONGO	0.081
6304	LOLOL	0.040
6305	NANCAGUA	0.073
6306	PALMILLA	0.073
6307	PERALILLO	0.068
6308	PLACILLA	0.071
6309	PUMANQUE	0.041
6310	SANTA CRUZ	0.065

Tabla 3. Valores de AOT a escala comunal, periodo 2001-2008, comunas VI Región.

En el caso del ozono, se mide la columna total de ozono, pero esta cantidad está dominada por la cantidad de ozono en la estratósfera, por lo cual no nos sirve para discriminar entre distintos valores superficiales del ozono.

La **Tabla 4**, muestra las concentraciones modeladas para cada comuna según contaminante MP₁₀ y O₃.

CODIGO	MUNICIPIO	MP ₁₀ anual [ug/m ³]	Ozono Máximo [ug/m ³]
6101	RANCAGUA	67	97
6102	CODEGUA	40	82
6103	COINCO	60	103
6104	COLTAUCO	50	110
6105	DOÑIHUE	62	100
6106	GRANEROS	65	98
6107	LAS CABRAS	43	121
6108	MACHALÍ	33	76
6109	MALLOA	66	101
6110	MOSTAZAL	40	92
6111	OLIVAR	82	97
6112	PEUMO	50	114
6113	PICHIDEGUA	47	109
6114	QUINTA DE TILCOCO	56	106
6115	RENGO	43	91
6116	REQUINOA	48	81
6117	SAN VICENTE	52	108
6201	PICHILEMU	33	33
6202	LA ESTRELLA	42	98
6203	LITUECHE	39	64
6204	MARCHIHUE	39	80
6205	NAVIDAD	38	36
6206	PAREDONES	34	28
6301	SAN FERNANDO	33	83
6302	CHÉPICA	41	41
6303	CHIMBARONGO	49	76
6304	LOLOL	36	46
6305	NANCAGUA	50	83
6306	PALMILLA	48	90
6307	PERALILLO	45	98
6308	PLACILLA	52	105
6309	PUMANQUE	38	66
6310	SANTA CRUZ	45	71

Tabla 4. Promedio anual del MP₁₀ y valor máximo del ozono a nivel comunal, valores modelados.

Analizando la Tabla presentada anteriormente se obtuvo lo siguiente relacionado con la selección de las comunas por sector;

- **Sector 1. Litueche, La Estrella y Marchigüe.**

La Estrella presenta valores modelados ligeramente mas altos de MP_{10} con respecto a Litueche y Marchigüe y de AOT. Los valores modelados de Ozono son más altos en La Estrella (98 [ug/m³N]) y Marchigüe (90 [ug/m³N]). Si bien las comuna de La Estrella y Marchigüe presento impactos similares por fuentes de $MP_{2.5}$, fue seleccionada la comuna de Marchigüe para realizar mediciones de MP_{10} y Ozono por un periodo de 1 año, por cumplir de mejor forma con los criterios de EMRPP y a petición de la contraparte técnica, fue instalado un muestreador pasivo por un periodo de 5 meses en la comuna de La Estrella.

- **Sector 2. Pichidegua y Las Cabras.**

Pichidegua tiene un mayor AOT (0.072) con respecto a Las Cabras (0.052) y ligeramente mayor MP_{10} modelado de 47 [ug/m³N] v/s Las Cabras con un 43 [ug/m³N]. Si bien ésta última presento mayores impactos por fuentes de $MP_{2.5}$, por no encontrar un sitio que cumpliera con los criterios de EMRPP, fue seleccionada la comuna de Las Cabras para realizar mediciones de MP_{10} y Ozono por un periodo de 1 año.

- **Sector 3. Peumo y Coltauco.**

Los valores modelados son similares, pero el AOT es mayor en Peumo (0.065) que Coltauco (0.058). Por lo tanto la comuna de Peumo fue seleccionada para realizar mediciones de MP_{10} y Ozono por un periodo de 1 año.

Los datos de AOT, gracias a su alta resolución espacial (~ 1-2 km) nos permiten comparar comunas y decidir en cuál de ellas hay más $MP_{2.5}$ (porque el valor medio del AOT es mayor). Como el $MP_{2.5}$ es prácticamente un 80-90% antropogénico, esto nos permite estimar las zonas hay más impactos en la calidad del aire, incluyendo el MP_{10} . Con este antecedente se procedió entonces a escoger las comunas donde se midió. Respecto a la data de AOT, se ha incluido hasta el año 2009 completo en las gráficas.

Posteriormente, los criterios específicos de emplazamiento (¡y muy locales!) de los monitores de MP_{10} (ubicación de la toma de muestra y representatividad poblacional) se han desarrollado en las descripciones de cada uno de los 5 sitios donde se midió este contaminante, en una etapa posterior a la selección de la comuna.

En resumen, los valores medios de AOT de MODIS se emplearon para seleccionar las comunas más factibles de presentar los mayores impactos por $MP_{2.5}$ (y, por ende, por MP_{10}). Luego se aplican los criterios específicos para la selección de los sitios al interior de cada comuna.

La **Tabla 5**, muestra en forma resumida las comunas finalmente seleccionadas y lugares específicos para la medición de MP₁₀ y Ozono. Por acuerdo con la Contraparte Técnica fue incluido el monitoreo de ozono en la Comuna de La Estrella. El Lugar propuesto corresponde al Estadio de La Estrella, siendo el Programa de muestreo 2 meses verano (Enero a Febrero 2010) y 3 meses período de invierno (Junio a Agosto 2010).

Sector	Comuna	Lugar Seleccionado/Contaminante medido MP ₁₀ y Ozono
1	Marchigüe	Hospital Marchigüe.
2	Las Cabras	Colegio Mistral.
3	Peumo	Biblioteca Pública.
4	Santa Cruz	Consultorio Municipal.
5	San Vicente	Hospital.
6	La Estrella	Estadio Municipal. (a partir del 04 Enero 2010 solo Ozono)

Tabla 5. Comunas seleccionadas donde fueron instalados el Equipo de MP₁₀ y Tubo pasivos Ozono.

La instalación del monitor y tubo pasivo de Ozono en la Comuna de Las Cabras, Sitio Colegio Mistral fue en un principio de carácter preliminar, siendo posteriormente visitado en conjunto con profesional de CONAMA VI Región, y validado posteriormente por la contraparte técnica, quien finalmente aprobó este sitio al igual que el resto de los lugares donde fue realizada la medición de MP₁₀ y Ozono.

Las Fechas de inicio y Fin de las mediciones por contaminante realizadas en este estudio es posible observarlas en la **Tabla 6**;

Sector	Comuna	MP ₁₀		Tubo Pasivo Ozono	
		Inicio 2009	Fin 2010	Inicio 2009/2010	Fin 2010
1	Marchigüe	01-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
2	Las Cabras	10-Sep	27-Ago	14-Sep	01-Sep
3	Peumo	05-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
4	San Vicente	01-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
5	Santa Cruz	01-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
6	La Estrella	No Aplica.	No aplica.	04-Ene 31-May	03-Mar 01-Sep

Tabla 6. Resumen de Inicio y Fin de las Mediciones por comuna y Tipo de Contaminante.

En las siguientes Tablas, son descritos los sitios donde fueron instalados los equipos para la medición de Material Particulado MP₁₀ y Tubos pasivos por comuna.

Sector 1. Marchigüe

La **Tabla 7**, muestra el Sitio seleccionado, Hospital de Marchigüe.

MATE-0204-03-FICHA-TECNICA-CONAMA-VI-20091221

1 1.1 Comuna:	Marchigüe	1.2 N° Habitantes 7.579 (1)	1.3 H. Rural: 4.597 61%	1.4 H. Urbano: 2.982 H. 39%
2 2.1 Actividad Económica	Viñas y Aserraderos			
3 3.1 Tipo de Fuentes:	3.1.1 Móviles a) Mediano a Bajo flujo vehicular.	3.1.2 Puntuales. a) Panaderías. b) Cocinas y chimeneas domiciliarias utilizando leña.	3.1.3 Difusas a) Resuspensión por levantamiento por calles sin pavimentar. b) Impacto posible por quemas agrícolas	
4 4.1 Tipo Medición:	MP10 y Ozono	4.2 Periodo:	12 meses.	
5 5.1 Sitio Seleccionado:	Hospital de Marchigüe (HOSP-MA)	5.2 Criterio EMRPP	Si Cumple	5.3 Observaciones a) Sector amplio sin construcciones en altura. b) Sector ubicado al centro del pueblo. c) Presenta piso de tierra, posible resuspensión del Material particulado
6 6.1 Objetivo Medición:	Diagnosticar los niveles de MP10 y Ozono que están sometidos los habitantes en zonas urbanas.			

(1): Fuente <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Tabla 7. Ficha Técnica descripción del Sitio Zona Urbana de Marchigüe. Hospital de Marchigüe.

La **Figura 10**, muestra el mapa general de la Comuna de Marchigüe, donde muestra en sitio seleccionado Hospital de Marchigüe (HOSP-MA).

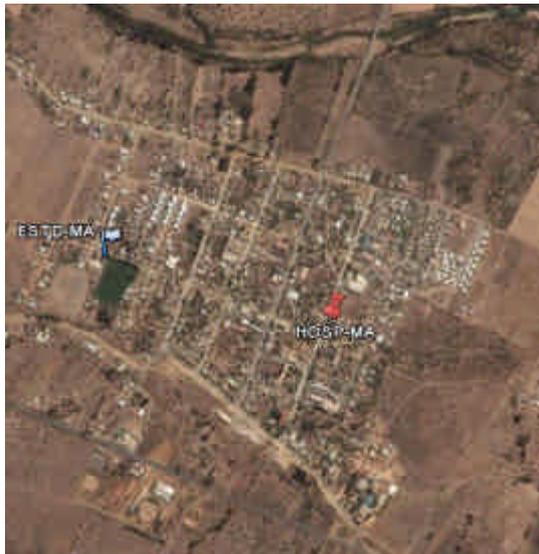


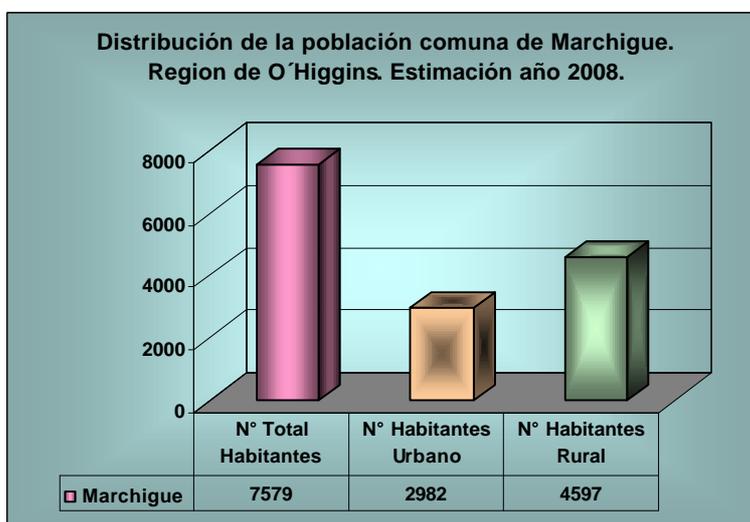
Figura 10. Imagen satelital Comuna de Marchigüe zona urbana y rural, señalando el sitio seleccionado Hospital de Marchigüe (HOSP-MA).

La **Figura 11** muestra fotografías del Sitio Hospital de Marchigüe (HOSP-MA), lugar donde fueron instalados el equipo MP₁₀ y Tubos pasivos de Ozono.



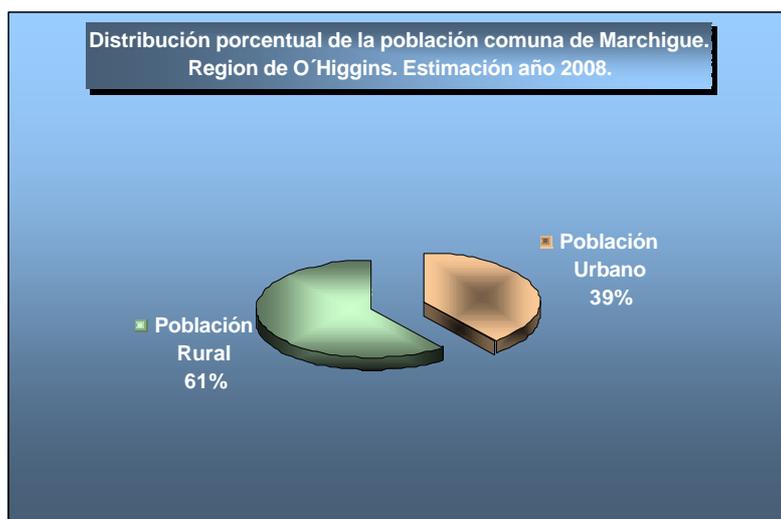
Figura 11. Vista interior del Hospital Marchigüe (foto izquierda) y vista desde la calle frontis de Hospital.

En la **Figura 12**, muestra la distribución de la población de la Comuna de Marchigüe por numero de habitantes y la **Figura 13**, muestra esta distribución en forma porcentual. Observamos que el 39% de la población esta concentrada en la zona urbana y con un porcentaje importante de 61% de la población, concentrada en la zona rural.



Fuente: <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Figura 12. Distribución de la población comuna de Marchigüe. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.



Fuente: [http://www.sinim.cl/Poblacion Estimada año 2008.](http://www.sinim.cl/Poblacion%20Estimada%20a%C3%B1o%202008)

Figura 13. Distribución porcentual de la población comuna de Marchigüe. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.

Descripción general de los criterios de representatividad poblacional y su cumplimiento.

Sector 1. Comuna Marchigüe.

Nombre Estación: Hospital Marchigüe.
 Código Estación: EMAR01
 Coordenadas UTM ZONA 19H
 DATUM WGS84 E259.409,977 m
 N6.190.515,326 m

Geográficas 34°23'55.83"S
 71°37'2.01"O

Medición y equipos instalados: Impactador Harvard MP₁₀
 Equipo Bajo Volumen,
 Técnica Gravimétrica.
 Tubo pasivo para Ozono

Fecha Inicio/Fin Mediciones: MP₁₀: 1 Septiembre 2009
 al 27 Agosto 2010
 Ozono: 31 Agosto 2009
 al 1 Septiembre 2010

Frecuencia: MP₁₀, 1 cada 3 días.
 Ozono, semanal.

Tipo de Filtro: Fibra de vidrio.

Altura Toma

Muestra MP₁₀: 3.34 [mts]



Características del Sitio.

a) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Otros Criterios 1.	
Condiciones de Accesibilidad.	Buenas condiciones de accesibilidad.
Otros Criterios 2.	
Condiciones del entorno de Estación.	Sector rodeados por edificaciones de baja altura sin presencia de obstáculo en altura importantes que pueda interferir en la exposición de la Toma de muestra. El equipo fue instalado a una altura de 3.34 [mts] sobre el nivel del suelo para una buena exposición del cabezal.

b) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Presencia obstáculos árboles	En el sector existe presencia de árboles pero de baja altura y alejado del sitio donde será emplazado en equipo. Sitio corresponde al patio del Hospital de Marchigüe.

c) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Distancia a Calles.	Distancia a calle mayor de 15 metros.
Construcciones y Edificaciones.	No observadas y que tengan impacto en el sitio donde fue emplazado el equipo.

d) En cuanto representatividad Poblacional.

Criterio 1 Area Edificadas y habitada radio 2 Km.	Si cumple.
Criterio 2 Instalada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida mas cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.	Si cumple. Esta ubicado a distancia mayor de 15 metros de la avenida principal de Marchigüe pero de bajo flujo vehicular (observado)
Criterio 3 Instalada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña, o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes similares.	Si cumple. Hay que tener presente que en todas las comunas visitadas la mayoría utiliza como combustible para calefaccionarse y para cocinar la leña principalmente, por lo tanto, dependiendo de las condiciones meteorológicas de cada sector y las emisiones de este tipo de fuente, será el posible impacto sobre las mediciones en el sitio. El sitio presente una cobertura vegetal (pasto) y algunos sectores de tierra compactada.
Criterio 4 Aprobada por la Autoridad Sanitaria Región O'Higgins.	Si cumple.

Sector 2. Las Cabras

La **Tabla 8**, muestra el Sitio seleccionado, Colegio Mistral.

MATE-0204-03-FICHA-TECNICA-CONAMA-VI-20091221

1 1.1 Comuna:	Las Cabras	1.2 N° Habitantes 22.847 (1)	1.3 H. Rural: 16.900 H.	1.4 H. Urbano: 5.947 H.
			74%	26%
2 2.1 Actividad Económica:	Agrícola/ Servicios / Otros			
3 3.1 Tipo de Fuentes:	3.1 Móviles a) Mediano a alto flujo vehicular.	3.2 Puntuales. a) Panaderías. b) Cocinas y chimeneas domiciliarias utilizando leña.	3.3 Difusas a) Resuspensión por levantamiento polvo calles sin pavimentar. b) Impacto posible por quemas agrícolas. y control de Heladas.	
4 4.1 Tipo Medición:	MP10 y Ozono	4.2 Periodo: 12 meses.		
5 5.1 Sitio Seleccionado.	Colegio Mistral. (EMIS-LC)	5.2 Criterio EMRPP	Si Cumple	5.3 Observaciones a) Construcción en altura mediana corresponde a galpón patio de colegio, b) Sector con presencia de árboles, toma muestra MP10 instalado a 6.84 [mts] c) Sitio borde sector urbano.
6 6.1 Objetivo Medición:	Diagnosticar los niveles de MP10 y Ozono que están sometidos los habitantes en zonas urbanas.			

(1): Fuente <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Tabla 8. Ficha Técnica descripción del Sitio Zona Urbana de Las Cabras. Colegio Mistral.

La **Figura 14**, muestra el mapa general de la Comuna de Las Cabras, donde muestra en sitio seleccionado Colegio Mistral (EMIS-LC).

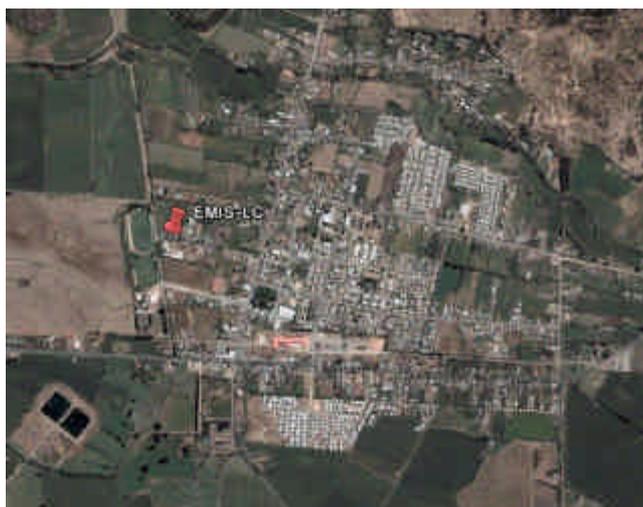


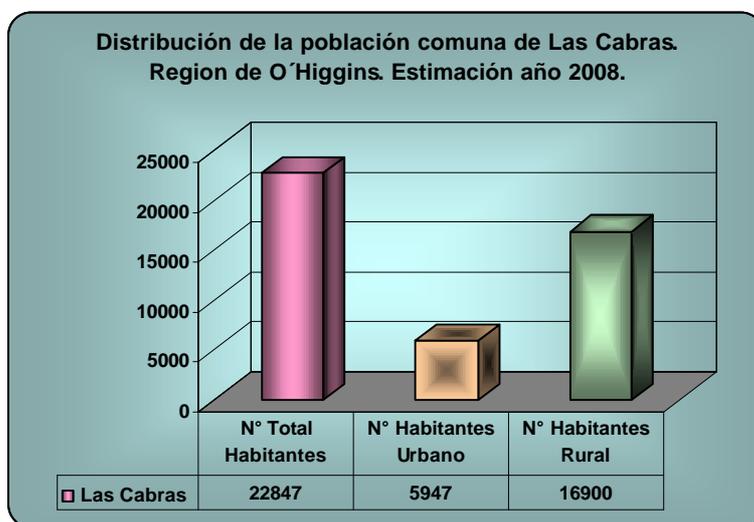
Figura 14. Imagen satelital Comuna de Las Cabras zona urbana y rural, señalando el sitio seleccionado Colegio Mistral (EMIS-LC).

La **Figura 15**, muestra fotografías del Sitio Colegio Mistral (EMIS-LC), lugar donde fueron instalados el equipo MP₁₀ y Tubos pasivos de Ozono.



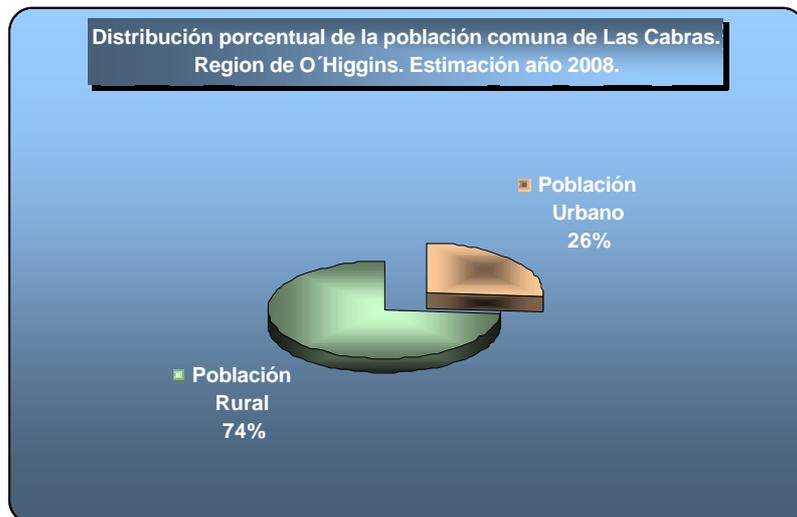
Figura 15. Vista exterior del Colegio Mistral e Instalaciones de equipos.

En la **Figura 16**, muestra la distribución de la población de la Comuna de Las Cabras por número de habitantes y la **Figura 17**, muestra esta distribución en forma porcentual. Observamos que el 26% de la población esta concentrada en la zona urbana y con un porcentaje importante de 74% de la población, concentrada en la zona rural.



Fuente: <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Figura 16. Distribución de la población comuna de Las Cabras. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.



Fuente: [http://www.sinim.cl/Poblacion Estimada año 2008.](http://www.sinim.cl/Poblacion%20Estimada%20a%C3%B1o%202008)

Figura 17. Distribución porcentual de la población comuna de Las Cabras. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.

Descripción general de los criterios de representatividad poblacional y su cumplimiento.

Sector 2. Las Cabras.

Nombre Estación: Colegio Mistral.
 Código Estación: ELCA03
 Coordenadas UTM
 DATUM WGS84 E287.228,017 m
 N6.203.452,712 m

Geográficas 34°17'18.1"S
 71°18'41.9"O

Medición y equipos instalados: Impactador Harvard MP₁₀
 Equipo Bajo Volumen,
 Técnica Gravimetrica.
 Tubo pasivo para Ozono

Fecha Inicio/Fin Mediciones: MP₁₀: 10 Septiembre 2009
 al 27 Agosto 2010
 Ozono: 14 Septiembre 2009
 al 1 Septiembre 2010

Frecuencia: MP₁₀, 1 cada 3 días.
 Ozono, semanal.

Tipo de Filtro: Fibra de vidrio.
 Altura Toma
 Muestra MP₁₀: 6.84 [mts]



Características del Sitio.

a) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
<u>Otros Criterios 1.</u>	
Condiciones de Accesibilidad.	Buenas condiciones de accesibilidad.
<u>Otros Criterios 2.</u>	
Condiciones del entorno de Estación.	Sector presenta edificaciones de baja y mediana altura. El equipo será instalado alejado de estas edificaciones con el objeto de obtener una buena exposición. El equipo fue instalado a una altura de 6.84 [mts] sobre el nivel del suelo para una buena exposición, por presencia de árboles cercanos.

b) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Presencia obstáculos árboles	En el sector existe presencia de árboles de mediana y gran altura. El equipo fue instalado a la entrada del colegio Mistral, elevando la toma de muestra a 6.84 [mts] para evitar interferencia de árboles cercanos.

c) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Distancia a Calles.	Existe calle cercana al punto, principalmente circulan vehículos y furgones escolares cuando dejan y recogen niños del colegio.
Construcciones y Edificaciones.	Observan construcción del colegio (gimnasio techado).

d) En cuanto representatividad Poblacional.

<u>Criterio 1</u> Area Edificadas y habitada radio 2 Km.	Si cumple.
<u>Criterio 2</u> Instalada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida mas cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.	Si cumple.
<u>Criterio 3</u> Instalada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña, o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes similares.	Si cumple. Hay que tener presente que en todas las comunas visitadas la mayoría utiliza como combustible para calefaccionarse y para cocinar la leña principalmente, por lo tanto, dependiendo de las condiciones meteorológicas de cada sector y las emisiones de este tipo de fuente, será el posible impacto sobre las mediciones que estaremos realizando.
<u>Criterio 4</u> Aprobada por parte de la Autoridad Sanitaria región de O'Higgins.	Si cumple.

Sector 3. Peumo

La **Tabla 9**, muestra el Sitio seleccionado, Biblioteca Pública.

MATE-0207-03-FICHA-TECNICA-CONAMA-VI-20091221

1 1.1 Comuna:	Peumo	1.2 N° Habitantes 15.138 (1)	1.3 H. Rural: 8.190	1.4 H. Urbano: 6.948 H.
			54%	46%
2 2.1 Actividad Económica	Agrícola			
3 3.1 Tipo de Fuentes:	3.1 Móviles a) Bajo flujo vehicular.	3.2 Puntuales. a) Panaderías. b) Cocinas y chimeneas domiciliarias utilizando leña.	3.3 Difusas a) Resuspensión por levantamiento polvo calles sin pavimentar. b) Impacto posible por quemas agrícolas. y control de Heladas.	
4 4.1 Tipo Medición:	MP10 y Ozono	4.2 Periodo:	12 meses.	
5 5.1 Sitio Seleccionado.	Biblioteca Municipal Peumo. (BIBL-PE)	5.2 Criterio EMRPP	Si Cumple	5.2.1 Observaciones a) Construcción de 1 piso espacio aceptable es posible ubicar el equipo. b) Presencia de árboles de mediana altura.
6 6.1 Objetivo Medición:	Diagnosticar los niveles de MP10 y Ozono que están sometidos los habitantes en zonas urbanas.			

(1): Fuente <http://www.sinim.cl/> Poblacion Estimada año 2008.

Tabla 9. Ficha Técnica descripción del Sitio Zona Urbana de Peumo. Biblioteca Pública.

La **Figura 18**, muestra el mapa general de la Comuna de Peumo, donde muestra en sitio seleccionado Biblioteca Pública (BIBL-PE).



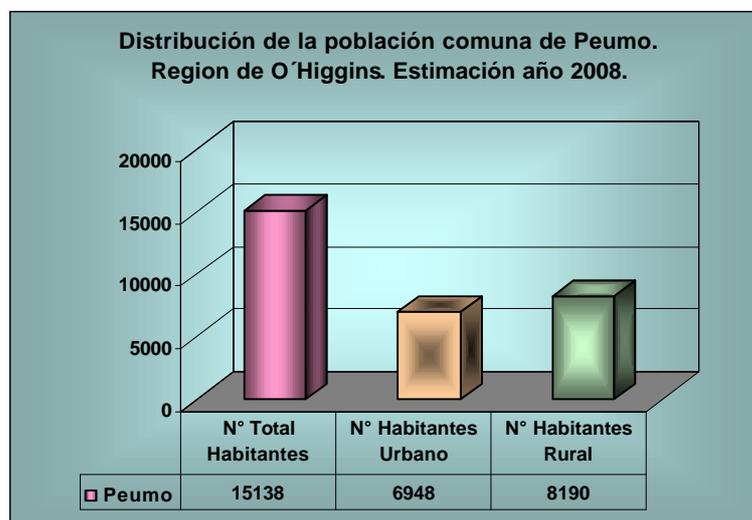
Figura 18. Imagen satelital Comuna de Peumo zona urbana y rural, señalando el sitio seleccionado Biblioteca Pública (BIBL-PE).

La **Figura 19**, muestra fotografías de la Biblioteca Pública (BIBL-PE) Peumo.



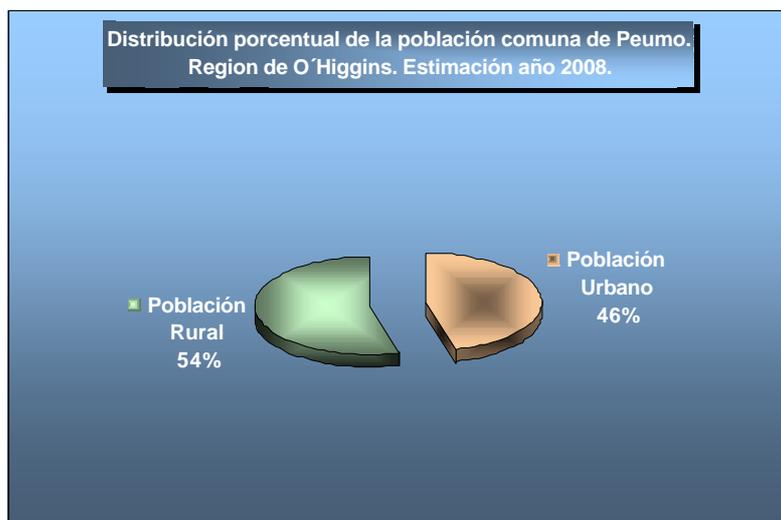
Figura 19. Vista exterior (foto izquierda) y interior (foto derecha) Biblioteca Pública, lugar donde fueron instalados el equipo MP₁₀ y Tubos pasivos de Ozono.

En la **Figura 20**, muestra la distribución de la población de la Comuna de Peumo por número de habitantes y la **Figura 21**, muestra esta distribución en forma porcentual. Observamos que el 46% de la población está concentrada en la zona urbana y con un porcentaje importante de 54% de la población, concentrada en la zona rural.



Fuente: [http://www.sinim.cl/Poblacion Estimada año 2008.](http://www.sinim.cl/Poblacion%20Estimada%20a%C3%B1o%202008)

Figura 20. Distribución de la población comuna de Peumo. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.



Fuente: [http://www.sinim.cl/Poblacion Estimada año 2008.](http://www.sinim.cl/Poblacion%20Estimada%20a%C3%B1o%202008)

Figura 21. Distribución porcentual de la población comuna de Peumo. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.

Descripción general de los criterios de representatividad poblacional y su cumplimiento.

Sector 3. Peumo.

Nombre Estación: Biblioteca Pública.
 Código Estación: EPEU03
 Coordenadas UTM ZONA 19H
 DATUM WGS84 E300.487,021 m
 N6.191.970,020 m

Geográficas 34°23'40.11"S
 71°10'13.25"O

Medición y equipos instalados: Impactador Harvard MP₁₀
 Equipo Bajo Volumen,
 Técnica Gravimétrica.
 Tubo pasivo para Ozono

Fecha Inicio/Fin Mediciones: MP₁₀: 5 Septiembre 2009
 al 27 Agosto 2010
 Ozono: 31 Agosto 2009
 al 1 Septiembre 2010

Frecuencia: MP₁₀, 1 cada 3 días.
 Ozono, semanal.

Tipo de Filtro: Fibra de vidrio.
 Altura Toma
 Muestra MP₁₀: 6.04 [mts]



Características del Sitio.

a) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Otros Criterios 1.	
Condiciones de Accesibilidad.	Buenas condiciones de accesibilidad.
Otros Criterios 2.	
Condiciones del entorno de Estación.	Sector presenta edificaciones de baja y mediana altura. El equipo fue instalado alejado de estas edificaciones con el objeto de obtener una buena exposición. El equipo fue instalado a una altura entre 6.04 [mts] sobre el nivel del suelo para obtener una buena exposición.

b) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Presencia obstáculos árboles	En el sector existe presencia de árboles de mediana y gran altura. El equipo fue instalado en un patio interior de la Biblioteca Municipal alejado de los árboles y a una altura de 6.04 [mts] para una buena exposición del cabezal.

c) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Distancia a Calles.	Distancia a calle 15 metros. Observa bajo flujo vehicular y ambas calles que limitan con el sitio están pavimentadas.
Construcciones y Edificaciones.	Observan vista Norte del Sitio, escuela con edificaciones de 2 a 3 pisos. Equipo será instalado alejado de estas edificaciones.

d) En cuanto representatividad Poblacional.

Criterio 1 Area Edificadas y habitada radio 2 Km.	Si cumple.
Criterio 2 Instalada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida mas cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.	Si cumple.
Criterio 3 Instalada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña, o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes similares.	Si cumple. Hay que tener presente que en todas las comunas visitadas la mayoría utiliza como combustible para calefaccionarse y para cocinar la leña principalmente, por lo tanto, dependiendo de las condiciones meteorológicas de cada sector y las emisiones de este tipo de fuente, será el posible impacto sobre las mediciones que estaremos realizando.
Criterio 4 Aprobada por Autoridad Sanitaria Región de O'Higgins.	Si cumple.

Sector 4. Santa Cruz

La **Tabla 10**, muestra el Sitio seleccionado, Consultorio Municipal.

MATE-0212-06-FICHA-TECNICA-CONAMA-VI-20091221

1 1.1 Comuna:	Santa Cruz	1.2 N° Habitantes	35.803 (1)	1.3 H. Rural:	17.430	1.4 H. Urbano:	18.373 H.
					49%		51%
2 2.1 Actividad Económica	Viñas/Frutales						
3 3.1 Tipo de Fuentes:	3.1 Móviles	3.2 Puntuales.	3.3 Difusas				
	a) Mediano, Alto flujo vehicular.	a) Panaderías. b) Cocinas y chimeneas domiciliarias utilizando leña.	a) Resuspensión por levantamiento polvo calles sin pavimentar. b) Impacto posible por quemas agrícolas y control de Heladas.				
4 4.1 Tipo Medición:	MP10 y Ozono	4.2 Periodo:	12 meses MP10 y 6 Meses Ozono (Primavera-Verano).				
5 5.1 Sitio Seleccionado:	5.2 Consultorio Municipal (CONS-SC)	5.2.1 Criterio EMRPP	Cumple	5.2.2 Observaciones			
				a) Construcción de 1 piso gran espacio, es posible ubicar el equipo. b) Presencia de trabajos que estan concluyendo (pavimentación y otros trabajos menores).			
6 6.1 Objetivo Medición:	Diagnosticar los niveles de MP10 y Ozono que están sometidos los habitantes en zonas urbanas.						

(1): Fuente <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Tabla 10. Ficha Técnica descripción del Sitio Zona Urbana de Santa Cruz. Consultorio Municipal.

La **Figura 22**, muestra el mapa general de la Comuna de Santa Cruz, donde muestra en sitio seleccionado Consultorio Municipal (CONS-SC).



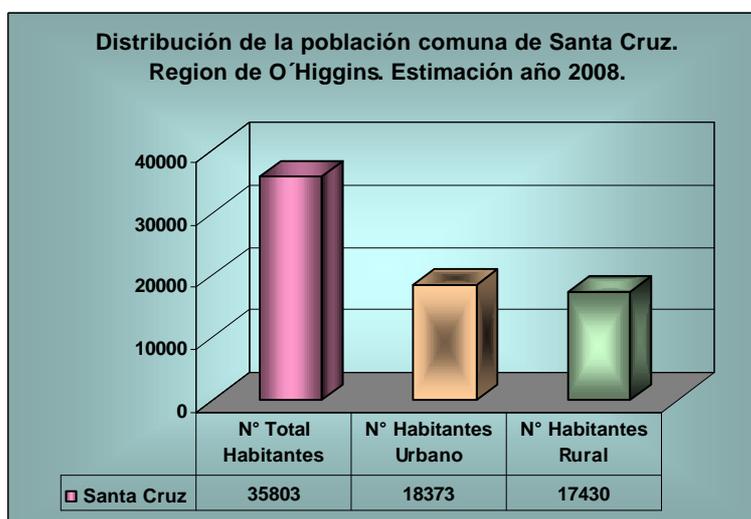
Figura 22. Imagen satelital Comuna de Peumo zona urbana y rural, señalando el sitio seleccionado Consultorio Municipal (CONS-SC).

La **Figura 23**, muestra fotografía del Consultorio Santa Cruz (CONS-SC), lugar donde fueron instalados el equipo MP₁₀ y Tubos pasivos de Ozono.



Figura 23. Vista interior del Consultorio de Santa Cruz. En círculo rojo sitio donde fueron emplazado el equipo HI MP₁₀ y Tubos pasivos ozono.

En la **Figura 24**, muestra la distribución de la población de la Comuna de Santa Cruz por numero de habitantes y la **Figura 25**, muestra esta distribución en forma porcentual. Observamos que el 51% de la población esta concentrada en la zona urbana y con un porcentaje importante de 49% de la población, concentrada en la zona rural.



Fuente: <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Figura 24. Distribución de la población comuna de Santa Cruz. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.



Fuente: [http://www.sinim.cl/Poblacion Estimada año 2008.](http://www.sinim.cl/Poblacion%20Estimada%20año%202008)

Figura 25. Distribución porcentual de la población comuna de Santa Cruz. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.

Descripción general de los criterios de representatividad poblacional y su cumplimiento.

Sector 4. Comuna Santa Cruz.

Nombre Estación: Consultorio Municipal.
 Código Estación: ESCR04
 Coordenadas UTM ZONA 19H
 DATUM WGS84 E283.493,465 m
 N6.164.948,043 m

Geográficas 34°38'4.34"S
 71°21'42.98"O

Medición y equipos instalados: Impactador Harvard MP₁₀
 Equipo Bajo Volumen,
 Técnica Gravimetrica
 Tubo pasivo para Ozono

Fecha Inicio/Fin Mediciones: MP₁₀: 1 Septiembre 2009
 al 27 Agosto 2010.
 Ozono: 31 Agosto 2009 al
 3 Marzo 2010

Frecuencia: MP₁₀, 1 cada 3 días.
 Ozono, semanal.

Tipo de Filtro: Fibra de vidrio.
 Altura Toma
 Muestra MP₁₀: 4.80 [mts]



Características del Sitio.

a) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Otros Criterios 1.	
Condiciones de Accesibilidad.	Buenas condiciones de accesibilidad.
Otros Criterios 2.	
Condiciones del entorno de Estación.	Sector rodeados por edificaciones de baja altura sin presencia de obstáculo en altura importantes que pueda interferir en la exposición de la Toma de muestra. El equipo fue instalado a una altura de 4.80 [mts] sobre el nivel del suelo para una buena exposición del cabezal.

b) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Presencia obstáculos árboles	En el sector existe presencia de árboles pero de baja altura y alejados del sitio donde será emplazado en equipo. Sector despejado.

c) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Distancia a Calles.	Distancia a calle mayor de 15 metros.
Construcciones y Edificaciones.	No observadas que tengan impacto en el sitio donde será emplazado el equipo.

d) En cuanto representatividad Poblacional.

Criterio 1 Area Edificadas y habitada radio 2 Km.	Si cumple.
Criterio 2 Instalada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida mas cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.	Si cumple.
Criterio 3 Instalada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña, o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes similares.	Si cumple. Hay que tener presente que en todas las comunas visitadas la mayoría utiliza como combustible para calefaccionarse y para cocinar la leña principalmente, por lo tanto, dependiendo de las condiciones meteorológicas de cada sector y las emisiones de este tipo de fuente, será el posible impacto sobre las mediciones que estaremos realizando.
Criterio 4 Aprobada por Autoridad Sanitaria Región de O'Higgins.	Si cumple.

Sector 5. San Vicente de Tagua Tagua

La **Tabla 11**, muestra el Sitio seleccionado, Hospital de San Vicente.

MATE-0213-02-FICHA-TECNICA-CONAMA-VI-20091221

1 1.1 Comuna:	San Vicente	1.2 N° Habitantes 43.635 (1)	1.3 H. Rural: 17.191	1.4 H. Urbano: 26.444 H.
	Tagua Tagua		39%	61%
2 2.1 Actividad Económica	Viñas/Frutales			
3 3.1 Tipo de Fuentes:	3.1 Móviles a) Mediano, Alto flujo vehicular.	3.2 Puntuales. a) Panaderías. b) Cocinas y chimeneas domiciliarias utilizando leña.	3.3 Difusas a) Resuspensión por levantamiento polvo calles sin pavimentar. b) Impacto posible por quemas agrícolas. y control de Heladas.	
4 4.1 Tipo Medición	MP10 y Ozono	4.2 Periodo: 12 meses MP10 y 6 Meses Ozono (Primavera-Verano).		
5 5.1 Sitio Seleccionado.	Hospital de San Vicente (HOS-SV)	5.2.1 Criterio EMRPP	Cumple	5.2.2 Observaciones a) Espacio disponible para emplazar equip patio posterior del Hospital, sobre caseta de hormigón.
6 6.1 Objetivo Medición:	Diagnosticar los niveles de MP10 y Ozono que están sometidos los habitantes en zonas urbanas.			

(1): Fuente <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Tabla 11. Ficha Técnica descripción del Sitio Zona Urbana de San Vicente. Hospital.

La **Figura 26**, muestra el mapa general de la Comuna de San Vicente, donde muestra en sitio seleccionado Hospital(HOSP-SV).



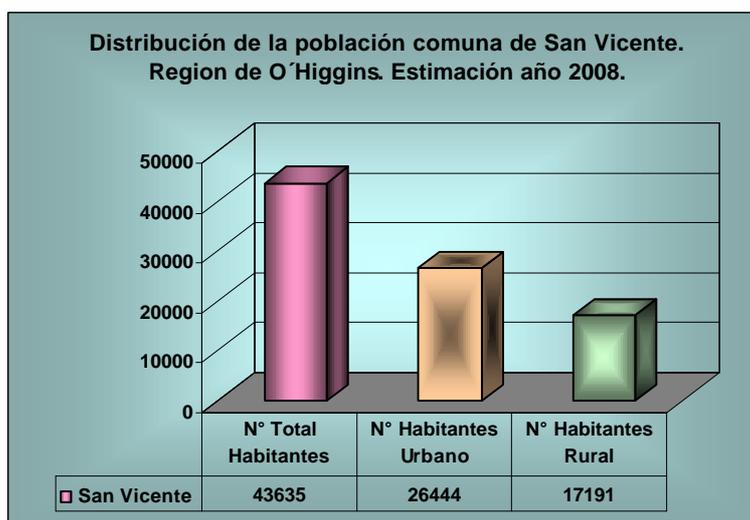
Figura 26. Imagen satelital Comuna de San Vicente de Tagua Tagua zona urbana y rural, señalando con circulo rojo Hospital de San Vicente.

La **Figura 27**, muestra fotografía del Consultorio Santa Cruz (CONS-SC), lugar donde fueron instalados el equipo MP₁₀ y Tubos pasivos de Ozono.



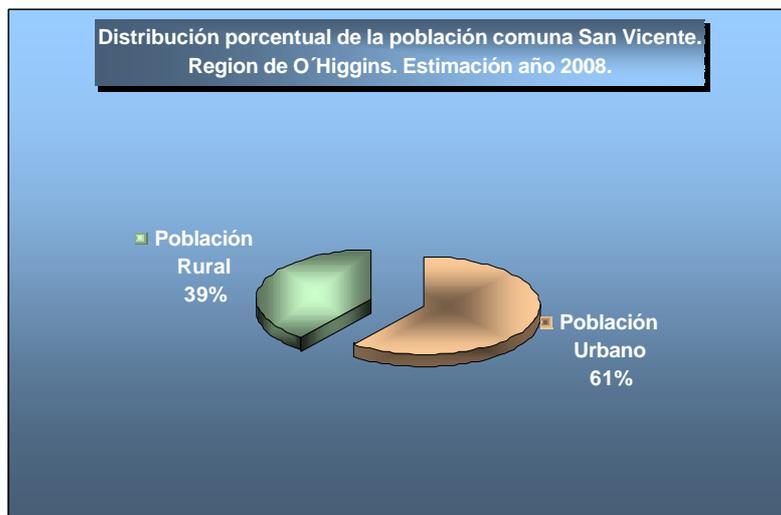
Figura 27. Vista desde techo de construcción hacia el oriente San Vicente (fotografía izquierda) y vista de construcción señalando en círculo y flecha roja, lugar donde fue instalado el equipo MP₁₀ y Tubos pasivos OZONO (fotografía derecha).

En la **Figura 28**, muestra la distribución de la población de la Comuna de San Vicente por numero de habitantes y la **Figura 29**, muestra esta distribución en forma porcentual. Observamos que el 61% de la población esta concentrada en la zona urbana y con un porcentaje importante de 39% de la población, concentrada en la zona rural.



Fuente: <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Figura 28. Distribución de la población comuna de San Vicente. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.



Fuente: <http://www.sinim.cl/Poblacion> Estimada año 2008.

Figura 29. Distribución porcentual de la población comuna de San Vicente. Región de O'Higgins. Estimación año 2008.

Descripción general de los criterios de representatividad poblacional y su cumplimiento.

Sector 5. Comuna San Vicente.

Nombre Estación: Hospital San Vicente.
 Código Estación: ESVI05
 Coordenadas UTM ZONA 19H
 DATUM WGS84 E308.852,412 m
 N6.186.995,633 m

Geográficas 34°26'27.19"S
 71° 4'49.84"O

Medición y equipos instalados: Partisol MP₁₀
 Equipo Bajo Volumen,
 Técnica Gravimetrica
 Tubo pasivo para Ozono

Fecha Inicio/Fin Mediciones: MP₁₀: 1 Septiembre 2009
 al 27 Agosto 2010.
 Ozono: 31 Agosto 2009 al
 3 Marzo 2010.

Frecuencia: MP₁₀, 1 cada 3 días.
 Ozono, semanal.

Tipo de Filtro: Fibra de vidrio.



Características del Sitio.

a) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Otros Criterios 1.	
Condiciones de Accesibilidad.	Buenas condiciones de accesibilidad.
Otros Criterios 2.	
Condiciones del entorno de Estación.	Sector rodeados por edificaciones de baja altura sin presencia de obstáculo en altura importantes que pueda interferir en la exposición de la Toma de muestra. El equipo fue instalado a una altura de 5 [mts] sobre el nivel del suelo para una buena exposición del cabezal.

b) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Presencia obstáculos árboles	En el sector existe presencia de árboles pero alejado del lugar donde será emplazado en equipo. Sitio corresponde al patio del Hospital de San Vicente.

c) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Distancia a Calles.	Distancia a calle mayor de 50 metros.
Construcciones y Edificaciones.	Se observan, pero alejadas del sitio propuesto.

d) En cuanto representatividad Poblacional.

Criterio 1 Area Edificadas y habitada radio 2 Km.	Si cumple.
Criterio 2 Instalada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida mas cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.	Si cumple. Esta ubicado a distancia mayor de 50 metros de la avenida principal y alejada de calle sin pavimentar.
Criterio 3 Instalada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña, o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes similares.	Si cumple. Hay que tener presente que en todas las comunas visitadas la mayoría utiliza como combustible para calefaccionarse y para cocinar la leña principalmente, por lo tanto, dependiendo de las condiciones meteorológicas de cada sector y las emisiones de este tipo de fuente, será el posible impacto sobre las mediciones que estaremos realizando.
Criterio 4 Aprobada por Autoridad Sanitaria Región de O'Higgins.	Si cumple.

Sector 6. La Estrella.

La **Tabla 12**, muestra el Sitio seleccionado, Estadio Municipal de la Estrella, el que cumple de mejor forma con los criterios de representatividad poblacional (EMRP).

MATE-0203-01-FICHA-TECNICA-CONAMA-VI-20090622

1 1.1 Comuna:	La Estrella	1.2 H. 4.221 (1)	1.3 H. Rural: 67%	1.4 H. Urbano: 33%
2 2.1 Actividad Económica	Agricultura y Ganadería.			
3 3.1 Tipo de Fuentes:	3.1 Móviles	3.2 Puntuales.	3.3 Difusas	
	a) Bajo flujo vehicular.	a) Panaderías. b) Cocinas y chimeneas domiciliarias utilizando leña.	a) Resuspensión por levantamiento polvo calles sin pavimentar.	
4 4.1 Tipo Medición	4.2 MP10 y Ozono	4.2 Periodo: 12 meses.		
5 5.1 Sitios Visitados	5.1 Primera Compañía de Bomberos La Estrella (BOMB-LE)	5.1.1 Criterio EMRPP	Cumple Parcial	5.1.2 Observaciones a) Sitio ubicado a la entrada del pueblo. b) Posible impacto por resuspensión Material particulado del suelo (tierra). Sin embargo señalan que el sector los vientos son poco frecuentes y de baja intensidad.
	5.2 Colegio Mónica Silva (COLEG-LE)	5.2.1 Criterio EMRPP	No cumple	5.2.2 Observaciones a) Construcción de 2 pisos y poco espacio, no es posible ubicar el equipo.
	5.3 Museo Campesino (MCAM-LE)	5.3.1 Criterio EMRPP	No cumple	5.3.2 Observaciones a) Posible impacto por resuspensión Material particulado del suelo (tierra). Además existe una cancha de tierra.
	5.4 Estadio Municipal de la Estrella. (ESTD-LE)	5.4.1 Criterio EMRPP	Cumple	5.4.2 Observaciones a) Sector amplio sin construcciones en altura. b) Sector ubicado al centro del pueblo. c) Fuente emisoras a más de 50 mts.
6 6.1 Objetivo Medición:	Diagnosticar los niveles de MP10 y Ozono que están sometidos los habitantes en zonas urbanas.			

(1): Fuente Censo 2002.

Tabla 12. Ficha Técnica descripción de Sitios Zona Urbana de La Estrella.

La **Figura 30**, muestra el mapa general de la Comuna de La Estrella, destacando en color rojo el sitio seleccionado en la zona urbana de esta comuna, para la medición de Ozono. Según censo del 2002, esta comuna tiene una población de 4.221 Habitantes, concentrando el 33% en la zona urbana y el 67% en la zona rural.



Figura 30. Imagen satelital, acercamiento Comuna de La Estrella zona urbana y rural, destacado en rojo, medición con Tubo pasivo de Ozono.

La **Figura 31**, muestra fotografías del Sitio Estadio Municipal de La Estrella (ESTA-LE).



Figura 31. Sector donde se emplazo Tubo Pasivo de Ozono (circulo rojo), Vista interior del Estadio Municipal de La Estrella.

Descripción general de los criterios de representatividad poblacional y su cumplimiento.

Sector 6. Comuna La Estrella.

Nombre Estación: Estación La Estrella.
Código Estación: ESLE06
Coordenadas UTM ZONA 19H

Medición y equipos instalados: Tubo pasivo para Ozono

Fecha Inicio/Fin Mediciones: 4 Enero 2010 al 3 Marzo 2010 y del 31 Mayo 2010 al 1 Septiembre 2010

Frecuencia: Ozono, semanal.



Características del Sitio.

a) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
<u>Otros Criterios 1.</u> Condiciones de Accesibilidad.	Buenas condiciones de accesibilidad.
<u>Otros Criterios 2.</u> Condiciones del entorno de Estación.	Sector rodeados por edificaciones de baja altura sin presencia de obstáculo en altura importantes que pueda interferir en la exposición de la Toma de muestra. Existen calles sin pavimentar. El equipo será instalado a una altura de 3 metros sobre el nivel del suelo para una buena exposición del cabezal.

b) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Presencia obstáculos árboles	En el sector existe presencia de árboles pero de baja altura y alejado del sitio donde será emplazado en equipo. Sector muy despejado.

c) En cuanto Emplazamiento de Toma de Muestra.

Descriptor	Tipo de Interferencia
Distancia a Calles.	Distancia a calle mayor de 15 metros.
Construcciones y Edificaciones.	No observadas que tengan impacto en el sitio donde será emplazado el equipo.

d) En cuanto representatividad Poblacional.

<u>Criterio 1</u> Area Edificadas y habitada radio 2 Km.	Si cumple.
<u>Criterio 2</u> Instalada a más de 15 m de la calle o avenida más cercana, y a más de 50 m de la calle o avenida mas cercana que tenga un flujo igual o superior a 2500 vehículos/día.	Si cumple.
<u>Criterio 3</u> Instalada a más de 50 m de la salida de un sistema de calefacción (que utilice carbón, leña, o petróleo equivalente a petróleo-2 o superior) o de otras fuentes similares.	Si cumple. Hay que tener presente que en todas las comunas visitadas la mayoría utiliza como combustible para calefaccionarse y para cocinar la leña principalmente, por lo tanto, dependiendo de las condiciones meteorológicas de cada sector y las emisiones de este tipo de fuente, será el posible impacto sobre las mediciones que estaremos realizando.
<u>Criterio 4</u> Aprobada por Autoridad Sanitaria Región de O'Higgins.	No instalado, no cuenta con esta aprobación.

4.3 Etapa 3. Programa de medición de Material particulado MP₁₀ y Ozono.

4.3.1 Descripción de Equipos y Técnicas de Medición utilizadas en este Estudio para el Diagnostico de la Calidad del Aire en 5 Sectores de la Región de O'Higgins.

Medición de Material Particulado respirable fracción MP₁₀.

El equipamiento utilizado para el levantamiento de información tipo Diagnostico fue de 2 Tipo; 4 Impactadores Harvard (HI) para MP₁₀ y 1 equipo Partisol Protocolo EPA para MP₁₀. Todos los equipos utilizados tienen como método de medición gravimétrico, es decir corresponden a mediciones discretas integradas utilizando filtros por 24 horas, aceptándose hasta 18 horas.

Estos equipos recolectaron muestras de material particulado en filtros de 37 o 47 (mm), dependiendo de la marca del equipo utilizada en cada sitio. El sustrato que fue utilizado para la recolección del Material Particulado fue Fibra de vidrio reforzada en teflón.

El Impactador HI, fue desarrollado por el Instituto de Salud Pública de Harvard de USA para diagnosticar a "bajo costo" los niveles promedios del material particulado fracción MP₁₀ o MP_{2.5} (el tipo de fracción recolectada depende del Cabezal utilizado como punto de Corte). Estos Equipos HI, han sido utilizado en diversos estudios desde el año 1997 hasta la fecha por CONAMA NACIONAL y CONAMAS REGIONALES.

En la Figura 32, 33 y 34 muestra instalaciones realizadas por nuestra empresa en diversos estudios relacionado con la utilización de Impactadores HI y equipo de Bajo volumen Protocolo EPA.

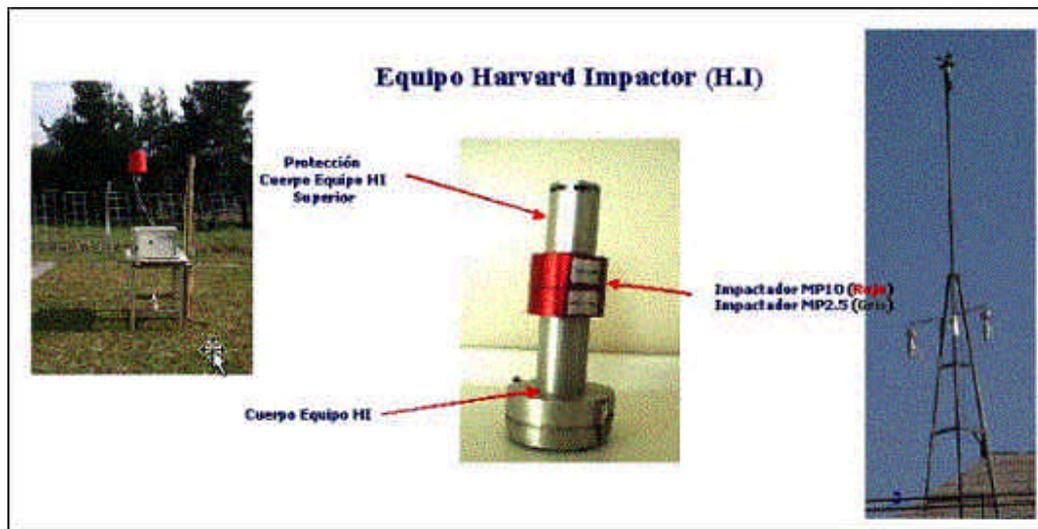


Figura 32. Instalación Equipos HI en Ciudad de Talca (foto izquierda). Detalle de Equipo HI (foto centro). Emplazamiento de Equipos HI MP_{2.5} en la Ciudad de Arica (Foto derecha). Proyecto Monitoreo CONAMA I Región.

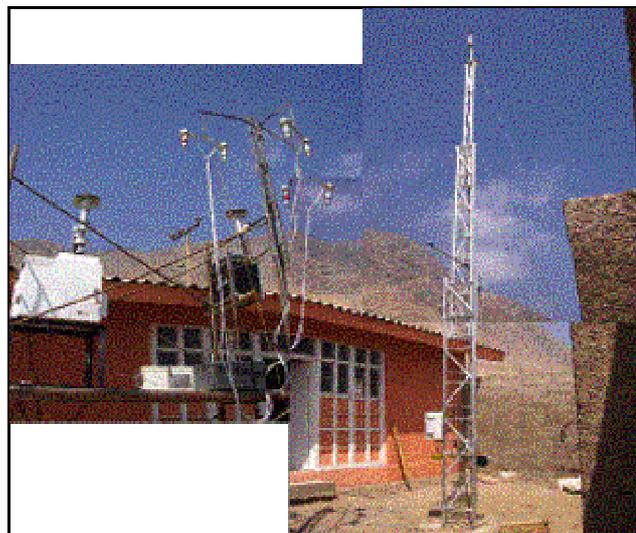


Figura 33. Instalación Equipos HI en Ciudad de Tocopilla para Estudio de Calidad del Aire. CONAMA Región de Antofagasta. 2006.



Figura 34. Emplazamiento de Equipos HI MP₁₀ en la Ciudad de Iquique .
Proyecto Monitoreo CONAMA I Región. Febrero 2008 a Enero 2009.

Los impactadores HI no poseen un Sistema dinámico de Control de Flujo, el cual es ajustado al Inicio del Muestreo y concluido el muestreo, es efectuando una lectura de Flujo al final. Con estos 2 valores es obtenido el valor del flujo del muestreo. Para un mejor control de las mediciones y durante la duración del estudio, fueron incorporados a los equipos Timer digitales (programar fecha de los muestreos) y horómetros (indica el numero de horas totales del muestreo programado por el timer digital).

El Análisis Gravimétrico de filtros fue realizado en el Laboratorio empresa SERPRAM, el cual cuenta con un Sistema control de humedad y temperatura, con fuente y mantas antiestáticas. Cuenta además con un sistema de acondicionamiento Inicial y Final de los Filtros (Desecadoras).

Para la actividad de pesaje inicial y final, fue utilizada una Balanza Semi-micro Analítica o superior (resolución de 10 ugr) utilizando materiales de almacenamiento del filtro final y de limpieza de los portafiltros y envases adecuados. Los portafiltros utilizados en este Estudio fueron proporcionados a un número tal que garantiza el óptimo funcionamiento entre las actividades de Campo realizadas en los 5 Sitios de medición del Material Particulado MP₁₀, como las actividades realizadas en el Laboratorio.

Las muestras serán almacenadas y entregadas a petición de CONAMA VI Región finalizado el Estudio incluyendo los Blancos de Terreno y de Laboratorio.

Medición de Ozono.

Para el Monitoreo de Gas ozono, fue utilizado para la toma de Muestra el Método Pasivo, este método se basa en la Ley de Fick, donde se dejan difundir "pasivamente" los compuestos hacia un filtro impregnado en un reactivo apropiado o hacia una solución. No requiere de bomba o algún otro sistema que impulse el aire hacia el Muestreador. Una vez completado el periodo de "exposición", que corresponde al tiempo en el cual es expuesto el "filtro impregnado", las muestras fueron trasladadas a Laboratorio donde fueron analizadas. Estos muestreadores pasivos son muy utilizados en Campañas de Medición para Diagnosticar los niveles de un determinado Gas, por tener gran versatilidad en cuanto a su manejo en terreno como su instalación, abarcando extensas zonas por lo cuál son óptimos para conocer la distribución espacial de un determinado Contaminante. La limitación radica su resolución temporal que no permite detectar máximas Concentraciones en tiempos cortos y mantener una Vigilancia más eficiente. En la Figura 35, muestra los Pasivos que fueron utilizados y sus respectivos protectores (shelter) y Tubos.



Figura 35. Tubos Pasivos y Shelter utilizados para el Monitoreo Gas Ozono.

Para el Trabajo relacionado con los Tubos Pasivos se contaron con los Servicios de la Universidad de Concepción, específicamente con el Departamento de Análisis Instrumental de la Universidad de Concepción a través de la participación del Dr. Dietrich von Baer y la Sra. Alicia Rojas.

El Departamento de Análisis Instrumental de la Universidad de Concepción, para los Tubos Pasivos de O₃, fue introducida la metodología desarrollada por Hangartner (1), la cual emplea quimiosorción a 1,2-di(4-piridi) etileno (DFE), el cual en presencia de Ozono da origen a piridilaldehído, en cuál se determina espectrofotométricamente empleando metilbenzotiazolin hidrazona (MBTH) como reactivo cromogénico. Los Tubos Pasivos de Ozono fueron adquiridos en Pasma AG, Suiza.

La Universidad de Concepción, Departamento de Análisis, proporcionó los Protocolos de Instalación, Hoja Ruta Terreno y Control de las muestras enviadas y recepcionadas.

4.3.2 Consideraciones Técnicas aplicadas y consideradas para la instalación de Equipos Medición de Partículas y Tubos pasivos de Ozono.

Uno de los aspectos importante considerados por parte de CONAMA VI Región y Contraparte Técnica del Estudio, previa visitas a terreno, fue la definición del objetivo de medición para cada Sector y sitio específico seleccionado para la medición del contaminantes material particulado y Ozono, incorporando previamente a la Ficha técnica de los sectores, los criterios de emplazamiento y de representatividad poblacional con evaluaciones consensuadas entre ellos a objeto que el Sitio finalmente seleccionado representara esta decisión y que entregase información para un buen Diagnostico. Por lo tanto, fue fundamental realizar un trabajo coordinativo previo para incorporar estas variables y los criterios que fueron, posteriormente evaluados en cada Sector y Sitio.

Para el emplazamiento de los equipos que midieron material particulado MP_{10} y sensor pasivo para la medición de Ozono, fueron considerados los siguientes criterios los cuales parte están descritos en la Ley Base del Medio Ambiente N° 19.300 y Reglamento N° 61.

Para el procedimiento de selección del sitio específico para la toma de muestra, en forma resumida fueron considerados los siguientes aspectos;

- Clasificación de la estación y objetivos de monitoreo por cada Sitio.
- Coordenadas espaciales de la estación (latitud, longitud y altitud)
- Descripción del área de Instalación las cuales deben referirse a) Condiciones topográficas y meteorológicas del Sitio, b) Distribución de la población y clasificación (rural o urbano) y c) Fuentes de Contaminación Cercanas:

Dentro de las consideraciones de instalación, fueron consideradas las siguiente en la medida de lo posible dadas las realidades de cada sitio y en forma resumida es entregado un listado de las recomendaciones generales y específicas y que fueron consideradas e incorporadas en la Fichas técnicas elaboradas para este Estudio.

Consideraciones Generales.

Accesibilidad:

- Accesibilidad (Tiempo de apertura, llaves disponibles)
- Servicios (Suministro eléctrico estable, etc)
- Espacio suficiente para operación (mantención, calibración y otras actividades)

Seguridad en dos niveles:

- Protección del equipo y la estación especialmente del vandalismo
- Seguridad ante cualquier accidente relacionado particularmente al manejo de cilindros de gas de calibración.

Cuidados al usar analizadores:

- No verse afectados por: mal tiempo, humedad, variaciones de temperatura, vibraciones, disturbios electromagnéticos, exceso de polvo, corriente eléctrica inestable, la presencia de fuentes de interferencia
- La línea de muestreo entre el punto de muestra y el instrumento debe ser lo mas corta posible.

Consideraciones ambientales que rodea el Punto de Muestreo.

En cuanto a los árboles, el muestreo debe realizarse a lo menos a 10 m de distancia para evitar cualquier interferencia. La instalación del Sitio debe evitar;

- Repentinos cambios de nivel.
- La proximidad de ríos anchos (al menos a 10 m de distancia)
- Para el ozono se debe evitar la proximidad de fuentes destructivas como ventilación de estacionamientos subterráneos, entradas/salidas de túnel, estaciones de servicio, paradero de taxi, paradas de buses, etc

Distancia de obstáculos.

- Debe haber suficiente área despejada alrededor del punto de muestreo.

Distancia del Suelo.

- En el marco del monitoreo de calidad de aire, los muestreos pueden realizarse a alturas desde 1.5 m a 15 m.

Consideraciones Especificas generales para la Medición del Material Particulado.

- Debe evitarse la proximidad de camino de tierra (distancia mínima de 200m)
- En el caso de equipos que utilizan Microbalanza (Tapered Element Oscillating Microbalance), es recomendado el aislamiento de toda fuente de vibración intensa.
- La longitud del tubo de muestreo puede variar de 1 a 3 m y debe tener un área completamente despejada alrededor del sistema toma muestra, "cabezal"
- El cabezal de muestreo debe ser ubicada verticalmente sobre el cuerpo del muestreador.

Para la instalación de los equipos de Medición de Material Particulado, los sitios contaron con energía eléctrica 220 V y cumplieron con los criterios de emplazamiento generales en cuanto a seguridad y otros.

Las principales pérdidas de muestreo fue por falla en el suministro eléctrico a nivel de comunal y en el caso específico de la Estación San Vicente, fue por reparaciones realizadas y cambios realizados en el tablero eléctrico del Hospital que significo pérdidas de algunas muestras en el mes de Junio 2010.

4.3.3 Programa de Muestreo mediciones de Material particulado MP₁₀ y Ozono.

Las mediciones de Material particulado MP₁₀ y Ozono, fueron realizadas según el Programa de Muestreo solicitado por CONAMA VI Región y correspondió a;

- Mediciones de Material Particulado MP₁₀, 1 muestreo cada 3 días y
- Mediciones de Ozono, muestreos semanales.

La **Tabla 13**, muestra un resumen por sector del inicio de las mediciones correspondiente a MP₁₀ y Ozono.

Sector	Comuna	MP ₁₀		Tubo Pasivo Ozono	
		Inicio 2009	Fin 2010	Inicio 2009/2010	Fin 2010
1	Marchigüe	01-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
2	Las Cabras	10-Sep	27-Ago	14-Sep	01-Sep
3	Peumo	05-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
4	San Vicente	01-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
5	Santa Cruz	01-Sep	27-Ago	31-Ago	01-Sep
6	La Estrella	No Aplica.	No aplica.	04-Ene 31-May	03-Mar 01-Sep

Tabla 13. Resumen de Inicio de las Mediciones por Sector y por Tipo de Contaminante.

La **Tabla 14**, muestra un resumen del programa de muestreo realizado por Comuna y observaciones generales correspondiente a los muestreos de MP₁₀, a partir de Septiembre de 2009 hasta Agosto 2010.

MP ₁₀	Septiembre 2009														
Marchigüe	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28					Sin Observaciones
Las Cabras	--	--	--	10	13	16	19	22	25	28					Sin Observaciones
Peumo	--	5	7	10	13	16	19	22	25	28					Día 13, problema suministro eléctrico.
San Vicente	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28					Sin Observaciones
Santa Cruz	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28					Sin Observaciones
MP ₁₀	Octubre 2009														
Marchigüe	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	Día 27, observa quema de basura. Día 8, cambio de placas impacto.			
Las Cabras	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	Sin Observaciones Día 8, cambio de placas impacto.			
Peumo	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	Sin Observaciones Día 8, cambio de placas impacto.			
San Vicente	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	Sin Observaciones Día 8, cambio de Cabezal.			
Santa Cruz	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	31	Sin Observaciones Día 8, cambio de placas impacto.			

MP10		Noviembre 2009											
Marchigue	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Observa basura cerca de Estación. y resto producidos por quema de residuos.	
Las Cabras	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Sin Observaciones	
Peumo	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Sin Observaciones	
San Vicente	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Sin Observaciones	
Santa Cruz	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Muestreo día 3 Noviembre nulo, error programación. Muestreo de los días 27 y 30 nulo, fallo Timer. Fueron repuestos los 2 timer.	
MP10		Diciembre 2009											
Marchigue	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Observa basura cerca de Estación. 14 Diciembre, cambio placas impacto.	
Las Cabras	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Sin observaciones. 14 Diciembre, cambio placas impacto.	
Peumo	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Muestreo día 30 Diciembre, nulo falla equipo. 14 Diciembre, cambio placas impacto. y oring HI-002.	
San Vicente	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Sin observaciones.	
Santa Cruz	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		No muestreo 18/Dic error programación 14 Diciembre, cambio placas impacto.	
MP10		Enero 2010											
Marchigue	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29		Hi-002, problema en Horometro. Efectua cambio Ok. Muestreos nulos 8 y 14 de Enero Basura retirada, constatada en visita del día 22.	
Las Cabras	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29		Muestreo Nulo 11 de Enero, error operación.	
Peumo	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29		Nulo muestreo del 11/Enero, error operación. Cambio de timer equipo HI-001, queda Ok.	
San Vicente	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29		Día 22, cambio de cabezal. Resto sin Observaciones.	
Santa Cruz	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29		Nulo muestreo del 11/Enero, error operación.	
MP10		Febrero 2010											
Marchigue	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28		02 Feb cambio placas impacto. 15 y 18 Feb lubricacion oring 23 Feb corte de energia, cambio placas. 28 Feb corte energia ocasionado Terremoto 27 Feb.	
Las Cabras	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28		02 Feb cambio placas impacto. 15 y 18 Feb lubricacion oring 23 Feb cambio placas impacto.	
Peumo	1	4	9	10	13	16	19	22	25	28		02 Feb cambio placas impacto. Reprograma muestreo del 7 Feb para el 9 Feb. por corte de energia Biblioteca. 15 y 18 Feb lubricacion oring 22 Feb cambio placas impacto.	
San Vicente	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28		28 Feb corte energia ocasionado Terremoto 27 Feb. 02Feb cambio cabezal.	
Santa Cruz	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28		28 Feb corte energia ocasionado Terremoto 27 Feb. 02 Feb cambio placas impacto. 15 y 18 Feb lubricacion oring 23 Feb cambio placas impacto. 28 Feb corte energia ocasionado Terremoto 27 Feb.	
MP10		Marzo 2010											
Marchigue	4	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Reprograma muestreo del 3 para el 4 Marzo. 18 Mar cambio placas y lubrica oring	
Las Cabras	4	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Reprograma muestreo del 3 para el 4 Marzo. 18 Mar cambio placas y lubrica oring	
Peumo	4	6	9	13	15	18	21	24	27	30		Reprograma muestreo del 3 para el 4 Marzo. Reprograma muestreo del 12 para 13 marzo. 17 Mar cambio placas y lubrica oring	
San Vicente	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30		06 Mar corte de energia. 08 Mar mantencion equipo. 23 Mar cambio cabezal.	
Santa Cruz	4	6	9	12	15	18	21	24	27	30		Reprograma muestreo del 3 para el 4 Marzo. 18 Mar cambio placas y lubrica oring	

MP10		Abril 2010		
Marchigüe	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	19	Abr	cambio placas impacto y lubrica oring
Las Cabras	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	19	Abr	cambio placas impacto y lubrica oring
Peumo	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	19	Abr	cambio placas impacto y lubrica oring
San Vicente	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	19	Abr	observan Trabajos en sector de estacion (construccion).
Santa Cruz	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	13	Abr	Mantencion equipo.
		29	Abr	Mantencion equipo.
		19	Abr	cambio placas impacto y lubrica oring
MP10		Mayo 2010		
Marchigüe	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	04	May	lubrica oring
Las Cabras	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	18	May	cambio placas y lubrica oring
Peumo	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	04	May	lubrica oring
		18	May	cambio placas y lubrica oring
		04	May	lubrica oring. Construccion pieza prefabricada, radio local.
San Vicente	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	18	May	cambio placas y lubrica oring
Santa Cruz	2 5 8 11 14 17 20 23 26 29	18		Mantencion equipo.
		04	May	lubrica oring
		18	May	cambio placas y lubrica oring
MP10		Junio 2010		
Marchigüe	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28	30	Jun	lubrica oring y cambio placa
Las Cabras	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28	30	Jun	lubrica oring y cambio placa
Peumo	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28	03	Jun	, basura sector estacion.
		22	Jun	, muestreo no partio. Nulo
San Vicente	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28	30	Jun	lubrica oring y cambio placa
		1,4,7,19		Problema electrico en consultorio muestreos nulos. Reprograma muestreo dia por medio a partir del 22 Junio hasta el 6 Julio.
Santa Cruz	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28	03	Jun	, personal consultorio quemando papeles.
		30	Jun	lubrica oring y cambio placa
MP10		Julio 2010		
Marchigüe	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 12	Jul		lubrica oring
Las Cabras	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 12	Jul		lubrica oring
Peumo	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 12	Jul		lubrica oring
San Vicente	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 12	Jul		Mantencion.
Santa Cruz	1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 12	Jul		lubrica oring
MP10		Agosto 2010		
Marchigüe	3 6 9 12 15 18 21 24 27	02	Ago	cambio placa y lubrica oring
Las Cabras	3 6 9 12 15 18 21 24 27	02	Ago	cambio placa y lubrica oring
Peumo	3 6 9 12 15 18 21 24 27	24	Ago	muestreo nulo.
		02	Ago	cambio placa y lubrica oring
		24	Ago	muestreo nulo.
San Vicente	3 6 9 12 15 18 21 24 27	02	Ago	Mantencion.
Santa Cruz	3 6 9 12 15 18 21 24 27	02	Ago	cambio placa y lubrica oring
		24	Ago	muestreo nulo.

Tabla 14. Resumen del programa de muestreo realizado de MP₁₀ por Comuna y observaciones de campo realizadas.

La **Tabla 15**, muestra un resumen del programa de muestreo realizado por Comuna y observaciones generales correspondiente a Tubos pasivos ozono, a partir de Septiembre de 2009 hasta Agosto 2010.

Septiembre 2009

Semana 1	31 de Agosto al 06 de Septiembre 2009	Semana 2	06 al 14 Septiembre 2009
Marchigue	Ok. Sin Observaciones.	Marchigue	Ok. Sin Observaciones.
Las Cabras	Pendiente autorizacion.	Las Cabras	Instala 10 Septiembre.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
Semana 3	14 al 21 de Septiembre 2009	Semana 4	21 al 29 de Septiembre 2009
Marchigue	Ok. Sin Observaciones.	Marchigue	Ok. Sin Observaciones.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.

Octubre 2009

Semana 1	29 de Septiembre al 05 Octubre 2009	Semana 2	05 al 13 Octubre 2009
Marchigue	Ok. Sin Observaciones.	Marchigue	Ok. Sin Observaciones.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
Semana 3	13 al 20 Octubre 2009	Semana 4	20 al 27 Octubre 2009
Marchigue	Ok. Sin Observaciones.	Marchigue	Ok. Sin Observaciones.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.

Semana 5	27 de Octubre al 02 Noviembre 2009
Marchigue	Ok. Sin Observaciones.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.

Noviembre 2009

Semana 1	02 al 10 Noviembre 2009.	Semana 2	10 al 17 Noviembre 2009.
Marchigue	Ok. con observaciones quema de basura.	Marchigue	Ok. con observaciones quema de basura.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
Semana 3	17 al 23 Noviembre 2009.	Semana 4	23 de Noviembre al 01 Diciembre 2009.
Marchigue	Ok. con observaciones quema de basura.	Marchigue	Ok. con observaciones quema de basura.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.

Diciembre 2009

Semana 1	01 al 07 Diciembre 2009.	Semana 2	07 al 14 Diciembre 2009.
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
Semana 3	14 al 22 Diciembre 2009.	Semana 4	22 al 29 Diciembre 2009.
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.

Enero 2010

Semana 1	29 Diciembre 2009 al 04 Enero 2010.	Semana 2	04 al 12 Enero 2010.
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.

Febrero 2010

Semana 1 27 Enero al 02 Febrero 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 3 08 al 15 Febrero 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 5 23 Febrero al 03 Marzo 2010.

Marchigue Ok. Sin Observaciones.
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Marzo 2010

Semana 1 03 al 08 Marzo 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 3 17 al 23 Marzo 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Abril 2010

Semana 1 29 Marzo al 06 Abril 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 3 13 al 19 Abril 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Mayo 2010

Semana 1 28 de Abril al 04 Mayo 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente No programado
Santa Cruz No programado

Semana 2 02 al 08 Febrero 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 4 15 al 23 Febrero 2010.

Marchigue Ok. Sin Observaciones.
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 2 08 al 17 Marzo 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 4 23 al 29 Marzo 2010.

Marchigue Ok. Sin Observaciones.
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 2 06 al 13 Abril 2010.

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 4 19 al 28 Abril 2010.

Marchigue Ok. Sin Observaciones.
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz Ok. Sin Observaciones.

Semana 2 04 al 10 Mayo 2010

Marchigue Ok. con observaciones
basura cerca Estación.
Las Cabras Ok. Sin Observaciones.
Peumo Ok. Sin Observaciones.
San Vicente No programado
Santa Cruz No programado

Semana 3	10 al 18 Mayo 2010	Semana 4	18 al 25 Mayo 2010
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. Sin Observaciones. basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	No programado	San Vicente	No programado
Santa Cruz	No programado	Santa Cruz	No programado
Semana 5	25 al 31 Mayo 2010		
Marchigue	Ok. Sin Observaciones. basura cerca Estación.		
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.		
Peumo	Ok. Sin Observaciones.		
San Vicente	No programado		
Santa Cruz	No programado		
Semana 1	31 de Mayo al 09 Junio 2010	Semana 2	09 al 15 Junio 2010
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	No programado	San Vicente	No programado
Santa Cruz	No programado	Santa Cruz	No programado
La Estrella	Inicia mediciones Invierno.	La Estrella	Ok. Sin Observaciones.
Semana 3	15 al 19 Junio 2010	Semana 4	19 al 30 Junio 2010
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. Sin Observaciones. basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	No programado	San Vicente	No programado
Santa Cruz	No programado	Santa Cruz	No programado
La Estrella	Ok. Sin Observaciones.	La Estrella	Ok. Sin Observaciones.
	Julio 2010		
Semana 1	30 de Junio al 06 Julio 2010	Semana 2	06 al 12 Julio 2010
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
La Estrella	Ok. Sin Observaciones.	La Estrella	Ok. Sin Observaciones.
Semana 3	12 al 21 de Julio 2010	Semana 4	21 al 27 Julio 2010
Marchigue	Ok. con observaciones basura cerca Estación.	Marchigue	Ok. Sin Observaciones. basura cerca Estación.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
La Estrella	Ok. Sin Observaciones.	La Estrella	Ok. Sin Observaciones.
Semana 5	27 de Julio al 02 Agosto 2010		
Marchigue	Ok. Sin Observaciones.		
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.		
Peumo	Ok. Sin Observaciones.		
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.		
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.		
La Estrella	Ok. Sin Observaciones.		
	Agosto 2010		
Semana 1	02 al 10 Agosto 2010	Semana 2	10 al 17 de Agosto 2010
Marchigue	Ok. con observaciones	Marchigue	Ok. con observaciones
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
La Estrella	Ok. Sin Observaciones.	La Estrella	Ok. Sin Observaciones.
Semana 3	17 al 23 Agosto 2010	Semana 4	23 de Agosto al 1 Septiembre 2010
Marchigue	Ok. con observaciones	Marchigue	Ok. Sin Observaciones.
Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.	Las Cabras	Ok. Sin Observaciones.
Peumo	Ok. Sin Observaciones.	Peumo	Ok. Sin Observaciones.
San Vicente	Ok. Sin Observaciones.	San Vicente	Ok. Sin Observaciones.
Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.	Santa Cruz	Ok. Sin Observaciones.
La Estrella	Ok. Sin Observaciones.	La Estrella	Ok. Sin Observaciones.

Tabla 15. Resumen del programa de muestreo realizado de Ozono por Comuna y observaciones de campo realizadas.

4.4 Etapa 4. Sistematización de información de Calidad del Aire y Meteorología.

Se trabajo con la información existente de Meteorología obtenida del Sitio Web <http://www.agroclima.cl> , representativa de las Comunas y Sitios donde fueron emplazados los equipos de medición de Material Particulado MP₁₀ y Ozono.

La **Tabla 16**, muestra el nombre de la estación, comuna, coordenadas que registra el portal, las variables meteorológicas utilizadas para el calculo de las concentraciones son; Temperatura y Presión.

Nombre Estación Agro climática	Comuna	Coordenadas
1. Marchigüe	Marchigüe	Lat 34° 24' 20'' - Lon 71° 36' 26''
2. Las Cabras	Las Cabras	Lat 34° 19' 37'' - Lon 71° 15' 32''
3. Peumo	Peumo	Sin Información.
4. San Vicente	San Vicente	Lat 34° 27' 28.4'' - Lon 71° 3' 2.1''
5. Santa Cruz	Santa Cruz	Lat 34° 41' 27'' - Lon 71° 24' 0''

Tabla 16. Características Estaciones Agro climáticas VI Región.

Para efectos de comparación de los resultados de las mediciones, se trabajo con las Estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire SIVICA de la VI Región, Estación Rancagua (RAN01), San Fernando (FDO01) y Rengo (REN01), periodo año 2009 hasta Abril 2010 (información disponible validada por CENMA).

La información de calidad del aire se ha sistematizado en planillas Excel con los datos válidos horarios de esas estaciones, y con los datos diarios de MP₁₀ de las estaciones de la campaña (medidos cada tres días), en sendas planillas por estación de monitoreo, las que se incluyen en este Informe Final en el CD.

A esto se añaden planillas Excel con resúmenes diarios, mensuales y anuales por cada estación, para el MP₁₀ y el ozono, las que también se incluyen en este Informe final en el CD.

4.5 Etapa 5. Preparación de las Bases de Datos.

Fueron elaboradas Bases de Datos, que significo generar mensualmente las bases de datos de los resultados obtenido de las mediciones, las cuales son entregados en formato base Airviro y en hoja de estatus según nuevo instructivo desarrollado por el MINSAL (D.S. 61).

Fue generada base de datos incorporando una hoja adicional referente a datos de pesaje e información para calculo de las concentraciones.

Las planillas Excel se utilizaron para generar una base de datos en Microsoft Access, la cual contuvo toda la información recopilada en este estudio. Esta plataforma permitió manejar cientos de variables. De esta forma fue factible usar la base de datos para hacer gráficos, comparar variables, hacer búsquedas, etc.

Se utilizo la conversión adoptada por la red de monitoreo, donde las concentraciones de gases se expresan en ppb (excepto CO en ppm) y las de material particulado en [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Para las variables meteorológicas se usa la convención estándar con unidades SI.

5. Resultados Mediciones de Calidad del Aire periodo 2009 - 2010.

5.1 Estado de cumplimiento de la normativa de MP10 y de ozono.

En esta sección fue revisado el grado de cumplimiento (o de incumplimiento) de la normativa ambiental vigente; en el caso de este Estudio, se considera los siguientes contaminantes:

a) MP_{10} , norma anual de 50 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], considerada como promedio móvil de tres años consecutivos; norma diaria que considera que el percentil 98 de las medias diarias de MP_{10} no debe superar los 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], analizada en forma anual.

b) Ozono, no tiene norma anual. El ozono de corto plazo está regulado por una norma para el promedio móvil de 8 horas, donde el percentil 99 de las máximas diarias es de 120 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], o 61 ppb, y la norma se avalúa con el promedio móvil de tres años consecutivos.

Para el análisis de los datos horarios, se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

1) Para calcular estadísticas diarias (promedio 24h de MP_{10} o máxima diaria del ozono promedio móvil de 8h), se debe cumplir que haya al menos 18 horas de datos válidos en cada día.

2) Para promedios mensuales, debe haber al menos 21 días válidos para calcular el promedio mensual.

3) Se considerará como valor de concentración anual válido, aquel determinado a partir de a lo menos 11 meses del año calendario con promedios válidos. En caso que durante un año calendario se disponga de promedios válidos para más de 8 y menos de 11 meses, para completar el período mínimo señalado, se considerará como valor mensual de cada mes faltante, la concentración mensual más alta medida en los 12 meses anteriores a cada mes faltante. Si se dispone de valores sólo para 8 o menos meses, no se podrá calcular un valor de concentración anual para la estación de monitoreo correspondiente en ese año.

4) Si el monitoreo de MP_{10} u ozono no hubiese comenzado el 1° de enero, se considerará para la evaluación anual de la normativa ambiental el periodo de 12 meses contados desde el primer mes de inicio del monitoreo de dichos contaminantes.

Ciudad de Rancagua:

Existe monitoreo continuo de MP₁₀ y ozono, en la estación monitora de la red COSUDE, desde el 1° de Abril del año 2004 hasta la fecha, aunque la información traspasada al Consultor sólo comprende hasta el 30 de Abril del 2010. La siguiente figura muestra una gráfica del cumplimiento de la normativa anual.

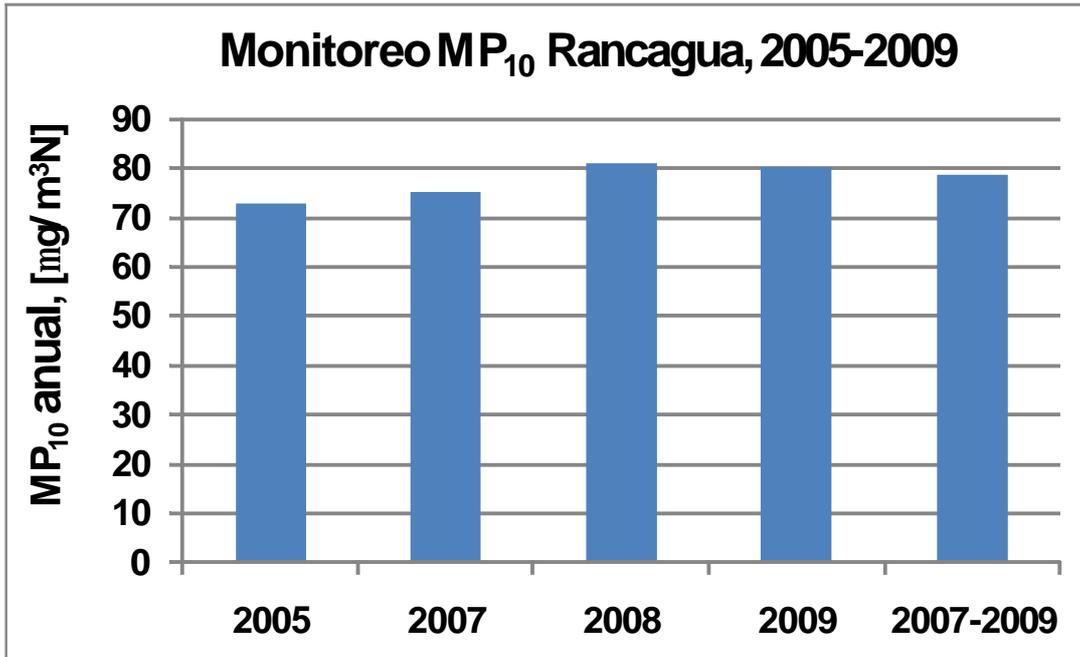


Figura 36. Evolución del promedio anual del MP₁₀ [ug/m³N]. El valor de la norma anual es de 50 [ug/m³N], para una media móvil de tres años. Sólo se presentan los promedios válidos.

La figura muestra una tendencia al alza en las medias anuales del MP₁₀, desde el año 2005 a la fecha, y donde los valores promedio anuales están claramente por sobre los 50 [ug/m³N], por lo que estamos ante una situación de excedencia de la norma anual: el promedio móvil de los años 2007 a 2009 es de 78.8 [ug/m³N].

En lo que respecta a los promedios diarios del MP₁₀, la figura siguiente muestra estos valores medidos en Rancagua; se aprecia que hay numerosos eventos de superación del valor de referencia de 150 [ug/m³N], y no es clara la tendencia de los máximos valores diarios registrados en cada año.

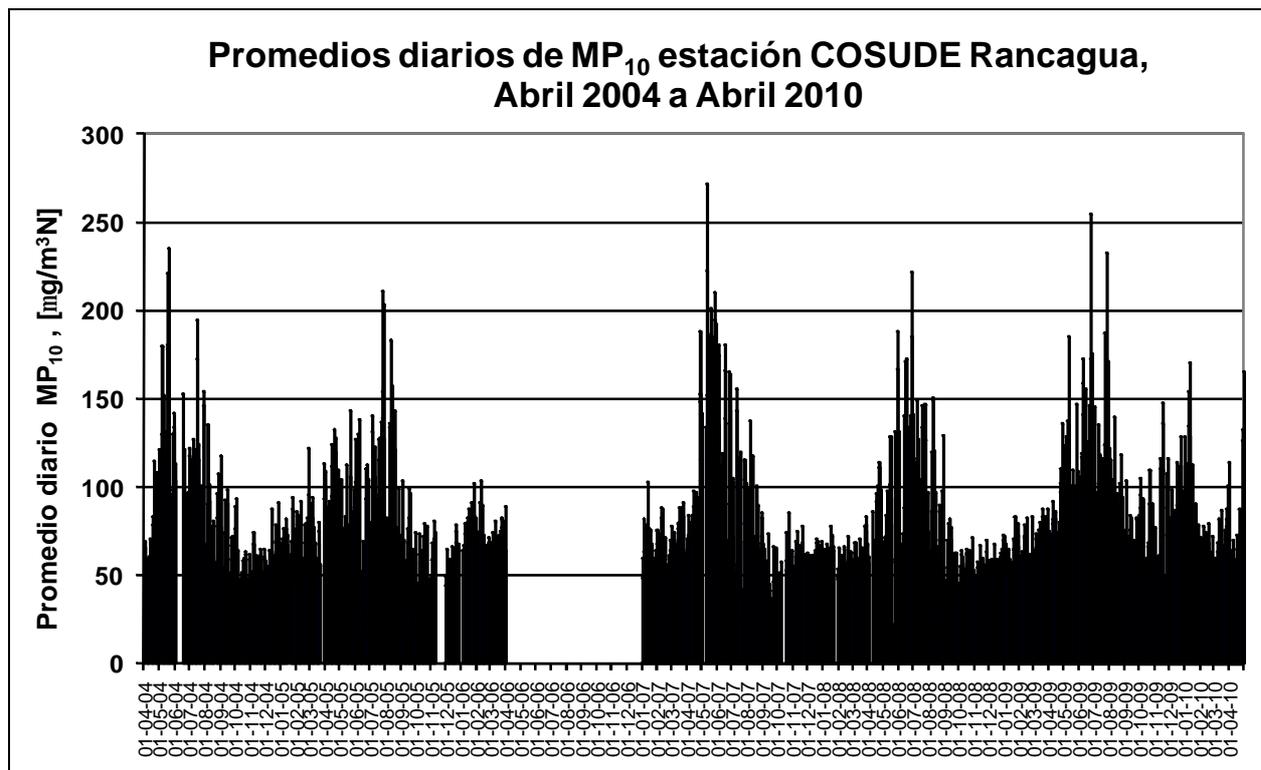


Figura 37. Evolución de las medias diarias de MP₁₀ en Rancagua, [µg/m³N]. Periodo de 1° de Abril 2004- 30 Abril 2010.

Los percentiles 98 de las medias diarias, para los años 2005, 2007, 2008 y 2009 alcanzan los valores de 142, 187, 150 y 172 [µg/m³N], respectivamente.

Con respecto al número de días en que el promedio diario de MP₁₀ superó la norma de 150 [µg/m³N], los años 2004, 2005, 2007, 2008 y 2009 esos números llegaron a 11, 5, 23, 7 y 13, respectivamente.

Luego, la zona de Rancagua estuvo en latencia por la norma diaria los años 2005 y 2008 y no cumplió la norma diaria los años 2004, 2007 y el 2009. Incluso el año 2008 el percentil 98 estuvo muy cerca del valor de la norma diaria.

Con respecto al ozono, la siguiente figura muestra la situación de la norma del promedio móvil de 8h de ozono. Se aprecia que no se registran valores sobre los 61 [ppb], en general se cumple con la norma, aunque la ciudad está en situación de latencia, ya que los percentiles 99 de estos valores diarios en los años 2005, 2007, 2008 y 2009 alcanzan los valores de 54, 47, 56 y 50 [ppb], respectivamente.

Aplicando la normativa vigente, se calcula el promedio móvil de los años 2007 a 2009, encontrándose el valor de 51 [ppb] (84% del valor de la norma). Luego se constata latencia por la norma de ozono de 8h entre los años 2007 y 2009.

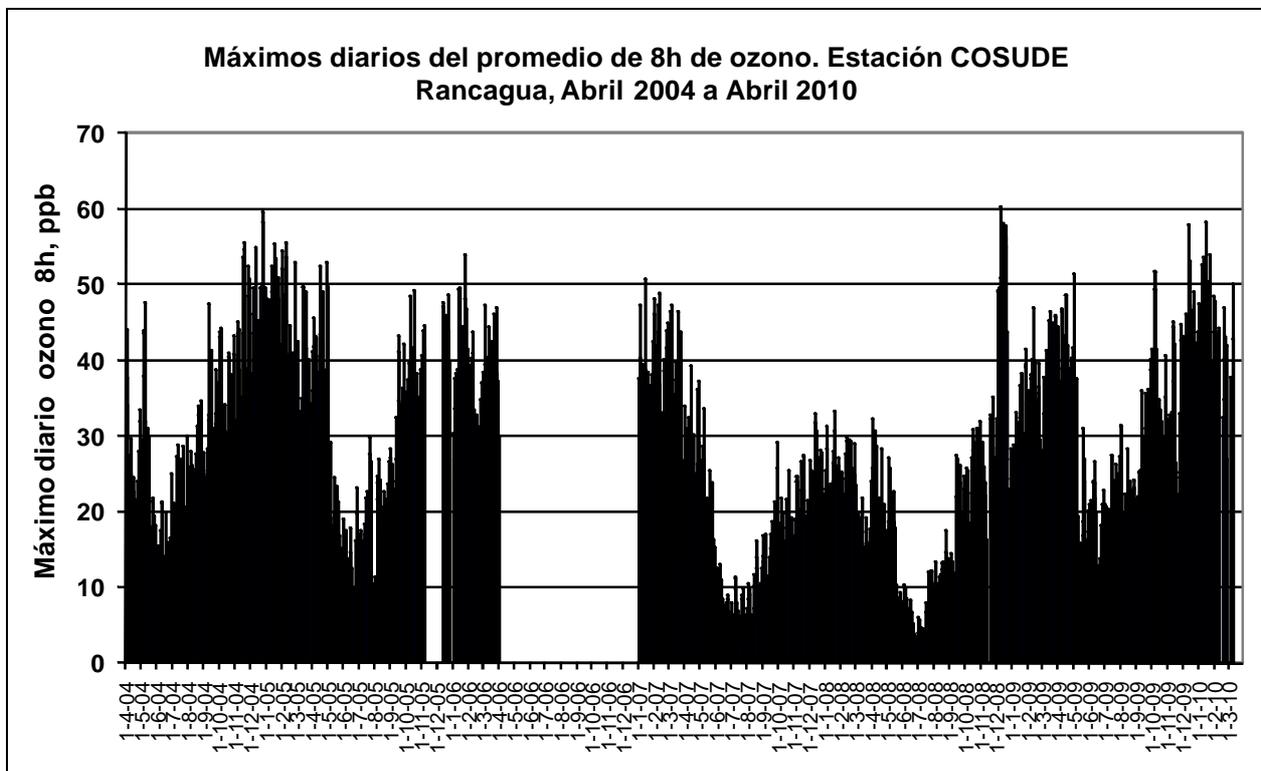


Figura 38. Evolución de las máximas diarias del promedio móvil de 8h de ozono para Rancagua, Abril 2004- Abril 2010.

Datos del Monitoreo de MP_{2.5} en Rancagua

Adicionalmente, en Rancagua existe monitoreo continuo de MP_{2.5} desde el 1° de enero de 2009. La siguiente figura muestra la evolución de los promedios diarios de esta fracción fina de las partículas respirables.

Para el año 2009, se constata un promedio anual de MP_{2.5} de 41 [ug/m³N], lo cual supera ampliamente el valor de referencia de 25 [ug/m³N], propuesto en el Anteproyecto de Norma de Calidad para el MP_{2.5}, en revisión. Si bien es cierto la norma establece un cálculo del promedio móvil de tres años consecutivos para evaluar el cumplimiento, y sólo hay un año calendario con promedio anual (2009), los antecedentes del monitoreo de MP₁₀ dejan en claro que la tendencia reciente soporta la premisa que el promedio móvil 2009-2011 estaría superando los 25 [ug/m³N], es decir, estamos ante una eventual situación de saturación por MP_{2.5} en Rancagua.

**Cocientes diarios $MP_{2.5}/MP_{10}$ estación COSUDE Rancagua,
Enero 2009 a Abril 2010**

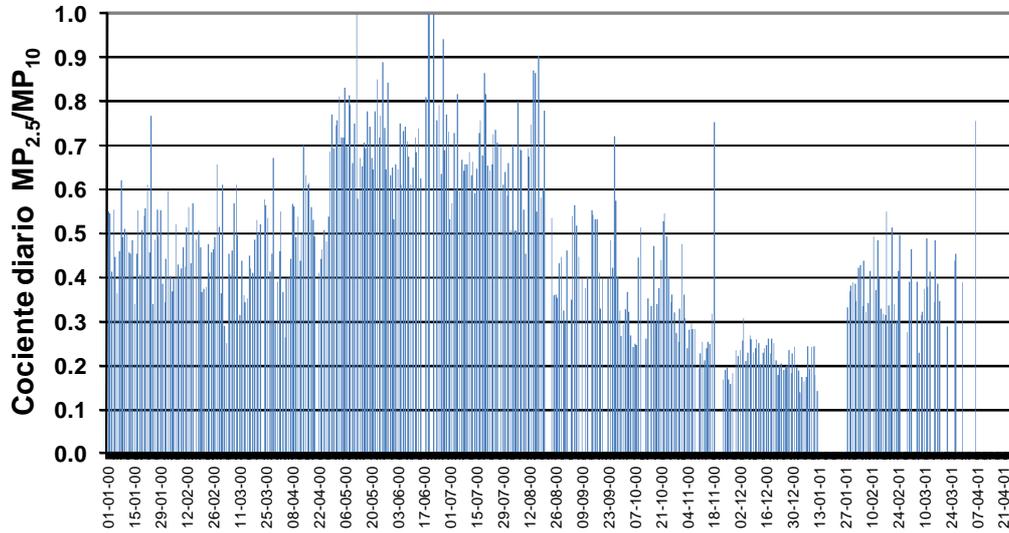


Figura 39. Cociente diario $MP_{2.5}/MP_{10}$ en Rancagua.
Periodo del 1° de Enero 2009- 30 Abril 2010.

El percentil 98 de los promedios diarios alcanza el valor de 120.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], un valor muy superior al valor de referencia de 63 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$] propuesto en dicho proyecto.

La figura subsiguiente muestra la relación $MP_{2.5}/MP_{10}$ construida con los respectivos promedios diarios. Este cociente mide la toxicidad del material particulado respirable, mientras más cercano a 1.0 esté dicha fracción, mayor es su toxicidad puesto que entonces una mayor proporción de las partículas que respiran los habitantes de Rancagua penetra a nivel de las vías respiratorias inferiores, a nivel pulmonar y alveolar.

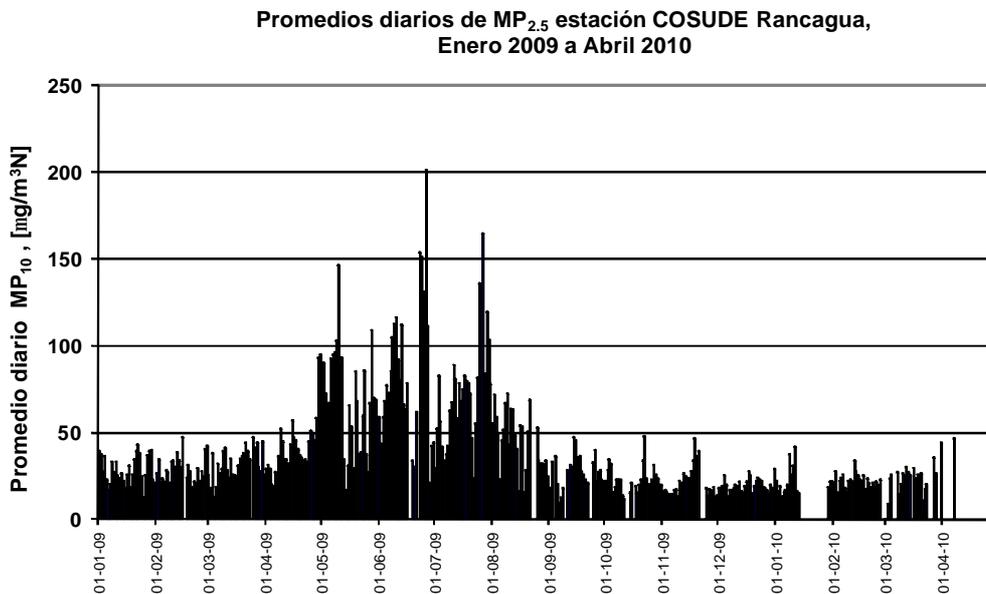


Figura 40. Evolución de las medias diarias de MP_{2.5} en Rancagua, [ug/m³N]. Periodo de 1° de Enero 2009 al 30 Abril 2010.

Continuando con el análisis del cociente MP_{2.5}/MP₁₀ para Rancagua, se aprecia en la figura anterior una fuerte estacionalidad, con altos valores de dicho cociente para los meses de otoño e invierno. Esto sugiere un aporte relevante de fuentes de combustión residencial de leña, a escala urbana y regional, que elevan el cociente a valores mayores a los medidos en Santiago (para el mismo año y con meteorología similar), como se presenta en la siguiente figura.

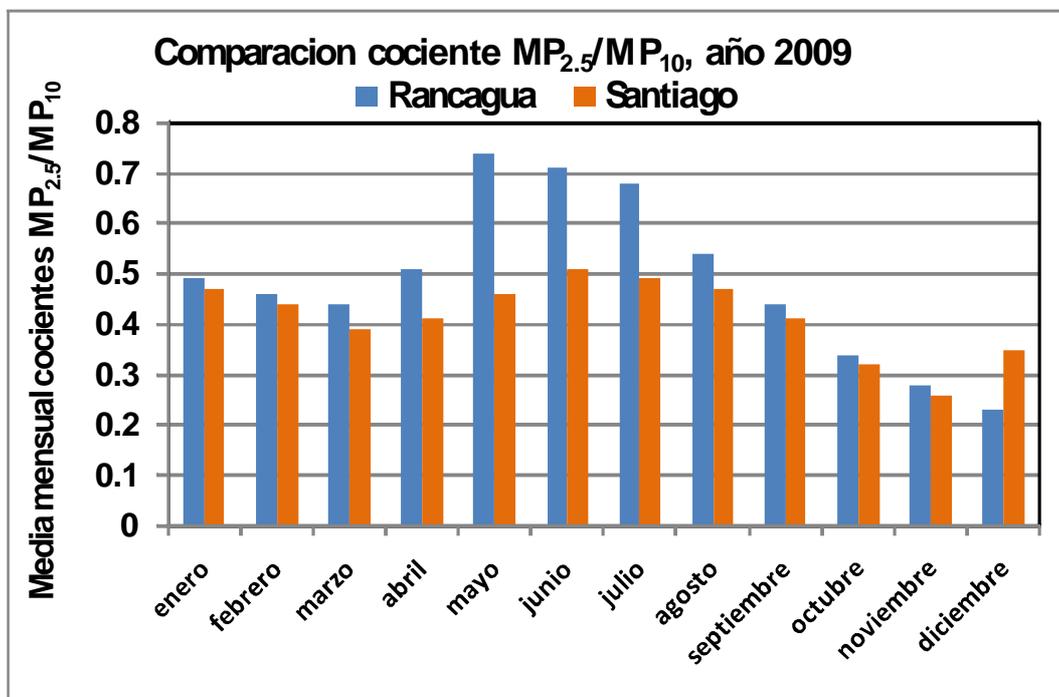


Figura 41. Comparación de la media mensual del cociente $MP_{2.5}/MP_{10}$ en Rancagua y Santiago, Año 2009.

En resumen, la calidad del aire en la ciudad de Rancagua es mala, con excedencia de la norma anual y diaria del MP_{10} el año 2009, sin tendencia clara a mejorar. Los datos del $MP_{2.5}$, aun cuando estrictamente no se pueda hablar de 'excedencia' de la norma, indican niveles preocupantes de calidad del aire, especialmente en meses de otoño e invierno.

Los datos respecto al ozono (promedios de 8h de exposición) no muestran una tendencia clara en los últimos años, y la situación de latencia por esta norma indica que la calidad del aire con respecto al ozono es regular.

Ciudad de Rengo:

Para esta ciudad el monitoreo ambiental comenzó el 1° de Abril del año 2007, con monitoreo continuo de MP₁₀ y de ozono en una estación de la red SIVICA. Se dispone de datos hasta el 30 de Abril de 2010, con lo cual es posible evaluar los tres primeros años de monitoreo continuo de ozono y MP₁₀

La siguiente figura muestra la evolución de los promedios diarios del MP₁₀, sin que se note una tendencia clara en los datos. El percentil 98 de los promedios diarios de MP₁₀ de los años 2007, 2008 y 2009 alcanzó los valores de 167, 117 y 121 [ug/m³N], respectivamente. Los días que se excedió la norma diaria en esos tres años fueron 16, 0 y 3, respectivamente. Es decir, se supera la norma diaria el año 2007, mientras que el año 2009 se alcanza situación de latencia, y se aprecia una tendencia a la reducción de las concentraciones diarias.

Luego, para el caso del MP₁₀, la situación de Rengo es que está en situación de latencia por la norma diaria.

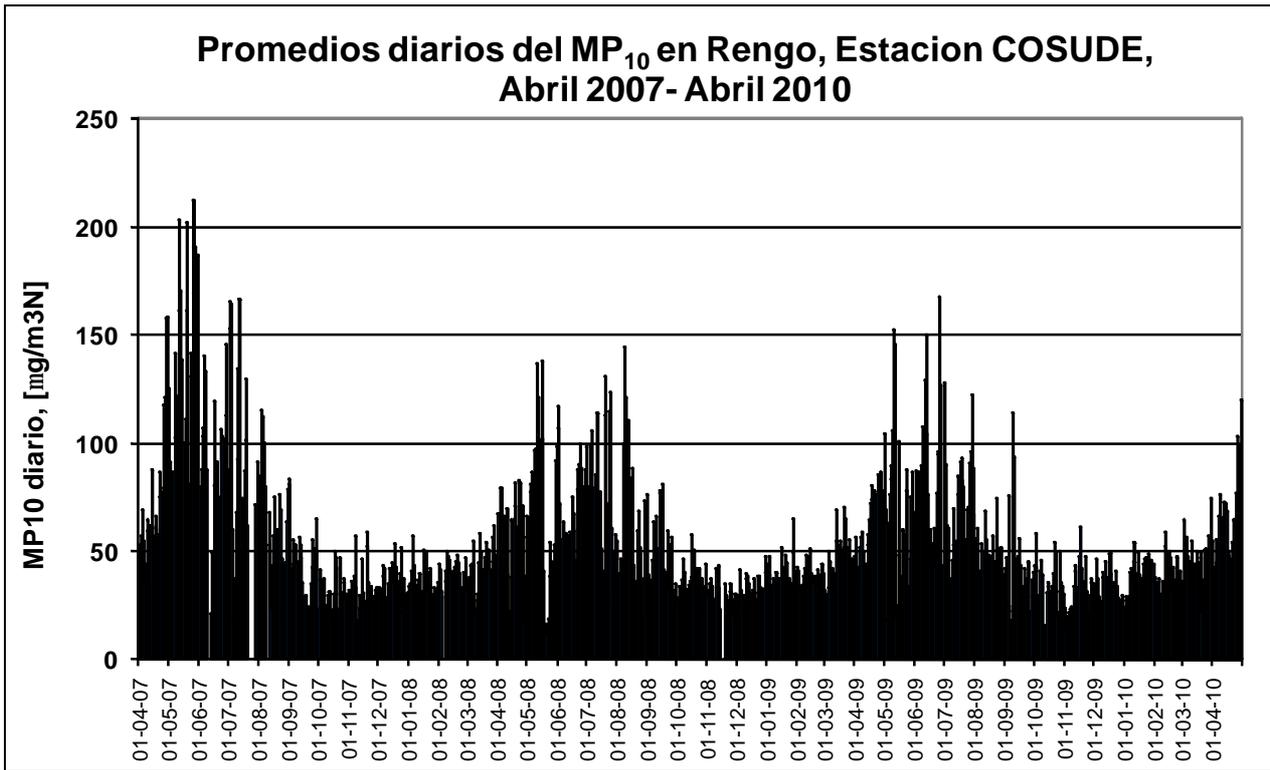


Figura 42. Evolución de las medias diarias de MP₁₀ en Rengo, Abril 2007 a Abril 2010.

Con respecto a la norma anual, el monitoreo ha permitido evaluar tres promedios anuales a partir de Abril 2007, los que corresponden a los valores de 57, 49 y 49 [ug/m³N], respectivamente. Esto origina un promedio móvil de tres años de 52 [ug/m³N], es decir, Rengo está superando la norma anual del MP₁₀.

Para el caso del ozono (máximas diarias del promedio móvil de 8 h), la figura siguiente muestra que no hay una tendencia clara en los datos, excepto que ellos están bajo la norma de 61 [ppb]. Los valores de los percentiles 99 son de 58, 53 y 49 [ppb], respectivamente, lo que produce un promedio móvil de tres años de 53 [ppb] para el 2009, primer año que se puede evaluar la norma de corto plazo. Luego, se tiene situación de latencia por la norma de ozono para el periodo Abril 2007 a Marzo 2009.

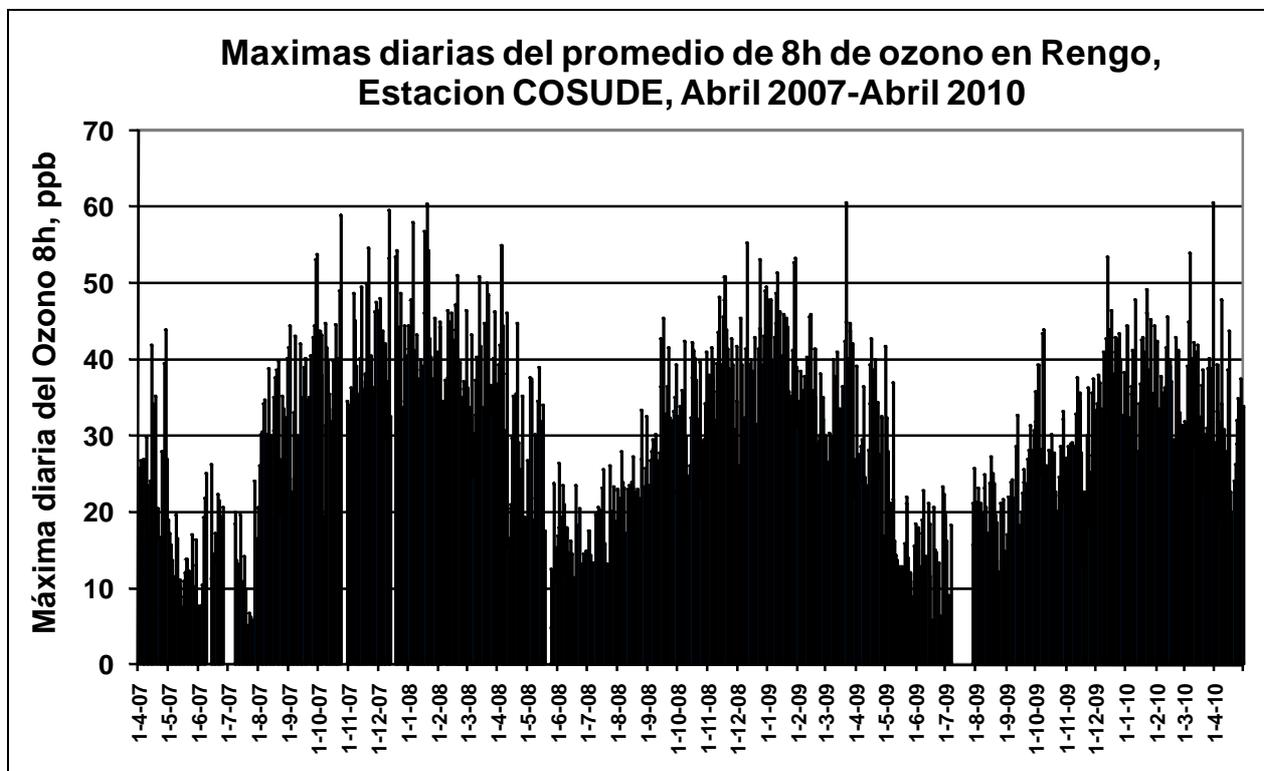


Figura 43. Evolución de las máximas diarias del promedio móvil de 8h de ozono para Rengo, Abril 2007- Abril 2010.

En resumen, la calidad del aire en la ciudad de Rengo es mala, con latencia por la norma diaria de MP₁₀ y excedencia de la norma anual de MP₁₀. Respecto al ozono, la tendencia de los últimos años no es clara, pero se ha llegado a una condición de latencia el año 2009.

Ciudad de San Fernando:

El monitoreo ambiental comenzó en Abril del año 2007, con monitores continuos de MP₁₀ y de ozono, en una estación de la red SIVICA. También se ha completado tres años de monitoreo continuo al mes de Marzo de 2010.

La siguiente figura muestra la evolución de los promedios diarios del MP₁₀, apreciándose que ha habido excedencias la norma diaria en temporadas de invierno, destacándose la marcada estacionalidad de las concentraciones. El percentil 98 de las medias diarias de MP₁₀ de los tres periodos anuales alcanzó los valores de 130, 127 y 145 [ug/m³N], respectivamente; es decir, ha estado en condición de latencia en los primeros 36 meses de monitoreo continuo. Además, el dato del año 2009 es preocupante, porque muestra una tendencia al alza. Al respecto, el número de días que se excedió la norma diaria fue de 3, 4 y 6 para los años calendario 2007, 2008 y 2009, respectivamente.

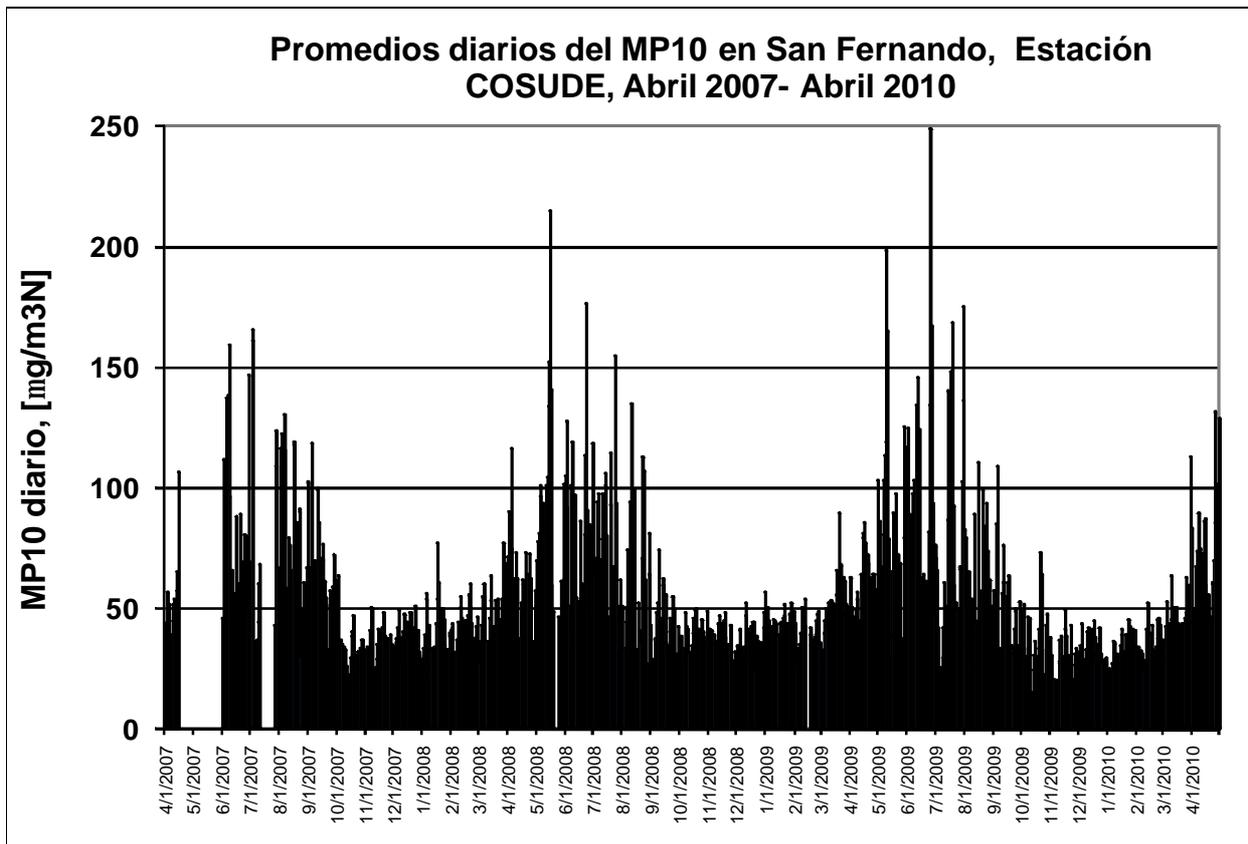


Figura 44. Evolución de las medias diarias de MP₁₀ en San Fernando, Abril 2007 a Abril 2010.

Considerando los tres promedios anuales que se pueden calcular, ellos tienen los valores de 51, 52 y 52 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], respectivamente. El promedio móvil de estos tres valores es de 52 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Luego, San Fernando está en excedencia de la norma anual del MP_{10} .

Para el caso del ozono, la figura siguiente indica que todos los promedios móviles de 8h medidos están bajo la norma de 61 [ppb]. Los percentiles 99 corresponden a los valores 57, 54 y 49 [ppb], respectivamente. El promedio móvil de los tres periodos anuales consecutivos es de 53 [ppb]. Luego, San Fernando está en situación de latencia por la norma de ozono.

En resumen, la calidad del aire en San Fernando es mala, con saturación por la norma anual de MP_{10} , y latencia por las normas diarias de MP_{10} y de ozono (máximo del promedio móvil de 8 h).

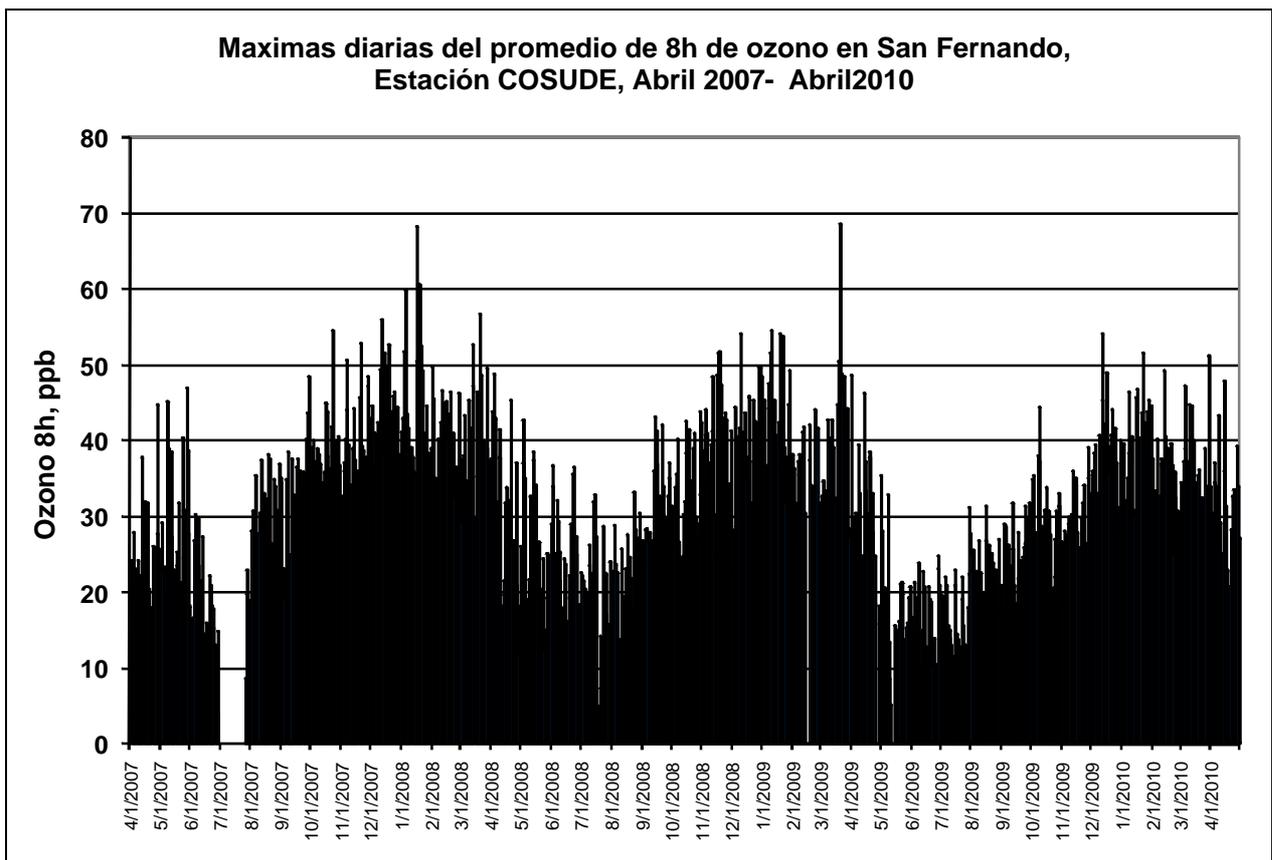


Figura 45. Evolución de las máximas diarias del promedio móvil de 8h de ozono para San Fernando, Abril 2007- Abril 2010.

La siguiente Tabla resume la situación con respecto a la normativa vigente del MP₁₀ y del ozono para las tres ciudades donde existe monitoreo continuo. Lo que queda claro de este resumen es que el valle central de la VI Región se encuentra saturado por MP₁₀ (norma anual), sin una tendencia a la reducción de las concentraciones ambientales. Con respecto a la norma diaria del MP₁₀, hay situación de excedencia en Rancagua y de latencia en Rengo y San Fernando. Además las tres ciudades están en estado de latencia por la norma de ozono de 8h.

Ciudad	Norma anual MP10	Norma diaria MP10	Norma ozono 8h
Rancagua	Excedencia	Excedencia	Latencia
Rengo	Excedencia	Latencia	Latencia
San Fernando	Excedencia	Latencia	Latencia

Tabla 17. Resumen de situación de cumplimiento de normativa de calidad ambiental, al año 2009.

5.2 Análisis de las concentraciones de contaminantes en relación con fuentes y procesos presentes en cada zona monitoreada.

5.2.1 Perfiles diarios de las concentraciones ambientales

En primer lugar, un perfil diario de las concentraciones horarias de MP₁₀ permite establecer con claridad a qué horas se producen las máximas concentraciones, y vincular a qué actividades específicas se podría asociar dichos valores.

Dado que este método solamente es posible de aplicarse en condiciones de monitoreo continuo de MP₁₀, esto se realizará solamente para las estaciones de Rancagua (red COSUDE) y de Rengo y San Fernando (red SIVICA).

La siguiente figura muestra los perfiles diarios de concentraciones de distintos contaminantes medidos en Rancagua. El panel superior muestra los perfiles de dos contaminantes normalmente dominados por las emisiones del transporte: el CO (mayoritariamente emitido por el tubo de escape de vehículos a gasolina) y el polvo grueso (MP₁₀-MP_{2.5}), que en ciudades está dominado por la emisión de polvo de calles suspendido por el paso de los vehículos. El segundo panel incluye otros dos contaminantes asociados primordialmente a las fuentes de transporte motorizado: el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Como se puede apreciar, en los cuatro gráficos aparece un máximo en las mañanas, que parte desarrollándose alrededor de las 7 am hora local, luego en todos los gases se produce una caída de las concentraciones hasta las 18 h aprox., para después subir en un segundo valor máximo en el día, para posteriormente decaer a partir de las 21 horas aprox. y continuar decayendo toda la noche hasta llegar a un mínimo cercano a las 7 am, cerrándose así el ciclo diurno. En el caso del polvo grueso (MP₁₀-MP_{2.5}),

las concentraciones no bajan después del máximo matinal, sino que después de un pequeño mínimo al mediodía siguen aumentando sostenidamente hasta las 21 horas, después de lo cual disminuyen monótonamente hasta las 7 am donde se alcanza un mínimo y se cierra el ciclo diario. Además, en el caso del NO_2 la mayor concentración de este contaminante se constata en condiciones nocturnas, generado por la neutralización del ozono con el NO . Todas estas figuras indican claramente un aporte mayoritario de las fuentes de transporte a estos contaminantes.

El tercer panel compara los perfiles diarios del MP_{10} y del $\text{MP}_{2.5}$. En el caso de los finos, éstos presentan un comportamiento más similar al de los gases (CO , NO , NO_2), lo que sugiere un aporte relevante del transporte al $\text{MP}_{2.5}$. En contraste, el MP_{10} presenta un perfil con un ascenso monótono de las concentraciones entre las 7 am y el mediodía, un leve descenso hasta las 2 pm y posteriormente un ascenso sostenido hasta las 22 horas, con un aumento de pendiente alrededor de las 18 horas, explicado por el tráfico del atardecer/anochece. A las 22 horas se constata el máximo del día, y posteriormente las concentraciones decaen rápidamente toda la noche hasta alcanzar un mínimo alrededor de las 7 am, cerrándose así el ciclo del MP_{10} .

El panel inferior muestra dos contaminantes que poseen comportamientos diferentes a los anteriores contaminantes. El SO_2 aumenta en las noches, a partir de las 21 horas, y aumenta sostenidamente hasta las 10 am, alcanzando allí un máximo matinal, para posteriormente decaer a lo largo del día hasta las 21 horas, cerrándose así el ciclo de este gas. La forma de este perfil se puede atribuir al transporte de emisiones de SO_2 desde la División El Teniente de CODELCO hacia la parte baja del valle, en condiciones nocturnas cuando el viento cambia y desciende desde la cordillera hacia el valle. Esto es avalado por la rosa de los vientos en ese periodo del día, como se puede apreciar en la Figura 47.

Finalmente, el ozono muestra un máximo alrededor de las 5 pm, lo que está indicando un aporte relevante de las emisiones biogénicas para sostener la generación de ozono hasta bien avanzada la tarde. En contraste, en Santiago (con meteorología muy similar) el máximo de ozono invariablemente se manifiesta entre las 12 y 14 horas todo el año, en todas las estaciones de monitoreo.

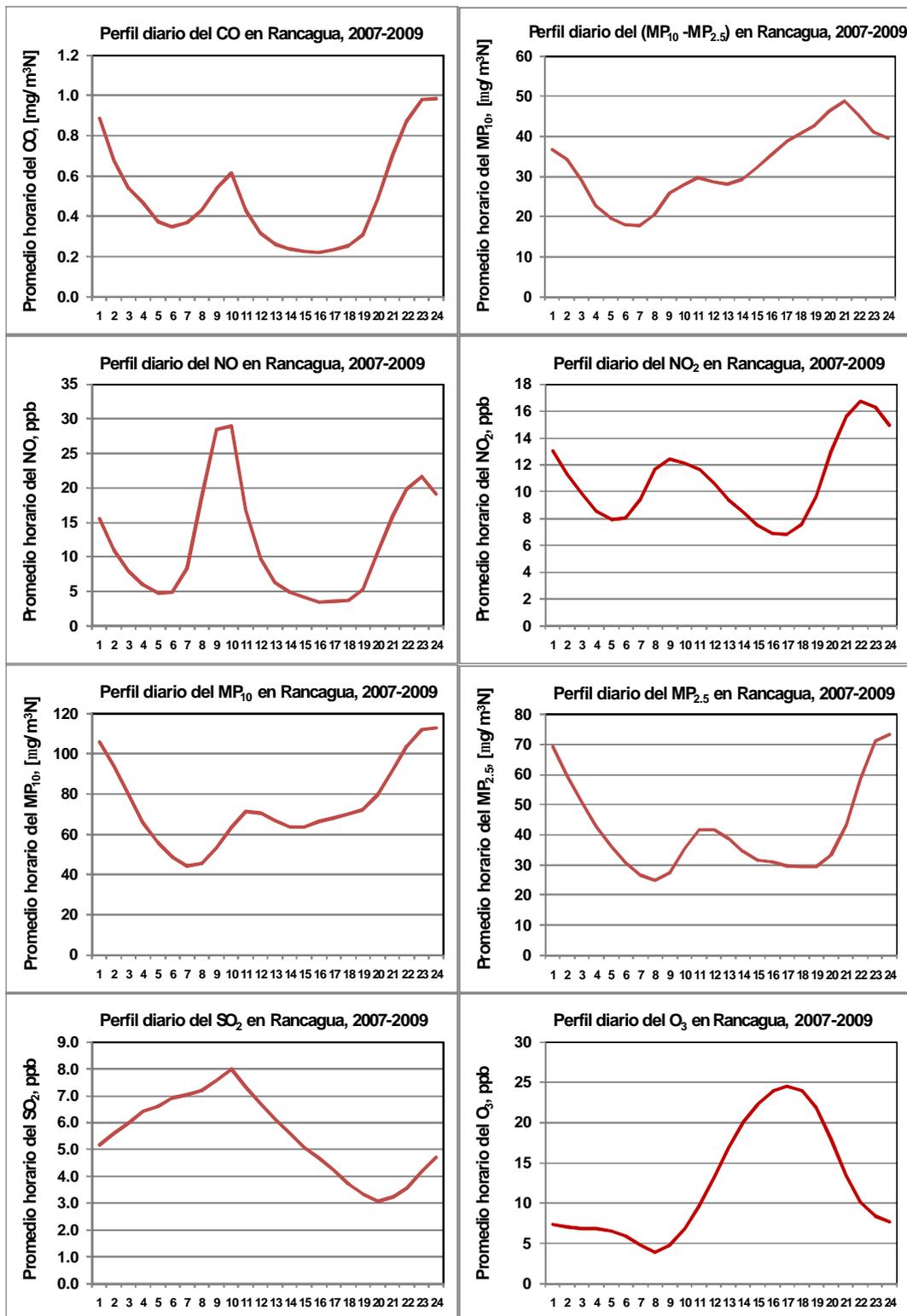


Figura 46. Perfiles diarios de los contaminantes medidos en la estación COSUDE de Rancagua, años 2007 a 2009.

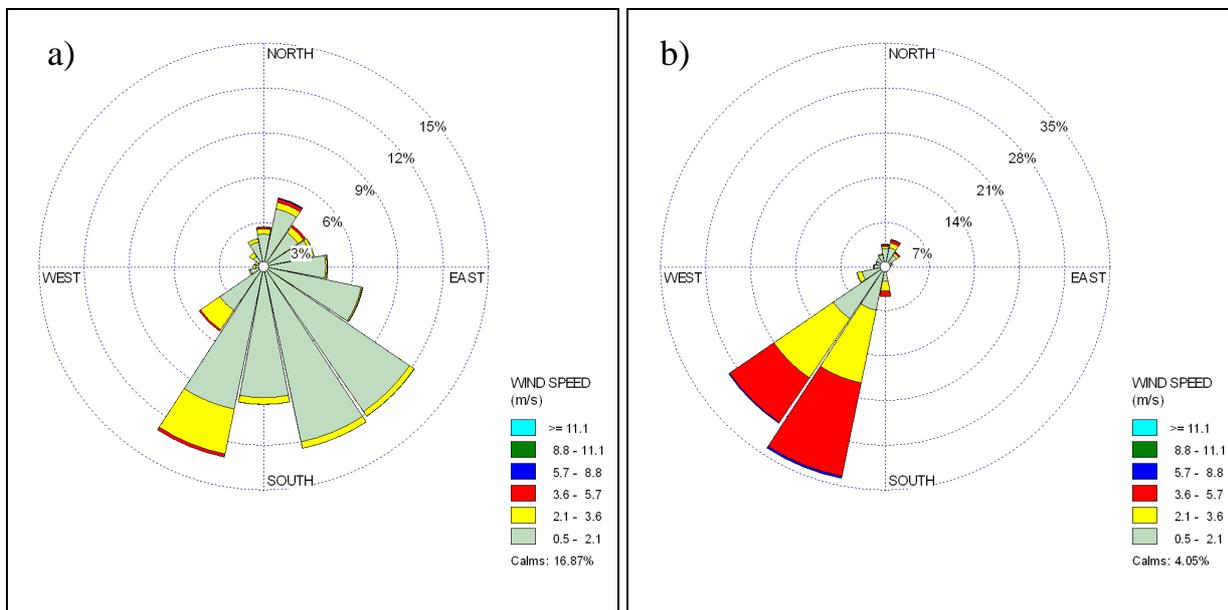


Figura 47. Rosa de los vientos en la estación COSUDE de Rancagua; a) entre la medianoche y las 7 am, b) entre las 10 y 20 horas.

Con respecto a la ciudad de Rengo, la siguiente figura muestra los perfiles diurnos del MP_{10} , ozono horario y ozono promedio de 8h. El periodo de análisis es de Abril 2007 a Abril 2010.

Se aprecia que el MP_{10} y el ozono siguen tendencias muy similares al perfil encontrado para Rancagua: el MP_{10} alcanza un mínimo a las 7 am y un máximo a las 21 horas, con un mínimo secundario a las 14 horas, y ascensos en la mañana y al atardecer, asociados al tráfico.

El ozono presenta, al igual que en el caso de Rancagua, un perfil de ozono con máximos alrededor de las 17 horas, nuevamente se diagnostica un efecto de las emisiones biogénicas en el desplazamiento del máximo de ozono. Por comparación se entrega el mismo perfil pero para cuatro estaciones en Santiago, donde todas ellas presentan el máximo de ozono a las 14 horas. Además, el perfil diurno del ozono de 8h muestra un máximo a las 20 horas, y una forma sinusoidal del perfil, con un mínimo alrededor de las 10 am, y con una curva más suave que en el caso del ozono de 1 h.

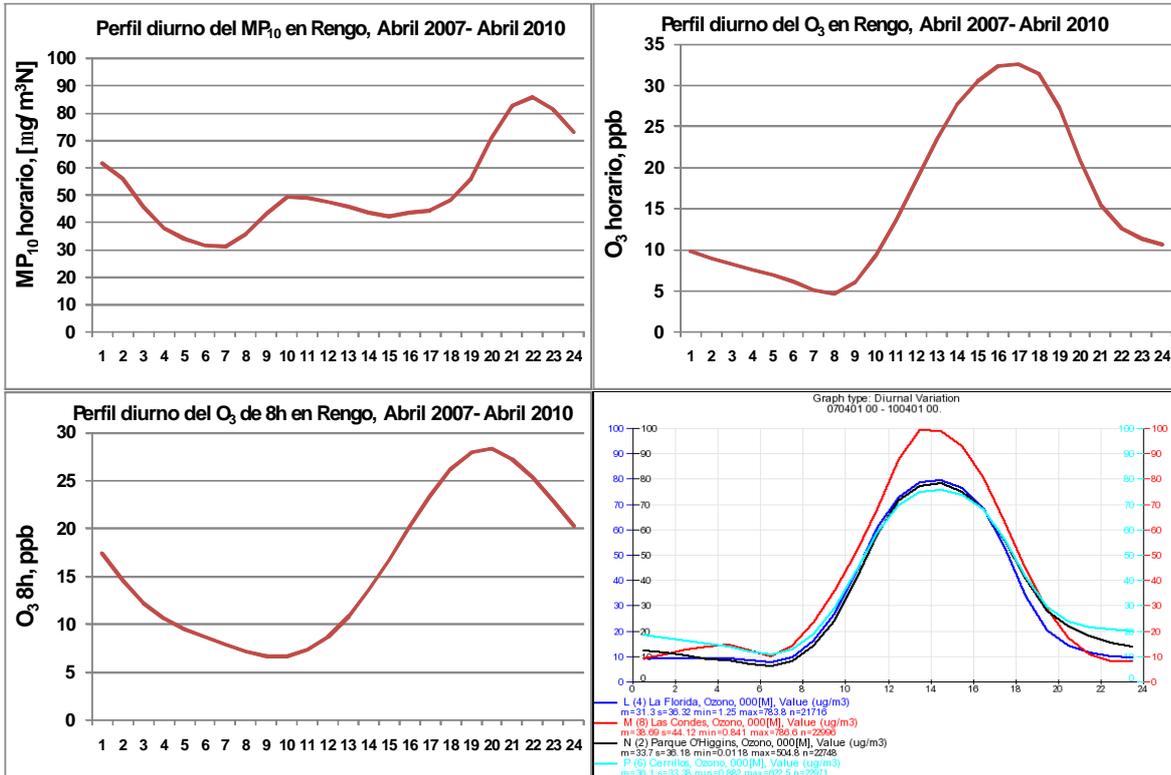


Figura 48. Perfiles diarios del MP₁₀, ozono y ozono promedio de 8 h en Rengo, y comparación con perfiles diarios del ozono horario en Santiago. Periodo: Abril 2007 a Abril 2010.

La siguiente figura muestra los resultados de los perfiles de MP₁₀, ozono y ozono promedio de 8h para la ciudad de San Fernando, con resultados muy similares a los encontrados en Rancagua y Rengo.

Esto nos lleva a concluir que las fuentes de emisión que afectan a las tres ciudades son las mismas, en particular el ozono muestra una dinámica similar en las tres ciudades, con máximas de ozono alrededor de las 17 horas, la que es distinta al caso de Santiago, donde los máximos ocurren a las 14 horas.

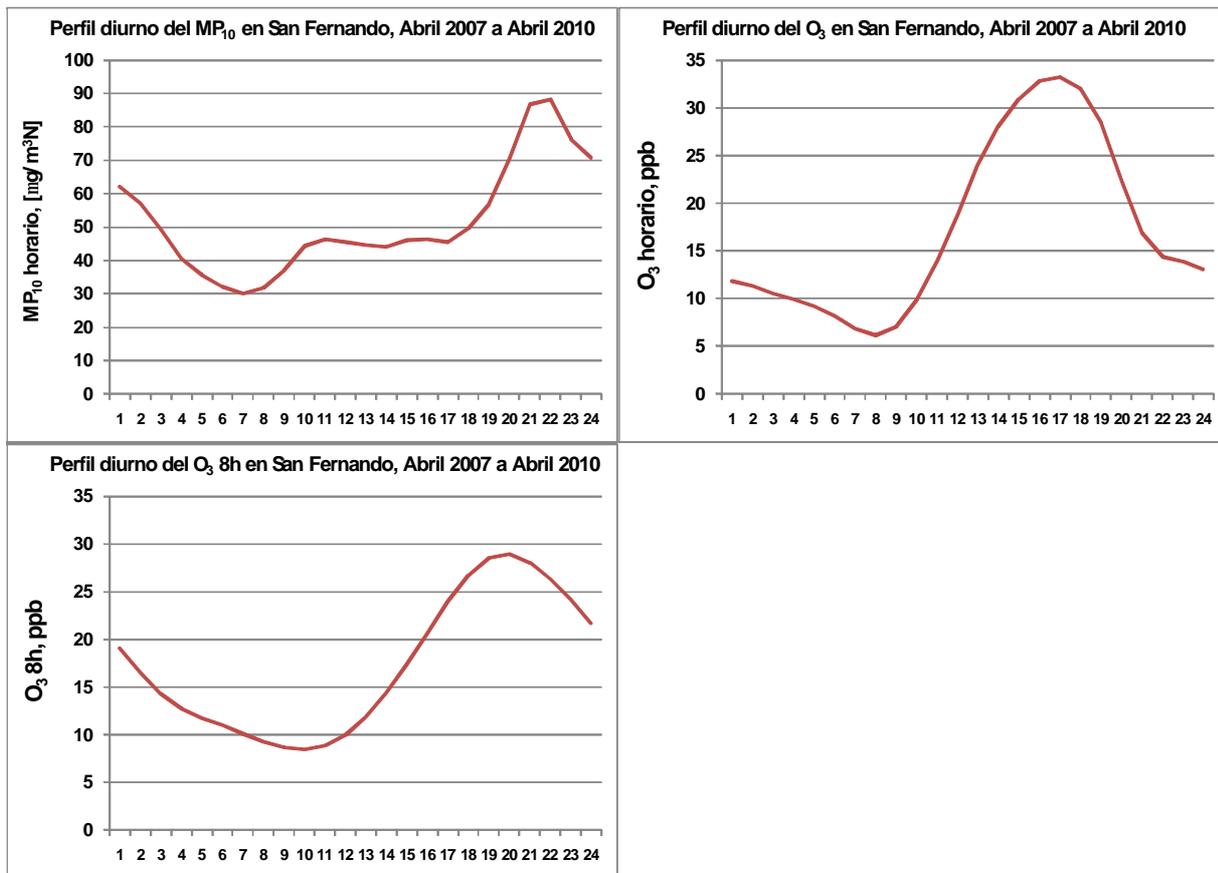


Figura 49. Perfiles diarios del MP₁₀, ozono y ozono promedio de 8 h en San Fernando. Periodo: Abril 2007 a Abril 2010.

5.2.2 Análisis del MP₁₀ y ozono por día de la semana.

Los fines de semana se producen normalmente las siguientes situaciones:

- i) Baja el flujo del transporte asociado a actividades laborales y educacionales, con la consecuente reducción de emisiones de NO_x y MP₁₀ de tubo de escape, y menores emisiones de MP₁₀ de polvo de calles suspendido por el tráfico.
- ii) Aumenta el flujo de vehículos livianos, asociado a actividades comerciales y recreacionales.

- iii) Se reduce el nivel de actividad de pequeñas y medianas empresas, reduciéndose así las fuentes distribuidas.
- iv) Las emisiones de grandes fuentes emisoras (ejemplo: CODELCO División El Teniente) siguen con el mismo patrón de actividad que entre lunes y viernes.

Luego, al analizar los promedios diarios del MP10 y las máximas diarias del ozono (1h y 8h) por día de la semana, podemos entonces entender más como operan estos mecanismos de cambios de actividad de corto plazo.

Para la ciudad de Rancagua, se dispone también de las emisiones de especies gaseosas NOx, SO2 y CO, lo que permite completar el análisis de los contaminantes regulados.

La figura siguiente muestra que el CO y el SO₂ prácticamente no cambian el fin de semana. En el caso del SO₂, éste está muy correlacionado con la actividad de CODELCO División El Teniente, la que es 24/7.

Para el CO, este resultado indica que los fines de semana hay una actividad de vehículos particulares ligeros (a gasolina) similar a la de los días laborales, lo que se explica por una mayor frecuencia de viajes asociados a actividades recreativas y de consumo. Los datos permiten concluir que ese fenómeno de fin de semana compensa los viajes (y emisiones de CO) en días laborales (asociados a trabajo y educación).

Con respecto al NOx, éste muestra una clara caída los días domingo, debido a la menor actividad de buses, camiones y maquinaria fuera de ruta en la ciudad. Lo mismo pasa con el MP grueso, dominado por suspensión de polvo de calles, lo que sugiere que la baja de vehículos medianos y pesados en la flota que circula en la ciudad explica esa caída.

El MP₁₀ y el MP_{2.5} responden a la reducción de emisiones del fin de semana con reducciones modestas pero sostenidas, las que llevan a que los lunes sean los días de la semana con menores concentraciones ambientales de estas dos fracciones del MP respirable. Luego, hay un efecto de reducción, pero es pequeño.

En el caso del ozono, hay un aumento de este contaminante los fines de semana, debido a que al reducirse los NOx, se reduce la neutralización (titulación) del ozono con el NO, para formar NO₂ y O₂. Esto indica que la zona de Rancagua se encuentra saturada por NOx en lo que respecta a la fotoquímica del ozono: las reducciones de NOx aumentan el ozono los fines de semana, lo que se nota más claramente en el caso de los promedios móviles de 8h de ozono. En otras palabras, el ozono se encuentra limitado por los COV, lo que complica la regulación, ya que hay un aporte relevante de las emisiones biogénicas a la formación de ozono en la cuenca entre San Francisco de Mostazal y San Fernando, lo que queda evidenciado por la hora del día a la cual se manifiesta el máximo de ozono (5 pm hora local).

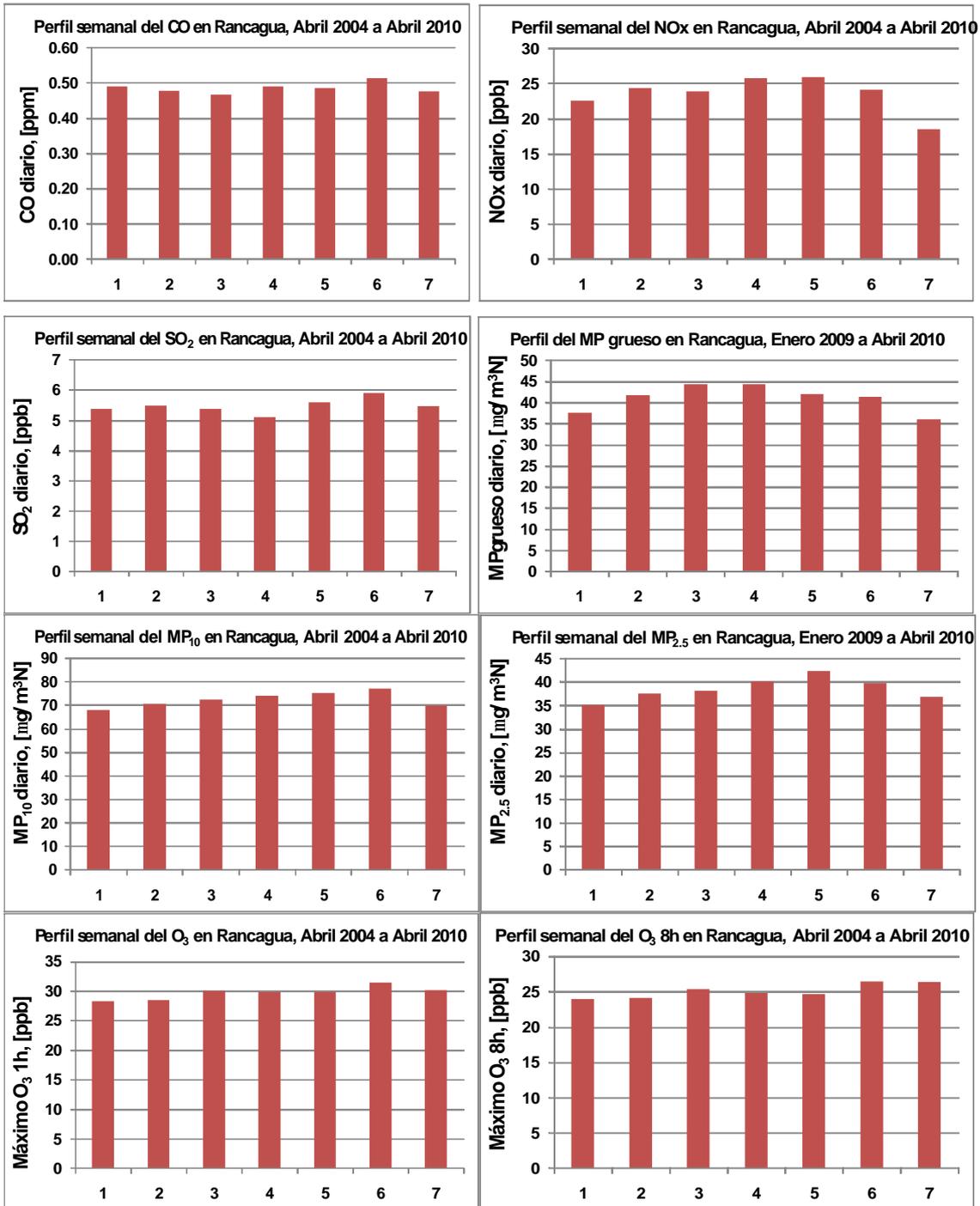


Figura 50. Perfiles semanales de los contaminantes medidos en la estación COSUDE de Rancagua, Abril 2004 a Abril 2010.

Para la zona de Rengo y de San Fernando, los comportamientos por día de la semana se han evaluado para el caso del MP_{10} y ozono, y los resultados se presentan en las siguientes figuras.

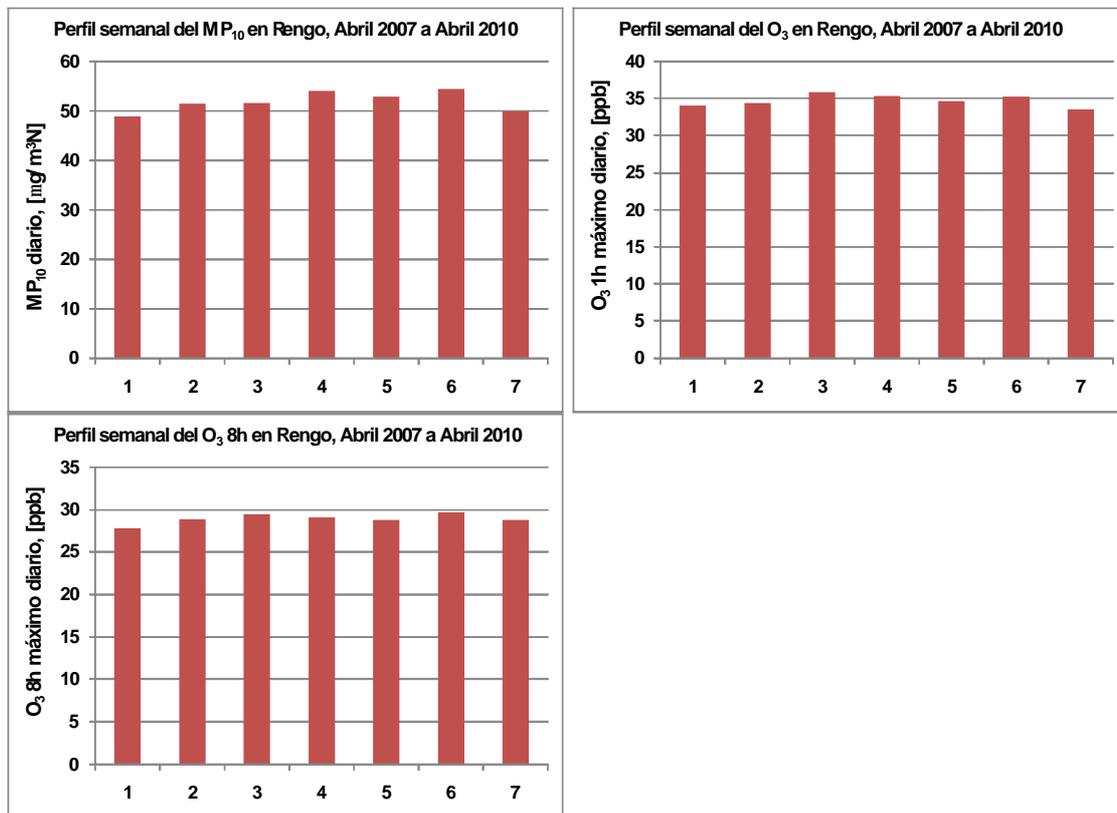


Figura 51. Perfiles semanales de los contaminantes medidos en la estación COSUDE de Rengo, Abril 2007 a Abril 2010.

En ambos casos se aprecia que:

- Hay un modesto efecto de fin de semana en el MP_{10} , que se traduce en que el fin de semana y el lunes hay menores concentraciones.
- En el caso del ozono, todavía no hay situación de saturación por NO_x (como en el caso de Rancagua), y el fin de semana y el lunes hay reducciones de las concentraciones de ozono, lo cual se manifiesta de manera más clara con los promedios móviles de 8h.

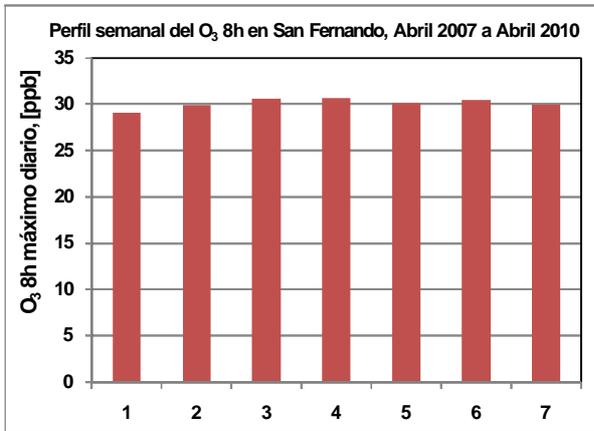
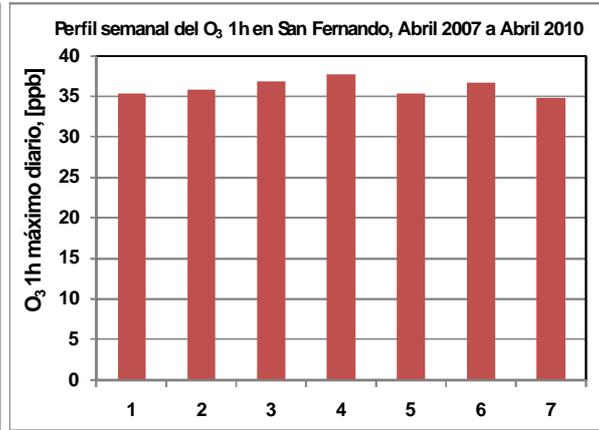
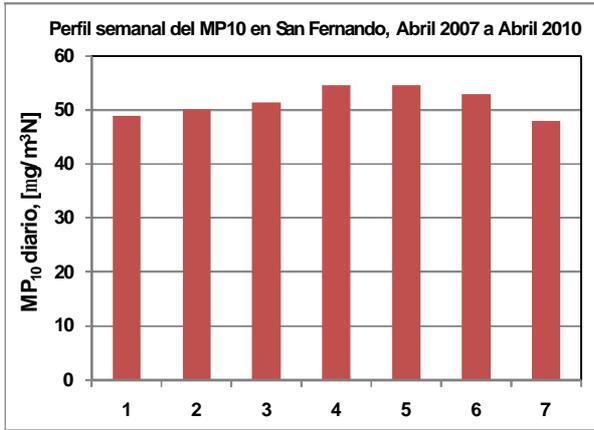


Figura 52. Perfiles semanales de los contaminantes medidos en la estación COSUDE de San Fernando, Abril 2007 a Abril 2010.

5.3 Resultados medición de Material particulado MP_{10} y Ozono 5 Sectores.

5.3.1 Resultados medición de Material particulado MP_{10} .

En este Estudio se ha medido MP_{10} en las siguientes estaciones seleccionadas: Marchigue, Las Cabras, Peumo, Santa Cruz y San Vicente.

Los muestreos comenzaron en Septiembre de 2009 y este han continuado hasta el mes de Agosto de 2010, con lo cual se ha completado un año de monitoreo discontinuo. La siguiente figura muestra los resultados de las concentraciones diarias de MP_{10} medidas en las cinco estaciones de monitoreo ya señaladas.

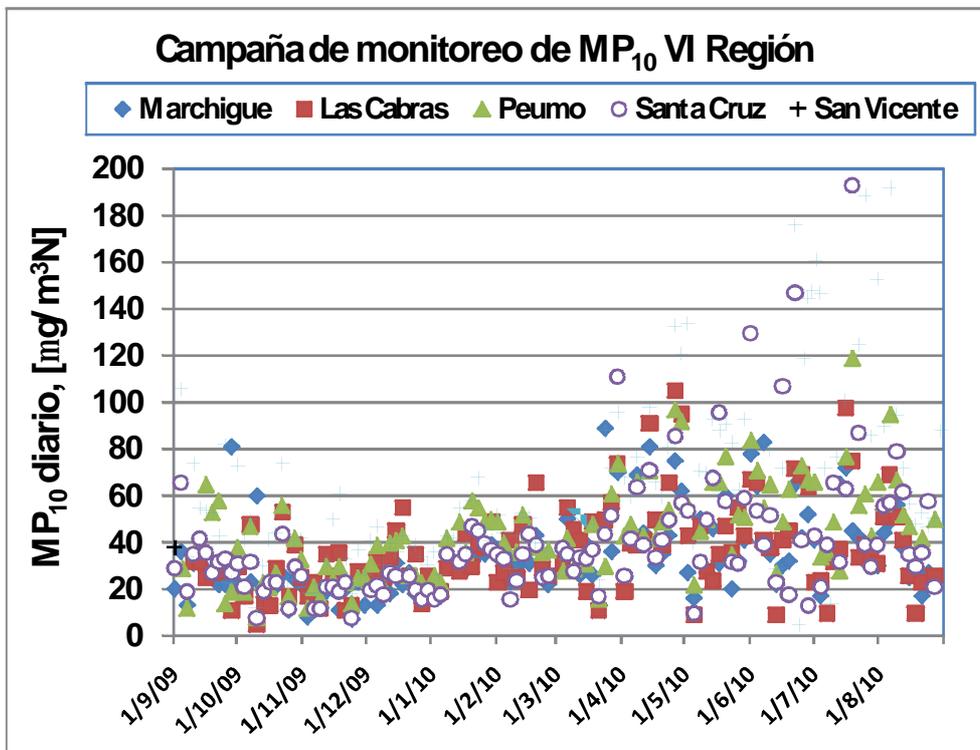


Figura 53. Monitoreo de MP_{10} diario en la VI Región, Septiembre 2009 a Agosto 2010.

Los datos muestran claramente una estacionalidad, con valores diarios bajo el 50% de la norma entre Noviembre 2009 y Marzo 2010. Sin embargo, hacia fines de Abril las concentraciones suben marcadamente, y se aprecia la estacionalidad de los datos. En los meses de Junio y Julio hay días en que se excede el valor de 150 [ug/m³N].

La siguiente Tabla resume los indicadores estadísticos de los datos medidos.

Indicador \ Estación	Marchihue	Las Cabras	Peumo	Santa Cruz	San Vicente
Mínimo	7	5	8	8	5
Percentil 25	22	25	28.8	23	39
Mediana (percentil 50)	30	34	43	34	52
Media	34	37	44	40	64
Percentil 75	41	47	56	46	80
Percentil 98	81	94	94	125	171
Máximo	89	105	119	193	192
Días medidos	117	115	112	115	117
Desviación Estándar	17.9	19.6	20.3	27.8	38
Error estándar media	1.6	1.8	1.9	2.6	3.5

Tabla 18. Estadística descriptiva de las estaciones de la campaña de monitoreo MP10 VI Región. Septiembre 2009 a Abril 2010.

En todos los casos se aprecia que la media es mayor que la mediana, lo que indica que la distribución es asimétrica, con una 'cola' hacia las concentraciones mayores medidas, lo cual es típico del monitoreo de calidad del aire. La siguiente figura muestra los histogramas de los valores diarios medidos en las cinco estaciones.

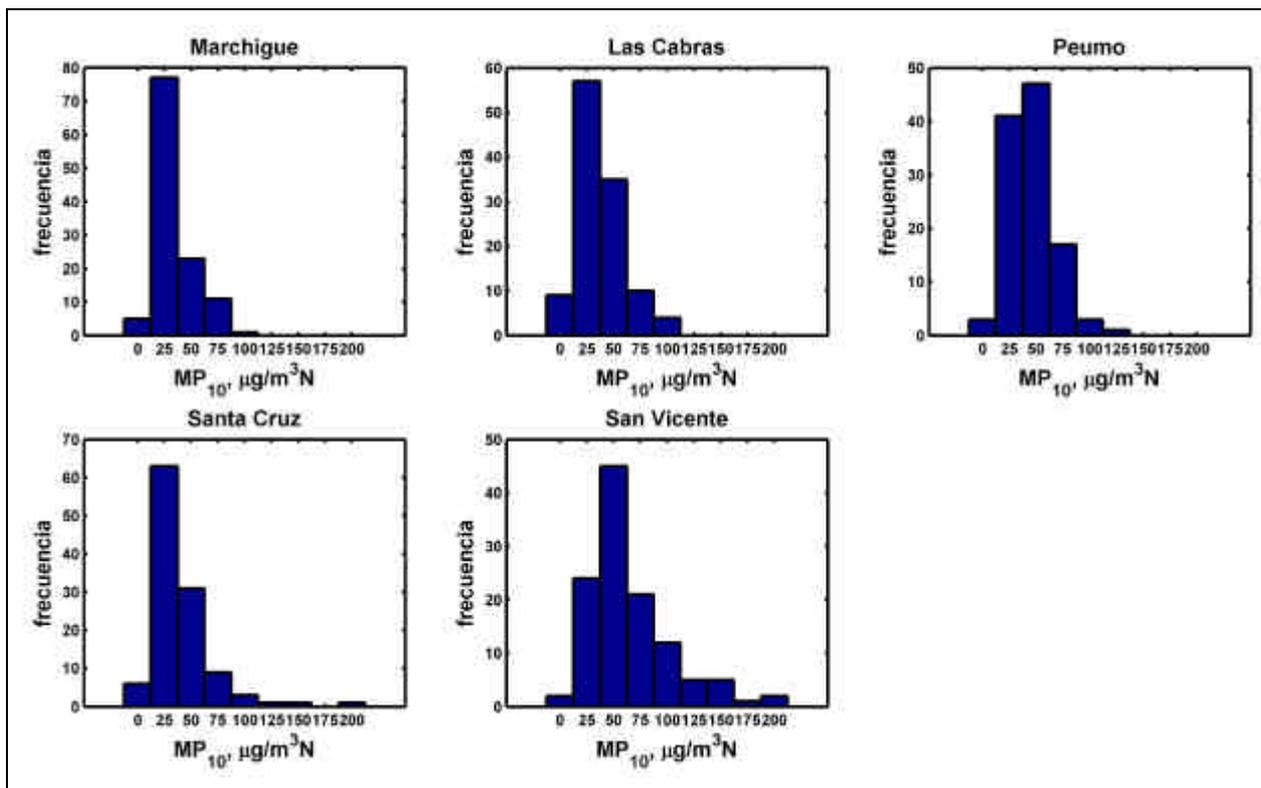


Figura 54. Histogramas de las mediciones diarias de MP₁₀, campaña VI Región, Septiembre 2009 a Agosto 2010.

La siguiente figura muestra todas las combinaciones de gráficas de dispersión de las concentraciones diarias de MP₁₀ medidas en las cinco estaciones de esta campaña.

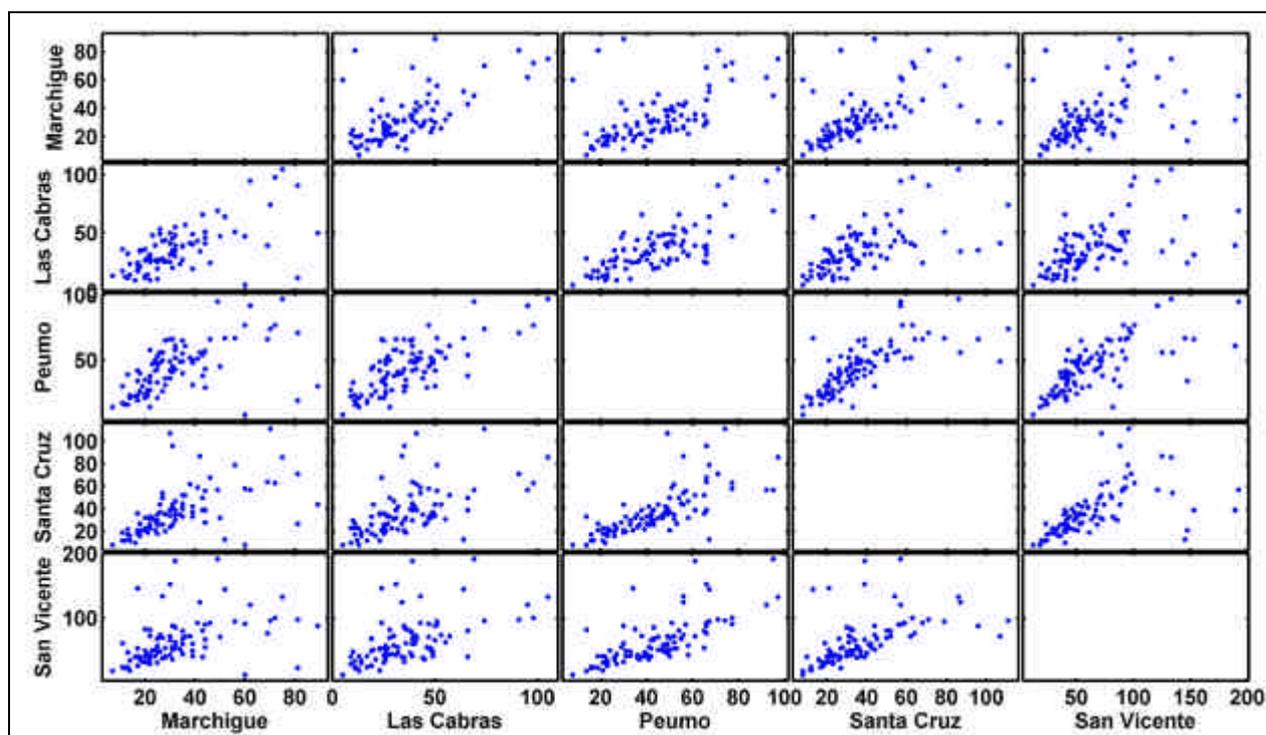


Figura 55. Gráficos de dispersión entre las mediciones diarias de MP_{10} de las estaciones de la campaña de monitoreo de este estudio.

Se aprecia que hay buenas correlaciones entre las estaciones de Monitoreo. La siguiente Tabla resume los coeficientes de correlación entre pares de estaciones de monitoreo.

Coef. Corr.	Marchigue	Las Cabras	Peumo	Santa Cruz	San Vicente
Marchigue	1.00	0.63	0.55	0.58	0.42
Las Cabras	0.63	1.00	0.75	0.59	0.56
Peumo	0.55	0.75	1.00	0.73	0.72
Santa Cruz	0.58	0.59	0.73	1.00	0.54
San Vicente	0.42	0.56	0.72	0.54	1.00

Tabla 19. Coeficientes de correlación entre pares de estaciones de monitoreo diario de MP_{10} , VI Región.

En términos de cumplimiento de las normas de calidad del aire, la Tabla 17, indica que la estación de monitoreo de San Vicente presenta excedencia de la norma diaria de MP_{10} , y en caso de seguir la tendencia de valores medidos en esta campaña, se excedería la norma anual del MP_{10} .

La siguiente figura muestra los promedios anuales del MP_{10} en cada estación de monitoreo, indicando en cada caso el intervalo de confianza al 95% para los respectivos promedios.

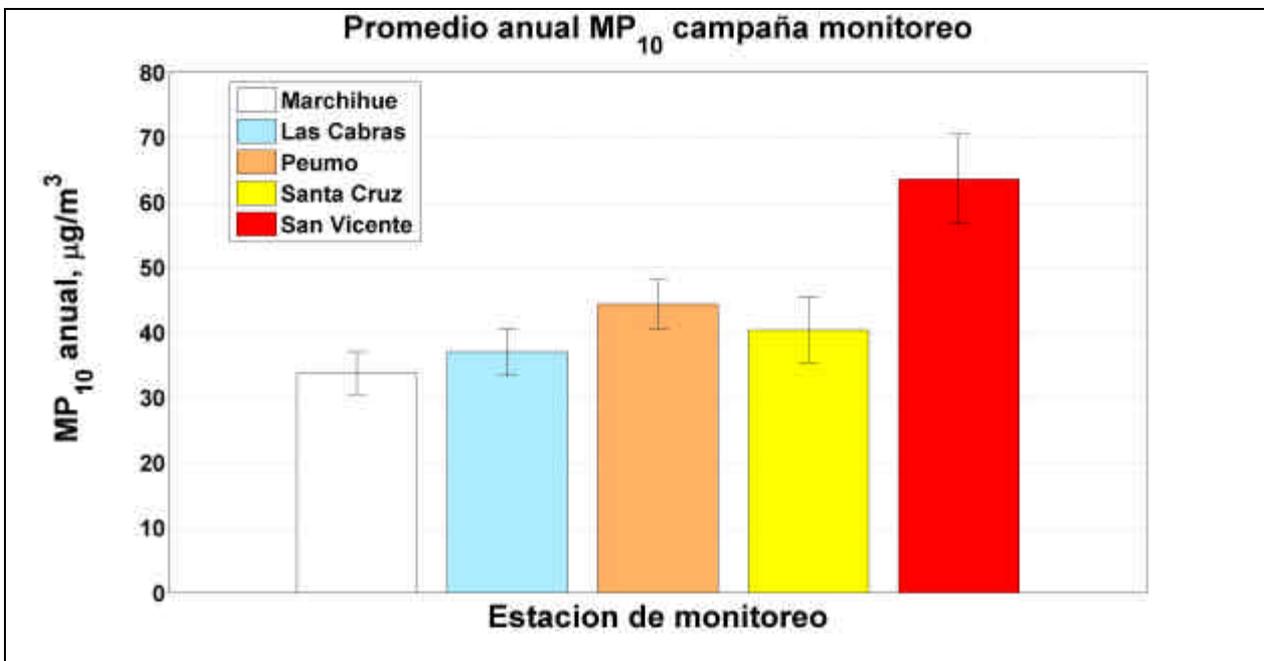


Figura 56. Promedios anuales del monitoreo de MP_{10} en la VI Región, en [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$]. Las barras representan intervalo de confianza al 95% para los respectivos promedios.

Se aprecia que tanto Peumo como Santa Cruz caerían en latencia por la norma anual del MP_{10} , en caso que se repitiera la distribución de mediciones en los 24 meses que parten en Septiembre 2010. En el caso de la norma diaria del MP_{10} , la siguiente figura muestra los resultados de la campaña de monitoreo, y se aprecia que San Vicente claramente excede la norma de 150 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], que Santa Cruz está claramente en latencia, con un valor que supera los 120 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$].

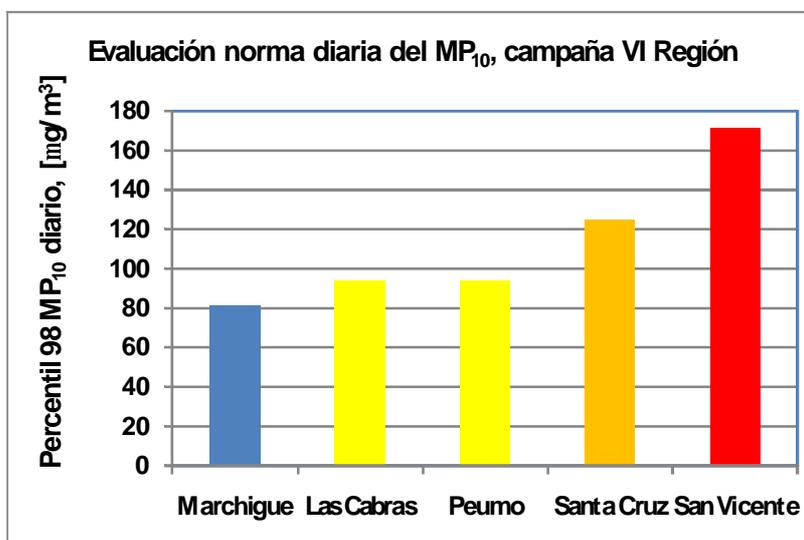


Figura 57. Percentil 98 de las concentraciones diarias de MP₁₀ medidas en la campaña.

5.3.2 Resultados medición de Tubos pasivos de Ozono.

El siguiente Gráfico muestra los resultados de las mediciones realizadas con tubos pasivos de Ozono durante los meses Septiembre 2009 a Agosto 2010. Las mediciones de ozono corresponden a una exposición semanal. Según Programa muestreos, corresponde medición para las estaciones; Marchigüe (EMAR01), Las Cabras (ELCA02) Peumo (EPEU03), muestreo por 12 meses, para las estaciones; Santa Cruz (ESCR04) y San Vicente (ESCV05), Septiembre 2009 a Febrero 2010, 6 meses y para la estación La Estrella, Diciembre 2009 y Enero a Febrero 2010, 3 meses verano y 3 meses invierno, a partir de Junio a Agosto 2010.

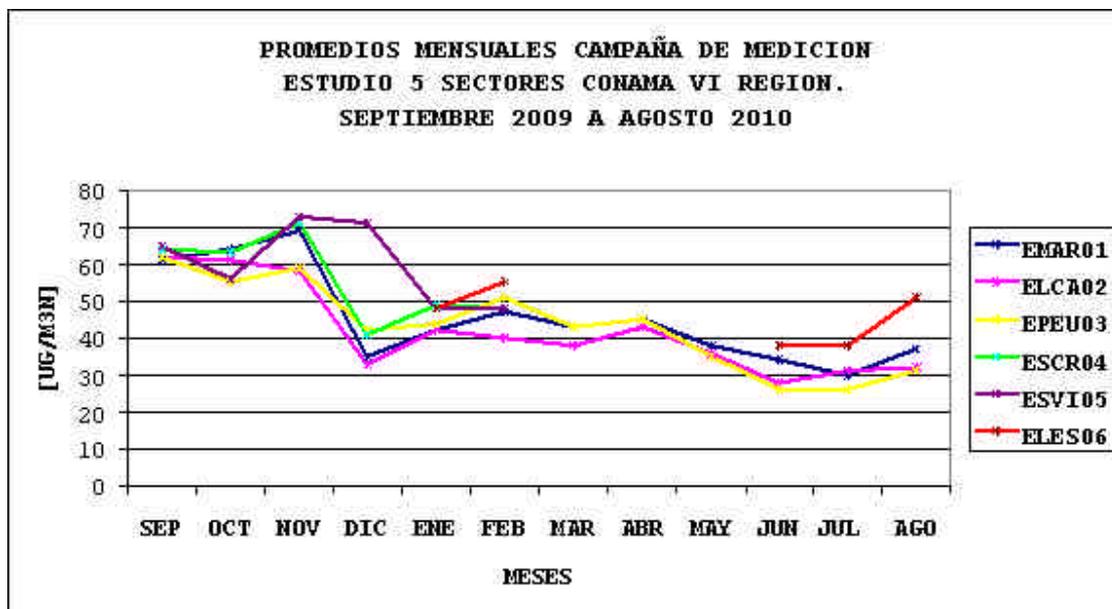


Figura 58. Resultados Promedios Mensuales Tubos pasivos de Ozono. Estaciones 5 Sectores. Periodo Septiembre 2009 a Agosto 2010

La **Figura 59**, muestra un resumen de promedios mensuales de Ozono, obtenidos en la temporada de mayores concentraciones de este contaminante (Noviembre 2009 a Febrero 2010). En esta figura se comparan los promedios medidos en los cinco sitios con los calculados para las Estaciones de la Red de Monitoreo continuo de la VI Región. En Enero y Febrero 2010 se agregó el sitio de monitoreo La Estrella.

Las comparaciones corresponden a los siguientes promedios calculados:

- Mes de Noviembre de 2009: entre las 14 hrs del día 2 de Noviembre 2009 hasta las 13 hrs del día 1 Diciembre 2009.
- Mes de Diciembre de 2009: entre las 14 hrs del día 2 de Diciembre 2009 hasta las 13 hrs del día 29 Diciembre 2009.
- Mes de Enero de 2010: entre las 14 hrs del día 29 de Diciembre 2009 hasta las 14 hrs del día 02 Febrero 2010.

- Mes de Febrero de 2010: entre las 15 hrs del día 02 de Febrero hasta las 15 hrs del día 03 Marzo 2010.

En el caso del mes de Febrero 2010, solo ha sido posible calcular el promedio mensual en las estaciones de Rengo y San Fernando, ya que la Estación Rancagua posee menos del 75% de los datos. No ha sido posible calcular promedios para el mes de Marzo 2010, puesto que la data validada es incompleta.

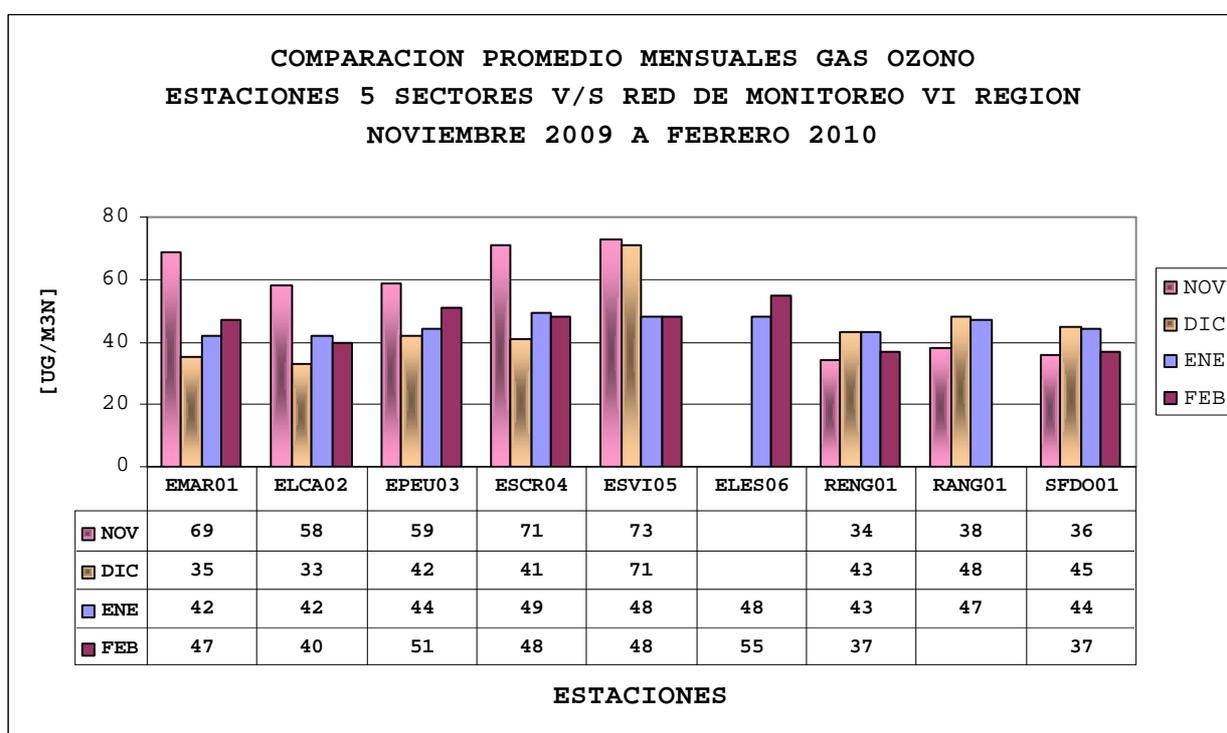


Figura 59. Comparación promedios mensuales de Ozono Estaciones 5 Sectores v/s Estaciones de la Red de Monitoreo VI Región. Noviembre 2009 a Febrero 2010.

Observamos que para las Estaciones Red Monitoreo Pública, los promedios son similares entre los meses y menores con respecto a las estaciones instaladas para este Estudio. En general a partir del mes de Diciembre 2009, exceptuando la Estación San Vicente, tiende las estaciones a valores promedios mensuales muy similares a las estaciones red de monitoreo, con valores ligeramente mas altos la estación La Estrella.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En el desarrollo de este Estudio, se ha llegado a las siguientes conclusiones tentativas:

a) Con respecto a la calidad del aire, la Tabla siguiente resume la situación en las tres estaciones de monitoreo continuo:

Tabla 19. Resumen de situación de cumplimiento de normativa de calidad ambiental año 2009.

Ciudad	Norma anual MP10	Norma diaria MP10	Norma ozono 8h
Rancagua	Excedencia	Excedencia	Latencia
Rengo	Excedencia	Latencia	Latencia
San Fernando	Excedencia	Latencia	Latencia

En particular, Rancagua está con una muy mala calidad del aire. El año 2009 se constató una media anual móvil de MP₁₀ de 79 [ug/m³N], un 58% por sobre la norma anual, y un percentil 98 de concentraciones diarias de MP₁₀ de 171[ug/m³N], un 14% por sobre la norma diaria.

Este promedio anual 2009 (media móvil de tres años) es incluso superior al de Santiago, que en 2009 y en la misma base, llegó a 67 [ug/m³N], aproximadamente. Luego se puede establecer que Rancagua es una de las ciudades más contaminadas de todo el país, con mayor riesgo para la salud de sus habitantes.

Esto se ve confirmado por los altos valores medidos el año 2009 para el MP_{2.5}: con un promedio de 41 [ug/m³N], y un percentil 98 de de medias diarias de 121 [ug/m³ N], ambos valores muy altos con respecto a las recomendaciones de la OMS, por ejemplo, y muy superiores a Santiago el año 2009 en la media anual, la que estuvo en 28 [ug/m³N], aprox.

Además, en otoño e invierno se constata en Rancagua mayores valores del cociente MP_{2.5}/MP₁₀ que en una ciudad como Santiago, con similar meteorología. La figura 41 muestra esto claramente en los meses de otoño e invierno.

Por su parte, la estación de San Fernando y la de Rengo presentan también excedencias del MP₁₀ anual, y no se aprecia ninguna tendencia a que esos niveles se reduzcan en el corto plazo, lo que pone en evidencia la situación de riesgo para la población en estas tres ciudades de la VI

Región. La siguiente figura resume los resultados del monitoreo en esas tres estaciones continuas en los años 2007 a 2009.

Figura 60. Resumen del monitoreo continuo en estaciones COSUDE, 2007-2009: a) Percentiles 98 de las medias diarias del MP₁₀; b) percentiles 99 de máximas diarias de ozono de 8h.

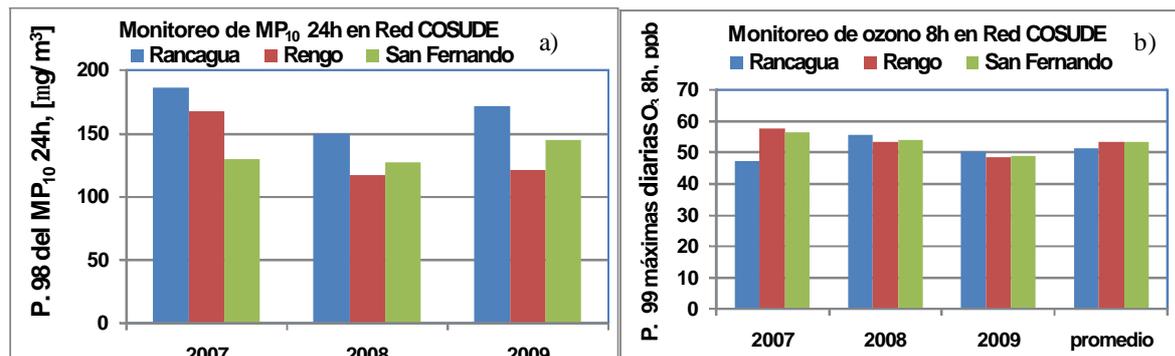


Figura 60. Resumen del monitoreo continuo en estaciones COSUDE/SIVICA, 2007-2009: a) Percentiles 98 de las medias diarias del MP₁₀; b) percentiles 99 de máximas diarias de ozono de 8h.

b) La situación de las cinco estaciones de monitoreo diario de MP₁₀ implementadas en este estudio es variada, ya que ellas poseen diversos niveles de concentraciones de MP₁₀, como se detalla en la siguiente Tabla:

Tabla 20. Estadística descriptiva de las estaciones de la campaña de monitoreo MP₁₀ VI Región. Septiembre 2009 a Abril 2010.

Indicador \ Estación	Marchihue	Las Cabras	Peumo	Santa Cruz	San Vicente
Mínimo	7	5	8	8	5
Percentil 25	22	25	28.8	23	39
Mediana (percentil 50)	30	34	43	34	52
Media	34	37	44	40	64
Percentil 75	41	47	56	46	80
Percentil 98	81	94	94	125	171
Máximo	89	105	119	193	192
Días medidos	117	115	112	115	117
Desviación Estándar	17.9	19.6	20.3	27.8	38
Error estándar media	1.6	1.8	1.9	2.6	3.5

Las diferencias de niveles de estas cinco estaciones con respecto a las tres estaciones continuas se explican por las menores densidades de población en las cinco localidades medidas en esta campaña.

c) Por lo anterior se recomienda, con respecto al monitoreo ambiental a futuro en la Región (asumiendo que siguen operativas las estaciones Rancagua, Rengo y San Fernando):

- 1) Usar Marchigue como estación remota (o de background) para caracterizar el MP_{10} basal en la región.
- 2) No es necesario seguir con monitoreo en Las Cabras o Peumo.
- 3) Tampoco es necesario seguir monitoreando en Santa Cruz.
- 4) Es necesario seguir midiendo en San Vicente, ya que allí los antecedentes recolectados en este estudio indican potenciales problemas de cumplimiento de las normas diaria y anual del MP_{10} .

En resumen, la recomendación es seguir midiendo en Marchigue y en San Vicente, añadiendo el ozono en ésta última estación.

d) Con respecto a las mediciones de ozono, utilizando técnica de monitoreo con tubos pasivos, solo es posible efectuar comparaciones promedios, ya que no existe referencia nacional ni internacional para efectuar comparación, puesto que el periodo de medición mínimo muestreado por la técnica de medición corresponde a promedios semanales.

Efectuando una comparación con las mediciones mensuales realizadas de ozono, entre las Estaciones de la Red Monitoreo Pública y las cinco Estaciones desplegadas en esta campaña, no se aprecia una tendencia clara: en Noviembre las cinco estaciones superan a las tres ciudades en más de 10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$], aproximadamente; en Enero los promedios son similares en ambos conjuntos de estaciones, con poca variabilidad entre ambos grupos de monitores. En Febrero se repite la situación de Noviembre, pero con una menor diferencia entre ambos grupos, mientras que en Diciembre los valores medidos en las cinco estaciones adicionales son menores que en las tres estaciones continuas.

La variabilidad de los valores de concentraciones en las cinco estaciones implementadas en la campaña se puede explicar por la variabilidad en las emisiones regionales de NO_x , donde se asume que en Enero y Febrero 2010 hubo un aumento de NO_x debido al tráfico de verano, mientras que en Diciembre 2009 se esperaría una baja en las emisiones debido al término de las clases a comienzos de ese mes.

Luego, los resultados del ozono en los cinco sitios adicionales se explicarían por una producción de ozono proporcional a la cantidad de NOx emitido en la cuenca, lo que corresponde a un régimen de producción en zonas que todavía no están saturadas por NOx.

En contraste, en las tres ciudades de la cuenca donde se ha medido continuamente, se aprecia un régimen distinto, con saturación de NOx (debido a emisiones del transporte principalmente) y aumento de ozono los fines de semana, lo que ya se ha mostrado al analizarse los perfiles semanales del ozono en esas tres ciudades.

7. BIBLIOGRAFIA.

- 1) MODIS Atmosphere [En línea]. *Products Aerosol*. Disponible en: http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/MOD04_L2/index.html
- 2) NASA (National Aeronautics and Space Administration, 2009) [En línea]. *MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Brochure*. Disponible en: http://modis.gsfc.nasa.gov/about/media/modis_brochure.pdf
- 3) INTEC-CHILE. "Estudio Diagnostico y Mejoramiento integral de la medición de la Contaminación del Aire en la Región metropolitana". Estudio solicitado por SESMA con fondos MIDEPLAN. 1996.
- 4) EPA. "Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems". U.S EPA, Office of Research and development, Research Triangle Park. N.C EPA-600/R-94/038B-D. 1994.
- 5) " Normas Ambientales dictadas bajo la Ley de Bases del Medio Ambiente N 19.300". 2003. CONAMA-NACIONAL.
- 6) MINSAL. Reglamento °N 61. "Reglamento de Estaciones de Medición de Contaminantes Atmosféricos", publicado en el diario oficial de 19.11.08.
- 7) M. Hangartner, M. Kirchner and H. Werner, *Analyst*, 121, 1269-1272 (1996).
- 8) CEPIS-OPS. "Plan Regional sobre Calidad del Aire Urbano 2000-2000". Washington, DC. 2000.
- 9) ADEME. "Classification and Criteria for setting Up Air Quality Monitoring Stations. Paris. 2002.
- 10) CONAMA NACIONAL-SGS CHILE. "Diagnostico, Evaluación y Proposiciones de Mejoramiento de Redes de Monitoreo, Agua y Aire". Enero 1998.
- 11) SEREMI de Salud de la RM. "Red de Monitoreo Calidad del Aire, principales funciones de los Integrantes". 2006.
- 12) Regional Plan on Urban Air Quality and Health 200/2009. OPS/CEPIS/99.21 Aire.
- 13) El Proceso de Fijación y Revisión de Normas de Calidad del Aire. OPS/CEPIS/PUB/00.50.

- 14) EPA. "Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems". U.S EPA, Office of Research and development, Research Triangle Park. N.C EPA-600/R-94/038B-D. 1994.
- 15) GEMS/AIR. Methodology Review Handbook Series. Volumen I. "Quality Assurance in Urban Air Quality Monitoring" 1994.
- 16) GEMS/AIR. Methodology Review Handbook Series. Volumen 2. "Primary Standard Calibration Methods and Network Intercalibrations for Air Quality Monitoring" 1994.
- 17) GEMS/AIR. Methodology Review Handbook Series. Volumen 3. "Measurement of Suspended Particulate Matter in Ambient Air" 1994.

8. ANEXOS.

8.1 Anexo 1. Actividades realizadas para la selección de los sitios.

8.2 Anexo 2. Planillas de Excel con datos de calidad del aire y resúmenes de datos, en formato digital incorporados en CD.

