

“ESTUDIO DIAGNÓSTICO PLAN DE GESTIÓN CALIDAD DEL AIRE VI REGIÓN”

RESUMEN EJECUTIVO

TABLA DE CONTENIDOS

1	OBJETIVOS	3
2	METODOLOGIA.....	5
2.1	FUENTES CONTAMINANTES CONSIDERADAS	6
2.2	MEDIDAS CONSIDERADAS PARA LA GENERACION DEL INVENTARIO	11
3	RESULTADOS	12
3.1	INVENTARIO 2006	16
3.2	INVENTARIO 2010 SIN MEDIDAS Y 2010 CON MEDIDAS.....	19
4	ESTIMACION DE ZONA SATURADA	25
4.1	MP-10	25
4.2	OZONO.....	29
5	PLAN DE GESTIÓN	31

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe se entregan los resultados del “Estudio Diagnóstico Plan de Gestión Calidad del Aire VI Región”, donde se consideraron escenarios correspondientes a los años 2006 y 2010, generados dentro del presente estudio.

1 OBJETIVOS

Objetivos Generales

Elaborar el inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos en la VI Región, la delimitación de zonas latentes y saturadas para los contaminantes MP₁₀ y ozono, y la propuesta de planes de gestión de calidad del aire por las comunas identificadas, que permitan a las autoridades sanitarias, ambientales, de transporte y municipales, el desarrollo de mecanismos y aplicación de instrumentos de gestión ambiental y sectorial para el control de la contaminación en la VI región.

Objetivos Específicos

Objetivo 1:

Contar con una revisión de las metodologías para estimar emisiones de MP₁₀, MP_{2,5}, CO, NO_x, SO₂ utilizadas en el inventario de emisiones del año 2000 y seleccionar o proponer otras según corresponda para su actualización al año base 2006. Actualizarlas de acuerdo al estado del arte en el desarrollo de inventarios y recopilar los factores de emisión actualizados y disponibles, justificando claramente el uso de cada una de estos, metodología y factores de emisión, señalando el nivel de incertidumbre que tienen en su aplicación a la VI Región.

Objetivo 2:

Contar con una recopilación de los niveles de actividad disponibles para el año 2006 y actualización del inventario de emisiones para la VI Región, que incluya al menos las siguientes fuentes:

- Estacionarias puntuales: combustión y procesos y emisiones fugitivas.
- Estacionarias de área: residenciales, comercial, quemas agrícolas, incendios forestales y biogénicas.
- Fuentes móviles en ruta, incluyendo transporte público y privado; y fuera de ruta, maquinaria agrícola, de construcción e industrial, etc.).
- El universo de fuentes emisoras que aportan a la fracción gruesa del material particulado (construcción, producción transporte y procesamiento de áridos, actividades agrícolas, polvo resuspendido desde calles pavimentadas y no pavimentadas, etc.)

Objetivo 3:

Desarrollar el inventario de emisiones 2010 proyectado, a partir del inventario 2006, que considere una propuesta básica de medidas y estrategias de control de emisiones que sea factible de aplicar en la VI región, en función de medidas aplicadas en otras regiones tales como la Metropolitana y Novena Región de acuerdo a sus planes de descontaminación y

acordadas previamente con la contraparte técnica de la consultoría.

Objetivo 4:

Generar una base de datos compatible con el sistema I-AIRVIRO, que a partir del año 2007 permitirá integrar y administrar el sistema de información de inventario de emisiones en todo el país. El inventario deberá ser coherente con los últimos inventarios desarrollados en el país de manera que éstos sean comparables.

Objetivo 5:

Establecer a través de una modelación de campos de vientos, u otra metodología, la extensión de la zona saturada en torno a centros urbanos con problemas de contaminación por MP₁₀, o en torno al valle o cuenca de aire.

Objetivo 6:

Proponer Planes de Gestión de Calidad del Aire para las comunas que presentan problemas de contaminación por MP₁₀ en la VI Región, asociado al control de fuentes responsables tales: suelo o resuspensión de polvo, quema de leña, industrias, fuentes móviles u otras de acuerdo a la realidad local.

2 METODOLOGIA

DICTUC S.A. ha adaptado para el desarrollo de los inventarios de emisiones la metodología seguida principalmente por Estados Unidos y México en sus programas de inventarios de emisiones (ver Figura 1), el cual considera la aplicación de medidas de aseguramiento y control de calidad (AC/CC) en cada uno de los pasos requeridos para su desarrollo, caracterizado por un ordenamiento lógico de las actividades, de manera de obtener resultados comparables a los estándares internacionales.

Siguiendo esta metodología, las características del inventario están determinadas por los propósitos del mismo: desde una aplicación sencilla tal como calcular las emisiones de una fuente puntual con el objeto de evaluar un punto de máximo impacto, hasta una aplicación de mayor escala como calcular un inventario Regional requerido para un Plan de Descontaminación. De esta manera, según su uso, se diferenciarán las características del inventario construido en cuanto a la identificación de las fuentes contaminantes, así como la distribución espacial, temporal y detalle químico de las emisiones que se consideren.

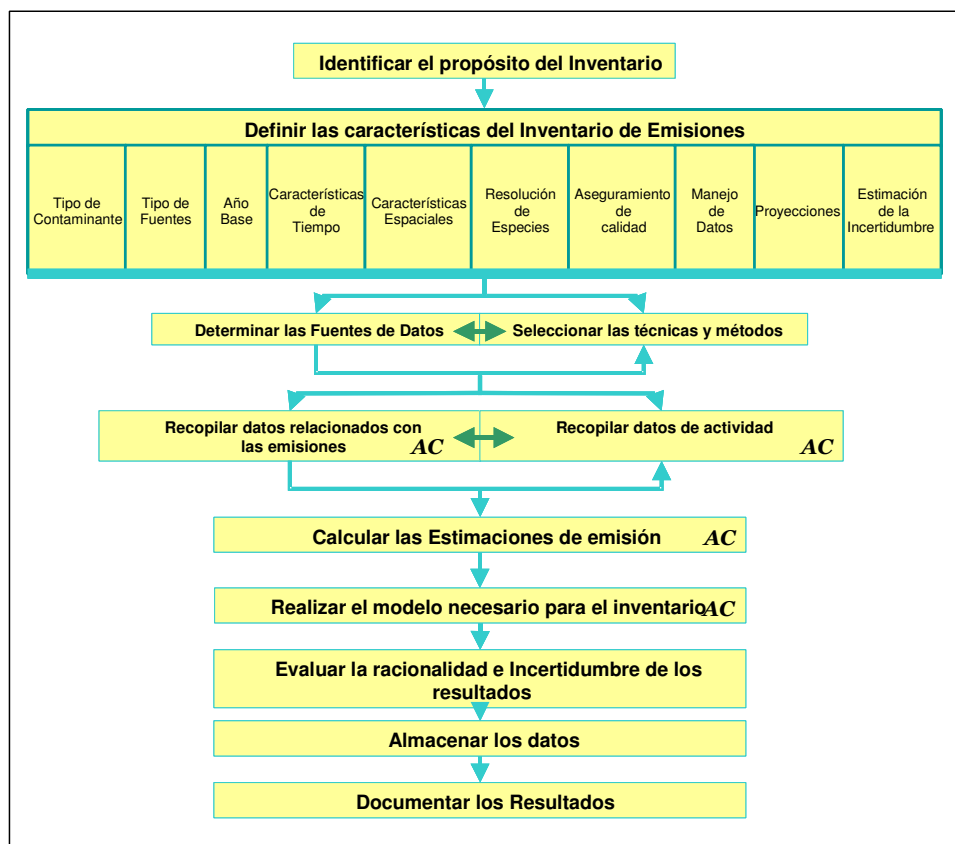


Figura 1: Enfoque metodológico adoptado por DICTUC S.A. en programas de inventario de emisiones

Esta estructura detallada también considera: a) la modelación como herramienta básica para la evaluación de la calidad de un inventario, así como la documentación de los inventarios para que estén completamente fundamentados, y b) el uso de modelos dinámicos para realizar los

cálculos de emisiones de manera que permitan el uso de metodologías estructuradas y por tanto reproducibles (modelos de emisiones SAIE y MODEM.).

Finalmente, la aplicación de esta metodología, en conjunto con el uso de la mejor información disponible, ha permitido el desarrollo de un inventario 2005 de acuerdo con los estándares internacionales.

2.1 FUENTES CONTAMINANTES CONSIDERADAS

Los inventarios de emisiones incluyen tanto a las fuentes naturales como las actividades antropogénicas que provocan emisiones de contaminantes a la atmósfera, lo cual da como resultado una gran variedad de tipos de fuentes, las cuales deben ser agrupadas según su naturaleza en una estructura que facilite su manejo y estudio. CONAMA R.M a lo largo del desarrollo de sus inventarios de emisiones ha adoptado la estructura que se presenta en la Figura 2. En términos generales en esta estructura nos encontramos con los siguientes grupos de fuentes:

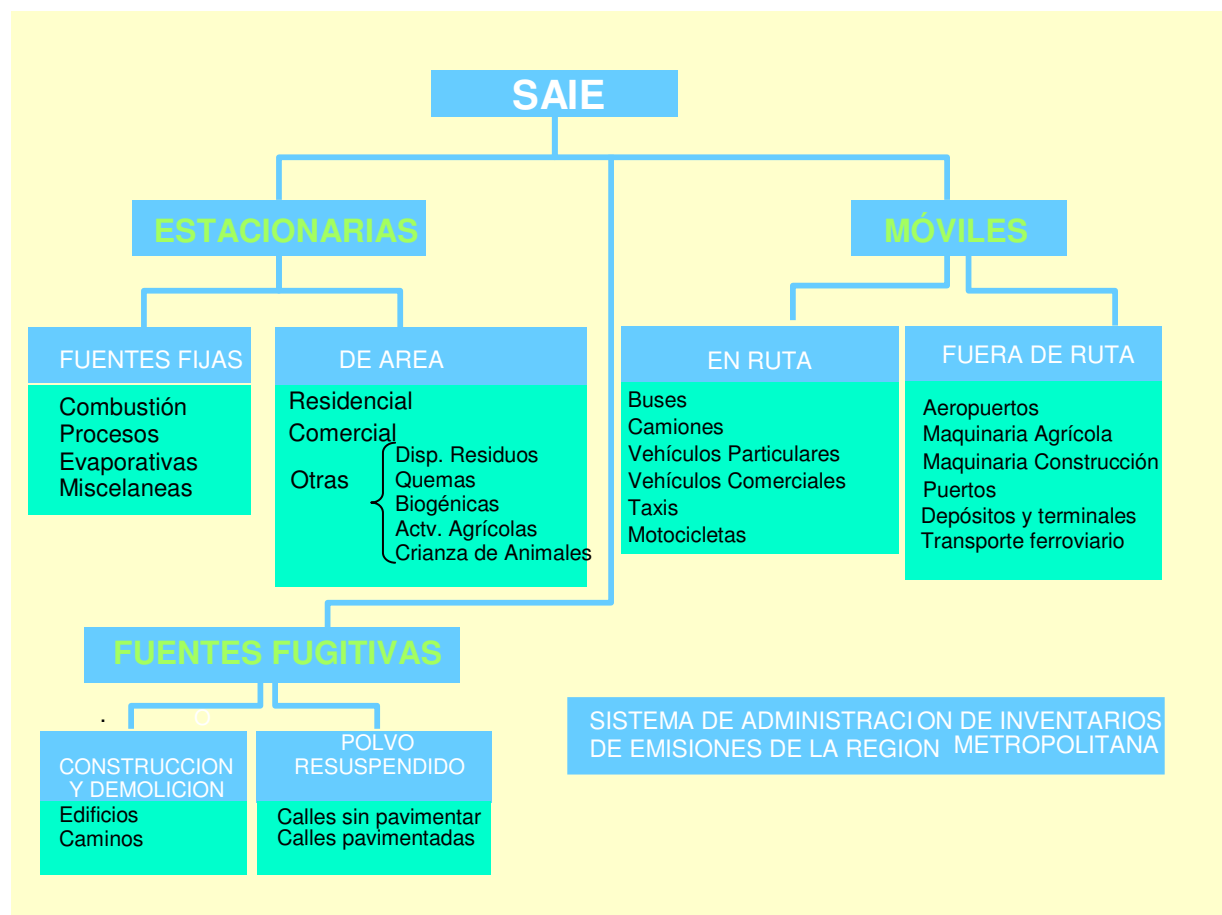


Figura 2: Estructura de fuentes consideradas en el Sistema de Administración del Inventario de Emisiones (SAIE) de CONAMA R.M.

○ **Fuentes Estacionarias:**

Corresponden a las emisiones provocadas por fuentes que se encuentran en un lugar fijo y se subdividen en: a) fuentes fijas puntuales, en aquellos casos en que la fuente es identificada individualmente en el inventario, tal como una caldera o un horno industrial, o b) como fuente estacionaria de área, cuando la fuente tiene una localización fija, pero son demasiado numerosas y dispersas para ser incluidas de manera eficiente dentro de un inventario de fuentes puntuales. A continuación se detallan estos dos tipos de fuentes estacionarias.

Estacionarias Puntuales:

A este grupo pertenecen las emisiones individuales generadas por chimeneas o ductos de descarga (en el caso de las fuentes fijas) o bien emisiones fugitivas de un proceso productivo, o emisiones fugitivas de material particulado en una operación de transferencia sin un sistema de captura de polvo, etc. Sólo a excepción de las calderas, que se agrupan en forma individual (grupo calderas), para el resto de las operaciones unitarias de un proceso productivo, las fuentes se agrupan según el giro o actividad de la empresa a la que pertenece la fuente tal como: Producción de Hierro y acero o fabricación de productos cerámicos, etc.

Estacionarias de Área:

A este grupo pertenece una gran variedad de tipos de fuentes, las que por su naturaleza no es posible tratar de manera individual, y que en general son estimadas de manera agregada y principalmente a nivel comunal, es decir, en este caso es posible hablar de la emisión de la fuente a nivel comunal y no de la emisión de cada fuente en forma individual. Esto generalmente se produce porque la localización de las emisiones no es conocida con precisión en el espacio o bien su patrón de actividad temporal es intermitente (caso de los incendios). Algunos ejemplos de estas fuentes son:

- Combustión residencial de: Kerosene, Gas licuado GLP, Gas natural GN, Gas de ciudad, gas propano diluido GPD y Leña
- Evaporativas de COV residenciales, lo cual incluye el uso de solventes, el pintado arquitectónico, el uso de adhesivos, las fugas de GLP y las emisiones de amoniaco
- Amoniaco proveniente de plantas de agua servida, metano de rellenos sanitarios.
- Distribución de combustibles (estanques de almacenamiento, transporte y expendio en gasolineras)
- Solventes usados en lavasecos
- Talleres de pintado de vehículos
- Aplicación de asfaltos
- Restoranes y asadurías de aves
- Incendio forestales
- Incendio urbanos
- Quemados de rastrojos agrícolas
- Incendios forestales
- Producción de ladrillo en forma artesanal
- Consumo de cigarrillos

- Emisiones biogénicas de COV provenientes de la vegetación natural
- Uso de plaguicidas en agricultura
- Amoniaco proveniente de la crianza de animales

○ Fuentes Móviles

Las fuentes móviles corresponden a aquellas actividades cuyas emisiones son de carácter móvil y se subdividen en dos grupos a) si la actividad es desarrollada dentro de la red vial urbana o interurbana, se les denomina fuentes móviles en ruta o b) si estas actividades presentan movilidad, pero fuera de las rutas tradicionales, se les denomina fuentes móviles fuera de ruta. Las fuentes específicas dentro de cada categoría incluyen:

Móviles en Ruta:

En términos generales esta categoría incluye los distintos tipos de vehículos que circulan en la ruta ya sean rutas urbanas o interurbanas y son agrupados en:

- Vehículos livianos particulares
- Vehículos livianos comerciales
- Vehículos de alquiler
- Taxis colectivos
- Buses transporte público
- Buses transporte interurbano y rural
- Camiones livianos, medianos y pesados
- Motocicletas

No obstante en el inventario de emisiones es posible llegar a distinguir para cada uno de estos grupos, subdivisiones según su norma de ingreso, la cual está en directa relación a la tecnología y al nivel de emisiones que ésta representa. Por ejemplo, los vehículos livianos particulares pueden ser subdivididos en:

Vehículos particulares No catalíticos, que corresponden a los vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon y que no cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. No cumplen con ninguna norma de emisión para vehículos nuevos aplicable en Chile.

Vehículos particulares catalíticos tipo 1, que corresponden a vehículos livianos de pasajeros privados, principalmente del tipo auto sedan y station wagon. Cuentan con el dispositivo convertidor catalítico en el sistema de gases de escape. El D.S. 211/91 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones establece que a partir del primero de septiembre de 1992, todos los vehículos de este tipo que se inscriban deberán cumplir con un estándar de emisión en particular que en la práctica significaba la incorporación de dispositivos catalíticos en el sistema de gases de escape.

Con respecto a la forma de considerar las emisiones de estas fuentes en los inventarios se consideran los siguientes tipos de emisiones:

- Emisiones provenientes del tubo de escape de los vehículos
- Corrección (aumento) de las emisiones provenientes del tubo de escape de los vehículos durante las partidas cuando el motor se encuentra frío
- Emisiones evaporativas del sistema de combustible mientras el vehículo está en movimiento, conocidas como pérdidas durante el recorrido (*running losses*)
- Emisiones evaporativas desde el sistema de combustible durante el día mientras el vehículo se encuentra en reposo (*diurnal*)
- Emisiones evaporativas por detenciones cuando el motor aún se encuentra caliente (*hot soak emissions*)
- Material particulado generado por el desgaste de freno y neumático de los vehículos

Móviles Fuera de Ruta:

Las principales categorías de fuentes pertenecientes a este grupo son:

- Aeronaves en aeropuertos (emisiones provocadas por las turbinas en los ciclos de aterrizaje y despegue)
 - Vehículos y maquinaria de apoyo en tierra a las aeronaves (por tubo de escape)
 - Movimiento de vehículos en tramos fuera de la ruta, tal como el movimiento de vehículos de acercamiento al aeropuerto en su interior (por tubo de escape)
 - Estacionamiento de vehículos, depósitos y terminales de buses (emisiones por tubo de escape)
 - Maquinaria según su uso: Industrial, agrícola, construcción, etc (por tubo de escape)
- **Emisiones de Polvo natural desde fuentes fugitivas**

Este grupo fue generado para diferenciar el material particulado proveniente de los procesos de combustión, del polvo proveniente de material geológico o polvo natural, ya que ambos presentan diferencias significativas de composición química.

El material particulado de procesos de combustión contiene carbono orgánico y elemental y es predominantemente de tamaño bajo 2.5 micrones, mientras que el polvo de calles no posee esos elementos y está predominantemente en la fracción gruesa del MP10, con tamaños mayores a 2.5 micrones. El polvo natural posee en abundancia elementos dominantes en la corteza terrestre tales como aluminio, hierro, silicio, calcio y titanio, en forma de óxidos. Luego la toxicidad del polvo natural es inferior a la del material particulado proveniente de la combustión.

Otra razón que justifica separar las emisiones de polvo natural en esta categoría especial, es que se trata de emisiones intermitentes, que dependen de procesos complejos tales como la resuspensión del polvo de calles a medida que circulan vehículos sobre la superficie expuesta, o la erosión de material particulado en preparación de terrenos agrícolas, etc. Por lo tanto, las

estimaciones de estas emisiones poseen mayor incertidumbre que aquellas basadas en mediciones hechas en terreno (caso de muestreos en fuentes de combustión, por ejemplo), por esto se reportan por separado.

Las categorías de fuentes pertenecientes a este grupo corresponden a polvo proveniente de:

- Polvo resuspendido por el tráfico en calles pavimentadas y no pavimentadas
- Polvo por el desplazamiento de vehículos en interior de actividades productivas
- Polvo por actividades de construcción y demolición
- Polvo por preparación de terrenos agrícolas
- Producción de Áridos

2.2 MEDIDAS CONSIDERADAS PARA LA GENERACION DEL INVENTARIO

El inventario de emisiones fue generado para los cortes temporales 2006 y 2010; para la generación del escenario 2010 se consideraron medidas no implementadas en el escenario 2006, por tanto se generaron dos escenarios: un escenario 2010 que considera las condiciones y exigencias del año 2006 y otro que considera medidas implementadas al año 2010.

Para combustión residencial de leña en el Escenario 2010, se consideraron los siguientes supuesto, uno para el escenario sin medidas y otro para el escenario con medidas respectivamente:

- 1 La calidad de los artefactos se mantiene y el consumo de leña crece con la proyección de crecimiento de la población.
- 2 Se encuentra vigente la norma de emisión de artefactos de combustión residencial de leña, esto implica que los nuevos artefactos deben cumplir con la normativa y por tanto poseen menores tasas de emisión.

En el caso de las fuentes fijas, se consideraron dos escenario a evaluar para el año 2010, uno sin medidas de control y otro con medidas de control; estas medidas se refieren a:

- En calderas industriales, límites de emisión de PTS de 30 mg/m³N para calderas con combustibles gaseosos, 100 mg/m³N para calderas con combustibles líquidos y 150 mg/m³N con combustibles sólidos.
- En panaderías, límite de 50 mg/m³N.
- En procesos límite de 50 mg/m³N y prohibición de descargas de emisiones fugitivas sin control.
- En fuentes del tipo proceso con combustión donde las emisiones dependen exclusivamente del combustible, los límites propuestos para calderas.

3 RESULTADOS

A continuación se entregan los resultados del Inventario 2006, Inventario 2010 sin medidas e inventario 2010 con medidas.

Las figuras siguientes se presentan con el fin de poder interpretar a qué fuentes específicas corresponden las agrupaciones de fuentes principales entregadas en las tablas de resúmenes de inventarios.

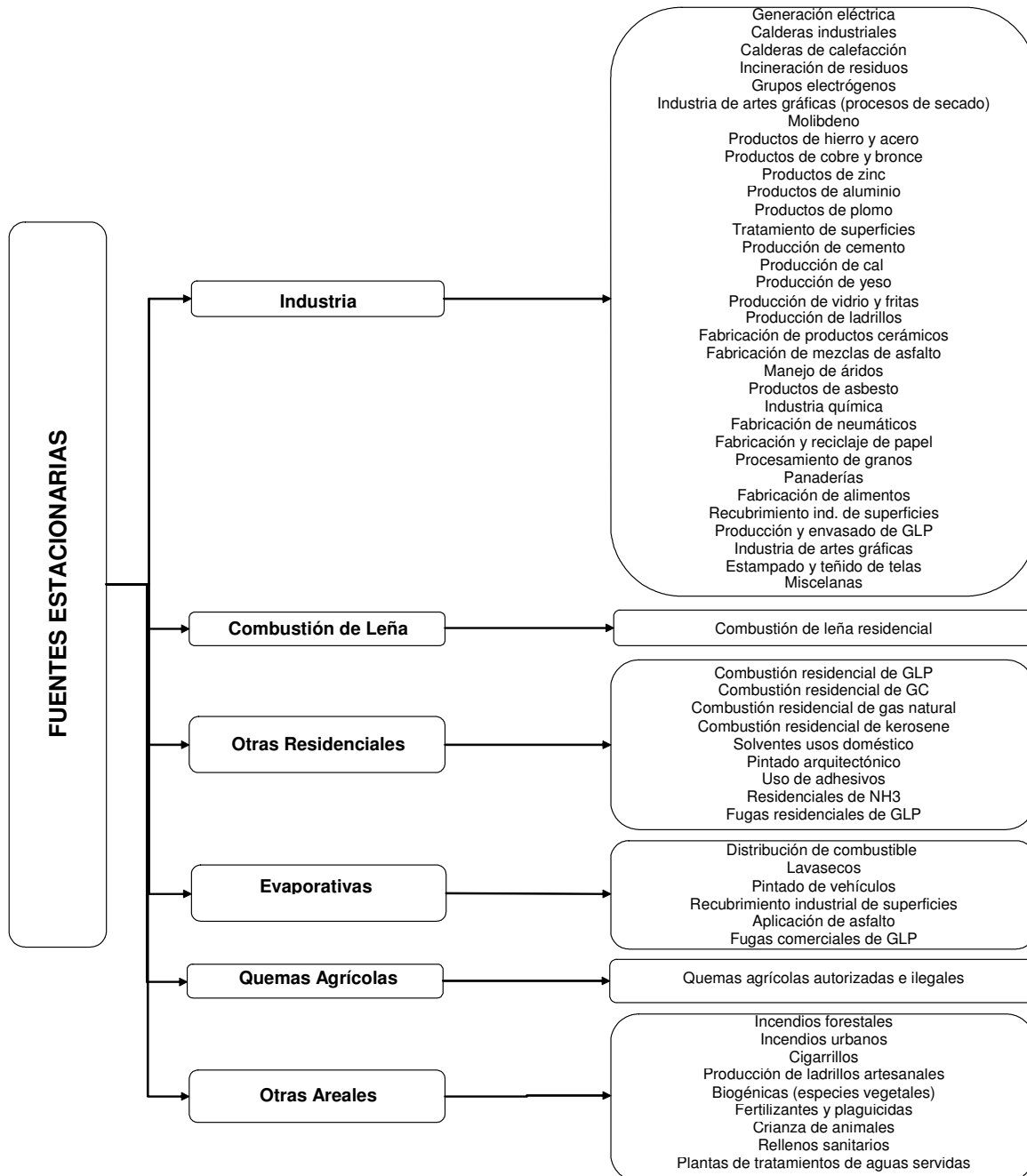


Figura 3: Estructura de agrupación de fuentes estacionarias

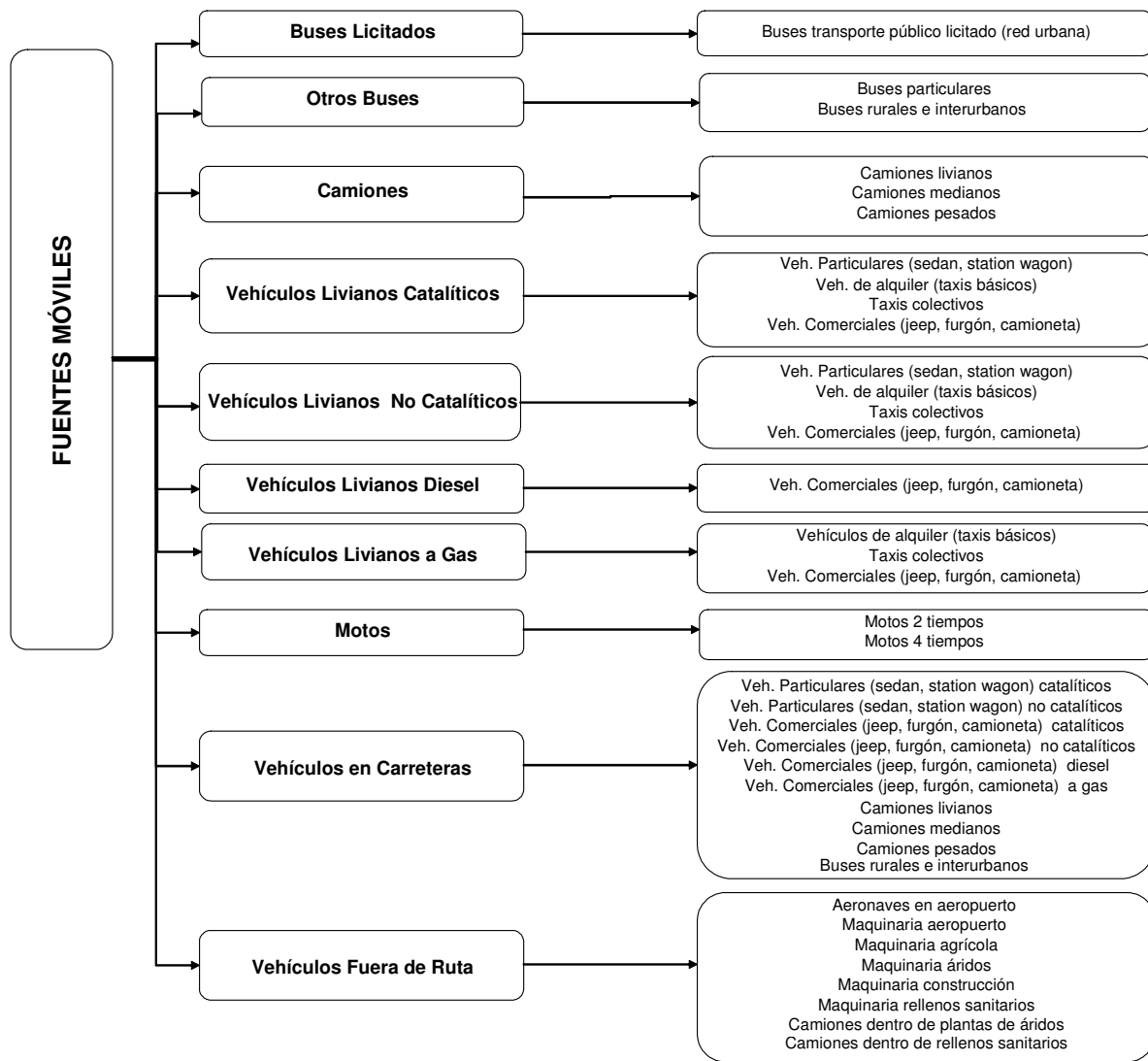


Figura 4: Estructura de agrupación de fuentes móviles

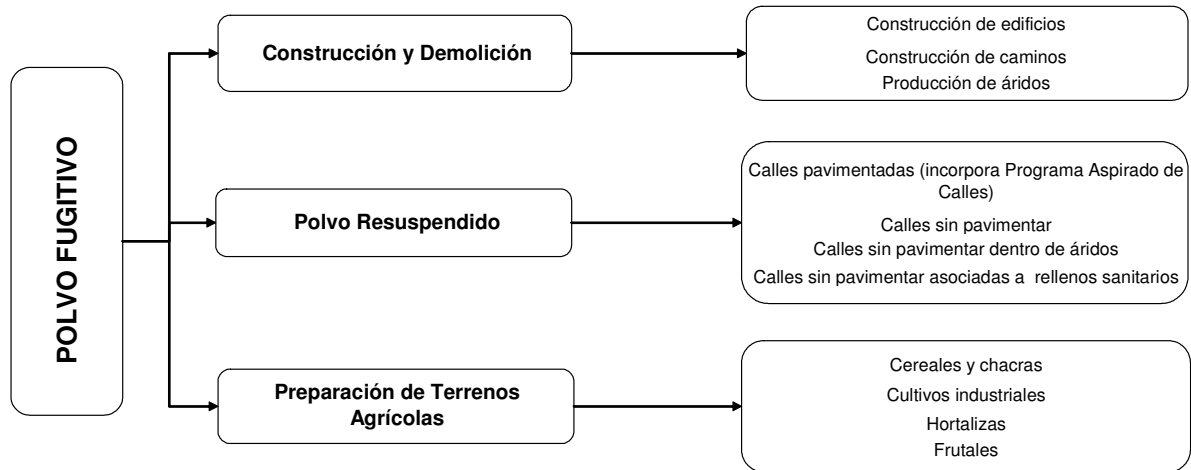


Figura 5: Estructura de agrupación de fuentes de polvo fugitivo

3.1 INVENTARIO 2006

Las siguientes tablas resumen los resultados del inventario de emisiones para el año 2006 para el área de estudio.

Tabla 1: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES, ESCENARIO 2006, VI REGION.

INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2006 VI REGIÓN							
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)	213.75	158.61	703.50	1,186.45	11.45	2,138.48	335.18
Industria Cobre	1,565.18	1,321.55	475.95	2,051.40	41.56	116,411.98	56.76
Combustión de Leña	5,261.24	5,112.96	48,275.11	556.83	21,700.31	73.19	442.38
Otras residenciales	4.00	4.00	17.85	82.95	3,492.47	22.25	236.58
Evap. Comerciales	-	-	-	-	15,011.37	-	-
Quemas Agrícolas	2,256.83	2,157.47	14,584.48	636.24	1,319.86	83.76	-
Incendios Forestales	5,505.14	4,674.66	52,308.06	1,924.53	3,619.58	582.11	525.68
Otras Areales	5.21	4.34	16.79	0.56	41,122.06	-	111,363.68
Total Estacionarias	14,811.35	13,433.60	116,381.75	6,438.96	86,318.65	119,311.77	112,960.26
Buses licitados	8.14	7.34	40.60	144.78	13.43	2.50	0.04
Otros buses	64.42	56.87	288.44	1,255.64	149.11	31.18	0.59
Camiones	134.39	117.69	580.13	1,978.31	307.82	67.94	1.24
Vehículos Livianos	47.05	26.04	19,170.97	2,009.47	1,244.48	25.54	61.30
Fuera de Ruta	66.63	61.30	347.27	376.16	59.61	0.01	0.03
Total Móviles	320.64	269.25	20,427.41	5,764.36	1,774.46	127.17	63.20
TOTAL	15,131.99	13,702.85	136,809.16	12,203.33	88,093.10	119,438.93	113,023.47

Fuente: CONAMA VI REGIÓN-DICTUC S.A. (2007)

Notas:

Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a las suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.

Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.

La categoría "Otros Buses" corresponde a buses particulares, e incluye a buses rurales e interurbanos.

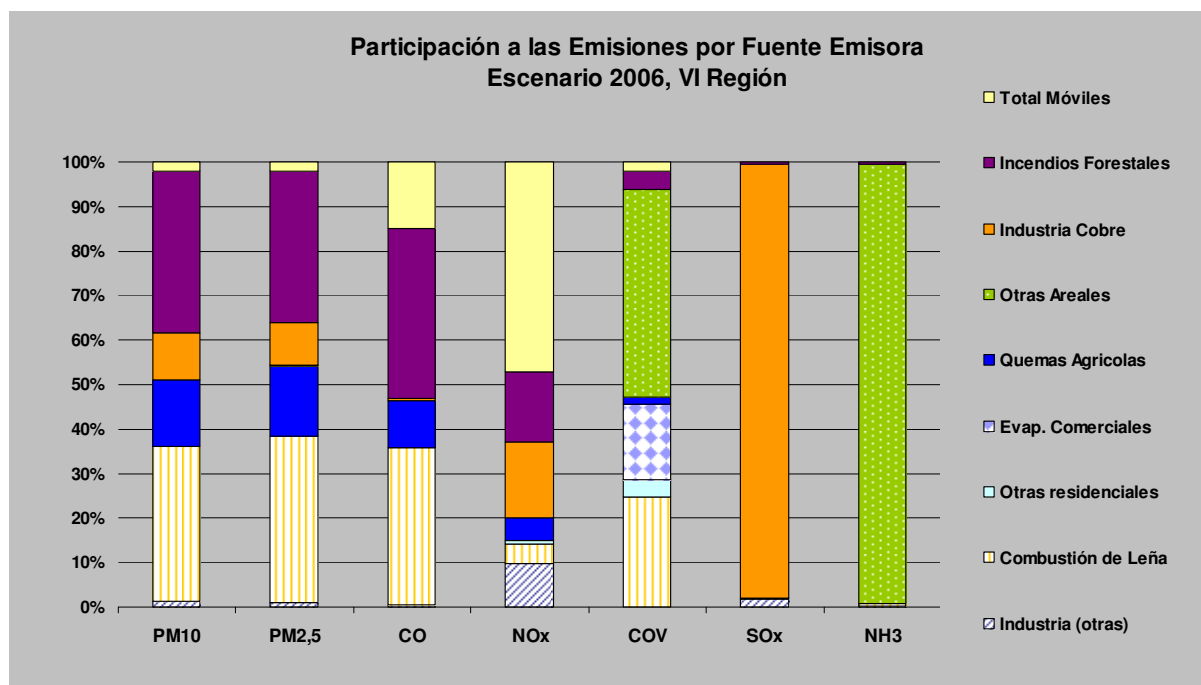


Figura 6: Participación Participación de emisiones por categoría de fuentes, fuentes móviles agrupadas, año 2006 anual, VI Región..

Tabla 2: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES POLVO FUGITIVO, ESCENARIO 2006, VI REGIÓN.

POLVO FUGITIVO ESCENARIO 2006			
Categoría de Fuente	PTS ton/año	PM10	PM2,5
		ton/año	ton/año
Construcción de Edificios	225,63	110,58	4,51
Construcción de Caminos	1.036,31	671,14	20,73
Total Construcción y Demolición	1.261,94	781,72	25,24
Calles pavimentadas	93.712,62	17.961,61	4.295,39
Calles no pavimentadas	66.393,85	19.424,85	2.905,50
Total Polvo Resuspendido	160.106,47	37.386,46	7.200,89
Cereales y chacras	68,65	50,11	20,60
Cultivos Industriales	4,61	3,37	1,38
Hortalizas	19,15	13,98	5,74
Frutales	NE	NE	NE
Total Preparación de Terrenos Agrícolas	92,41	67,46	27,72
TOTAL POLVO FUGITIVO	161.460,82	38.235,63	7.253,85

Fuente: CONAMA VI REGIÓN-DICTUC S.A. (2007)

○ Fuentes Móviles y de Área

En el inventario 2006 las fuentes móviles solo destacan en las emisiones de NO_x, siendo el aporte de los demás contaminantes emitidos por esta fuente menores en comparación con fuentes fijas y de área en término de emisiones totales.

Es posible observar la importante participación en el total de emisiones de particulado y CO de la combustión residencial de leña y de los incendios forestales, siendo estas dos fuentes las principales emisoras de estos contaminantes.

En las emisiones de COV se observa un gran aporte de la fuente Otras Areales, dentro de la cual aparece como el principal aporte las emisiones biogénicas.

La categoría Otras Areales aparece como al responsable de casi la totalidad de las emisiones de NH₃, producto de la crianza de animales.

○ Fuentes Industriales.

La principal actividad industrial presente en la VI Región es la producción primaria de cobre, a cargo de Codelco – División El Teniente, la que se caracteriza por altos niveles de emisión de MP₁₀, SO_x y NO_x.

Para identificar a las industrias que operan en la VI Región, fuentes responsables de las mayores emisiones de MP₁₀, se debe considerar que:

- Sólo Codelco – División El Teniente, emite el 92,41% del total de PTS, un 89,41% de MP₁₀ y un 90,14% de MP_{2,5} de la región, siendo las otras industrias, con sus fuentes, las responsables del 7,59% de emisiones de MP₁₀ restante.
- Los establecimientos de la División El Teniente se encuentran bastante alejados de zonas pobladas.

Respecto de las emisiones de SO_x, el mayor contribuyente es Codelco – División El Teniente, con un aporte a la emisión regional de fuentes fijas de un 98,26%, seguido de las calderas industriales con 1,65 % y luego por las termoeléctricas con un 0,02 %.

Respecto a las emisiones de NO_x es también Codelco – División el Teniente, con un aporte a la emisión regional de fuentes fijas de un 67,5%, seguido de las calderas industriales con 25,3 % y luego por las termoeléctricas con un 5,8%.

El MP₁₀ es emitido principalmente por la producción primaria de cobre (89,0%), pero además existen cuatro grandes emisores de este contaminante a nivel regional: Calderas Industriales (4,25%), Procesamiento de Granos (2,75%), Producción de hierro y acero (1,79%) y Termoeléctricas (Calderas Industriales de Generación Eléctrica) (1,24%)..

Las termoeléctricas presenta la mayor emisión de NH₃, generada principalmente por la combustión de Petróleo N° 2.

3.2 INVENTARIO 2010 SIN MEDIDAS Y 2010 CON MEDIDAS

A continuación se presentan los resultados de los escenarios 2010 Sin Medidas y 2010 con Medidas.

Las siguientes Tablas entregan los totales de emisiones y las contribuciones individuales de las distintas categorías de fuentes emisoras:

Tabla 3: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES, ESCENARIO 2010 SIN MEDIDAS, VI REGIÓN.

INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2010 SIN MEDIDAS VI REGIÓN							
FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES ESCENARIO 2010 SIN MEDIDAS							
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)	240.27	177.48	837.74	2,686.82	20.69	2,928.34	386.20
Industria Cobre	1,676.40	1,420.95	552.53	2,381.44	48.25	116,489.80	65.90
Combustión de Leña	5,447.47	5,293.94	49,983.88	576.54	22,468.42	75.78	458.04
Otras residenciales	2.90	2.90	15.39	73.62	3,805.73	9.80	239.96
Evap. Comerciales	-	-	-	-	8,987.98	-	-
Quemas Agrícolas	1,536.83	1,469.17	9,924.95	433.18	898.30	57.07	-
Incendios Forestales	3,372.16	2,865.98	32,216.67	1,144.55	2,216.72	344.92	322.05
Otras Areales	5.72	4.53	19.62	0.46	41,295.06	-	136,228.54
Total Estacionarias	12,281.74	11,234.95	93,550.78	7,296.62	79,741.15	119,905.71	137,700.68
Buses licitados	2.91	2.56	19.75	77.82	10.30	3.03	0.03
Otros buses	66.45	44.17	303.05	1,340.75	116.65	41.77	0.84
Camiones	83.08	70.00	347.34	1,408.10	200.40	78.04	1.34
Vehículos Livianos	52.74	31.32	15,538.11	1,651.23	936.04	25.36	72.51
Fuera de Ruta	52.54	47.19	273.59	64.03	46.95	0.01	0.03
Total Móviles	257.71	195.25	16,481.83	4,541.94	1,310.34	148.21	74.75
TOTAL	12,539.45	11,430.20	110,032.61	11,838.56	81,051.49	120,053.91	137,775.44

Fuente: CONAMA VI REGIÓN-DICTUC S.A. (2007)

Notas: Considera emisiones sin medidas para fuentes fijas y combustión residencial de leña, escenario 2010 (1).

Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a la suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.

Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.

La categoría "Otros Buses" corresponde a buses particulares, e incluye a buses rurales e interurbanos.

Tabla 4: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES, ESCENARIO 2010 CON MEDIDAS, VI REGIÓN.

INVENTARIO DE EMISIONES ANUAL, ESCENARIO 2010 CON MEDIDAS VI REGIÓN							
FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES ESCENARIO 2010 CON MEDIDAS							
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)	140.77	93.58	832.28	2,688.72	20.63	2,931.98	385.35
Industria Cobre	1,043.01	891.44	552.53	2,381.44	48.25	116,489.80	65.90
Combustión de Leña	5,373.42	5,221.98	49,959.93	576.76	22,275.06	75.78	458.04
Otras residenciales	2.90	2.90	15.39	73.62	3,805.73	9.80	239.96
Evap. Comerciales	-	-	-	-	8,987.98	-	-
Quemas Agrícolas	1,536.83	1,469.17	9,924.95	433.18	898.30	57.07	-
Incendios Forestales	3,372.16	2,865.98	32,216.67	1,144.55	2,216.72	344.92	322.05
Otras Areales	5.72	4.53	19.62	0.46	41,295.06	-	136,228.54
Total Estacionarias	11,474.81	10,549.57	93,521.37	7,298.73	79,547.73	119,909.35	137,699.83
Buses licitados	2.91	2.56	19.75	77.82	10.30	3.03	0.03
Otros buses	66.45	44.17	303.05	1,340.75	116.65	41.77	0.84
Camiones	83.08	70.00	347.34	1,408.10	200.40	78.04	1.34
Vehículos Livianos	52.74	31.32	15,538.11	1,651.23	936.04	25.36	72.51
Fuera de Ruta	52.54	47.19	273.59	64.03	46.95	0.01	0.03
Total Móviles	257.71	195.25	16,481.83	4,541.94	1,310.34	148.21	74.75
TOTAL	11,732.52	10,744.82	110,003.20	11,840.67	80,858.07	120,057.56	137,774.58

Fuente: CONAMA VI REGIÓN-DICTUC S.A. (2007)

Notas: Considera emisiones con medidas para fuentes fijas. Para combustión residencial de leña considera escenario 2010 (3). Las emisiones de PM10 de fuentes móviles reportadas en la tabla anterior, corresponden a la suma de las emisiones provenientes de la combustión y del desgaste de frenos y neumáticos.

Las emisiones reportadas en la tabla anterior como CO, NOx y COV corresponden a emisiones provenientes de la combustión en caliente (cuando el vehículo se encuentra en régimen normal de operación), partidas en frío, balance frío/caliente. Para el caso específico de los COV, las emisiones corresponden, además, a la suma de emisiones evaporativas durante el recorrido, durante el día y por detenciones en caliente.

La categoría "Otros Buses" corresponde a buses particulares, e incluye a buses rurales e interurbanos.

Tabla 5: RESUMEN INVENTARIO DE EMISIONES, FUENTES POLVO FUGITIVO, ESCENARIO 2010, VI REGIÓN.

POLVO FUGITIVO ESCENARIO 2010			
Categoría de Fuente	PTS	PM10	PM2,5
	ton/año	ton/año	ton/año
Construcción de Edificios	205,55	100,73	4,11
Construcción de Caminos	577,19	373,80	11,54
Total Construcción y Demolición	782,74	474,53	15,65
Calles pavimentadas	93.260,50	17.874,96	4.274,67
Calles no pavimentadas	65.128,32	19.055,19	2.850,24
Total Polvo Resuspendido	158.388,83	36.930,14	7.124,91
Cereales y chacras	48,20	35,19	14,46
Cultivos Industriales	5,23	3,82	1,57
Hortalizas	21,83	15,94	6,55
Frutales	-	-	-
Total Preparación de Terrenos Agrícolas	75,27	54,95	22,58
TOTAL POLVO FUGITIVO	159.246,83	37.459,62	7.163,15

Fuente: CONAMA VI REGIÓN-DICTUC S.A. (2007)

Las medidas evaluadas no afectan a las emisiones de polvo fugitivo, por lo tanto las emisiones de los escenarios 2010 sin medidas y 2010 con medidas son iguales.

- **Fuentes Mviles y de Area escenarios 2010**

Para fuentes mviles y de area solo se trabajo con el crecimiento de la actividad de cada tipo de fuente, a excepci3n de la combusti3n residencial de leña, donde se evaluaron cuatro escenarios:

- (1) Donde se considera que la leña consumida posee hasta un 20% de humedad en base húmeda.
- (2) Donde se considera que la leña consumida posee hasta un 40% de humedad en base húmeda y existen distintos tipos de operaci3n de los artefactos.
- (3) Donde se considera que la leña consumida posee hasta un 20% de humedad en base húmeda y se encuentra vigente la norma de emisores para artefactos a leña.
- (4) Donde se considera que la leña consumida posee hasta un 40% de humedad en base húmeda, existen distintos tipos de operaci3n de los artefactos y se encuentra vigente la norma de emisores para artefactos a leña.

La siguiente figura muestra las emisiones estimadas en cada uno de los escenarios.

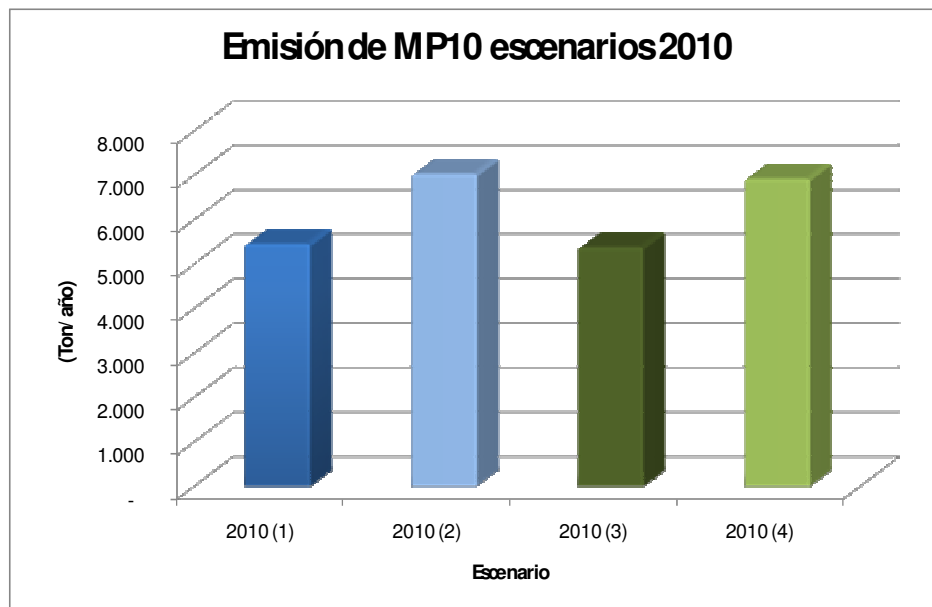


Figura 7. Comparaci3n de emisiones MP10, distintos escenarios de emisi3n, combusti3n de leña residencial.

La figura muestra en los escenarios (2) y (4) el efecto de mayores niveles de humedad en la leña consumida, existiendo una pequeña disminuci3n en las emisiones de los escenarios (3) y (4) en comparaci3n con los escenarios (1) y (2) respectivamente, esto debido a la entrada de artefactos con menores tasa de emisi3n desde el año 2009 en adelante.

○ Fuentes Fijas escenarios 2010

Para este escenario es estimaron emisiones con y sin medidas de control operando en el año 2010.

Para el escenario 2010 sin medidas se considero el crecimiento normal del PIB.

La siguiente figura muestra las emisiones de ambos escenario 2010 estimados.

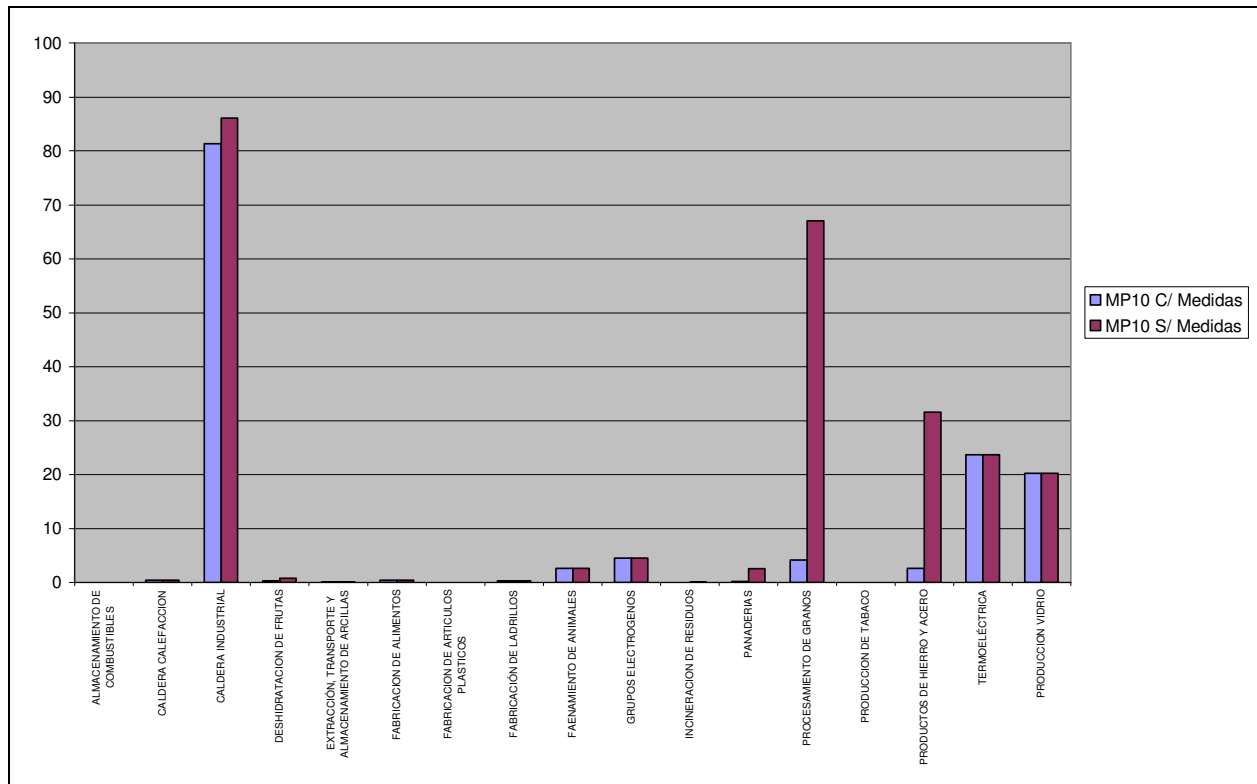


Figura 8. Comparación de las emisiones de MP₁₀ por Categoría de Inventario 2006– Proyección 2010 VI Región (No incluye la Producción Primaria de Cobre)

Como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se distingue una gran reducción de las emisiones de MP₁₀ para la Producción de Granos, pues se estima deben operar con equipos de control de emisiones, y la Producción de Hierro y Acero, esta última debido a que se recomienda la instalación de Filtros Manga en la Granalladora existente en la Fundación Talleres de Rancagua.

Se observa también que la aplicación de las normas propuestas logran una reducción de las emisiones de las Calderas Industriales y de las panaderías, las que pueden cambiarse de combustible como una alternativa para el cumplimiento de las normas de emisión propuestas.

Los procesos de la producción primaria de cobre, podría no tener una gran influencia sobre la calidad del aire de la región, dada su lejanía con los centros poblados, sin embargo se evalúa

su cumplimiento de la norma para procesos propuesta. En las fuentes que existen mediciones, especialmente en los procesos de chancado, se corrigen al valor de la norma las emisiones medidas que en la mayor parte de las fuentes es superior a lo propuesto, en las fuentes en que no se dispone de mediciones, se realiza la estimación considerando la operación de filtros de mangas como sistema de control.

La siguiente tabla resume las emisiones estimadas para la producción primaria de cobre en los escenarios 2010 evaluados.

Tabla 6: Emisiones de la producción primaria de cobre, escenarios con y sin medidas de control (ton/año)

Escenario 2010	PTS	MP ₁₀	MP _{2,5}	CO	NO _x	COV	SO _x	NH ₃
Sin medidas de control	3.108,93	1.676,40	1.420,95	552,53	2.381,44	48,25	116.489,80	65,90
Con medidas de control	1.842,16	1.043,01	891,44	552,53	2.381,44	48,25	116.489,80	65,90

4 ESTIMACION DE ZONA SATURADA

4.1 MP-10

Estimación de zona saturada por norma diaria:

La siguiente imagen, muestra el mapa de concentraciones modeladas. Al observar la imagen es posible delimitar la zona saturada, en este caso se utilizó un valor límite de 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que corresponde a la norma diaria de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ menos un margen de un 10 % a modo de eliminar la incertidumbre del modelo.

Máximo promedio diario de concentraciones de MP-10, Junio 2006

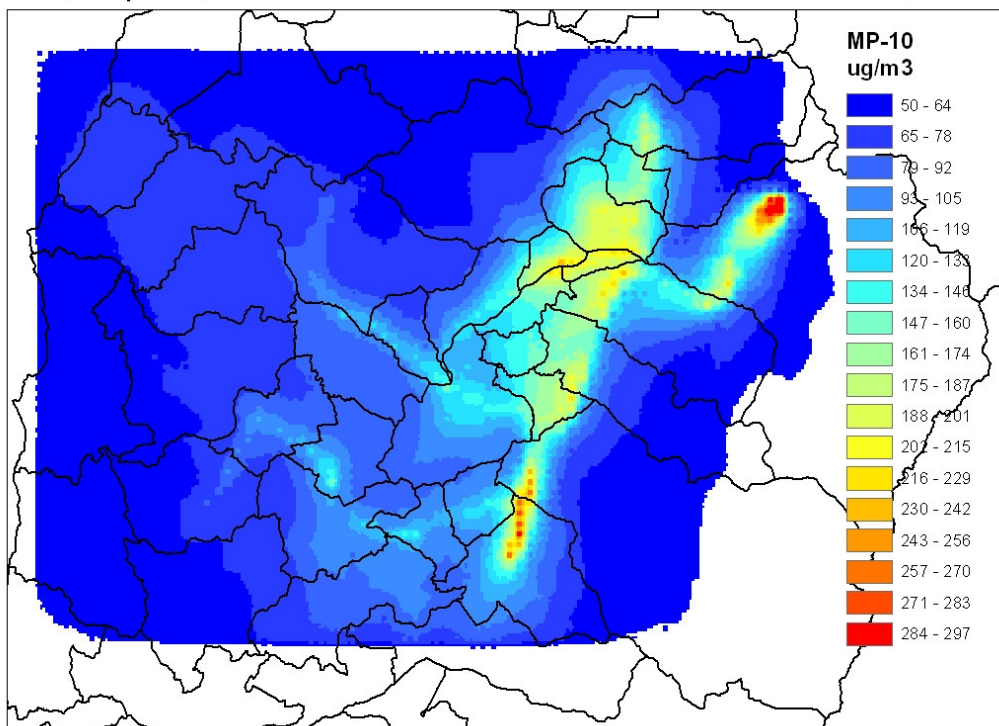


Figura 9 Máximo promedio diario de concentraciones de MP-10, Junio 2006.

Por tanto, las comunas con condiciones estimadas de saturación son: Machali, Chimbarongo, San Fernando, Doñihue, Requinoa, Olivar, Malloa, Coinco, Rengo, Placilla, Mostazal, Graneros, Codegua, Coltauco, San Vicente, Palmilla, Quinta de Tilcoco, Peumo y Rancagua.

Estimación zona de latencia por norma diaria, Sexta Región.

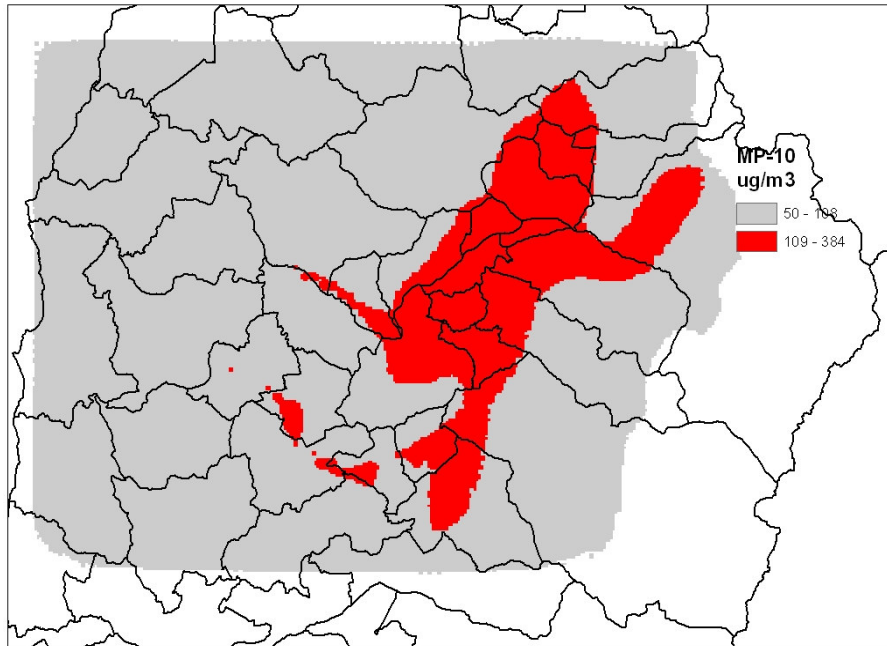


Figura 10 Estimación zona de latencia y saturación por norma diaria de MP-10, Sexta Región.

Las comunas con condiciones estimadas de latencia son: Santa Cruz, Pichidegua, Chepica, Las cabras y Peralillo.

Estimación de zona saturada por norma anual

Para la obtención de la zona saturada por norma anual se obtuvieron los promedios de los 7 días simulado en Marzo y Junio. Posteriormente se extrapolo el resultado al año 2006 completo.

En la siguiente figura es posible ver que Junio fue el mes con mayores concentraciones de MP-10 para el año 2006 y la semana de Junio que esta siendo analizada correspondiente al periodo que va del 16 Junio al 22 de Junio presentó aun concentraciones más altas que el promedio de concentraciones del mes de Junio.

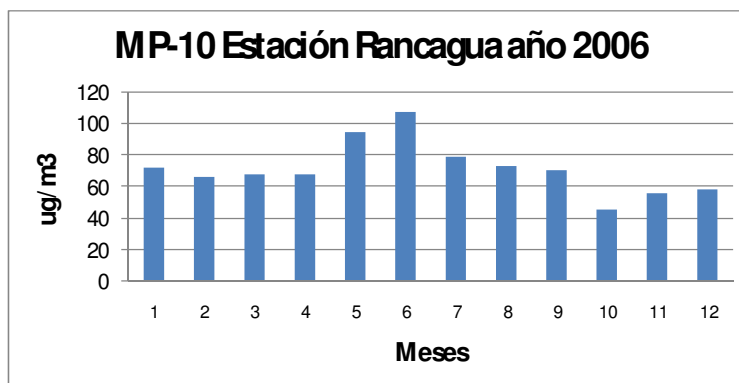


Figura 11 Promedios mensuales MP-10 estación Rancagua año 2006

DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile

La siguiente figura muestra el mapa de concentraciones para norma anual de MP10. En la imagen es posible delimitar la zona saturada para la norma anual de MP10, para esto se utilizó un valor límite de 47.5 ug/m³ que corresponde a la norma anual de 50 ug/m³ menos un margen de un 5 % a modo de eliminar la incertidumbre del modelo,

Estimación zona saturada por norma anual de MP-10, Sexta Región.

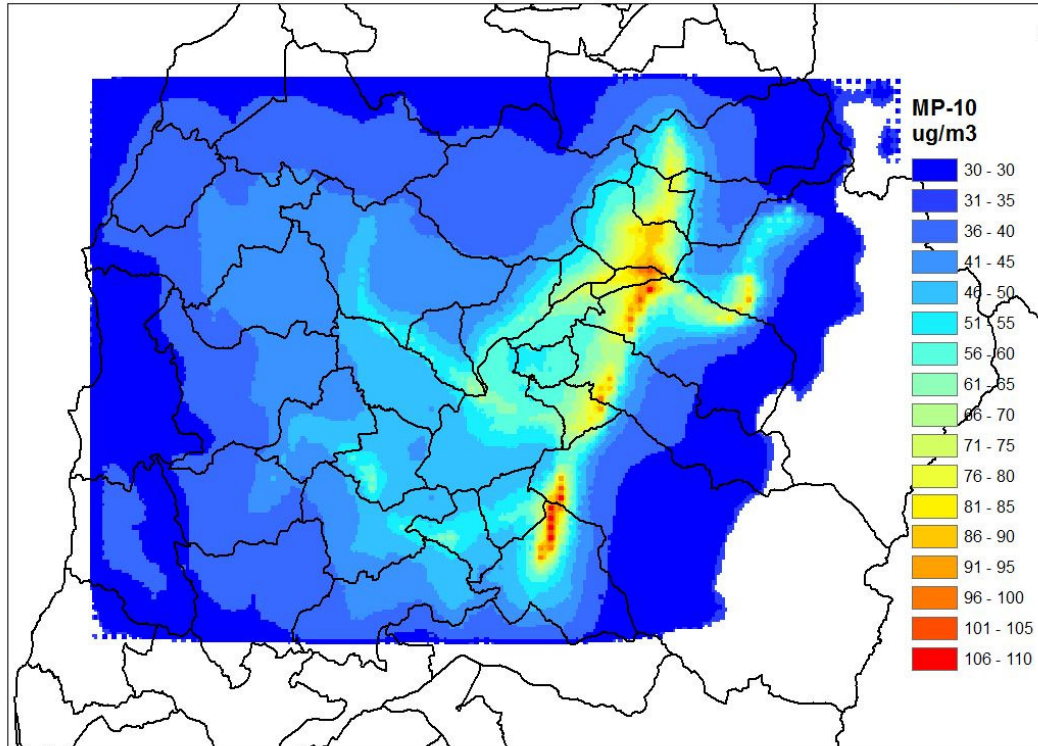


Figura 12 Estimación zona de latencia y saturación por norma anual de MP-10, Sexta Región.

Las comunas con condiciones estimadas de saturación por norma anual son: Machali, Chimbarongo, San Fernando, Doñihue, Requinoa, Olivar, Malloa, Coinco, Rengo, Placilla, Mostazal, Graneros, Codegua, Coltauco, San Vicente, Palmilla, Quinta de Tilcoco, Peumo, Pichidegua, Santa Cruz, Las Cabras, Chepica, Peralillo, Nancagua y Rancagua.

Estimación zona latencia por norma anual de MP-10, Sexta Región.

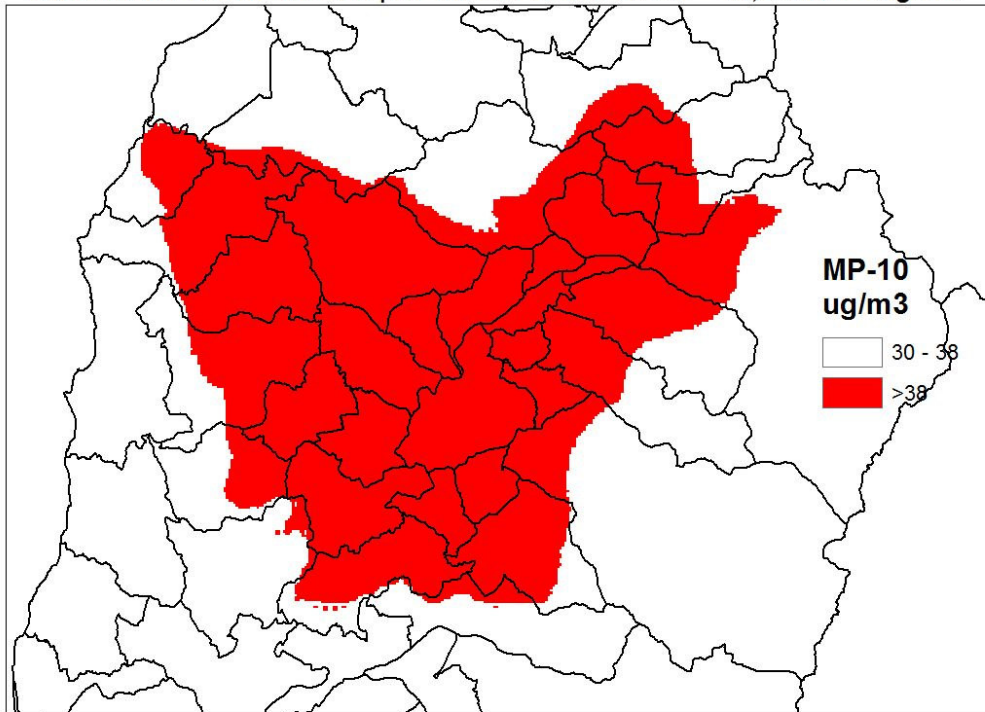


Figura 13 Estimación zona de latencia y saturación por norma anual de MP-10, Sexta Región

Las comunas con condición de latencia y saturación estimada por norma anual son: Pumanque, La Estrella, Marchihue, Litueche, Lolol y Navidad.

4.2 Ozono

Para determinar la zona con mayores impactos de ozono se muestra a continuación el mapa de concentraciones de ozono estimado para el día 22 de marzo a las 16 horas, hora en que se registraron las máximas concentraciones de ozono promedio para el dominio simuladas por el modelo CAMx.

Se analiza el sector del dominio con concentraciones horarias de ozono mayores de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, considerando que la norma de ozono corresponde 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ del promedio móvil de 8 horas. Se puede ver en la siguiente imagen que los picos de concentraciones de promedio móviles de 8 horas están desfasadas en 2 horas respecto a los máximos horarios y son alrededor de un 10 % más bajas. De esta manera es posible analizar el cumplimiento de la norma de promedio móvil de 8 horas analizando el máximo horario y considerando un margen de 10 %.

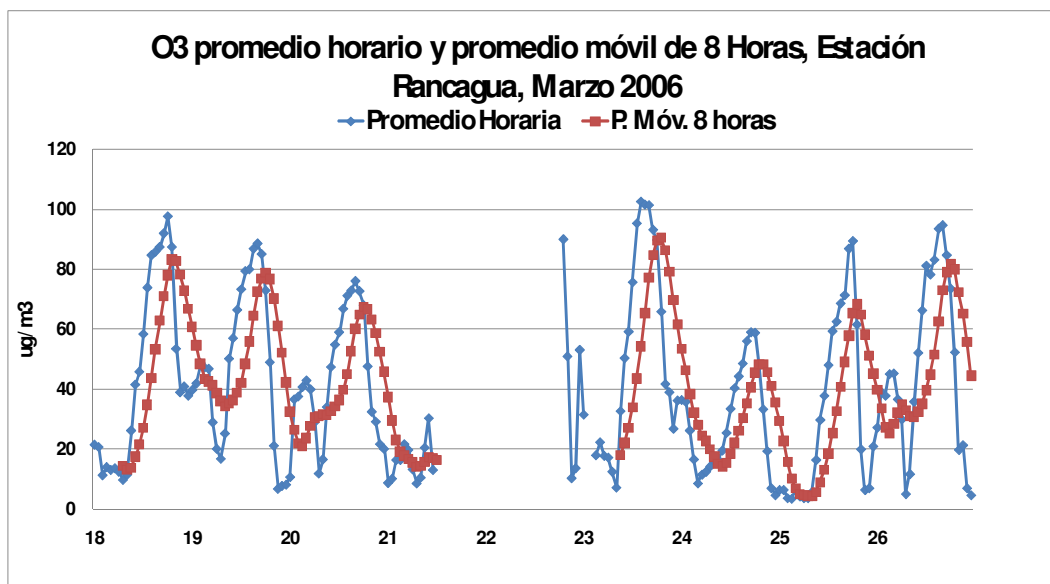


Figura 14 Comparación primedios móviles de 8 horas y promedios horarios de Ozono.

Estimación máximo impacto de Ozono, Sexta Región

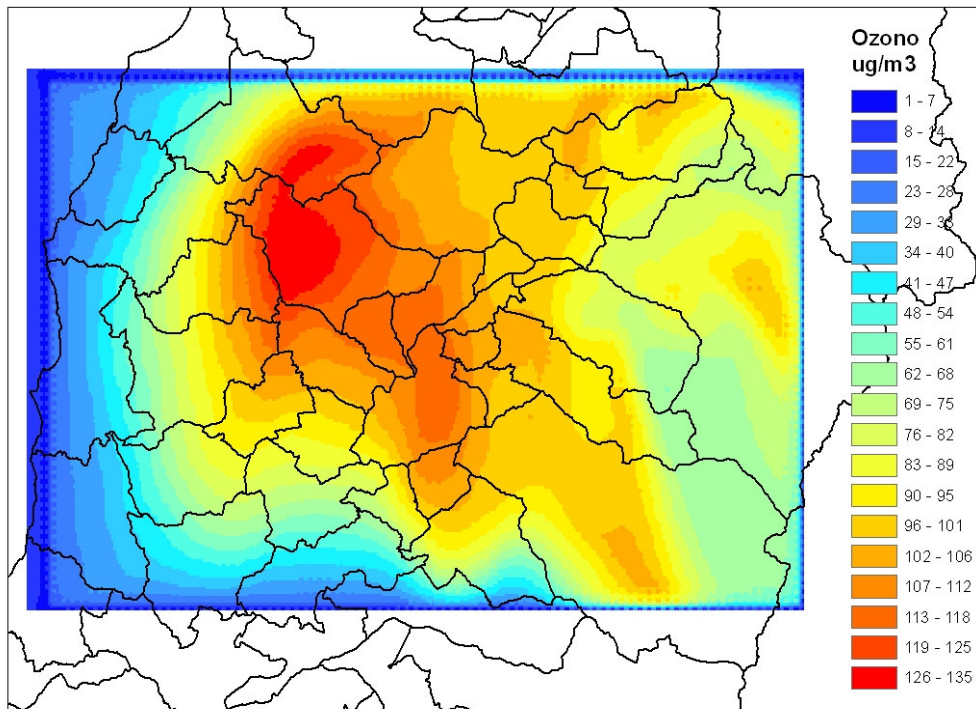


Figura 15 Estimación máximo impacto por ozono, Sexta Región.

La siguiente figura muestra el area con concentraciones de ozono que superaria la norma de 120 (ug/m³).

Área con ozono superior a 120 ug/m3, Sexta Región

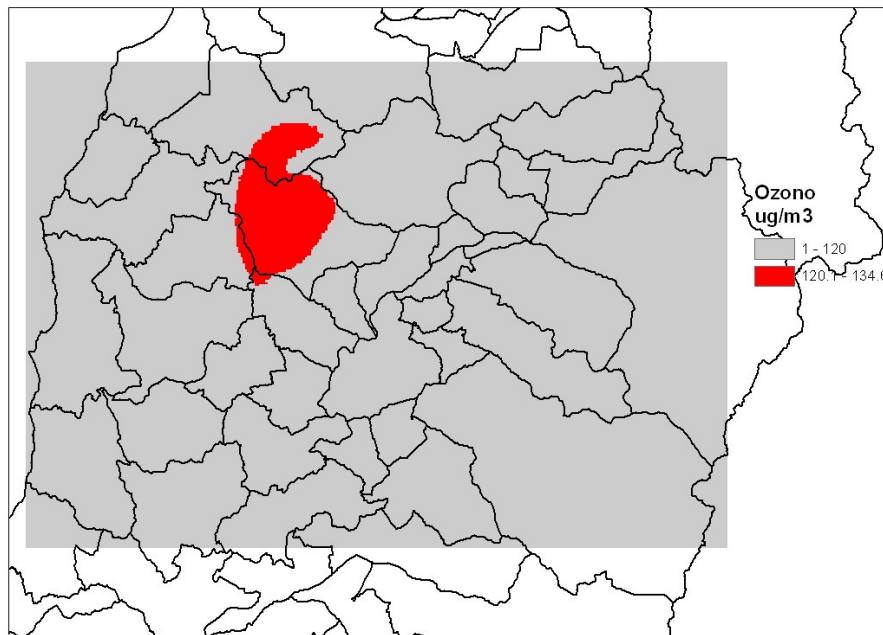


Figura 16 Área con máximos impactos de ozono, Sexta Región.

5 Plan de Gestión

Sobre la base de los análisis de filtros (1998) y el resultado del inventario de emisiones y sus proyecciones al año 2010, las fuentes relevantes a controlar en la Sexta Región son: quema de leña o biomasa (calefacción residencial, quemas agrícolas e incendios forestales) actividad industrial, con la industria del cobre como la fuente más relevante y el transporte. Otros dos sectores donde se recomienda incorporar medidas de mitigación son la crianza de animales por sus emisiones de amoníaco y la generación de polvo resuspendido, por su aporte a la fracción gruesa del MP. Abordar el control de estos sectores significa, en términos del inventario de emisiones 2006, cubrir la mayor parte de las emisiones para todos los contaminantes: 99% MP10, 99% CO, 97% NO_x, 32% COV's, 100% de SO₂, 99% NH₃ y 97% de las emisiones de polvo resuspendido. En el caso de las emisiones de COV's, el 44% no puede ser sometido a control porque corresponde a emisiones naturales biogénicas.

Se considera que controlando las emisiones directas de MP, así como los gases precursores de aerosoles secundarios y ozono, se conseguirán reducciones en las concentraciones de los contaminantes que interesa controlar. La adecuada precisión de los resultados en calidad del aire que pueden conseguirse con la reducción de emisiones de cada sector sólo puede ser estimada con resultados recientes de caracterización de MP10 y MP2.5.

Las principales estrategias planteadas para el plan de acción se resumen a continuación:

Control de emisiones de que leña y biomasa: Dado el carácter agrícola de la región, este sector presenta el aporte mayoritario a calidad del aire, con un inconveniente adicional donde la mayor parte de los aporte provienen desde zonas rurales. La regulación de los calefactores a leña debe considerar: prohibición de uso de equipos no certificados en zonas urbanas de las provincias de Cachapoal y Colchagua, educación en su uso y promoción del uso de leña seca en toda la región. Ampliar la zona de prohibición de quemas en invierno y agregar el mes de abril, en que se produce el mayor aporte a las emisiones de MP10, complementariamente, en un plazo de 5 a 10 años avanzar hacia la erradicación de esta práctica. Fortalecer la vigilancia y capacidades de control de incendios forestales, los que aportan emisiones significativas en la época estival.

Control de emisiones de la industria: El mayor aporte corresponde a las emisiones de la industria del cobre. Se plantean medidas para reducir las emisiones de MP y se recomienda evaluar una nueva meta de emisiones de SO₂ cuando se cuente con una caracterización del aporte de sulfatos al MP10 y MP2.5. Para el resto del sector industrial, se plantean normas para la emisión de MP, exigencia de medición y sistema de registro.

Control de emisiones del transporte: No obstante las emisiones estimadas son bajas en comparación con otros sectores, se estima relevante el control de estas fuentes por su impacto en las zonas urbanas. Se recomienda implementar una estrategia integral que a través de mejores combustibles, normas más exigentes, gestión, restricciones y fiscalización, promueva la renovación del parque y el uso racional del automóvil.

Finalmente, se recomienda incorporar en el plan de acción medidas que aseguren disponer de

la información necesaria para el seguimiento de la evolución de la calidad del aire, las reducciones de emisiones que se logren con las medidas implementadas y los impactos sobre la salud.