

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.

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.

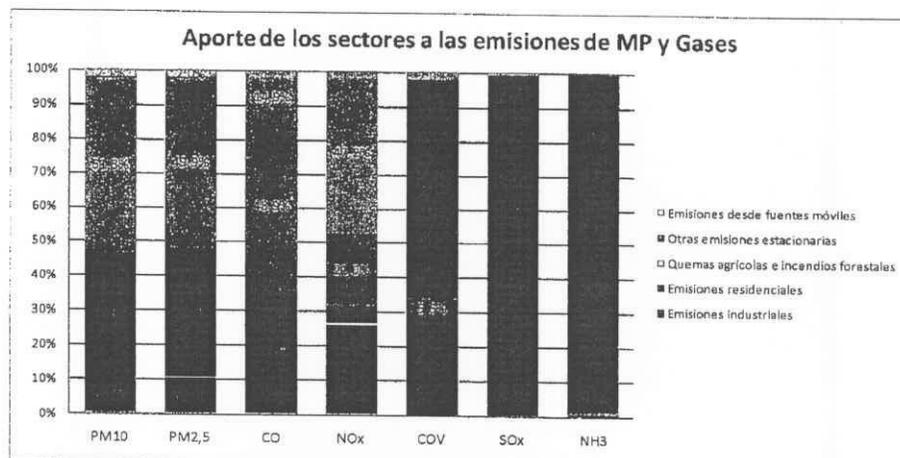


Figura 4. Aporte porcentual de los sectores en las emisiones de material particulado y gases.

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 año 2007 (Fuente: Estudio "Apoyo en formulación de Plan de Descontaminación Valle Central

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.

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)



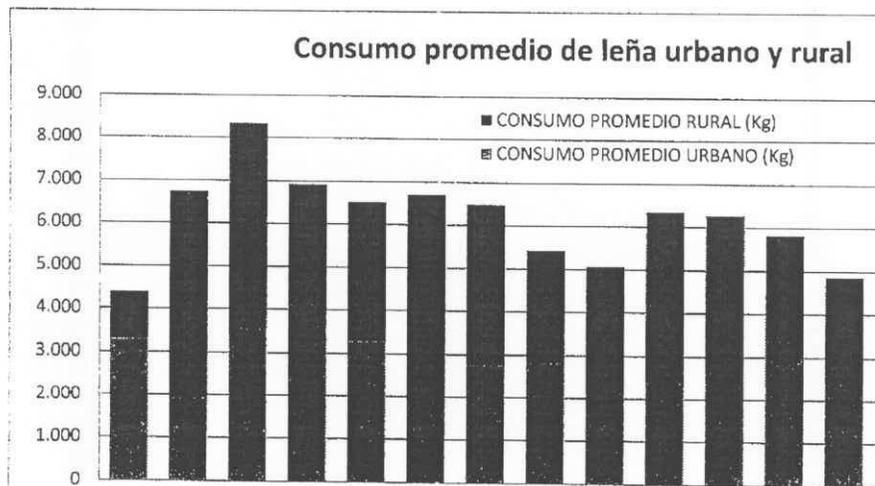


Figura 5. Consumo de leña (kg) por comuna

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 la ejecución del 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 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 quemaduras 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 quemaduras 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.

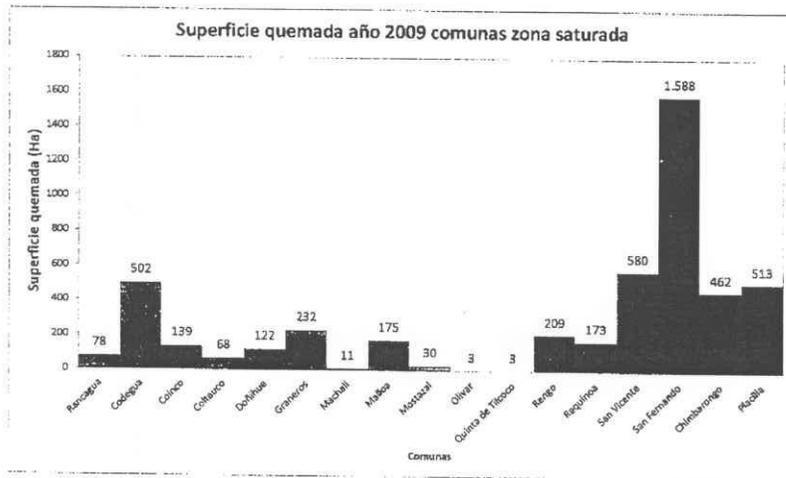


Figura 6. Quemaduras por comunas en la zona saturada del Valle Central. Fuente: Elaboración propia a partir del Estudio "Medidas para el control de la contaminación por quemaduras agrícolas", 2009.

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

¹⁰ Estudio "Medidas para el control de la contaminación por quemaduras agrícolas", 2009.

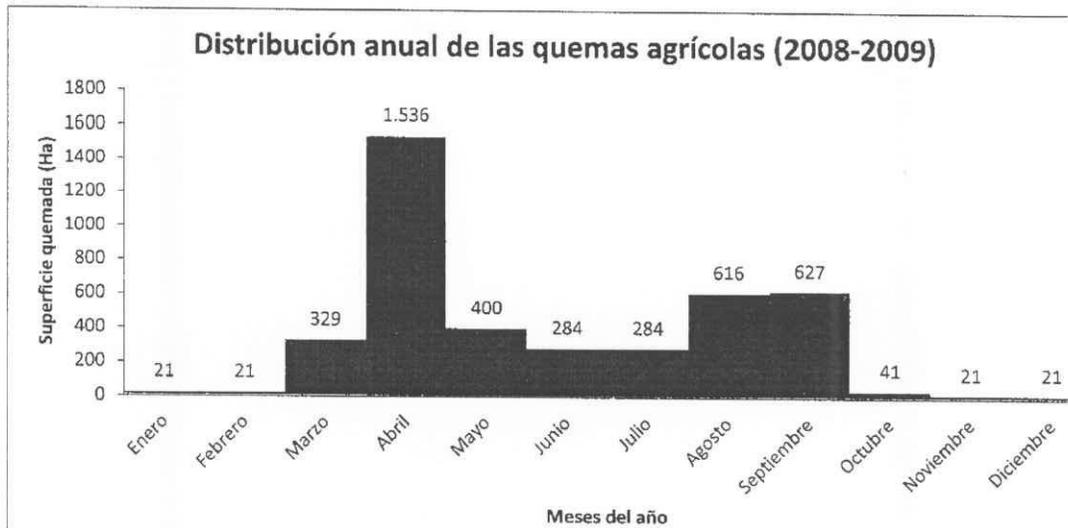


Figura 7. Distribución temporal de quemas en la zona saturada del Valle Central (datos corresponden al periodo mayo 2008 – abril 2009). Fuente: Estudio “Medidas para el control de la contaminación por quemas agrícolas”, 2009.

Entre los meses de octubre y febrero el principal objetivo de las quemas corresponde a la limpieza de caminos, canales y cercos; entre los meses de marzo a mayo corresponden principalmente a incorporación de rastrojos; en los meses de mayo, junio, julio y agosto se registran quemas para la eliminación de restos de poda y para los meses de agosto y septiembre el principal objetivo de las quemas es el control de heladas.

Mediante el estudio “Medidas para el control de la contaminación por quemas” (2009) se evaluaron técnica y económicamente alternativas a las quemas tanto para la eliminación de rastrojos como para el control de heladas según tipo de agricultor (pequeño, mediano y grande), rubro y ubicación geográfica. Las alternativas evaluadas para el caso de la eliminación de rastrojos corresponden a compostaje, vermicompostaje, producción de biogás, cero labranza, combustión directa de la biomasa, gasificación de la biomasa y la incorporación de rastrojos. Para el caso del control de heladas se evaluó el uso de calefactores, riego por aspersión y la ventilación mecánica.

3.2 PROPUESTA DE REGULACIÓN QUEMAS

3.2.1 Definiciones

Quemas controladas: Conforme al artículo 2° del D.S. N° 276, de 1980, del Ministerio de Agricultura, es la acción de usar el fuego para eliminar vegetación en forma dirigida, circunscrita o limitada a un área previamente determinada, conforme a normas técnicas preestablecidas, con el fin de mantener el fuego bajo control.

Quema libre: Es aquella que se realiza al aire libre, sin ningún factor de control de la emisión, con la finalidad de eliminar residuos de cualquier clase.

Rastrojos: Desechos vegetales que quedan en el terreno después de efectuada la cosecha o poda en el ámbito silvoagropecuario.

3.2.2 Prohibición de quemas en la zona saturada

El uso del fuego como mecanismo de disposición de los residuos agrícolas o de control de heladas produce diversos problemas ambientales. Cuando estas quemas se realizan en épocas de mala ventilación, el impacto en calidad del aire puede ser muy significativo, por esta razón se plantea restringir su uso.

a) Prohibición de las quemas

Dentro del plazo de 12 meses contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial se prohíbe el uso del fuego para la quema de rastrojos y de cualquier tipo de vegetación viva o muerta, en los terrenos agrícolas, ganaderos o de aptitud preferentemente forestal de la zona saturada, en el periodo comprendido del 1 de marzo al 31 de octubre de cada año.



b) Prohibición de quemas libres

Una vez publicado el PDA en el Diario Oficial, se prohíbe en la zona saturada la quema libre, en la vía pública o en recintos privados, de hojas secas y todo tipo de residuos de manera tal de evitar que los productos de la combustión se emitan directamente al ambiente.

La fiscalización de esta medida será realizada por inspectores de las municipalidades de las comunas que conforman la zona saturada y por Carabineros de Chile.

3.2.3 Desarrollo de prácticas alternativas al uso del fuego

En forma complementaria con las restricciones planteadas en el punto anterior, se ha considerado llevar adelante diversos programas orientados al fortalecimiento de prácticas alternativas al uso del fuego. Estos programas tienen por finalidad apoyar a los agricultores para que en forma gradual puedan modificar las prácticas actuales.

a) Programa de difusión de alternativas a quemas libres

Una vez publicado el PDA en el Diario Oficial, la SEREMI del Medio Ambiente en conjunto con SAG, CONAF, INDAP y SEREMI de Salud iniciarán un trabajo de coordinación y colaboración con todos los municipios que conforman la zona saturada, para difundir entre la comunidad alternativas en el manejo de sus residuos, con la finalidad de reducir progresivamente las quemas libres.

b) Programa de incentivos concursables para alternativas a las quemas

Dentro del plazo de 12 meses contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI de Agricultura, en conjunto con la SEREMI del Medio Ambiente, deberá diseñar un Programa Anual de Incentivos Concursables para la incorporación de prácticas alternativas a las quemas en eliminación de rastrojos y control de heladas dirigido a las comunas de la zona saturada.

Dentro del plazo de 18 meses contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI de Agricultura deberá gestionar los recursos para la implementación del programa diseñado y comenzar con su ejecución.

c) Programa de fomento a valorización de residuos y sistemas de control de heladas

Dentro del plazo de 12 meses contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI de Economía, a través de CORFO y SERCOTEC, con apoyo de la SEREMI del Medio Ambiente y otros organismos competentes, sujeto a los instrumentos y programas disponibles en cada servicio involucrado, deberá diseñar un Programa de Fomento de la Valorización de Rastrojos y restos de poda y sistemas de control de heladas. Dentro del plazo de 24 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial se iniciará la etapa de implementación del programa.

d) Programa de incentivos para la sustentabilidad agroambiental de los suelos agropecuarios dirigido a la incorporación de rastrojos en la zona saturada.

Dentro del plazo de 12 meses contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, la SEREMI de Agricultura y sus servicios, en conjunto con la SEREMI del Medio Ambiente y Gobierno Regional, evaluarán alternativas de financiamiento para implementar un programa complementario al Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD Sustentable) de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

De encontrarse una fuente de financiamiento, dicho programa será dirigido a la zona saturada del Valle Central y considerará como línea principal bonificar la incorporación de rastrojos. El diseño del programa deberá establecer los criterios para la selección de los beneficiarios.

CAPITULO IV. CONTROL DE EMISIONES INDUSTRIALES

4.1 FUNDAMENTOS DE LA REGULACIÓN

Las principales fuentes emisoras del sector industrial corresponden a calderas, grupos electrógenos, hornos de panaderías, procesamiento de granos y la fabricación de productos de

hierro y acero. De estas fuentes se constata que las calderas realizan un significativo aporte en las emisiones de MP y SO₂, cercano al 70% y 95% respectivamente.

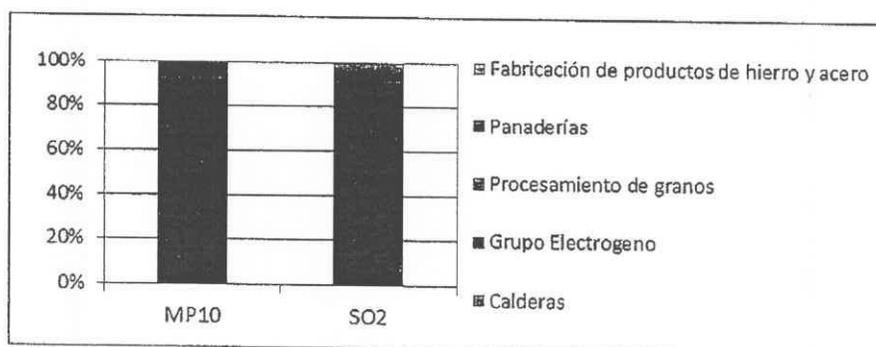


Figura 8: Aporte de emisiones de MP y SO₂ del sector industrial.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del RETC 2009.

De acuerdo a la información disponible en el registro de calderas administrado por la Autoridad Sanitaria, conforme lo establecido en el D.S. N° 48, de 1984, del Ministerio de Salud, Reglamento de Calderas y Generadores de Vapor, se advierte que el parque existente de calderas presenta tecnología convencional antigua, con distintos tamaños, agrupadas principalmente en calderas de 3 a 20 MWt. Los principales combustibles que se utilizan corresponden, en orden de prioridad, al petróleo pesado 5 y 6, gas, leña y carbón. Las emisiones al aire de los contaminantes MP, SO₂ y NO_x, tienen su origen, principalmente, en la quema de carbón y petróleos pesados.

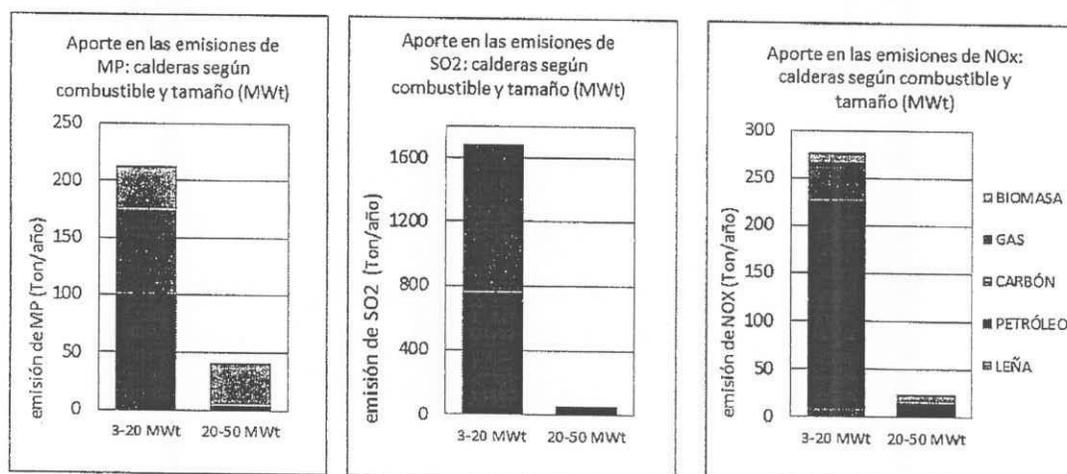


Figura 9: Aporte en las emisiones de MP, SO₂ y NO_x en toneladas al año, de las calderas según combustible utilizado y tamaño (MWt). Fuente: Elaboración propia a partir del registro de calderas de la SEREMI de Salud de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (2010). La biomasa es reportada como biomasa o aserrín.

Otra fuente emisora relevante en términos de su aporte de emisiones al problema de calidad del aire en la zona saturada corresponde a la Fundación Caletones. Para el año 2010 la fundación reportó emisiones de 128.000 toneladas al año dióxido de azufre (SO₂) y emisiones de arsénico (As) de 201 toneladas al año.

Las emisiones de la fundación están reguladas actualmente por el DS N° 81 de 1998, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, que establece el Plan de Descontaminación para el área circundante a la Fundación de Caletones de la División El Teniente de Codelco Chile (D.O. 03.06.1998). El Plan estableció límites de emisión anual de 230.000 toneladas de SO₂ y de 1.987 toneladas de MP, los cuales se cumplen desde el año 2001.

La fundación además está regulada por la norma de emisión de arsénico, DS N° 165 de 1999, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (D.O. 02.06.1999), la que establece un límite de emisión anual de 375 toneladas año, que se cumple desde el año 2001.

Las fundiciones de cobre en general y Caletones en particular presentan un gran potencial de reducción de emisiones de SO₂. Tal situación, entre otros antecedentes, han servido de fundamento para que el Ministerio del Medio Ambiente elabore un anteproyecto de norma de emisión para fundiciones de cobre y fuentes emisoras de arsénico, que será publicado el año 2011.



y a través del cual se espera lograr reducciones de SO₂ superiores al 60% de las emisiones reportadas al año 2010.

4.2 MEDIDAS ORIENTADAS A REDUCIR LAS EMISIONES EN INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN (3- 50 MWt)

4.2.1 Límites de emisión para calderas y turbinas

Los procesos de combustión en plantas de pequeña capacidad son sistemas diseñados para producir energía eléctrica o mecánica, vapor, calor, o cualquier combinación de estos elementos, independientemente del tipo de combustible empleado, con una capacidad térmica nominal entre tres y cincuenta megavatios térmicos (MWt).

Para efectos de esta regulación, se considerarán como fuentes emisoras existentes a todas aquellas instaladas con anterioridad a la publicación del PDA en el Diario Oficial.

Se establecen los siguientes límites de emisión para los contaminantes MP, SO₂ y NO_x para fuentes nuevas y existentes, que realizan procesos de combustión con un funcionamiento mayor o igual a 500 horas en un año calendario o cuya operación sea superior o igual al 30 por ciento de su capacidad anual.

A continuación las tablas (Tabla 6a, 6b y 6c) presentan los límites de emisión para calderas y turbinas dependiendo del tamaño y tipo de combustible utilizado:

Tabla 6a: Límite de emisión para calderas existentes entre $3 \leq$ fuente existente < 50 MWt, mg/m³-N

Caldera	MP	SO ₂	NO _x	Corrección de oxígeno (%)
Sólido	50	1.000	650	6
Líquido	50	1.000	460	3
Gas	N/A	N/A	320	3

N/A: no aplica.

Tabla 6b: Límite de emisión para calderas nuevas entre $3 \leq$ fuente nueva < 50 MWt, mg/m³-N

Caldera	MP	SO ₂	NO _x	Corrección de oxígeno (%)
Sólido	30	600	400	6
Líquido	30	600	400	3
Gas	N/A	N/A	320	3

N/A: no aplica.

Tabla 6c: Límite de emisión para turbinas nuevas y existentes. $3 \leq$ fuente nueva y existente < 50 MWt, mg/m³-N

Turbinas existentes y nuevas	SO ₂	Corrección de oxígeno (%)
Líquido	100	15

La verificación y seguimiento de las emisiones al aire en calderas y turbinas se realizará de acuerdo a lo siguiente:

Calderas entre $3 \leq$ y < 20 MWt:

- Las calderas a gas deben medir solo las emisiones de NO_x en forma discreta.
- Las calderas que usan combustible líquido o sólido deben medir las emisiones de MP, SO₂ y NO_x en forma discreta.
- Las calderas que usan combustible líquido, además de medir en chimenea las emisiones de MP, SO₂ y NO_x, deberán calcular las emisiones de SO₂ a través de un balance de masa, expresado en unidades kg/hora, para el cual se debe declarar el tipo, la cantidad de combustible y el contenido de Azufre (S) utilizado en el último año calendario.
- Las calderas que usan combustibles sólidos tales como: carbón, mezclas o petcoke deberán además de medir en chimenea las emisiones de MP, SO₂ y NO_x; acreditar a través de un análisis químico el contenido de azufre (S) y de cenizas del combustible utilizado en último año calendario.