



**ANTEPROYECTO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN
ATMOSFÉRICA PARA EL VALLE CENTRAL DE LA REGIÓN DEL
LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS**

Anteproyecto PDA Valle Central



1938

- AGIES: Análisis General de Impacto Económico y Social.
- CONAF: Corporación Nacional Forestal.
- CORFO: Corporación de Fomento de la Producción.
- CPL: Consejo de Producción Limpia.
- INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario.
- FNDR: Fondo Nacional de Desarrollo Regional
- PDA: Plan de Descontaminación Atmosférica.
- SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.
- SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- SEREMI de Agricultura:** Secretaría Regional Ministerial de Agricultura.
- SEREMI de Economía:** Secretaría Regional Ministerial de Economía.
- SEREMI de Educación:** Secretaría Regional Ministerial de Educación.
- SEREMI de Energía:** Secretaría Regional Ministerial de Energía.
- SEREMI del Medio Ambiente:** Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente.
- SEREMI de Salud:** Secretaría Regional Ministerial de Salud.
- SEREMI de Transportes y Telecomunicaciones:** Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones.
- SEREMI de Vivienda y Urbanismo:** Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo.
- SERCOTEC: Servicio de Cooperación Técnica, dependiente del Ministerio de Economía.
- SERVIU: Servicio de Vivienda y Urbanización



ANTEPROYECTO DEL PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PARA EL VALLE CENTRAL DE LA REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

El Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférica (en adelante PDA) que a continuación se presenta, es el resultado de un trabajo en conjunto con los diversos organismos públicos y/o privados con competencia en la materia, correspondiéndole a la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (SEREMI del Medio Ambiente) la coordinación del proceso.

En el Capítulo I, se exponen las características generales de la zona saturada, así como también aquellos antecedentes que permitieron su declaración. Junto a ello se presentan el inventario de emisiones, las fuentes que generan los mayores aportes a la emisión de MP10 y sus precursores y también se determina la meta de reducción de emisiones esperada para salir de la condición de saturación. Adicionalmente, se presentan los aportes a la emisión de MP2,5, NOx, SO₂ y NH₃.

Los Capítulos II, III, IV y V contienen los fundamentos y la propuesta de regulación para controlar las emisiones de material particulado y sus precursores, aplicadas a la combustión residencial de leña, las quemas agrícolas, la industria y el transporte en el Valle Central de la región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

El Capítulo VI, aborda las condiciones establecidas para la compensación de emisiones.

El Capítulo VII contiene el Plan Operacional para enfrentar episodios críticos de contaminación atmosférica por MP10 e incorpora las recomendaciones y medidas contempladas en caso de declararse la condición de episodio crítico de acuerdo al D.S. Nº 59/98, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece la norma de calidad primaria para este contaminante.

El Capítulo VIII describe el Programa de Educación y Difusión, de gran relevancia considerando que parte importante de la aplicación de las medidas depende de la incorporación de estas por parte de la población del área declarada zona saturada.

El Capítulo IX describe los órganos de la administración del Estado encargados de la fiscalización y verificación del cumplimiento de las medidas, los mecanismos que se utilizarán para verificar el cumplimiento de los indicadores establecidos en el PDA y el periodo considerado para la actualización del Plan.

El Capítulo X contiene el detalle de los programas complementarios, que permitirán reforzar la implementación de las medidas para cada una de las líneas estructurales del Plan: leña, quemas agrícolas, transportes e industrias.

CAPITULO I. ANTECEDENTES GENERALES

El Plan de Descontaminación Atmosférica regirá en las comunas de Graneros, Rancagua, Doñihue, Olivar, Coltauco, Coinco, Quinta de Tilcoco, San Vicente, Placilla, y, parcialmente, en las comunas de Mostazal, Codegua, Machalí, Malloa, Rengo, Requínoa, San Fernando y Chimbarongo, de acuerdo a los límites establecidos en el DS Nº 7/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) y en el D. S. Nº 82/2009, del mismo Ministerio, que rectifica límite norte de la Declaración de Zona Saturada del Valle Central de la Región de O'Higgins. Este instrumento de gestión ambiental tiene por objetivo cumplir con la norma de calidad primaria para MP10, como concentración de 24 horas¹ y anual², contenida en el D.S. Nº 59/1998, modificado por el Decreto Supremo Nº 45 de 2001, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, de manera de proteger la salud de la población.

¹ Métrica diaria de la norma de calidad primaria para MP10: La norma diaria para MP10 es ciento cincuenta microgramos por metro cúbico normal (150 µg/m³N) como concentración de 24 horas registrada en cualquier estación monitora clasificada como EMRP. El cálculo se rige por lo establecido en el D.S. Nº 61/2008 del Ministerio de Salud.

² Métrica anual de la norma de calidad primaria para MP10: La norma anual para MP10, es cincuenta microgramos por metro cúbico normal (50 µg/m³N) como concentración anual. Se considerará sobrepasada la norma primaria anual de calidad del aire para MP10, cuando la concentración anual calculada como promedio aritmético de tres años calendario consecutivos en cualquier estación monitora clasificada como EMRP, sea mayor o igual que 50 µg/m³N.



1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA SATURADA

Los límites geográficos de la zona saturada por MP10 del Valle Central de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins fueron establecidos en el D.S. N° 7, de 03 de febrero de 2009 y en el D. S. N° 82, de 20 de julio de 2009, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Las comunas pertenecientes a la zona saturada del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, comprenden una superficie de 3.443,6 Km². Inserta en la zona declarada como saturada por MP10 se encuentra la comuna de Rancagua, que es la capital de la señalada región.

La zona saturada se encuentra ubicada entre dos cordones montañosos correspondientes a la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, en el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

La principal actividad económica de la zona saturada corresponde al sector silvo-agropecuario, destacando la actividad frutícola, producción porcina, cultivos industriales y agroindustria, 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 Comunes y Sociales con 18,4%, Industria Manufacturera con 15,5%, y Comercio con 14,5%.

Respecto a las características climáticas, las comunas del Valle Central 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 de 688.364 habitantes según estimaciones del INE para el año 2011.

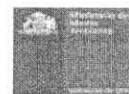
De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 1, la comuna de Rancagua posee la mayor cantidad de habitantes, con un 36% respecto al total de la población de la zona saturada. Además de lo anterior, esta comuna concentra la mayor proporción de población urbana, un 97%. Por otra parte, las comunas de Coinco y Placilla son aquellas que representan el menor número de habitantes, representando el 2% respecto del total de población de la zona saturada.

Tabla 1. Población de las comunas del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

N°	Comunas	Población 2011	% Población Urbana Censo 2002	% Población Rural Censo 2002
1	Rancagua	248.033	96,6	3,4
2	San Fernando	73.245	80,2	19,8
3	Rengo	60.857	72,9	27,1
4	San Vicente	47.172	54,6	45,4
5	Chimbarongo	34.602	52,3	47,7
6	Machalí	35.365	93,8	6,2
7	Graneros	30.672	87,3	12,7
8	Requinoa	25.952	50,4	49,6
9	Mostazal	26.671	81,9	18,1
10	Doñihue	20.211	92,2	7,8
11	Coltauco	17.546	42,9	57,1
12	Malloa	13.756	36,6	63,4
13	Olivar	13.981	64,0	36,0
14	Quinta de Tilcoco	12.012	51,4	48,6
15	Codegua	12.594	48,7	51,4
16	Placilla	8.508	26,2	73,8
17	Coinco	7.187	64,2	35,8
	Total	688.364	78,6	21,4

Fuente: INE O'Higgins, 2011

Anteproyecto PDA Valle Central



1.2 ANTECEDENTES DE LA ZONA SATURADA

El D.S N° 7/2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, declaró zona saturada por material particulado respirable MP10, como concentración anual y de 24 horas, 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 período 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 Plan.

Con fecha 20 de julio de 2009 se promulgó el D. S. N° 82, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que rectificó el límite norte de la declaración de zona saturada.

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 el artículo 44 de la Ley 19.300, de Bases Generales del Medio Ambiente, modificada por la Ley 20.417, y en base a lo establecido en el D.S N° 94, de 1995, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, se dio inicio a la elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférica, mediante la Resolución Exenta N° 3.107, del 29 de mayo de 2009, de la Dirección Ejecutiva de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial el 20 de junio del mismo año.

1.2.1 Evolución de la Calidad del Aire para material particulado MP10

La red de vigilancia de calidad del aire de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins cuenta con 13 estaciones de monitoreo de calidad del aire, tanto públicas como privadas. Siete de ellas se localizan dentro de la zona declarada como saturada por MP10: Rancagua, Codegua, San Francisco de Mostazal, Casas de Peuco, Rengo, San Fernando y Gultro.

Las mediciones registradas para el MP10, entre los años 2004 y 2011, en las estaciones de monitoreo de calidad del aire que forman parte de la red de vigilancia (Rancagua, San Francisco de Mostazal, Codegua y Casas de Peuco), dan cuenta de valores que sobrepasan la norma diaria para dicho parámetro. 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 2, que señala para cada año y estación de monitoreo, el valor del percentil 98.

Tabla 2. Evolución de la norma diaria de MP10 en red de vigilancia histórica

Año	Percentil 98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
	Rancagua	San Fco. de Mostazal	Codegua	Casas de Peuco
2004	172 (*)	152	151	105
2005	143	128	100	81
2006	153	146	134	112
2007	186	154	157	110
2008	149	129	113	78
2009	162	141	136	101
2010	272	127	105	82
2011	206	151	115	79

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). Fuente: elaboración propia a partir de los datos de estaciones de calidad del aire.

En el caso de la norma anual de MP10, se requiere disponer de tres años consecutivos de monitoreo para su evaluación. En la Tabla 3, se indican los resultados obtenidos, según los cuales en el período 2004-2006; 2005-2007; 2006-2008, 2007-2009, 2008-2010 y 2009-2011 las estaciones de Rancagua, San Francisco de Mostazal y Codegua presentan resultados que superan la norma. En tanto, la estación Casas de Peuco presentó una condición de latencia.



Tabla 3. Evolución de la norma anual de MP10 en red de vigilancia

Estación	Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)								Promedio Trianual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	2004*	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2004-2006	2005-2007	2006-2008	2007-2009	2008-2010	2009-2011
Rancagua	79	77	72	84	65	80	**	84	76	78	74	76	**	**
San Fco. de Mostazal	64	57	63	64	62	64	65	67	61	61	63	63	64	65
Codegua	67	54	61	66	65	58	62	59	61	60	64	63	62	60
Casas de Peuco	46	41	44	48	47	48	43	43	44	44	46	48	46	45

* Para el año 2004 corresponde a los primeros 12 meses de medición (Abril 2004 a marzo 2005), los otros son años completos.

** No se cuenta con la cantidad de datos requeridos para el cálculo de un valor de concentración anual para el año 2010 en la Estación Rancagua. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de estaciones de calidad del aire.

1.2.2 Variación temporal de las concentraciones de MP10

En la zona saturada del Valle Central, las concentraciones de MP10 tienen un fuerte comportamiento estacional. Se observa un notorio aumento de los niveles durante los meses de otoño e invierno, periodo durante el cual se alcanzan concentraciones en el rango de Nivel 1 y Nivel 2 que originan situaciones de emergencia ambiental, conforme al artículo 3°, del D.S.N°59, de 1998, del MINSEGPRES. La ocurrencia de episodios de alta contaminación se produce en días de estabilidad atmosférica que se asocian a fenómenos similares a los que se observan en la cuenca de Santiago.

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

El gráfico siguiente presenta cómo varía el perfil diario de las concentraciones de MP10 en Rancagua, Rengo y San Fernando, para el periodo abril-septiembre. Se observa el aumento de las concentraciones hacia el final del día. En el caso de la ciudad de Rancagua es posible observar un aumento relativo durante la punta de la mañana que puede asociarse al impacto del transporte.

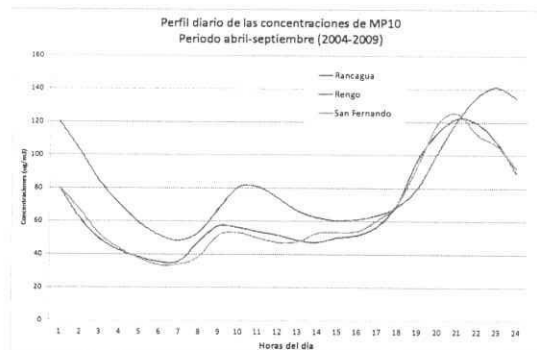


Figura 1. Perfil diario de concentraciones de MP10 en el Valle Central de la VI Región (Abril - Septiembre). Fuente: Elaboración propia en base a los datos del periodo 2007-2009 (estaciones de Rancagua, Rengo y San Fernando).

Se ha estimado que la variabilidad estacional se ve afectada por la ocurrencia de quemas agrícolas en la época estival y por las emisiones de combustión residencial de leña, mayoritariamente durante los meses fríos del año, desde mayo a agosto.

En 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 ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$). Si bien las estaciones de San Fernando y Rengo muestran niveles relativamente menores de MP10 a lo largo del año, es posible observar en el gráfico siguiente que el comportamiento a lo largo del año es muy similar. La marcada estacionalidad que se observa entre abril y agosto se explica por el empeoramiento de la ventilación y el aumento de las emisiones.

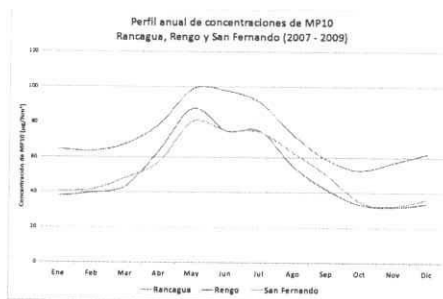
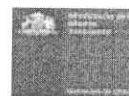


Figura 2. Perfil anual de concentraciones de MP10 en el Valle Central de la VI Región. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en base a los datos del periodo 2007-2009 (estaciones de Rancagua, Rengo y San Fernando).

Especial atención merece la situación de Rancagua donde los niveles de MP10 se mantienen todo el año por sobre el valor de la norma la referencia anual para este contaminante (50 µg/m³). Considerando los antecedentes disponibles que indican que la quema de biomasa para calefacción se concentra en los meses más fríos (abril-agosto) y que las quemas agrícolas se producen principalmente entre los meses de marzo a septiembre, resulta evidente que existen otras actividades relevantes que aportan a las concentraciones de MP10 en los meses más cálidos, porque las concentraciones no bajan en forma significativa.

1.2.3 Evolución de la calidad del aire para material particulado MP2,5

En consideración a la reciente entrada en vigencia del DS N°12, de 2011, del Ministerio del Medio Ambiente, que establece la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Fino Respirable MP2,5, se incorpora a continuación un análisis de la calidad del aire para este contaminante en la zona saturada.

Durante los años 2004, 2005 y 2007 se realizaron campañas de muestreo para medir las fracciones fina y gruesa de MP10, observándose que la fracción fina es mayoritaria. En la ciudad de Rancagua se obtuvo una fracción del 61% a través de las tres campañas realizadas, lo cual da una señal de la importancia de fortalecer el monitoreo de este contaminante en la zona saturada.

Hasta el año 2011, existía sólo una estación que medía MP2,5, localizada en Rancagua desde abril de 2008. El Ministerio del Medio Ambiente ha planificado implementar una segunda estación de monitoreo que permitirá un mejor seguimiento de este contaminante a partir del segundo semestre de 2012.

El gráfico siguiente muestra el comportamiento de las fracciones fina (MP2,5) y gruesa que componen el material particulado MP10 en la estación de Rancagua.



Figura 3. Concentraciones promedio mensuales de fracciones fina y gruesa de material particulado respirable en Rancagua para el año 2009. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en base a Datos Red SIVICA Período 2008 – 2010.

Anteproyecto PDA Valle Central



De acuerdo con estos antecedentes, la fracción fina determina en gran medida la variabilidad de las concentraciones de MP10 a lo largo del año, mientras que la fracción gruesa no muestra una variación significativa. Las concentraciones de MP2,5 aumentan entre abril y agosto, llegando durante el mes de junio a representar más del 75% del MP10.

1.2.4 Condiciones meteorológicas que dan origen a episodios de contaminación

Los niveles de concentración de Material Particulado MP10 y MP2,5 en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins presentan una marcada estacionalidad. Las concentraciones promedio diarias se incrementan entre los meses de abril y agosto, periodo en el que se supera el valor de la norma de MP10. Este aumento del material particulado ha sido relacionado con las bajas temperaturas dominantes en el sector, los movimientos de masas de aire, los aportes de masas de aire de otros sectores y la ocurrencia de condiciones de estabilidad y el desarrollo de inversiones térmicas más intensas.

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 denominado El Niño Oscilación del Sur³.

El empeoramiento en las condiciones medias de transporte de contaminantes 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 un bajo factor de ventilación que generan condiciones propicias para que se produzcan episodios de alta contaminación atmosférica por MP10.

El empeoramiento de la calidad del aire se ha asociado a fenómenos a escala sinóptica observados en la zona central de Chile. De este modo la ocurrencia de condiciones de marcado predominio de altas presiones en la tropósfera media, la ocurrencia de vaguadas costeras y la evolución de sistemas frontales débiles, al igual que en la cuenca de Santiago, modulan los fenómenos de estabilidad que se traducen típicamente en episodios críticos de contaminación⁴.

De este modo, las configuraciones denominadas "tipo A" asociadas a condiciones de alta presión y desarrollo de vaguada costera, y las de "tipo BPF" desarrollo de baja pre frontal y configuraciones mixtas, es decir A-BPF, se asocian a episodios de alta contaminación en Chile Central.

1.2.5 Sobre los responsables de las emisiones

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), la Comisión Nacional del Medio Ambiente y el Ministerio de Salud⁵.

Esta iniciativa permitió identificar, en una primera instancia, que el principal problema de contaminación de la ciudad de Rancagua estaba referido al material particulado MP10. Además, a través de dicho proyecto se pudo reconocer que las principales fuentes de emisión correspondían a la combustión de leña para calefacción doméstica y quemas agrícolas, las fuentes móviles y la actividad de la fundición de cobre.

Posteriormente, se desarrollaron una serie de estudios para conocer con mayor especificidad los problemas que presentaba la región respecto del material particulado y los gases precursores. Así, el inventario de emisiones regional para el año 2006 (Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008) incorpora el aporte del sector industrial, incluyendo la fundición Caletones, el sector residencial, las quemas agrícolas e incendios forestales y las emisiones del transporte.

³ Estudio "Operación de un Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire por MP10 para Rancagua, periodo 2010".

⁴ El Estudio "Operación de un Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire por MP10 para Rancagua, periodo 2010", señala que las clasificaciones meteorológicas desarrolladas por Rutllant y Garreaud en diversos estudios, entre los que destaca el estudio denominado Meteorological air pollution potencial for Santiago, Chile: Towards an objective episode forecasting, 1995, son aplicables a la zona geográfica que comprende la región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

⁵ Estudio "Source Apportionment of PM10 and PM 2,5 in Five Chilean Cities", 2001.

Anteproyecto PDA Valle Central



Tabla 4. Inventario de emisiones para la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins año 2006. Estudio FNDR "Diagnóstico y Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región", 2008

FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES ESCENARIO 2006							
Categoría de Fuente	PM10 ton/año	PM2,5 ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	COV ton/año	SOx ton/año	NH3 ton/año
Industria (otras)	214	159	704	1.186	11	2.138	335
Industria Cobre	1.565	1.322	476	2.051	42	116.412	57
Combustión de Leña	5.261	5.113	48.275	557	21.700	73	442
Otras residenciales	4	4	18	83	3.492	22	237
Evaporativas Comerciales					15.011		
Quemas Agrícolas	2.257	2.157	14.584	636	1.320	84	
Incendios Forestales	5.505	4.675	52.308	1.925	3.620	582	526
Otras Areales	5	4	17	1	41.122		111.364
Total Estacionarias	14.811	13.434	116.382	6.439	86.319	119.312	112.960
Buses licitados	8	7	41	145	13	3	0
Otros buses	64	57	288	1.256	149	31	1
Camiones	134	118	580	1.978	308	68	1
Vehículos Livianos	47	26	19.171	2.009	1.244	26	61
Fuera de Ruta	67	61	347	376	60	0	0
Total Móviles	321	269	20.427	5.764	1.774	127	63
TOTAL	15.132	13.703	136.809	12.203	88.093	119.439	113.023

En la figura siguiente se puede observar de mejor forma cómo cada uno de los sectores aporta respecto de las emisiones de material particulado y sus gases precursores.

- La quema de biomasa, representada por el uso residencial de leña, quemas agrícolas e incendios forestales aportan una proporción mayoritaria de las partículas emitidas directamente a la atmósfera.
- Las fuentes móviles, por su parte, son responsables de la mayor parte de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), que es un precursor de material particulado y de ozono troposférico. También tienen un aporte importante a las emisiones de polvo resuspendido.
- Las fuentes industriales tienen un aporte significativo a las emisiones de material particulado, óxidos de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx), respecto de este último contaminante el aporte supera el 99% y se asocia en forma casi exclusiva a la fundición de Caletones.
- Finalmente, la categoría denominada "otras emisiones estacionarias" representa un aporte muy significativo en las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) principalmente por las emisiones evaporativas, y un aporte que supera el 98% a las emisiones de Amoníaco (NH3) proveniente de las actividades agropecuarias.

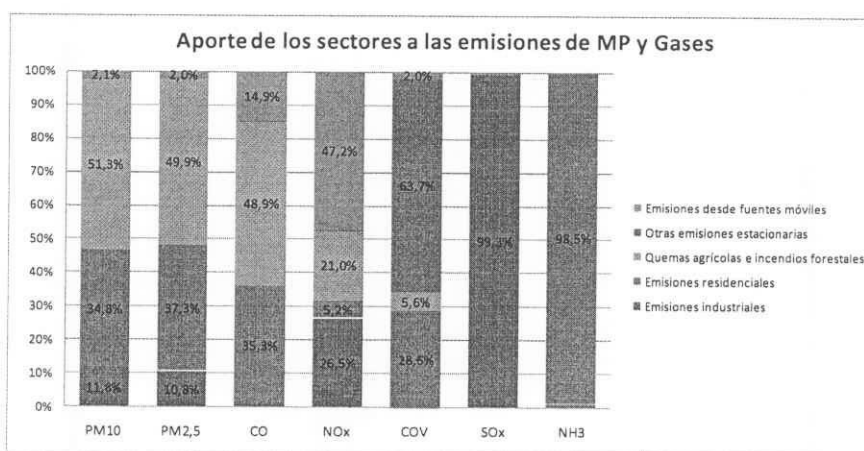
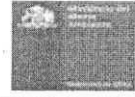


Figura 4. Aporte porcentual de los sectores en las emisiones de material particulado y gases.

Anteproyecto PDA Valle Central



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, para la zona saturada del valle central la combustión residencial de leña y las quemas agrícolas son las fuentes principales de las emisiones directas de MP 10 a la atmósfera.

En base a los antecedentes anteriores el Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférica pone especial énfasis en la reducción de emisiones provenientes de la combustión residencial de leña, quemas agrícolas, la industria y sector transporte, en consideración a sus aportes en emisiones de MP10, pero también considerando su aporte en MP2,5.

Para complementar la información referente a los responsables de las emisiones, se ejecutará durante el año 2012 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 (SO₂, NO_x, NH₃).

1.2.6 Metas de calidad del aire

Se ha establecido el año 2007 como año base para el Plan de Descontaminación Atmosférica. En ese año las estaciones monitoras ubicadas en la zona saturada acusan un máximo percentil 98 y media trianual de MP10 en la estación EMRP⁶ de Rancagua, con valores de 186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Cabe mencionar que en dicho año la estación Rancagua presentó un total de 24 días sobre el valor de la norma.

Al evaluar la situación respecto de la norma primaria de calidad del aire como concentración anual, los registros más altos corresponden a la estación Rancagua con valores de 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo 2004-2006; 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo 2005-2007; 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo 2006-2008 y 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo 2007-2009. 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.

Considerando el año 2007 como año base y un horizonte de 10 años para implementar la reducción de concentraciones, a partir de la dictación del Plan, se establece como meta superar el estado de saturación, es decir lograr un valor de percentil 98 para la norma de 24 horas y promedio trianual inferior al estado de saturación; 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, según el detalle presentado en Tabla 5.

Tabla 5. Meta de reducción de concentraciones de MP10 para salir del estado de saturación

Norma de Material Particulado MP10	Norma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Año Base 2007 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meta de Calidad del Aire ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reducción ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Reducción (%)
MP10 Anual: Media Trianual 2005-2007	50	78	49	29	37
MP10 24 horas P98	150	186	149	37	20

Para salir del estado de saturación por norma de 24 horas de MP10 se deben disminuir las concentraciones en un 20% en relación al año base, considerando un plazo de 10 años. Para salir del estado de saturación por norma anual de MP10, se deben disminuir las concentraciones en un 37% en relación al año base, considerando idéntico plazo que para la norma diaria.

Metas de reducción de emisiones

Para definir las metas de reducción de emisiones se utilizará la información del Inventario de Emisiones Zona Saturada del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

⁶ EMRP: Estación de monitoreo de material particulado respirable MP10 con representatividad poblacional, de acuerdo con la norma de calidad primaria para MP10, D.S. N° 59/1998 modificado por el Decreto Supremo N° 45 de 2001, ambos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Anteproyecto PDA Valle Central



año 2007 (Fuente: Estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O'Higgins", 2008).

Para lograr una reducción del 37% en las concentraciones de MP10 en base anual, es necesario reducir las emisiones de partículas y gases precursores en dicha proporción. Lo anterior significa que todos los sectores deberán reducir sus emisiones en 37% respecto del año base 2007.

1.2.7 Indicadores de efectividad

Se definen los siguientes indicadores de efectividad para el Plan de Descontaminación, los cuales tiene por finalidad verificar anualmente el efecto real en la calidad del aire de la zona saturada del Valle Central, de la implementación de las medidas de gestión y control de emisiones a la atmósfera:

- Número de días/año que se supera la norma diaria de MP10 (sobre $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Disminución del máximo diario (Percentil 98) respecto del año base.
- Disminución de las concentraciones promedio anual y trianual de MP10 respecto del año base.

CAPITULO II. CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA

2.1 FUNDAMENTOS DE LA REGULACIÓN

La combustión residencial de leña constituye la principal fuente que aporta MP10 en la zona saturada del Valle Central, de acuerdo al inventario de emisiones regional con base en el año 2006 y a la proyección realizada para la zona saturada tomando como año base 2007⁷.

El Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférica pone especial énfasis en la reducción de emisiones provenientes de la combustión residencial de leña en consideración a sus aportes en emisiones de MP10, pero también considerando su aporte en MP2,5, que alcanza el 45% del total de emisiones directas de este contaminante.

Según el estudio del mercado de la leña en la ciudad de Rancagua⁸, el consumo de leña por hogar alcanza como promedio ponderado a $2,2 \text{ m}^3$ sólidos anuales, con diferencias a nivel de grupo socioeconómico (GSE). Dicho estudio determinó que el consumo medio por hogar aumenta en el GSE alto, donde alcanza $3,8 \text{ m}^3$. El GSE medio consume $2,1 \text{ m}^3$ y el GSE bajo, $1,6 \text{ m}^3$.

Por otra parte, el consumo anual de combustibles de madera, incluidos leña y desechos, en el sector residencial urbano de Rancagua, es de 22.616 m^3 sólidos, lo que equivale a 19.520 toneladas.

Según el estudio "Medidas para el control de la contaminación por combustión residencial de leña" desarrollado por la Universidad de Concepción (2010), el consumo medio anual por hogar es de 1.450 kg en Rancagua, 3.000 kg en San Vicente, 2.014 kg en San Fernando, 3.200 kg en Chimbarongo, 2.800 kg en Requinoa, 770 kg en Coltauco, 1.080 kg en Malloa, 1.600 kg en Codegua, 1.590 kg en Mostazal, 2.136 kg en Graneros, y 1.400 kg en Rengo.

Según el mismo estudio, en la mayoría de las comunas de la zona saturada el consumo medio anual de leña por hogar fue mayor en las zonas rurales en relación con el consumo en zonas urbanas, con excepción de las comunas de San Fernando y Coltauco donde el consumo es mayor en zonas urbanas.

Otro dato significativo que entrega el estudio es que el uso de leña en la zona saturada estaría aumentando en forma progresiva. Esto se sustenta en que el 14,7% de los hogares ha comenzado a utilizar leña en el último año para calefacción y/o cocinar alimentos.

Las principales especies utilizadas a nivel residencial en la zona saturada corresponden a eucaliptus (45%) y frutales (33%), el 22% restante corresponde a espino, especies nativas y otros.

⁷ Estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O'Higgins", 2008.

⁸ INFOR, Estudio del mercado de la leña en la ciudad de Rancagua (2005)

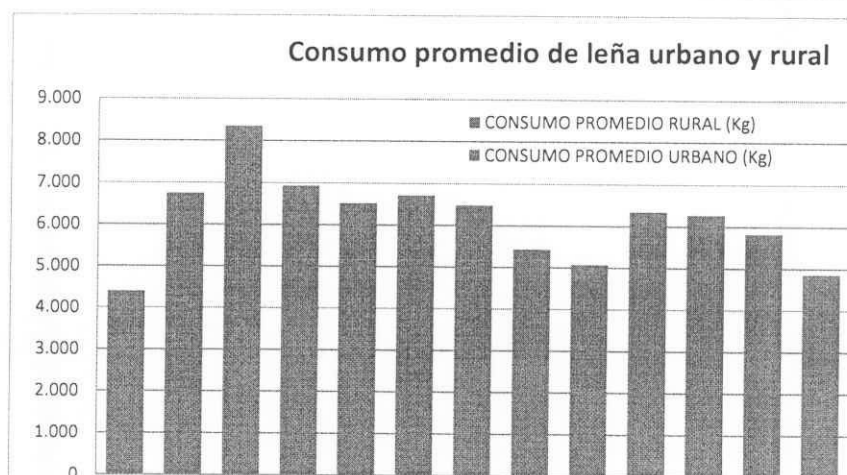


Figura 5. Consumo de leña (kg) por comuna

Fuente: Estudio "Medidas para el control de la contaminación por combustión residencial de leña, 2009.

En los hogares de las comunas mencionadas, la salamandra es el equipo más utilizado (31,6%), seguido de las estufas de combustión lenta llamadas "doble cámara" (23,3%), estufa de cámara simple (16,5%), cocina de hierro (15,5%), chimenea (5,79%), estufa de lata (4,1%), horno de barro (1,9%) y otro tipo de artefacto a combustión (1,2%).

En promedio las chimeneas tienen una antigüedad de 14,7 años, las estufas de combustión lenta llamadas de "doble cámara" 4,6 años; las estufas de cámara simple 5,2 años; las salamandras tienen una antigüedad promedio de 9,7 años y las estufas de lata 5,6 años. Por lo tanto, el 14,6% del parque de calefactores a leña tendría una antigüedad superior o igual a los 12 años. Sólo el 8,8% de los equipos tienen una antigüedad menor a 1 año desde su instalación.

La principal unidad de compra de leña en la zona saturada corresponde al kilo (51,3%), seguido de camionetas (12,2%), metros cúbicos y sacos en menor porcentaje. El mercado de la leña se caracteriza por ser informal. El 37% es adquirida en puntos de venta, mientras que un porcentaje similar se adquiere de un transportista o vendedor ambulante. En las zonas urbanas un 70,6% de la leña es comprada, en las zonas rurales la proporción alcanza un 37,4%.

En los quintiles de ingreso más bajos los equipos más utilizados corresponden a salamandras, hornos de barro y cocinas de hierro. Por el contrario, en los hogares correspondientes al quintil de mayor ingreso se aprecia una mayor proporción de artefactos de combustión lenta llamadas de "doble cámara", estufas de cámara simple y chimeneas de hogar abierto.

En lo que respecta a la materialidad de las paredes exteriores de las viviendas asociada, en las comunas de San Vicente, San Fernando, Rengo, Rancagua, Malloa, Graneros y Chimbarongo predomina el adobe, tabique sin forro interior (madera u otro) y otros materiales artesanales tradicionales⁹. En las zonas urbanas de Graneros, Mostazal, Chimbarongo, Rengo y San Vicente de Tagua Tagua existe predominancia de viviendas con paredes exteriores compuestas por acero u hormigón armado, albañilería de ladrillo, bloques de cemento o piedra y tabique forrado.

Según el estado de materialidad de las viviendas por comuna con datos de la encuesta CASEN 2006 y en base a los criterios de materialidad de viviendas determinados por MIDEPLAN existen:

- 134.611 viviendas que se encuentran en buenas condiciones en lo que respecta al estado de techo, piso y muros exteriores.
- 15.174 viviendas deficitarias (muro y techo de materiales de desecho y/o piso de tierra)
- 4.850 recuperables (muro de adobe, tabique sin forro interior y otros materiales artesanales tradicionales. Piso con radier no revestido, tabla o parquet, maderas, plásticos o pastelones. Techo tejas, loza, zinc o pizarreño).
- 10.386 aceptables (paredes exteriores compuestas por acero u hormigón armado, albañilería de ladrillo, bloques de cemento o piedra y tabique forrado. Piso de radier no revestido, tabla o parquet, maderas, plásticos o pastelones. Techo de tejas, loza, zinc o pizarreño).

⁹ Estudio "Medidas para el control de la contaminación por combustión residencial de leña, 2010.



2.2 PROPUESTA DE REGULACIÓN PARA LA COMBUSTIÓN RESIDENCIAL DE LEÑA

2.2.1 Definiciones

Área urbana: Área territorial destinada a acoger usos urbanos, comprendida dentro de los límites urbanos establecidos por los Instrumentos de Planificación Territorial, según la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcción.

Área rural: Área territorial establecida en los Instrumentos de Planificación Territorial que está fuera de los límites urbanos o de extensión urbana en su caso, según la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcción.

Artefacto: es aquel calefactor o cocina que combustiona leña o derivados de la madera, fabricado, construido o armado, en el país o importado, que tiene una potencia térmica nominal menor o igual a 25 kW, de alimentación manual o automática, de combustión abierta o cerrada, que proporciona calor en el espacio en que se instala y está provisto de un ducto para la evacuación de gases al exterior.

Chimenea de hogar abierto: artefacto para calefacción de espacios – construida en albañilería, piedra, metal u otro material – en la que la combustión de leña u otro combustible sólido se realiza en una cámara que no cuenta con un cierre hermético y, por tanto, está desprovista de un mecanismo – adicional a la regulación del tiraje – que permita controlar la entrada de aire.

Leña: porción de madera en bruto de troncos, ramas y otras partes de árboles y arbustos, utilizada como combustible sólido residencial, comercial e industrial.

Leña seca: aquella que tiene un contenido de humedad menor al 25% medida en base seca, de acuerdo a lo estipulado en la Norma Chilena Oficial NCh 2907/2005.

Metro cúbico de leña: volumen de leña apilada, cuya dimensión es 1 m de alto, 1 m de ancho y 1 m de largo, que queda luego de descontar los espacios intersticiales entre los trozos de la pila.

Metro estéreo: volumen de leña apilada, cuya dimensión es 1 m de alto, 1 m de ancho y 1 m de largo, que incluye los espacios de aire.

Norma Chilena Oficial N°2907/2005: Norma sobre combustible sólido – leña – requisitos, declarada oficial por Resolución Exenta N°569 (13 de Septiembre de 2005), del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, publicada en el Diario Oficial (23 de Septiembre de 2005).

Xilohigrómetro: Equipo que utiliza para medir la proporción de agua que contiene la madera, tanto libre como de saturación y su medición es en base húmeda.

2.2.2 Regulación referida al uso y mejoramiento de la calidad de la leña y derivados de la madera

a) Requisitos para la comercialización de leña

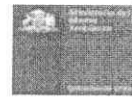
Dentro del plazo de 6 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, quien comercialice leña al interior de la zona saturada deberá cumplir con lo siguiente:

- Requerimientos técnicos de la Norma Chilena Oficial N°2907/2005, de acuerdo a la especificación de "leña seca", establecida en la tabla 1 de dicha norma, que define leña seca como 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.

La fiscalización de esta medida será realizada por las 17 municipalidades que conforman la zona saturada mediante el cumplimiento de las ordenanzas municipales dictadas en esta materia o por cualquier otro organismo con competencia para su fiscalización.

b) Ordenanzas municipales para la fiscalización de la calidad de la leña

Dentro del plazo de 6 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región del Libertador Bernardo



O'Higgins (en adelante SEREMI del Medio Ambiente), en conjunto con los servicios públicos competentes, se coordinará con los municipios de la zona saturada para generar y publicar ordenanzas municipales orientadas a regular el comercio y calidad de la leña en las comunas que conforman la zona saturada.

c) Información al consumidor

La SEREMI del Medio Ambiente, una vez publicado el PDA en el Diario Oficial, iniciará la publicación anual de un listado de comerciantes de leña y detalles de calidad de la leña comercializada, con el fin de transparentar los datos de calidad de leña. Dicho listado deberá además estar disponible en la oficina de la SEREMI del Medio Ambiente y en los municipios de la zona saturada.

d) Programa de apoyo al mejoramiento de infraestructura y condiciones de comercialización de la leña y derivados de la madera

Dentro del plazo de 12 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la Secretaría Regional Ministerial de Economía Región del Libertador Bernardo O'Higgins, a través de sus servicios, con apoyo de la SEREMI de Medio Ambiente y otros organismos competentes, sujeto a los instrumentos y programas disponibles en cada servicio involucrado, deberán diseñar un Programa de Apoyo al Mejoramiento de Infraestructura y Condiciones de Comercialización de Leña y Derivados de la Madera de la zona saturada, de forma tal de generar las condiciones para focalizar sus instrumentos en este sector. En un plazo no mayor a los 18 meses contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, los servicios involucrados deberán comenzar con la implementación del Programa de Apoyo.

e) Regulación uso de leña sector público de la zona saturada

Dentro del plazo de 12 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, los servicios públicos, municipalidades, establecimientos educacionales y establecimientos de salud de la zona saturada reemplazarán los equipos de calefacción individuales que operan con leña por otras alternativas de calefacción menos contaminantes.

f) Restricción de uso de leña con aplicación de agroquímicos

Considerando que el uso de leña con aplicaciones de agroquímicos puede producir emisiones con altos niveles de toxicidad, desde la fecha de publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI del Medio Ambiente coordinará a las 17 municipalidades que conforman la zona saturada para la incorporación en las respectivas ordenanzas municipales, la prohibición del uso de leña con aplicación de agroquímicos como combustible, para calefacción al interior de dicha zona saturada, en base a los estudios que para tales efectos se lleven a cabo por dicha SEREMI.

Asimismo, corresponderá a dicha SEREMI y Municipalidades indicadas implementar una campaña de sensibilización de la comunidad respecto del grave impacto ambiental que provoca el uso de leña con aplicación de agroquímicos.

2.2.3 Regulación referida al uso y mejoramiento de la calidad de los artefactos

a) Prohibición de uso chimeneas de hogar abierto

Una vez publicado el PDA en el Diario Oficial se prohíbe en las áreas urbanas de la zona saturada del Valle Central utilizar chimeneas de hogar abierto destinadas a la calefacción de viviendas y de establecimientos públicos o privados.

b) Programa de recambio de artefactos a leña

Dentro del plazo de 12 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con el Ministerio de Energía, la SEREMI de Salud y Gobierno Regional de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, deberán diseñar un programa de recambio tecnológico, cuyo objetivo será:



- Facilitar el retiro de artefactos de alta emisión de partículas y baja eficiencia destinados a calefacción o cocción de alimentos, que usan leña y su reemplazo por otras alternativas energéticas en las **áreas urbanas** de la zona saturada.
- Facilitar el retiro de artefactos de alta emisión de partículas y baja eficiencia, destinados a calefacción o cocción de alimentos, que usan leña y su reemplazo por artefactos a leña de menor emisión y mayor eficiencia u otras alternativas energéticas en las **áreas rurales** de la zona saturada.

Los artefactos que serán utilizados en el programa de recambio deberán cumplir con las especificaciones técnicas definidas para estos efectos por el Ministerio del Medio Ambiente.

Las alternativas energéticas a considerar en el programa de recambio serán definidas en base a estudios técnicos y económicos,

Dentro del plazo de 24 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con los organismos competentes deberá comenzar a ejecutar el Programa de recambio tecnológico diseñado. La meta global de reducción de este programa deberá ser de 37% de las emisiones directas de MP producidas por calefactores residenciales a leña.

c) Catastro de artefactos residenciales de combustión de leña

Dentro del plazo de 3 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI del Medio Ambiente deberá informar a la comunidad respecto de la forma y condiciones en que se realizará el catastro de artefactos residenciales de combustión de leña y derivados de la madera existentes en la zona saturada del Valle Central.

La SEREMI del Medio Ambiente mantendrá este catastro actualizado, el que será utilizado como insumo del Programa de Recambio Tecnológico y para el seguimiento de las emisiones provenientes de este tipo de artefactos.

2.2.4 Aislamiento térmico de las viviendas

a) Programa para el mejoramiento térmico de las viviendas

Dentro del plazo de 12 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI de Vivienda y Urbanismo en conjunto con la SEREMI del Medio Ambiente deberán diseñar y comenzar a implementar un nuevo programa de subsidios para la aislación térmica de viviendas que permita complementar la entrega de subsidios de mejoramiento térmico de las viviendas existentes del Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF) en la zona saturada del Valle Central.

Este subsidio deberá implementarse por un periodo de de 5 años. Para su financiamiento se considerarán entre otras fuentes, el Fondo Nacional de Desarrollo Regional.

b) Aumentar exigencias de reglamentación térmica para viviendas nuevas

Desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, las nuevas viviendas y edificaciones que se construyan en la zona saturada, deberán acreditar el cumplimiento de un estándar de aislación térmica equivalente a lo establecido para zona térmica N°4 de acuerdo al Manual de aplicación de la Reglamentación Térmica, de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (2007) o por el que lo reemplace o modifique.



CAPITULO III. CONTROL DE EMISIONES ASOCIADAS A QUEMAS AGRÍCOLAS

3.1 FUNDAMENTOS DE LA REGULACIÓN

El Plan de Descontaminación Atmosférica pone énfasis en la reducción de emisiones provenientes de la quema de leña y biomasa porque los análisis de calidad del aire disponible muestran que una fracción significativa del material particulado tiene este origen.

Específicamente respecto de las quemas agrícolas, el DS N°100/1990, del Ministerio de Agricultura, viene controlando el uso del fuego en períodos de mala ventilación desde la década de los noventa. Dicho decreto tiene su origen en el proceso de descontaminación atmosférica de la Región Metropolitana, sin embargo incorpora las comunas de la provincia de Cachapoal en la Región del Libertador General Bernardo O’Higgins.

En base al inventario de emisiones regional del año 2006 y la proyección realizada para la zona saturada tomando como año base el año 2007 (Estudio “Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central Región de O’Higgins”, 2008) el aporte de las quemas representa un 27% de las emisiones directas de MP10.

Se ha estimado para el año 2009 un total de 4.888 hectáreas quemadas en las comunas que componen la zona saturada¹⁰. Las quemas agrícolas se relacionan principalmente con quema de rastrojos provenientes de maíz que representa un 56% de la superficie, seguido por frutales (mayores y menores) con el 43%, y viñas con el 1%. La quema de rastrojos para la preparación del suelo es el principal motivo de los agricultores para utilizar el fuego y se asocia a pequeños productores de maíz. Los agricultores también utilizan estas prácticas para el control de heladas en frutales y en un porcentaje menor para la eliminación de restos de poda y la limpieza de caminos, canales y cercos.

La figura siguiente presenta la intensidad de uso del fuego en las comunas del Valle Central, ordenadas desde el norte hacia el sur. Se han destacado tres comunas que no están incorporadas en las restricciones que establece el señalado DS N°100: San Fernando, Chimbarongo y Placilla, que representan un 52% del total de hectáreas quemadas en toda la zona saturada.

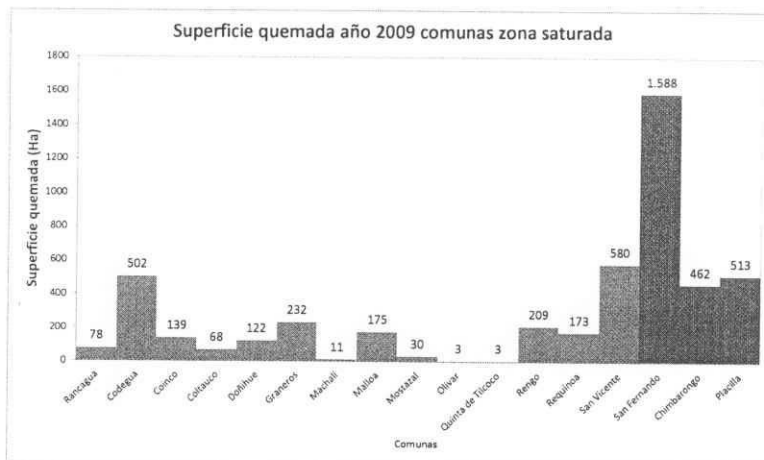


Figura 6. Quemas por comunas en la zona saturada del Valle Central. Fuente: Elaboración propia a partir del Estudio “Medidas para el control de la contaminación por quemas agrícolas”, 2009.

La distribución temporal de las quemas obedece al objetivo de éstas y según especies o cultivos. El gráfico siguiente muestra que las quemas se concentran en un 98% entre los meses de marzo a octubre.

¹⁰ Estudio “Medidas para el control de la contaminación por quemas agrícolas”, 2009.