



La Palma, pasando por el trigonométrico cerro Toro Negro. Desde la Loma La Palma hasta el Alto Llivillivi, pasando por el morro del Chivato. Desde el Alto Llivillivi hasta el Alto del Romeral, pasando por el cerro Pelota de Piedra, La Madera y Alto del Sauce. La cota 1883, cerro Las Cuchillas y el trigonométrico Puerto de Cordillera; la línea de cumbres, desde el portezuelo Enjalma hasta la angostura de Paine, pasando por el cerro Navía, la cota 1639, la loma Las Arenillas, el cerro El Peumo y las cotas 658, 713 y 582; y la línea de cumbres que limita por el norte y el oriente la hoya del río Peuco, desde la angostura de Paine hasta la línea de cumbres que limita por el poniente la hoya del alto río Maipo, pasando por el trigonométrico cerro Challay, el cordón de los cerros Chada y los cerros Alto del Litre hasta Negro Chada en la cota 900.

**Límite Sur:** Por el este la intersección entre el límite comunal de Chimbarongo con la región del Maule y la cota 900 (Coordenada UTM Datum WGS 84 Huso 19 331086,7E - 6240981,5 N) siguiendo el límite con la Región del Maule en la comuna de Chimbarongo, hasta el límite comunal por el Oeste a 1000 metros al sur poniente del Cerro Quinta (Coordenada UTM Datum WGS 84 Huso 19 304764,9 E - 6148560,8 N).

Los límites geográficos de la Región de O'Higgins fueron fijados por el artículo 6 del Decreto con Fuerza de Ley (D.F.L.) N° 1-18.715, publicado en el Diario Oficial del 5 de diciembre de 1989 y los límites comunales fueron fijados por el artículo 6° del decreto con fuerza de ley N°3- 18.715, publicado en el Diario Oficial del 5 de diciembre de 1989.

Desde la cota 900, Estero Chimbarongo, a la altura de quebrada Las Cortaderas hasta el lindero poniente de la faja de terreno fiscal, propiedad de la empresa de Ferrocarriles del Estado, destinada al trazado de la línea longitudinal sur (variante en construcción); el lindero mencionado, desde el estero Chimbarongo hasta el lindero poniente del predio rol 61-19; el lindero poniente de los predios roles 61-19, 61-15, 60-25, 60-26, 60-28 y fundo Quinta, desde el lindero poniente de la faja de terreno fiscal hasta el lindero norte del predio fundo Quinta (rol 60-1) desde el límite comunal por el Oeste a 1000 metros al sur poniente del Cerro Quinta.

**Límite Este:** Desde norte a sur 1300 metros al surponiente del Cerro Negro en la cota 900 (Coordenada UTM Datum WGS 84 Huso 19 350309,1 E - 6247351,3 N). Continúa por el límite oeste de la zona saturada establecida por D.S. N° 179 de 1994 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que declaró zona saturada al área circundante a la Fundición Caletones, interseca con la quebrada Ojos de Agua continúa hacia el sur por la cota 900 hasta Puntilla Los Loros y luego en línea recta hacia el sur hasta la cumbre del cerro Pelado. A la altura del Cerro El Pelado (Coordenada UTM Datum WGS 84 Huso 19 353092,7 E - 6199972,6 N) el límite continúa hacia el sur por la cota 900 hasta el límite administrativo entre la Región del Maule y la comuna de Chimbarongo y su intersección con la cota 900 (Coordenada UTM Datum WGS 84 Huso 19 331086,7 E - 6140981,5 N), Estero Chimbarongo a la altura de quebrada Las Cortaderas.

**Límite Oeste:** Este límite corresponde a los límites geográficos fijados por el artículo 6 del Decreto con Fuerza de Ley (D.F.L.) N° 1-18.715, publicado en el Diario Oficial del 5 de diciembre de 1989 y el artículo 6° del decreto con fuerza de ley N° 3- 18.715, publicado en el Diario Oficial del 5 de diciembre de 1989. Dicha delimitación corresponde al límite oeste de las siguientes comunas: Coltauco, San Vicente, Placilla y Chimbarongo.

En Coltauco la línea de cumbres que limita por el sur la hoya del estero Las Palmas hasta el Cerro El Molino, pasando por los cerros Gulutrén y La Gloria, el trigonométrico Tierras Coloradas, el cerro Piopío y el alto Las Ovejas.

Desde el Cerro El Molino hasta el cauce del Río Cachapoal y su confluencia con el Estero Zamorano, ascendiendo por la cota 268 al sur poniente de la confluencia, continuando por la divisoria de aguas hasta la cota 692 continuando hasta Cerro El Parrón. Trigonométrico Cerro Peumo Redondo pasando por Alto del Huique, Placeta Las Mulas y Cerro Quillayes. Continúa por el trigonométrico cerro Divisadero Caracoles siguiendo la línea de altas cumbres hasta el trigonométrico cerro El Tigre, pasando por Loma El Mal Paso hasta el cauce del Río Tinguiririca, cruzando el cauce del Tinguiririca hacia el sur hasta encontrarse con la ruta I-850 (localidad La Gloria) siguiendo la ruta hasta el cruce con el Estero Pudimávida (o Puquillay), colindante con la Dehesa Abajo hasta el Cerro La Dehesa cota 749 siguiendo la línea de las altas cumbres, pasando por la cota 849 en el sector Loma del Viento hasta el trigonométrico Viento. Siguiendo por Cerro La Iglesia siguiendo hacia el oeste hasta el estero Chimbarongo siguiendo dicho cauce hasta 1000 metros al sur poniente del Cerro Quinta.

La principal actividad económica de la zona saturada, corresponde al sector silvo-agropecuario, destacando por su participación, la actividad frutícola, producción porcina, cultivos industriales y agroindustria, destacando la producción de frutales para la exportación y el cultivo de vides para la producción de vinos.

El área de la zona saturada al igual que a nivel regional basa su economía esencialmente en el sector agroindustrial. La importancia de la actividad agrícola queda demostrada si se analiza este sector (considerando agrícola, caza y silvícola) como fuente de trabajo, el cual emplea cerca del



27,1% de la población de esta zona (CASEN, 2006), aún cuando existen comunas que superan el 50% de la población activa trabajando en el sector agrícola como Graneros, Quinta de Tilcoco, Requinoa y Chimbarongo. Como generador de empleo siguen el sector Servicios Comunales y Sociales con 18,4%, Industria Manufacturera con 15,5%, y Comercio con 14,5%, entre otros.

El comercio y servicios, se encuentran concentrados principalmente en las ciudades de San Fernando y Rancagua, que son las principales ciudades de la zona bajo estudio en lo que respecta a población.

En la zona compuesta por las 17 comunas, el aporte al "PIB aproximado" del sector Agrícola es un 17,7%; Servicios Comunales y Sociales un 16,4%; Industria Manufacturera un 14,5%; Comercio, Restaurantes y Hoteles un 14,1%; Construcción un 10,7%; Servicios Financiero un 9,2%; Minería un 8,5%; Transporte y Comunicaciones un 7,9%; y Electricidad, Gas y Agua un 0,5%. (Estudio "Análisis económico y social de posibles medidas a incorporar en el Plan de Descontaminación del Valle Central de la Región de O'Higgins", 2008)

Respecto a las características climáticas, las comunas del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins se caracterizan por un clima templado-cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada. Las precipitaciones aumentan de Norte a Sur. En Rancagua se registran al año aproximadamente 446 mm y en San Fernando 773 mm de agua caída, respectivamente.

La población de la zona saturada representa el 78% del total de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins. Siendo el total de la población afectada 688.364 habitantes según estimaciones del INE para el año 2011.

En la Tabla 1, se puede observar que la comuna de Rancagua es la que posee la mayor cantidad de habitantes, lo que representa un 36% respecto al total de la población de la zona saturada, concentrándose un 97% de ella en el área urbana. Por otra parte, las comunas de Coinco y Placilla son aquellas que representan el menor número de habitantes afectados, representando el 2% respecto al total de población de la zona saturada.

**Tabla 1.** Población de las Comunas pertenecientes al Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

Nº	Comunas	Población 2011	%
1	Rancagua	248.033	36
2	San Fernando	73.245	11
3	Rengo	60.857	9
4	San Vicente	47.172	7
5	Chimbarongo	34.602	5
6	Machalí	35.365	5
7	Graneros	30.672	4
8	Requinoa	25.952	4
9	Mostazal	26.671	4
10	Doñihue	20.211	3
11	Coltauco	17.546	3
12	Malloa	13.756	2
13	Olivar	13.981	2
14	Quinta de Tilcoco	12.012	2
15	Codegua	12.594	2
16	Placilla	8.508	1
17	Coinco	7.187	1
	<b>Total</b>	<b>688.364</b>	<b>100</b>

(Fuente: INE O'Higgins, 2011)

### Antecedentes sobre la Declaración de Zona Saturada

El D.S Nº 7/2009 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia, declaró zona saturada por MP10, en las métricas diaria y anual, la zona correspondiente al Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

La declaración como zona saturada se fundamenta en los registros de monitoreo obtenidos durante el periodo 2004 a 2007, en los que se constató superación de la norma primaria de MP10, en específico en su métrica diaria y anual. En base a dichos antecedentes, se consideró este último año, como base, para el presente anteproyecto, y de referencia para la solicitud de declaración de zona saturada y el diseño del presente Plan.

Una vez declarada como zona saturada, el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, y de conformidad a lo establecido en los artículos Nº 32 y 44 de la Ley 19.300/1994, modificada por la Ley 20.417 de 2010, y en base a lo establecido en el D.S Nº

94/1995 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, se da inicio a la elaboración de un Plan de Descontaminación Atmosférica, a través de Resolución Exenta N° 3.107 del 29 de mayo de 2009, publicada en el Diario Oficial el 20 de junio del mismo año.

### Sobre la evolución y condiciones de la calidad del aire en la Zona Saturada

#### Monitoreo de MP10

La red de vigilancia de calidad del aire de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins se encuentra conformada por 13 estaciones de monitoreo de calidad del aire, tanto públicas como privadas, de las cuales siete se encuentran ubicadas dentro de la zona declarada como saturada por MP10, las cuales se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire, ubicadas en la Zona Saturada por MP10

N°	Comuna	Estación Monitora	Coordenada Este	Coordenada Norte	Altura (m)	Tipo de Estación
1	Rancagua	Rancagua	339.385	6.219.394	480	EMRP EMRPG
2	Codegua	Codegua	346.523	6.232.651	550	EMRP EMRPG
3	Mostazal	San Fco. de Mostazal	342.374	6.238.274	475	EMRP EMRPG
4		Casas de Peuco	348.356	6.241.302	575	EMRP EMRPG
5	Rengo	Rengo	329.675	6.192.545	325	EMRP EMRPG
6	San Fernando	San Fernando	317.508	6.171.751	350	EMRP EMRPG
7	Olivar	Gultro	338.706	6.212.755	517	EMRP

(Coordenadas Datum WGS 84, Huso 19)

Las mediciones registradas para el Material Particulado Respirable (MP10), entre los años 2004 y 2009 en las estaciones de monitoreo de calidad del aire que forman parte de la red de vigilancia histórica (Rancagua, San Francisco de Mostazal, Codegua y Casas de Peuco), dan cuenta de valores que sobrepasan la norma diaria para dicho parámetro, constituyendo condición de saturación en Rancagua para los años 2004, 2006, 2007 y 2009. En el caso de San Francisco de Mostazal y Codegua, esta condición se da para los años 2004 y 2007. Los resultados permitieron concluir que la norma primaria de 24 horas para MP10 se encuentra sobrepasada, como se observa en la Tabla 3, donde se señala para cada año y estación de monitoreo, el valor del percentil 98 y el número de días con concentraciones mayores a los 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ . Por cuanto se justificó la declaración del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins como zona saturada por MP10 en 24 horas.

**Tabla 3.** Evolución de la norma diaria de MP10 en red de vigilancia histórica

Estación	Año	Percentil 98 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	N° de días con concentración Mayor a 150 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Estado
Rancagua	2004*	172	11	Saturada
	2005	143	5	Latente
	2006	153	8	Saturada
	2007	186	24	Saturada
	2008	149	7	Latente
	2009	172	12	Saturada
San Fco. de Mostazal	2004	152	3	Saturada
	2005	128	1	Latente
	2006	146	2	Latente
	2007	154	3	Saturada
	2008	129	1	Latente
Codegua	2004	151	3	Saturada
	2005	100	1	-
	2006	134	1	Latente
	2007	157	4	Saturada
	2008	113	0	-
Casas de Peuco	2004	105	1	-
	2005	81	0	-



	2006	112	1	-
	2007	110	0	-
	2008	78	0	-
	2009	103	0	-

2004\*: corresponde a los primeros 12 meses de medición (Abril 2004 a marzo 2005), los otros años son completos (1 de Enero 31 de Diciembre)

En el caso de la norma anual de MP10, se requiere disponer de tres años consecutivos de monitoreo para su evaluación. En la Tabla 4, se muestran los resultados obtenidos de los cuales se desprende que en el periodo 2004-2006; 2005-2007; 2006-2008 y 2007-2009 las estaciones de Rancagua, San Francisco de Mostazal y Codegua entregan resultados sobre la norma. Mientras que la estación Casas de Peuco presentó una condición de Latencia.

**Tabla 4.** Evolución de la norma anual de MP10 en red de vigilancia histórica

Estación	Año	Promedio Anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Promedio 2004-2006 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Situación	Promedio 2005-2007 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Situación	Promedio 2006-2008 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Situación	Promedio 2007-2009 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Situación
Rancagua	2004*	79	76	Saturada	78	Saturada	74	Saturada	77	Saturada
	2005	77								
	2006	72								
	2007	84								
	2008	65								
	2009	80								
San Fco. de Mostazal	2004	64	61	Saturada	61	Saturada	63	Saturada	63	Saturada
	2005	57								
	2006	63								
	2007	64								
	2008	62								
	2009	63								
Codegua	2004	67	61	Saturada	60	Saturada	64	Saturada	63	Saturada
	2005	54								
	2006	61								
	2007	66								
	2008	64								
	2009	60								
Casas de Peuco	2004	46	44	Latente	44	Latente	46	Latente	47	Latente
	2005	41								
	2006	44								
	2007	48								
	2008	46								
	2009	47								

2004\*: corresponde a los primeros 12 meses de medición (Abril 2004 a marzo 2005), los otros años son completos (1 de Enero 31 de Diciembre)

**Análisis temporal de las concentraciones de MP10**

Los problemas de contaminación que presenta la Región del Libertador General Bernardo O´Higgins han sido estudiados a partir del año 1996 junto con la implementación del proyecto de calidad del aire para la ciudad de Rancagua, financiado por la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Medio Ambiente) y el Ministerio de Salud (Estudio "Source Apportionment of PM10 and PM 2,5 in Five Chilean Cities", 2001)

Esta iniciativa permitió identificar en una primera instancia, que el principal problema de contaminación de la ciudad de Rancagua, estaba referido al material particulado respirable menor a 10 micrones de diámetro (MP10). Además a través de dicho proyecto se pudo reconocer que las principales fuentes de emisión correspondían a suspensión de polvo natural (34%) y combustión de leña para calefacción doméstica y quemas agrícolas (29%). Dicho estudio indicaba además que el aporte de las fuentes a MP 2,5 correspondía principalmente a quema de biomasa con un 46%.

Posteriormente se desarrollaron una serie de estudios para conocer con mayor especificidad los problemas que presentaba la región respecto del material particulado respirable MP10. Así, el inventario de emisiones regional para el año 2006 (Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008) señala que la combustión residencial de leña e incendios



forestales representan un 35% del MP10 regional cada una; las quemas agrícolas un 15%, las industrias un 12% y otras fuentes, que incluye al sector transportes un 3%.

Según antecedentes del estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O'Higgins" (2008) que realizó una actualización del inventario de emisiones con base en el año 2006 para el año 2007 indica que para la zona saturada del valle central, la combustión residencial de leña y las quemas agrícolas son las fuentes principales de las emisiones de MP 10 a la atmósfera, siendo sus aportes de un 64% y 27%, respectivamente del total de emisiones. En relación a las otras fuentes, el sector industrial y transportes, presentan aportes menores con un 2 y 3% respectivamente.

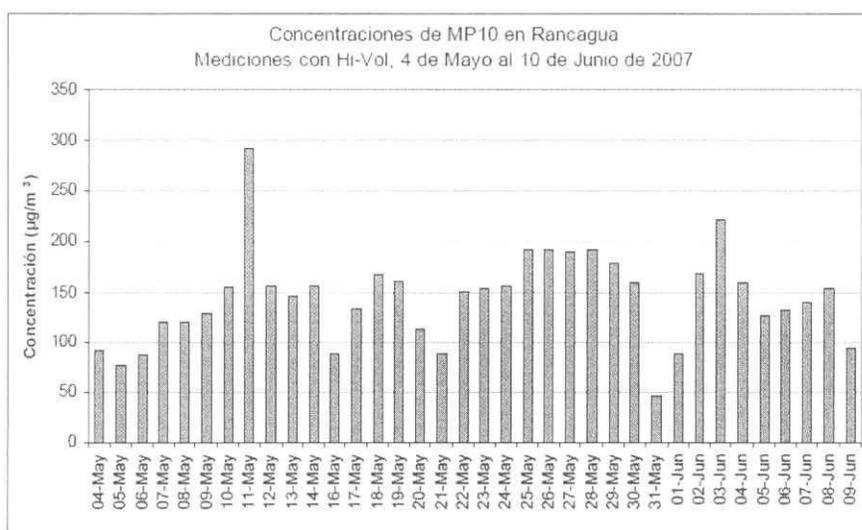
**Estacionalidad de las concentraciones de MP10**

Las concentraciones de MP10 tienen un fuerte comportamiento estacional, con un notorio aumento, de los niveles, en los meses de otoño invierno, durante los cuales en algunos días se alcanzan concentraciones en el rango de alerta y pre-emergencia (DS 369/1988 de MINSAL). Así por ejemplo, para la estación Rancagua en los años 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009 se registraron 11, 5, 8, 24, 7 y 12 días respectivamente sobre el valor establecido en la norma diaria (150 µg/m<sup>3</sup>N). Durante el año 2007, entre abril y junio, se registraron 23 días sobre 150 µg/m<sup>3</sup>N, así en la figura 1 se observa el periodo entre 4 de mayo al 10 de junio de 2007 donde se registraron 19 superaciones. Se aprecia el ciclo estacional con marcado aumento de las concentraciones durante meses de otoño-invierno por la ocurrencia de episodios críticos de contaminación en días de estabilidad atmosférica, situación similar a Santiago. Además, la mayoría de los meses presentan un promedio mensual sobre 50µg/m<sup>3</sup>, valor establecido para norma anual (Estudio FNDR "Diagnóstico Fuentes de Emisión Responsables del Material Particulado Respirable, MP10 en Rancagua", 2007).

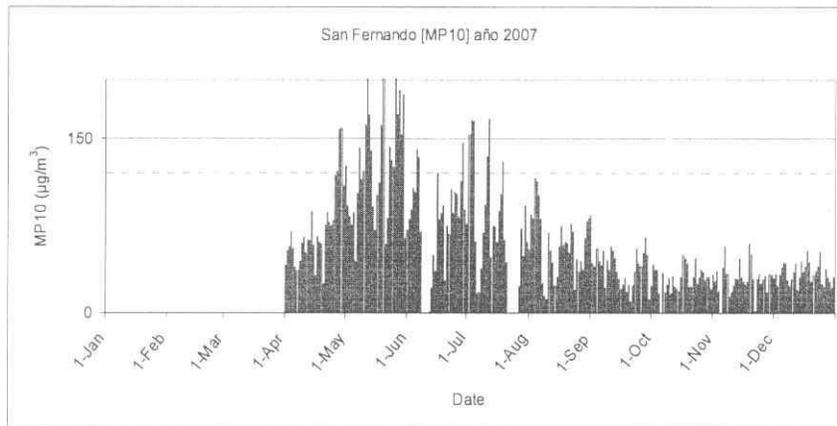
El comportamiento de las concentraciones de MP10 durante el día, también presentan fuertes diferencias entre los meses de primavera y verano, con menores concentraciones. En cambio en los meses de otoño e invierno existe un pronunciado aumento de las concentraciones de MP 10 durante la noche.

Esta variabilidad estacional se produce por la contaminación proveniente de quemas agrícolas en la época estival y las emisiones de combustión residencial de leña, mayoritariamente durante los meses fríos del año, es decir, desde mayo a agosto.

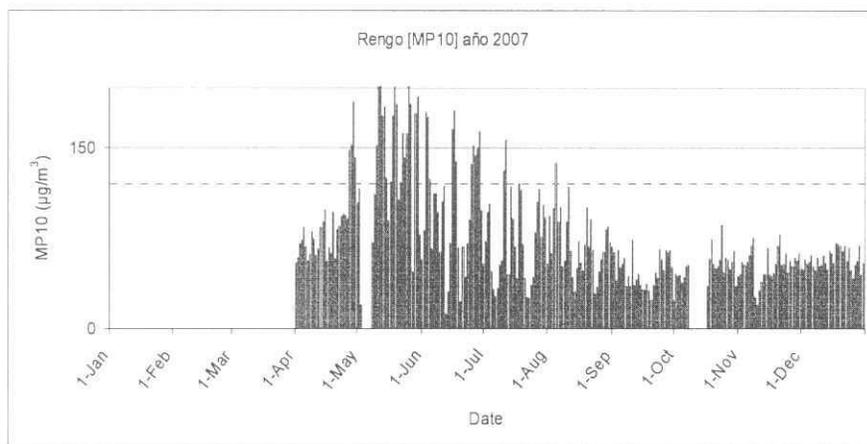
En las figura 1, 2, 3 y 4 se observa el comportamiento estacional del material particulado respirable MP10 en las estaciones de monitoreo de calidad del aire de Rancagua, Rengo, San Fernando y Codegua para el año 2007.



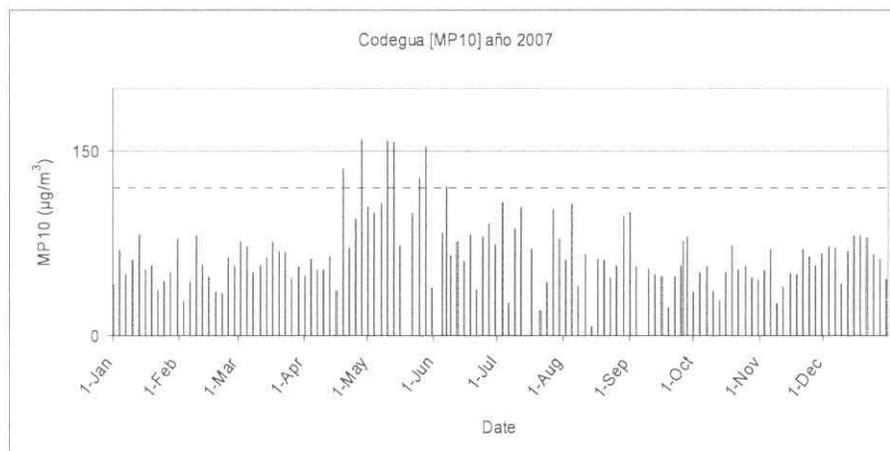
**Figura 1.** Concentración de MP10 promedios de 24 horas Rancagua 4 de mayo al 10 de junio del año 2007 (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico Fuentes de Emisión Responsables del Material Particulado Respirable, MP10 en Rancagua", 2007).



**Figura 2.** Concentración de MP10 promedios de 24 horas San Fernando Año 2007 (Fuente: Estudio "Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins, 2010)



**Figura 3.** Concentración de MP10 promedios de 24 horas Rengo Año 2007 (Fuente: Estudio "Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins, 2010)

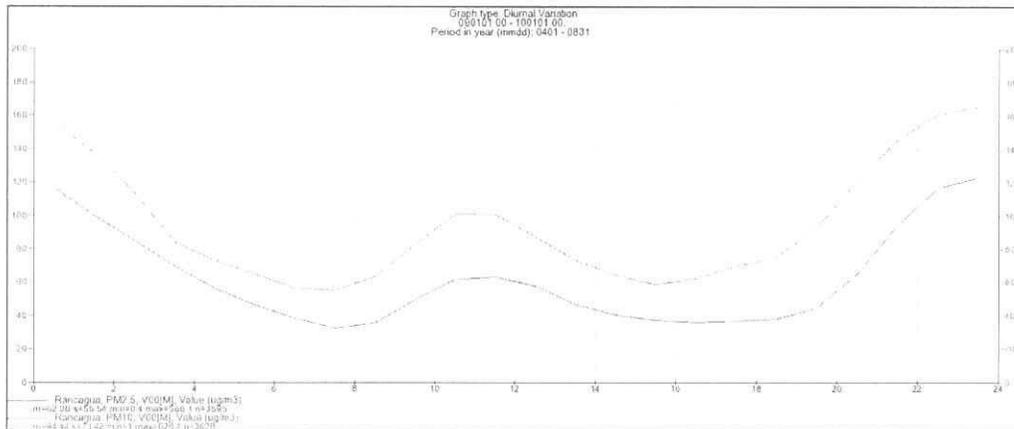


**Figura 4.** Concentración de MP10 promedios de 24 horas Codegua Año 2007 (Fuente: Estudio "Antecedentes para el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins, 2010)

**Ciclos temporales de MP10 y MP2,5**

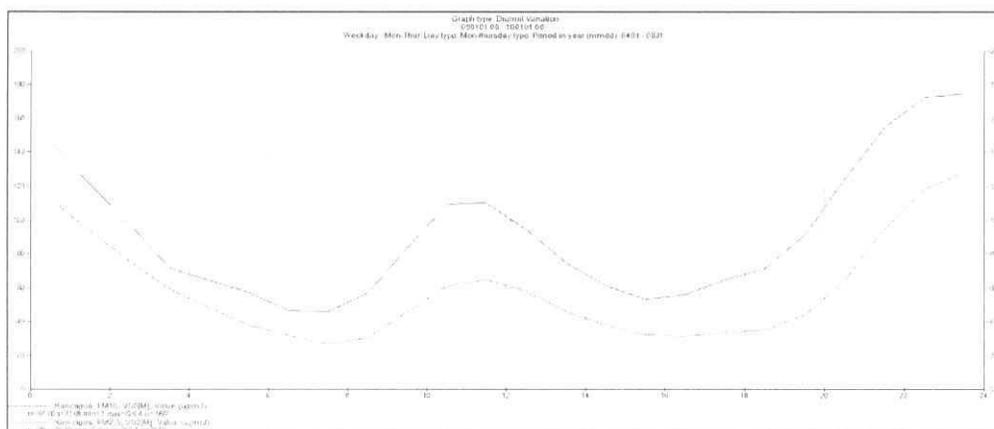
Al analizar los ciclos diarios de MP10 se aprecia una marcada tendencia en época invernal (entre abril y agosto) a las altas concentraciones especialmente durante la noche (entre las 20:00 y las 02:00 hrs.), coincidiendo con los patrones de consumo de leña existentes en el sur de Chile. Luego se aprecia que a partir de las 09:00 y hasta aproximadamente las 12:00 del día hay un incremento de las concentraciones de MP10, lo que se podría explicar por un aumento de la

actividad comercial y transporte público. Dentro de este ciclo los valores más bajos (de emisiones) se encuentran entre la medianoche y las 6 horas de la mañana. Sin embargo, en caso de episodios, las concentraciones pueden seguir teniendo valores altos hasta la madrugada. En consecuencia, dada la ausencia de las emisiones (o valores muy bajos) entre la medianoche y las 6 horas de la mañana, esas concentraciones son producto de las emisiones del día anterior. Recién, con el aumento de las emisiones a partir de las 6 horas de la mañana, la actividad antropogénica del día actual tiene un impacto significativo en la contaminación atmosférica (Estudio "Desarrollo de un Modelo de Pronóstico de Calidad del Aire por MP10 para Rancagua", 2010).

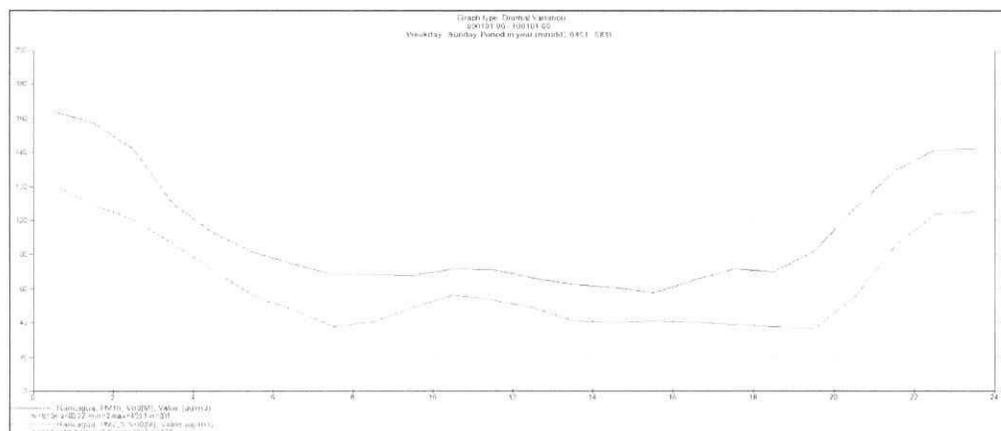


**Figura 5.** Variación diaria de las concentraciones ambientales de MP10 y MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para el período entre abril y agosto de 2009 en la Estación Rancagua (Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2009)

Al comparar la tendencia de las concentraciones durante una semana laboral (Figura 6), respecto de un día domingo (Figura 7) podemos apreciar más claramente que la actividad comercial y el transporte público son fuentes que aportan a las concentraciones ambientales de MP10 en Rancagua.



**Figura 6.** Variación diaria de las concentraciones ambientales de MP10 y MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para el período entre abril y agosto de 2009 en la Estación Rancagua durante una semana laboral (Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2009)



**Figura 7.** Variación diaria de las concentraciones ambientales de MP10 y MP2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para el período entre abril y agosto de 2009 en la Estación Rancagua para un día domingo (Fuente: Ministerio del Medio Ambiente)



Campañas de muestreo de fracciones fina y gruesa de MP10 con equipo dicótomo y/o muestreador de alto volumen se realizaron para los años 2004, 2005 y 2007, observándose que la fracción fina es mayoritaria en el material particulado respirable de Rancagua con un porcentaje similar en las 3 campañas, cercano a 61%, este porcentaje de participación aumenta para aquellos días con mayores concentraciones de MP10, situación que se aprecia en la Figura 8 para la campaña del año 2007 realizada en meses de mayores concentraciones, lo cual explica los mayores niveles según antecedentes del Estudio FNDR "Diagnóstico Fuentes de Emisión Responsables del Material Particulado Respirable, MP10 en Rancagua", 2007.

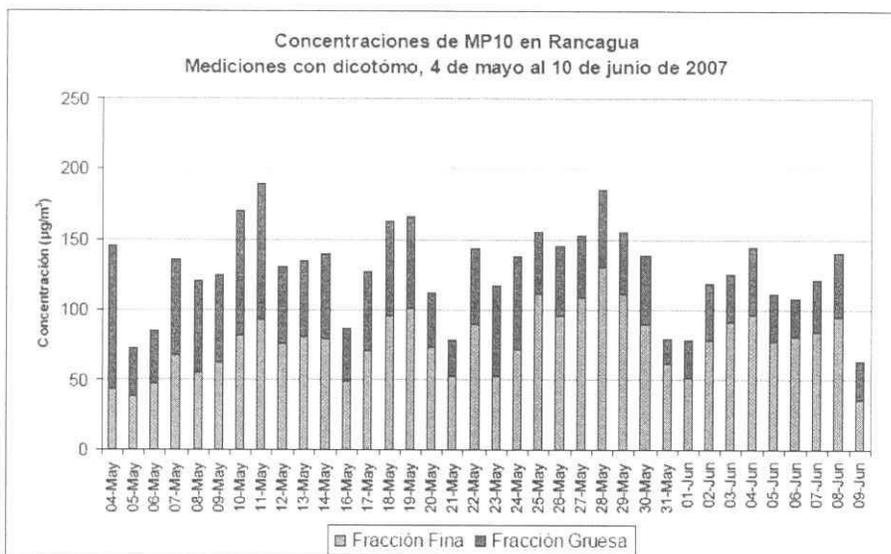


Figura 8. Concentraciones de MP10 en Rancagua para periodo 4 de mayo al 10 de junio de 2007 (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico Fuentes de Emisión Responsables del Material Particulado Respirable, MP10 en Rancagua", 2007.)

**Condiciones Meteorológicas que dan origen a episodios de contaminación**

Los niveles de concentración de Material Particulado, en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, presentan una marcada estacionalidad anual. Las concentraciones promedios diarias, se incrementan entre los meses de Abril y Agosto de cada año, periodo en el cual ocurren los casos en los cuales se supera el valor de la norma de MP10. La condición de altas concentraciones de MP10 en dicho periodo, se relacionan con las bajas temperaturas dominantes en el sector, los movimientos de masas de aire, los aportes de masas de aire de otros sectores y por las mayores frecuencias de ocurrencias de atmósferas estables e inversiones térmicas más severas.

El valle central de O'Higgins se encuentra en una zona de transición entre la extrema aridez característica de la zona norte y la alta pluviometría de la zona sur del país. Las condiciones meteorológicas, y el comportamiento de diferentes parámetros como la precipitación, temperatura y estabilidad, presentan marcadas variaciones interanuales, en buena medida influenciadas por el comportamiento del ENOS El Niño Oscilación del Sur (Estudio "Operación de un Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire por MP10 para Rancagua, periodo 2010").

El empeoramiento en las condiciones medias de dispersión y un incremento de la estabilidad atmosférica cerca de la superficie se registra entre los meses de abril a septiembre. Durante este periodo se presentan recurrentes configuraciones meteorológicas asociadas a bajo factor de ventilación, generando condiciones propicias para que se presenten episodios de alta contaminación atmosférica por MP10.

El deterioro de la calidad del aire en la zona central del país depende de ciertas condiciones, entre ellas ciertas configuraciones meteorológicas a nivel sinóptico que se observan en el periodo más frío y que en ocasiones generan episodios críticos de contaminación atmosférica. Estas configuraciones corresponden a fenómenos a escala sinóptica (del orden de 1000 km), y por tanto abarcan más de una región. Por esto, las configuraciones estudiadas y descritas en la literatura aplicables a Santiago, denominadas Episodios Tipo A y BPF son comunes a los patrones de Rancagua. La condición Tipo A se produce por la irrupción de una dorsal en la troposfera media (500 hPa) que constituye un elemento forzante a escala sinóptica, y por la formación y propagación a niveles bajos de una vaguada o baja costera desde el Norte Chico hacia la Zona Central. En el sector delantero o borde sur de la baja se presentan cielos despejados, anomalías negativas de la humedad relativa, y positivas de la temperatura, intensificación de la inversión térmica de subsidencia y bajo factor de ventilación. En la etapa de disipación de la baja costera asociada a la presencia y/o paso de su sector trasero o borde norte, se registra el ascenso de la base de la inversión de subsidencia, vientos de componente oeste asociados a advección de aire



costero desde el litoral hacia los valles, y aumento del factor de ventilación (Estudio "Operación de un Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire por MP10 para Rancagua, periodo 2010").

La condición tipo BPF se caracteriza normalmente por la irrupción de una vaguada en la troposfera media (500hPa), que acompaña a un sistema frontal débil u ocluido de lento desplazamiento. Se presenta abundante cobertura nubosa prefrontal del tipo media y alta y bajo factor de ventilación. Ese proceso transporta aire seco que debilita aún más el sistema frontal, y produce una mayor estabilidad a niveles bajos. Se presentan también episodios mixtos A-BPF los que generalmente comienzan con un episodio Tipo A y culminan con un episodio Tipo BPF (Estudio "Operación de un Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire por MP10 para Rancagua, periodo 2010").

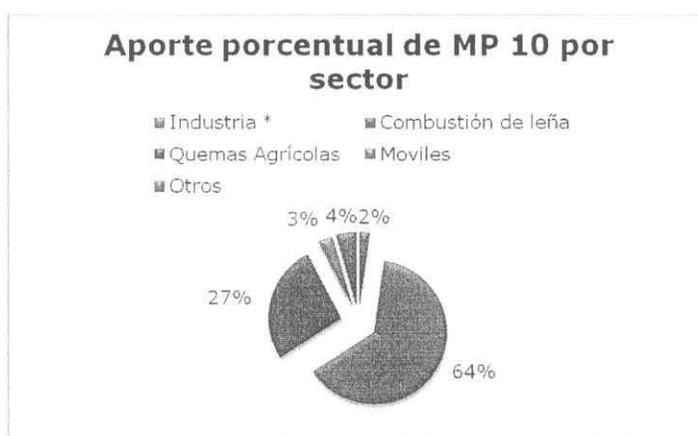
**Sobre los responsables de las emisiones**

Las fuentes responsables de las emisiones de Material Particulado Respirable MP10, se establecieron a partir del inventario de emisiones regional con base en el año 2006 y la proyección realizada para la zona saturada tomando como año base 2007 (Estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O'Higgins", 2008).

Para la zona saturada del Valle Central los resultados agrupados por fuente, permiten reconocer que la combustión residencial de leña y las quemas agrícolas son las fuentes principales de las emisiones de MP 10 a la atmósfera, siendo sus aportes de un 64% y 27%, respectivamente del total de emisiones. En relación a las otras fuentes, el sector industrial y transportes, presentan aportes menores con un 2 y 3% respectivamente. Lo anterior puede ser reconocido en la tabla 5 y figura 8.

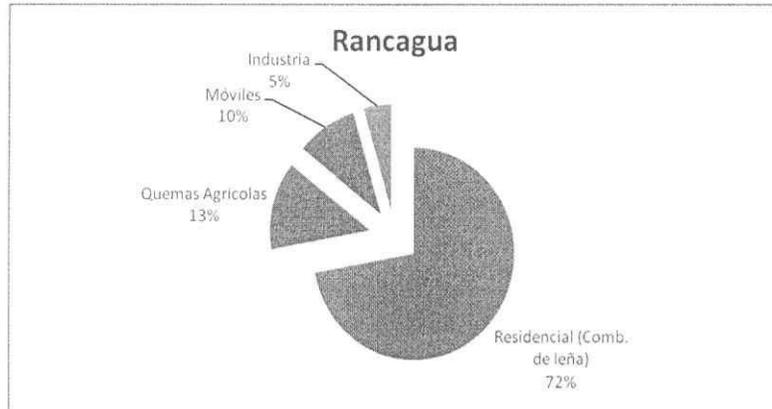
**Tabla 5.** Inventario de emisiones Zona Saturada del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins año 2007 (Fuente: Estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O'Higgins", 2008).

Tipo	Fuente	MP 10 (Ton/año)	Aporte porcentual%
	Industria	170,9	2,2
	Combustión de leña	4865,4	63,5
	Quemas Agrícolas	2035,9	26,6
	móviles	246,2	3,2
	Otros	340,4	4,4
<b>Total</b>		<b>7658,8</b>	<b>100,0</b>

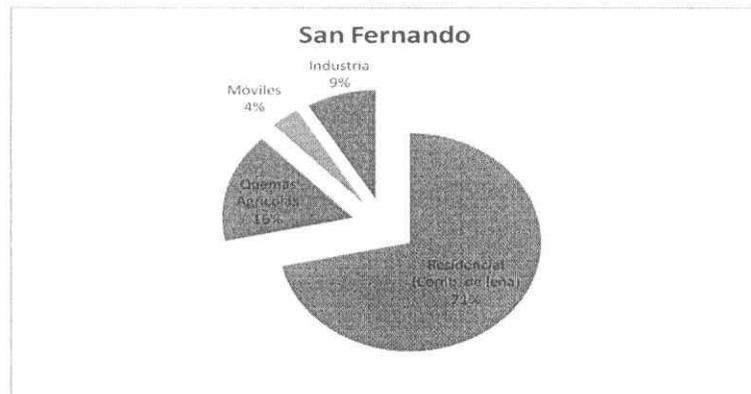


**Figura 9.** Emisiones de MP 10 por sector (Fuente: Estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O'Higgins", 2008).

Al analizar los datos en los principales centros urbanos que conforman la zona saturada del Valle Central, el aporte a las emisiones de MP10 de los sectores industrias y móviles aumenta a un valor de 9% en San Fernando y 10% en Rancagua respectivamente, como se aprecia en las figuras 10 y 11:



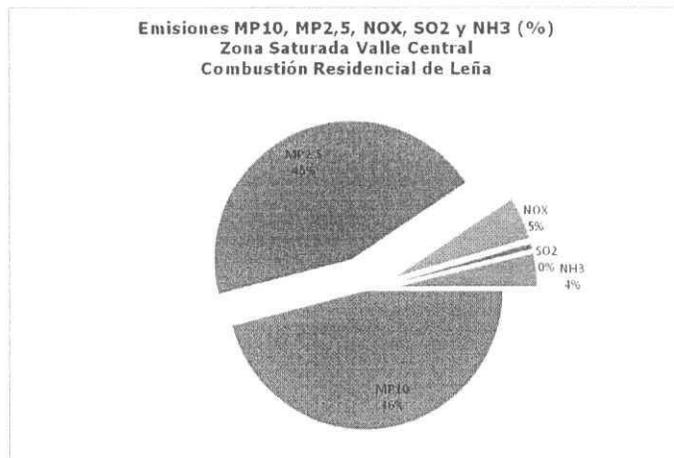
**Figura 10.** Emisiones de MP 10 por sector para la comuna de Rancagua (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008)



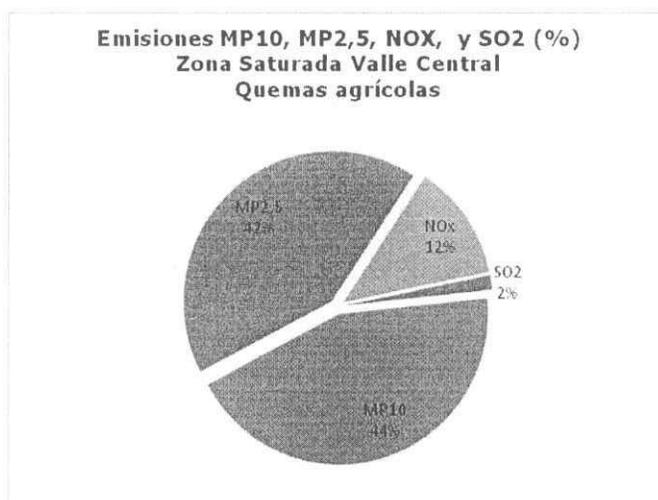
**Figura 11.** Emisiones de MP 10 por sector para la comuna de San Fernando (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008)  
Precusores Material Particulado

Al analizar el aporte de los sectores industrias, leña, quemas y transportes en la zona saturada del Valle Central a las emisiones de precursores del Material Particulado, se observa el alto aporte de MP2,5 para el caso de leña y quemas, NO<sub>x</sub> para el sector transportes y SO<sub>2</sub> para el sector industrial.

La combustión residencial de leña presenta un alto aporte de MP10 y MP2,5, al igual que las quemas agrícolas como se aprecia en las figura 12 y 13.

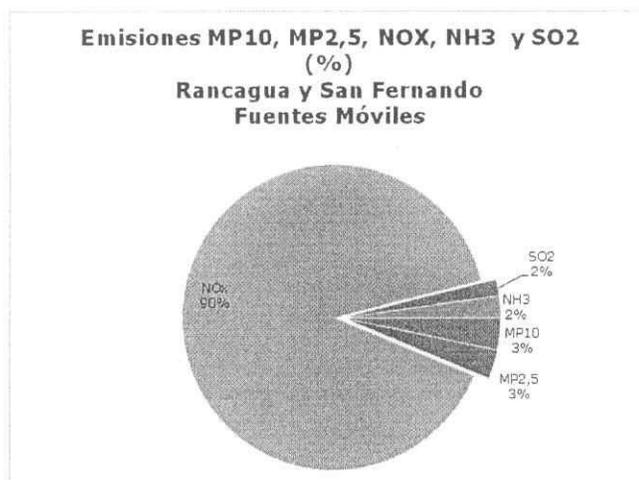


**Figura 12.** Emisiones de MP 10, MP2,5, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> por Combustión residencial de leña en la zona saturada del Valle Central (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008)



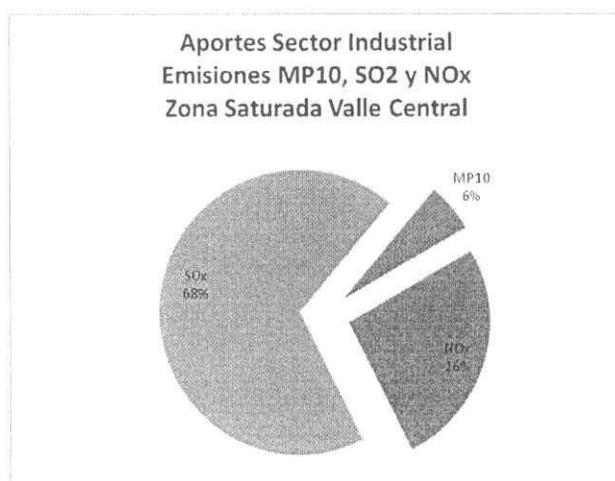
**Figura 13.** Emisiones de MP 10, MP2,5, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> por quemadas agrícolas en la zona saturada del Valle Central (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008)

Al analizar las emisiones del sector transportes en la zona saturada del Valle Central, representada por las comunas de Rancagua y San Fernando se aprecia el aporte significativo de este sector en NO<sub>x</sub> respecto a su aporte en otros contaminantes como lo indica la figura 14.



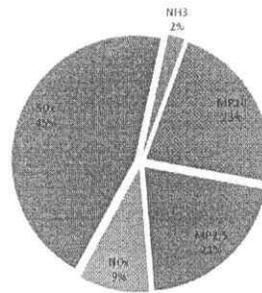
**Figura 14.** Emisiones de MP 10, MP2,5, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> por fuentes móviles en las comunas de Rancagua y San Fernando (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008)

En relación al sector industrial, en las figuras 15 y 16 se muestra el aporte en emisiones de este sector destacando su aporte en MP2,5, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, tanto para la zona saturada del Valle Central como para la ciudad de Rancagua, principal centro urbano de esta zona.



**Figura 15.** Emisiones de MP 10, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> sector industrial zona saturada del Valle Central (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008)

Emisiones MP10, MP2,5, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>  
Rancagua (%)  
Sector Industrial



**Figura 16.** Emisiones de MP 10, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub> sector industrial comuna de Rancagua (Fuente: Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008)

En base a los antecedentes anteriores el Plan de Descontaminación Atmosférica pone especial énfasis en la reducción de emisiones provenientes de la Combustión residencial de leña, quemas agrícolas, industria y sector transportes, en consideración a sus aportes en emisiones de MP10, pero también considerando su aporte en MP2,5 ( 45% de las emisiones de contaminantes en el caso de la combustión residencial de leña y 42% de las emisiones de contaminantes en el caso de las quemas agrícolas) y precursores del material particulado (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>), representando un aporte de 90% de NO<sub>x</sub> para el sector transportes y 65% de SO<sub>2</sub> para el sector industrial, evidenciando la relevancia del aporte de los precursores de material particulado.

Para complementar la información referente a los responsables de las emisiones, se ejecutará a partir de agosto del año 2011 el Estudio FNDR "Especiación de material particulado para Rancagua, Rengo y San Fernando" cuyo objetivo es determinar las responsabilidades en los aportes a las concentraciones ambientales de MP10 y MP2,5 de distintas fuentes de emisión de material particulado directo, y de sus precursores (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>) en las comunas de Rancagua, Rengo y San Fernando.

#### Meta global de reducción de emisiones

El año base para la declaración de zona saturada es el 2007. En ese año las estaciones monitoras ubicadas en la zona saturada acusan un máximo percentil 98 y media trianual de MP10 en la EMRP de Rancagua, con valores de 186 µg/m<sup>3</sup> y 78 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

También fundamenta la consideración del año 2007 como año base para el Plan de Descontaminación Atmosférico, que en dicho año la estación Rancagua presentó 24 días sobre el valor de la norma, siendo el valor del percentil 98 (norma primaria de 24 horas para MP10) de 186 µg/m<sup>3</sup>N.

Al evaluar la situación en el periodo 2005 a 2009, de los valores promedio para los tres años de monitoreo, se puede reconocer que nuevamente la estación Rancagua presenta el mayor valor de norma primaria de 24 horas para MP10 para el año 2007 con un valor de percentil 98 de 84 µg/m<sup>3</sup>. Dado lo anterior, se considera la condición más crítica como base para evaluar la reducción de emisiones, en consideración al principio preventivo de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.

Los resultados permitieron concluir que la se encuentra sobrepasada, como se observa en la Tabla 3, donde se señala para cada año y estación de monitoreo, el valor del percentil 98 y el número de días con concentraciones mayores a los 150 µg/m<sup>3</sup>N.

Para salir del estado de saturación por norma de 24 horas de MP10 se deben disminuir las concentraciones en un 19% en relación al año base. Al considerar el método roll-back, se obtiene que la reducción de emisiones sería de un 19%, considerando que el PDA tiene una vigencia de 10 años.

Para definir las metas de reducción por sector para el año 2022 se utilizará la información del Inventario de Emisiones Zona Saturada del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins año 2007 (Fuente: Estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O'Higgins", 2008).



**Tabla 6.** Meta de reducción de emisiones para salir de saturación por norma diaria de MP10

Meta de Calidad del Aire	Percentil 98 Año Base 2007	Meta Reducción
Percentil 98 = 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	186	19%

Por otra parte, para salir del estado de saturación por norma anual de MP10, se deben disminuir en un 37% las concentraciones y emisiones respecto al año base. En la siguiente tabla se muestra la meta de reducción para salir del estado de saturación por norma anual.

**Tabla 7.** Meta de reducción de emisiones para salir de saturación por norma anual de MP10

Meta de Calidad del Aire	Media Trianual 2005- 2007	Meta Reducción
Media Trianual = 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	78	37%

### Indicadores de efectividad

Los indicadores de efectividad tendrán como objetivo, establecer si las medidas contenidas en el Plan han tenido un efecto positivo en la calidad del aire de la zona saturada del Valle Central, como complemento a la meta de reducción de emisiones.

- Disminución de los episodios de superación de norma diaria de MP10 (sobre 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en el periodo otoño-invierno de cada año a partir de la entrada en vigencia del presente decreto.
- Disminución del máximo diario (Percentil 98) a partir de la entrada en vigencia del presente decreto.
- Disminución de las concentraciones promedio anual de MP10 a partir de la entrada en vigencia del presente decreto.

### Beneficios y costos del PDA

El D.S. N° 94 de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, Reglamento que fija el Procedimiento para Establecer Planes de Prevención y Descontaminación, exige la elaboración de un Análisis General del Impacto Económico y Social de los planes de descontaminación (AGIES).

Faltan antecedentes del estudio AGIES que será elaborado por el Departamento de Estudios del Ministerio del Medio Ambiente.

## CAPITULO II. CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA EN EL VALLE CENTRAL DE LA REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O´ HIGGINS

### 2.1 Regulación referida al uso y mejoramiento de la calidad de la leña

#### Artículo 4.

Una vez publicado el presente decreto en el Diario Oficial, la SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con los servicios públicos competentes se coordinará con los Municipios de Graneros, Rancagua, Doñihue, Olivar, Coltauco, Coinco, Quinta de Tilcoco, San Vicente, Placilla, Mostazal, Codegua, Machalí, Malloa, Rengo, Requínoa, San Fernando y Chimbarongo para generar instrumentos de gestión ambiental, que permitan regular el comercio de leña en las áreas urbanas y rurales de las comunas que conforman la zona saturada.

#### Artículo 5.

Transcurridos 6 meses, contados desde la publicación del presente Decreto en el Diario Oficial, quién comercialice leña en las áreas rurales y urbanas de la zona saturada del Valle Central deberá cumplir:

- Los requerimientos técnicos de la Norma Chilena Oficial N°2907/2005, de acuerdo a la especificación de "leña seca", que define como leña seca aquella que tiene un contenido de humedad menor o igual a 25% en base seca".
- Contar con un xilohigrómetro que permita verificar el cumplimiento de esta norma, que deberá ser utilizado a requerimiento del cliente y deberá contar con las especificaciones técnicas indicadas en el punto definiciones del presente decreto.
- Comercializar la leña usando como unidad de medida de comercialización metro cubico estéreo ( $\text{m}^3$ ) u otra unidad equivalente de volumen.