



1164

**ESTUDIO BÁSICO "ESPECIACIÓN DE MATERIAL
PARTICULADO PARA RANCAGUA, RENGÓ Y SAN
FERNANDO"
CODIGO BIP 30107027-0**

Unidad Técnica:

División de Política y Regulación Ambiental
Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente Región del Libertador
General Bernardo O'Higgins

Profesional Responsable:

Cynthia Pamela Arellano Faúndez
Email: carellano.6@mma.gob.cl

Dirección:

Campos241 Piso 7- Rancagua
Fonos: 056 - 72 - 242066-245650-245254

SEREMI del Medio Ambiente Región del Libertador General Bernardo O´Higgins
Sección Política y Regulación Ambiental
Campos 241 Piso 7 Rancagua, 72-242066-245650-245254, carellano.6@mma.gob.cl

TÉRMINOS DE REFERENCIA ESTUDIO BÁSICO "ESPECIACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PARA RANCAGUA, RENGO Y SAN FERNANDO"

1. ANTECEDENTES GENERALES Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La Región del Libertador General Bernardo O´Higgins presenta problemas en la calidad del aire por Material Particulado Respirable (MP10). Las mediciones registradas entre los años 2004 al 2007 en las estaciones de monitoreo Rancagua, San Francisco de Mostazal, Codegua y Casas de Peuco, mostraron valores por sobre la norma diaria; en tanto para la norma anual las estaciones Rancagua, San Francisco de Mostazal y Codegua indicaban una condición de saturación para el periodo 2004-2006 y 2005-2007.

La zona comprendida por el Valle Central de la región fue declarado Zona Saturada por Material Particulado Respirable MP10 el 03 de febrero de 2009, siendo publicado en el Diario Oficial el D.S. N° 7/2009 MINSEGPRES, el 27 de Marzo del año 2009. El área declarada saturada por MP10 (en sus niveles anual y diario) corresponde a 17 comunas del valle central de la región, que destacan en la figura siguiente:

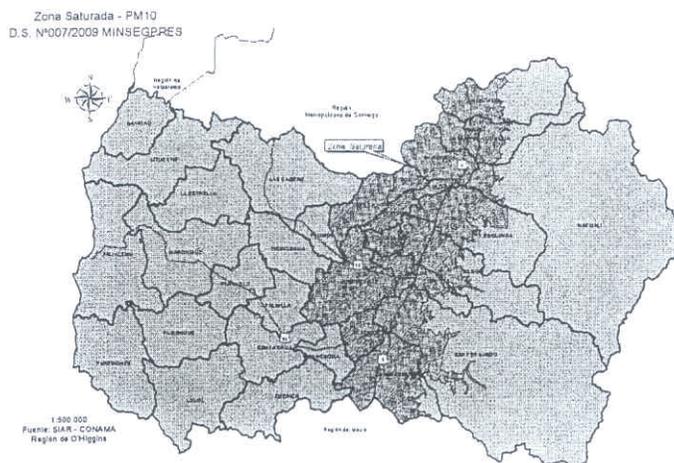


Figura 1. Zona Saturada por material particulado respirable MP10.

Una vez que una zona es declarada saturada por la superación de algún contaminante normado, corresponde la elaboración de un Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA), instrumento de gestión ambiental contemplado en la Ley 19.300, y que tiene por objetivo recuperar los niveles de calidad del aire a niveles aceptables de acuerdo a la normativa vigente.

Con fecha 20 de junio de 2009 se publicó en el Diario Oficial la Resolución N° 3107 del 29 de mayo de 2009 de la Dirección Ejecutiva de CONAMA, que da inicio al proceso de elaboración del Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central.

A partir de agosto de 2009 se comenzó el trabajo del Comité Operativo para la elaboración del Plan, integrado por diversos servicios públicos con competencia en los aspectos que deberá considerar dicho plan. Dicho comité ha analizado los antecedentes de estudios existentes, las fuentes de material particulado y propuestas de medidas. Desde enero de 2011 se trabaja en comisiones según líneas: sector leña y quemas, sector industrias y sector transportes.

La región cuenta con una red de monitoreo compuesta por 13 estaciones públicas y privadas. Las tres estaciones de monitoreo públicas pertenecientes a la red SIVICA del Ministerio de Salud, ubicadas en las comunas de Rancagua, Rengo y San Fernando cuentan con monitoreo continuo de MP10.

Durante el periodo otoño-invierno, las ciudades del Valle Central se ven afectadas por un aumento significativo en los niveles de contaminación del aire por MP10, superándose en algunos días no sólo la norma diaria, sino también los niveles de alerta, y en algunos casos el de preemergencia. Estas situaciones conocidas genéricamente como episodios críticos de contaminación atmosférica se originan por circunstancias atmosféricas similares a la región metropolitana, a partir de la presencia de factores meteorológicos que determinan en los meses fríos condiciones de mala ventilación y frecuentemente asociado a un incremento en las emisiones.

La situación antes descrita y los altos niveles de MP10 fueron antecedentes considerados en la declaración de zona saturada para el Valle Central.

A nivel regional se cuenta con el estudio "Composition and Sources of Ambient Particles in Five Chilean Cities" cuyos autor es P. Koutrakis, y el estudio "Sources Apportionment of PM₁₀ and PM_{2,5} in Five Chilean Cities Using Factor Analysis" de los autores Kavouras and Koutrakis, ejecutado en el contexto de Proyecto sobre la Calidad del Aire en Regiones Urbano Industriales de Chile, los que dieron como resultado la identificación de las fuentes responsables del perfil de MP10 para la ciudad de Rancagua.

Los problemas de contaminación que presenta el principal centro urbano en la región del Libertador General Bernardo O'Higgins, ello es la ciudad de Rancagua, ha sido estudiado a partir del año 1996 junto con la implementación de un proyecto de calidad del aire para la ciudad, financiado por la Cooperación Suiza (COSUDE), CONAMA y el Ministerio de Salud. Esta iniciativa permitió identificar que el principal problema de contaminación de la ciudad estaba referido al material particulado. A través de dicho proyecto, durante los años 1998 - 1999, se estudió que las principales fuentes de éste contaminante provenían de las siguientes fuentes de emisión.

- Suelo o emisión de polvo natural.
- Quema de leña, para calefacción doméstica y quemas agrícolas.
- Actividad industrial de tipo metalmecánica, asociada a la Fundición Talleres,

- Fundición de Cobre, emitido por la chimenea de Caletones y otras fuentes difusas de la División El Teniente de CODELCO Chile
- Transporte vehicular, transporte público de antigüedad considerable, sobreoferta del segmento taxis colectivos, entre otros factores.

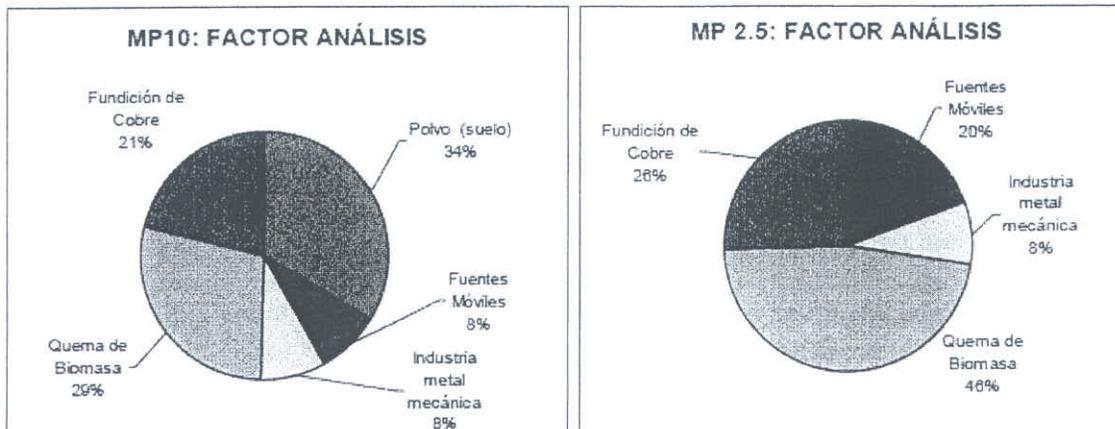


Figura 2. Análisis aportes principales fuentes de MP10 y MP2,5 en Rancagua, año 1998 (Fuente: Koutrakis,2000)

La primera fase del proyecto de calidad del aire de Rancagua, permitió identificar que esta ciudad presenta altos índices de contaminación en función de su desarrollo industrial y urbano. Además debido a las características geográficas, topográficas y meteorológicas los índices se ven incrementados en la zona de estudio, ya que se presentan condiciones desfavorables para la dispersión de contaminantes en la unidad geográfica.

Por medio de la detección temprana durante los años 1998 – 1999 de las principales fuentes de emisión de MP10 y MP2,5, hoy en día se puede reconocer la necesidad de actualizar la responsabilidad relativa que tiene cada sector en el aporte de estos elementos. Lo anterior en función de los cambios drásticos que han tenido cada una de las fuentes antes mencionadas durante el periodo de tiempo (1999-2011). La Fundición de Caletones, de la División El Teniente, presenta una emisión actual de dióxido de azufre, que bordea del 20 al 25% de la emisión generada en los años 1998 – 1999, y en el caso del material particulado total, su emisión hoy en día es sólo un 25%, por lo tanto su participación ha cambiado respecto de las otras fuentes de emisión.

El sector transporte regional, en particular en la ciudad de Rancagua, a través de sus procesos de licitación ha generado cambios importantes en el parque automotor de la ciudad, específicamente los cambios han afectado la antigüedad de las máquinas que circulan en la zona, lo que generaría una reducción de las emisiones en sus tubos de escapes. Por otra parte se ha detectado una creciente conversión de los hogares de la ciudad de Rancagua, hacia consumo de leña para calefacción.

Las medidas de un plan de descontaminación atmosférica deben estar orientadas a disminuir las fuentes y las concentraciones de material particulado presentes en la zona afectada. Una vez identificadas las fuentes y las componentes principales, los esfuerzos se deberán orientar a disminuir las contribuciones de las, o las fuentes que contribuyen mayormente a estos componentes.

Dados los antecedentes anteriores, se plantea el presente estudio que busca caracterizar el material particulado en su composición.

Antecedentes superación de norma y efectos en salud

Para el caso del Material Particulado Respirable (MP10), las mediciones registradas entre los años 2004 y 2007 en las estaciones de monitoreo de calidad del aire que forman parte de la red de vigilancia regional histórica (Rancagua, San Francisco de Mostazal, Codegua y Casas de Peuco) mostraron valores por sobre la norma diaria (entre 5 y 24 días al año para la estación urbana de Rancagua constituyendo condición de saturación para los años 2004, 2006 y 2007; entre 1 y 3 días al año para San Francisco de Mostazal (saturación el 2007); entre 1 y 4 días al año para Codegua (saturación el año 2007 y latencia 2006).

Superación norma diaria de 150 ($\mu\text{gr}/\text{m}^3\text{N}$) para material particulado respirable (MP10). Años 2004-2007

Estación	Año	Percentil 98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma diaria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Estado	Días del año con información válida	Días del año con mediciones	% datos válidos	Num. de excedencias
Rancagua	2004*	172	150	Saturada	326	365	89%	11
	2005	143	150	Latente	323	365	88%	5
	2006	153	150	Saturada	348	365	95%	8
	2007	186	150	Saturada	344	365	94%	24
San Francisco de Mostazal	2004	152	150	Saturada	115	122	94%	3
	2005	128	150	Latente	121	122	99%	1
	2006	146	150	Latente	119	122	98%	2
	2007	154	150	Saturada	115	122	94%	3
Codegua	2004	151	150	Saturada	121	122	99%	3
	2005	100	150	-	122	122	100%	1
	2006	134	150	Latente	121	122	99%	1
	2007	157	150	Saturada	121	122	99%	4
Casas de Peuco	2004	105	150	-	115	122	94%	1
	2005	81	150	-	121	122	99%	0
	2006	112	150	-	120	122	98%	1
	2007	110	150	-	122	122	100%	0

2004*: corresponde a los primeros 12 meses de mediciones: abril 2004 a marzo 2005, los otros años son completos es decir del 1 de enero al 31 de diciembre (año calendario).

Las estaciones de Rengo y San Fernando, instaladas en marzo de 2007, registraron respectivamente 16 y 24 excedencias al valor de la norma diaria de PM10 durante en el período comprendido entre 01/04/2007 y 30/04/2008.

En el caso de la norma anual de material particulado respirable MP10, al ser necesario disponer de 3 años de monitoreo para su evaluación, se consideró en los antecedentes que justificaron la declaración de zona saturada información para el periodo 2004-2006 de las estaciones de Rancagua, San Francisco de Mostazal y



Codegua las que mostraron una condición de saturación, en tanto la estación de Casas de Peuco registró un valor equivalente a una condición de latencia. Al evaluar la situación en el período 2005 a 2007, los valores promedio para los 3 años de monitoreo son similares a los registrados para el periodo 2004-2006 para las estaciones de San Francisco de Mostazal, Codegua y Casas de Peuco; presentándose en el caso de Rancagua un leve aumento en el periodo 2005-2007 (78 ug/m^3) respecto del valor promedio para el periodo 2004-2006, tal como se aprecia en la tabla siguiente:

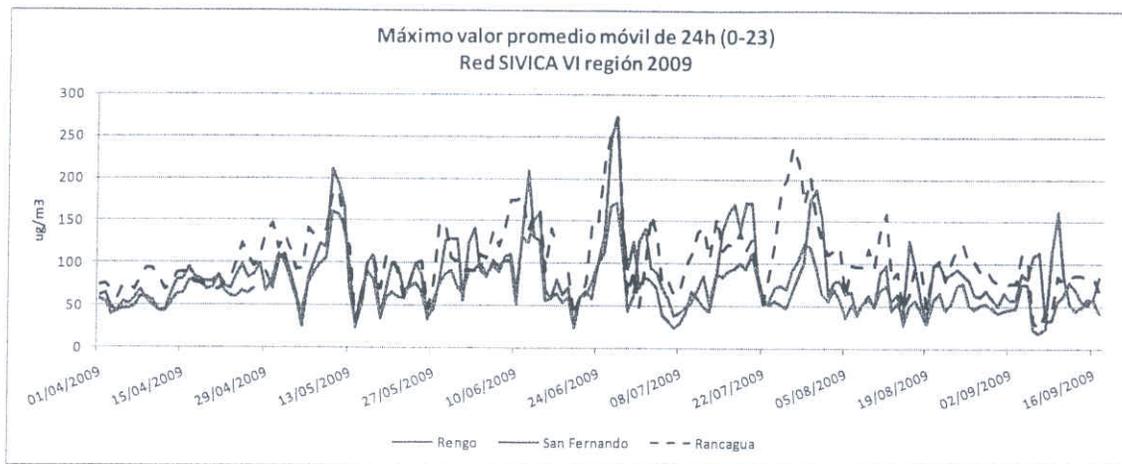
Superación de norma anual de $50 (\mu\text{gr}/\text{m}^3\text{N})$ para material particulado respirable (MP10). Años 2004 – 2007.

Estación	Año	Promedio Anual (ug/m^3)	Promedio 2004_2006 (ug/m^3)	Promedio 2005_2007 (ug/m^3)	Norma Anual (ug/m^3)	Estado 2004_2006	Estado 2005_2007
Rancagua	2004*	79	76	78	50	Saturada	Saturada
	2005	77					
	2006	72					
	2007	84					
San Francisco de Mostazal	2004	64	61	61	50	Saturada	Saturada
	2005	57					
	2006	63					
	2007	64					
Codegua	2004	67	61	61	50	Saturada	Saturada
	2005	54					
	2006	61					
	2007	66					
Casas de Peuco	2004	46	44	44	50	Latente	Latente
	2005	41					
	2006	44					
	2007	48					

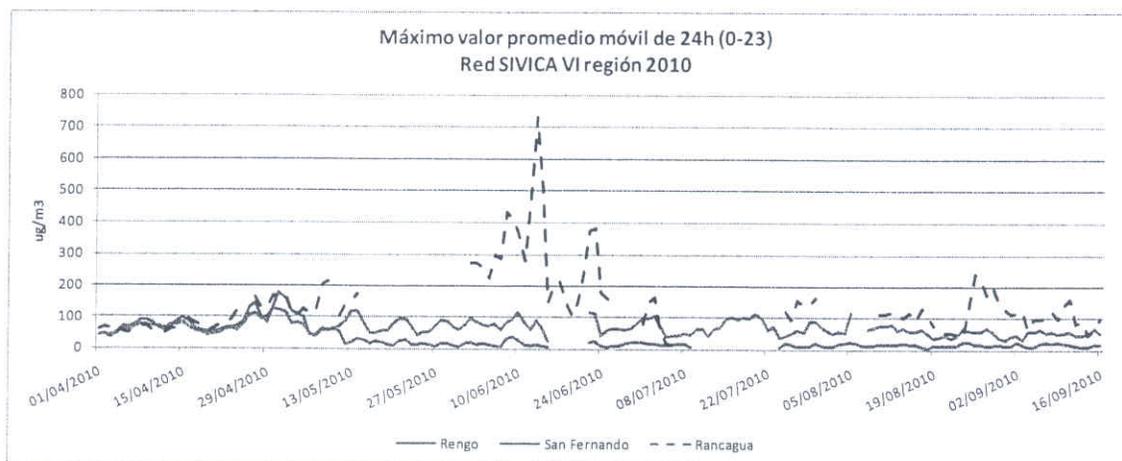
2004*: corresponde a los primeros 12 meses de mediciones :abril 2004 a marzo 2005, los otros años son completos es decir del 1 de enero al 31 de diciembre (año calendario).

Durante el periodo 2009 se aprecia un comportamiento similar de las tres estaciones públicas de la región (Rancagua, rengo y San Fernando), encontrándose las máximas concentraciones durante los meses de Junio y Agosto. Este marcado ciclo anual es ampliamente conocido para las estaciones de la Región Metropolitana y también para Rancagua entre los años 2004 y 2008.

Comparación MP10 Rengo, San Fernando y Rancagua, 2009



Comparación MP10 Rengo, San Fernando y Rancagua, 2010



El Decreto Supremo, N° 7/2009 MINSEGPRES, que declara zona saturada por Material Particulado Respirable al Valle Central de la región, establece que el área saturada incluye a las comunas de Graneros, Rancagua, Doñihue, Olivar, Coltauco, Coinco, Quinta de Tilcoco, San Vicente, Placilla, Mostazal, Codegua, Machalí, Malloa, Rengo, Requínoa, San Fernando y Chimbarongo. El fundamento para esta declaración se basa en las mediciones certificadas por la Autoridad Sanitaria – SEREMI de Salud, donde se verificó la superación de la norma de MP 10 en sus niveles diario y anual (DS 59/1998 modificado por D.S 45/2001 MINSEGPRES), como se indicó precedentemente.

En consideración a esto, la población expuesta a los problemas de la contaminación del aire, según proyecciones de población de INE para el año 2009 correspondería a 673.927 habitantes. Para asociar cuantitativamente la concentración de un contaminante atmosférico con la incidencia de un determinado efecto en la salud

SEREMI del Medio Ambiente Región del Libertador General Bernardo O´Higgins
Sección Política y Regulación Ambiental
Campos 241 Piso 7 Rancagua, 72-242066-245650-245254, carellano.6@mma.gob.cl



de la población, se utilizan funciones concentración-respuesta, respecto de mortalidad prematura, admisiones hospitalarias respiratorias y cardiovasculares.

A través del estudio "Análisis Efectos en Salud por Material Particulado Respirable y Ozono en la VI Región" del año 2006 se desarrollaron modelos que relacionaron el número de muertes y admisiones hospitalarias diarias por causas cardiovasculares y respiratorias, con las concentraciones de MP10 en la macrozona conformada por las comunas de Rancagua, Codegua, Coinco, Doñihue, Graneros, Machalí, Olivar, Rengo y Requinoa, de acuerdo a literatura internacional y estudios realizados en nuestro país son estas las causas asociadas a efectos en la salud debido a la contaminación del aire. En esta macrozona anualmente se registran 2007 muertes por diversas causas, siendo un 27% debida a causas cardiovasculares y un 10% a causas respiratorias. En relación a las admisiones hospitalarias las causas cardiovasculares representan un 7% y las causas respiratorias un 10%. Los modelos desarrollados consideraron el control de confundentes y el análisis de los residuos para estimar los modelos.

El máximo riesgo de morir ante incrementos de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de MP10 considerando el periodo total, es por causas respiratorias y cardiorrespiratorias en el grupo etareo de los mayores a 64 años en Rancagua y la Macrozona, respectivamente. Mientras que el máximo riesgo de morir por aumento en las concentraciones de ozono en el mismo periodo, es por causas cardiovasculares tanto en Rancagua como en la Macrozona.

El máximo riesgo relativo de admisión hospitalaria ante incrementos de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las concentraciones de PM10 considerando el periodo total, es por causas respiratorias en menores de 65 años para Rancagua y por causas respiratorias en el grupo etareo de los mayores de 64 años para la Macrozona. Mientras que el máximo riesgo de de admisión hospitalaria ante incrementos en las concentraciones de ozono en el mismo periodo, es por causas cardiorrespiratorias en los mayores de 64 en Rancagua y las cardiovasculares en los mayores de 64 años en la Macrozona.

La Tabla siguiente compara los riesgos relativos (RR) ante incrementos de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la mortalidad por causa cardiovasculares y respiratorias de este estudio, con otras ciudades de Chile que han utilizado la misma metodología de análisis. De ellas se observa que los RR de la Macrozona son mayores que en Santiago pero menores que en Temuco.

Comparación de los riesgos relativos de mortalidad

Causa Mortalidad	Rancagua	Macrozona	Santiago	Temuco
Cardiovascular	1.145 (1.069 - 1.226)	1.117 (1.061 - 1.177)	1.025 (1.005 - 1.046)	1.176 (1.006 - 1.374)
Respiratoria	1.263 (1.137 - 1.4029)	1.140 (1.054 - 1.232)	1.061 (1.017 - 1.106)	1.236 (1.004 - 1.522)

Aún cuando este estudio se ha basado en el MP10, por ser el tamaño de partículas regulada en Chile, de acuerdo a las tendencias en países desarrollados, el tamaño a considerar en futuros estudios debe ser el MP2.5, el cual se ha demostrado que tiene mayor impacto en la salud, pues esta fracción logra penetrar más profundamente en el sistema respiratorio y logra ser más fácilmente transportada por el flujo sanguíneo.

Este estudio considero como metodología de series temporales donde se relaciona una serie temporal habitualmente diaria, de un efecto bien definido como mortalidad, consultas a un Servicio de Urgencia, etc. con otras series temporales que corresponden a mediciones contemporáneas, día a día de variables explicatorias (en este caso MP10) en un lugar geográfico determinado. Para el desarrollo de este tipo de estudios se consideran factores meteorológicos, estacionalidad, epidemias de influenza, efecto día de la semana, distribución de la variable (dependiente) mortalidad diaria, autocorrelación de errores, evidencia de la relación causal entre mortalidad-morbilidad y contaminación. Esto con el fin de poder separar la influencia de ciertos factores relevantes (grupo etéreo, condición física, predisposición genética o física, etc.) sobre la morbilidad y mortalidad, separándolo de aquellos efectos atribuibles a la contaminación del aire.

2. TÉRMINOS DE REFERENCIA

2.1 Identificación y descripción del tema a estudiar.

El presente estudio está basado en la necesidad de actualizar las fuentes de emisión que generan en la ciudad de Rancagua un perfil de contaminación tal, que se ha constatado la superación de sus normas primarias de calidad del aire y que dio origen a la declaración de zona saturada no sólo en la ciudad de Rancagua sino 17 comunas del Valle Central de la región del Libertador General Bernardo O`Higgins.

Durante el año 1998 en el contexto del Estudio de Calidad de Aire en Regiones Urbano- Industriales de Chile, se desarrolló un estudio¹ que determino composiciones ambientales en términos de masa y elementos químicos, presentes en el material particulado colectado en cinco ciudades de nuestro país. Dicho estudio hizo una estimación sobre las principales fuentes generadoras de material particulado respirable y fino, identificándose a Iquique, Viña del Mar, Valparaíso, Rancagua y Temuco.

En particular para la comuna de Rancagua se identificaron las siguientes fuentes: suelo, quema de leña, fundición de cobre, emisiones de vehículos e industria procesadora de metales. Cabe señalar que la estimación porcentual de cada una de las fuentes está basada en una condición anual, por lo que no daría cuanta de situaciones episódicas o de corto plazo.

¹ Composición and Sources of Ambient Particles in Five Chilean Cities, P. Koutrakis, Sources Apportionment of PM₁₀ and PM_{2.5} in Five Chilean Cities Using Factor Analysis. Kovouras and Koutrakis.

Respecto de las fuentes generadoras de MP_{2,5}, la más importante sería la quema de leña con una participación de cerca del 50%.

Figura 3.: Contribución en el porcentaje másico de fuentes identificadas para MP_{2,5}, Rancagua, 97/98.



Cabe señalar que de las fuentes identificadas particularmente, dos fuentes generaron un cambio en sus niveles de emisión en virtud de la gestión ambiental que ambas desarrollaron, estas corresponden a la fundición Caletones que ha reducido sus emisiones a través de su Plan de Descontaminación, y por otra parte, la SEREMI de Transporte a través de sus procesos de Licitación del Transporte Mayor en la ciudad de Rancagua, ha generado un recambio importante del parque automotor presente en dicha zona.

Dado que el tráfico vehicular siempre muestra un crecimiento de su parque, es una incógnita hoy en día dimensionar la real participación de esta fuente, en la responsabilidad del particulado que respiran los habitantes de esta ciudad. Sobre todo por las implicancias que genera cualquier medida de gestión o plan de tránsito que la Autoridad, en este caso la SEREMI de Transporte, genere sobre el sector transportes de la locomoción mayor y menor (colectivos).

Respecto de las otras fuentes, se reconoce ampliamente el crecimiento que puede haber tenido el consumo de leña para calefacción doméstica en la zona saturada. El Estudio "Mercado de la Leña en la Ciudad de Rancagua" INFOR/2004 señaló que al menos el consumo de leña en los últimos 5 años ha crecido del orden 36% en la zona.

El presente estudio se fundamenta en la necesidad imperiosa de actualizar el conocimiento sobre la participación porcentual de las fuentes de emisión responsables del material particulado respirable identificadas durante el período 1997-1998.

En el caso de la ciudad de Santiago se ha determinado que la mayor parte de las partículas medidas en la red de monitoreo de calidad del aire, son secundarias (superando el 70% en el caso del MP_{2,5}). Esto significa que la mayoría de las partículas se forman en la atmósfera a partir de emisiones de otros contaminantes que

son sus precursores, como los Óxidos de Nitrógeno, Óxidos de Azufre y Compuestos Orgánicos Volátiles. Dado lo anterior, resulta de gran relevancia mediante este estudio identificar los precursores del material particulado (SO₂, NO_x, NH₃, entre otros).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

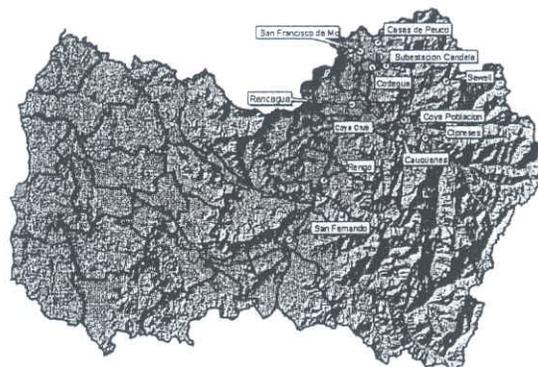
Determinar las responsabilidades en los aportes a las concentraciones ambientales de MP₁₀ y MP_{2,5} de distintas fuentes de emisión de material particulado directo, y de sus precursores (SO₂, NO_x, NH₃, entre otros) en el Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O´Higgins.

3.2 Objetivos específicos:

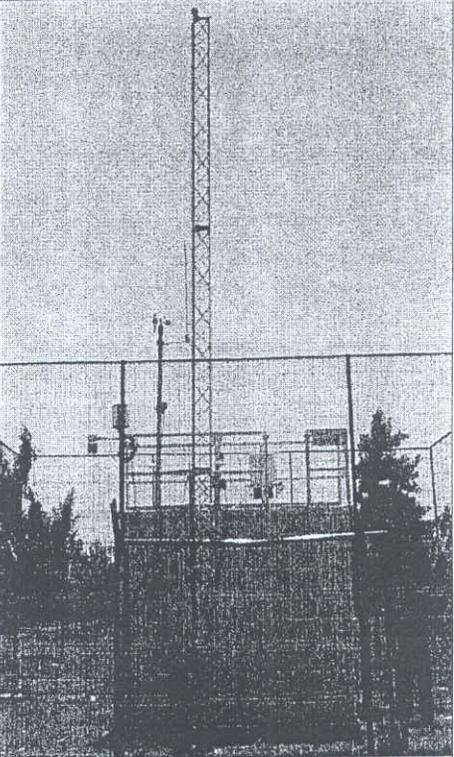
- Caracterizar químicamente el Material Particulado para estudiar su agresividad y determinar las fuentes y/o procesos contaminantes.
- Monitoreo de MP₁₀ y MP_{2,5} con filtros durante 12 meses para especiación química en la estación Rancagua.
- Monitoreo de MP₁₀ y MP_{2,5} con filtros en el período más crítico (mayo-julio) para especiación química en las estaciones de Rengo y San Fernando.
- Desarrollar una especiación química para los filtros de MP₁₀ muestreados en las estaciones de monitoreo de Rancagua, Rengo y San Fernando para la caracterización de fuentes generadoras de material particulado.
- Determinar riesgo ambiental para la salud humana, en base a las concentraciones identificadas en el estudio (considerar metodología de la Agencia de Protección Ambiental de los estados unidos).

4. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA Y COBERTURA DE ESTUDIO

El estudio estará circunscrito a las ciudades de Rancagua, Rengo y San Fernando en función de la disponibilidad de información. A continuación se presentan fichas resumen con las características y ubicación de las estaciones de monitoreo presentes. La siguiente figura, señala la ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire presentes en la región.



**Figura 4. Red de Monitoreo de calidad del aire Región del General Libertador Bernardo O´Higgins.
Estaciones Públicas de Monitoreo de Calidad del Aire y Meteorología (SIVICA)**

Nombre:	Rancagua	
Dirección:	Calle Av. Republica de Chile con Av. La Compañía	
Comuna:	Rancagua	
Provincia:	Cachapoal	
Red:	Pública. Propiedad de SEREMI de Salud	
Coordenadas:	6219394 UTMN, 339385 UTME	
Datum:	WGS84,Huso 19	
Altitud:	480 msnm	
Inicio Medición	01-05-2004	
Tipo estación	Urbana	
Origen	Vigilancia calidad Aire	
Resolución EMRP	Res. Nº 5390. 7 Octubre 2004	
Metodología de Medición	Atenuación Beta	
Equipo	Beta	
Frecuencia de monitoreo	Continua	
Nombre:	San Fernando	
Dirección:	Colegio Inmaculada de Concepción. Calle Olegario Lazo s/n.	
Comuna:	San Fernando	
Provincia:	Colchagua	
Red:	Pública. Propiedad de SEREMI de Salud	
Coordenadas:	6171756 UTMN, 317504 UTME	
Datum:	WGS84, Huso 19	
Altitud:	350 msnm	
Inicio Medición	14-03-2007	
Tipo estación	Urbana	
Origen	Vigilancia calidad Aire	
Resolución EMRP	Res. Nº 2536. 3 Octubre 2007	
Metodología de Medición	Atenuación Beta	
Equipo	Beta	
Frecuencia de monitoreo	Continua	



Nombre:	Rengo	
Dirección:	Calle Arturo Prat s/n.	
Comuna:	Rengo	
Provincia:	Cachapoal	
Red:	Pública. Propiedad de SEREMI de Salud	
Coordenadas:	6192566 UTMN, 329658 UTME	
Datum:	WGS84, Huso 19	
Altitud:	325 msnm	
Inicio Medición	29-03-2007	
Tipo estación	Urbana	
Origen	Vigilancia calidad Aire	
Resolución EMRP	Res. N° 2534. 3 Octubre 2007	
Metodología de Medición	Atenuación Beta	
Equipo	Beta	
Frecuencia de monitoreo	continua	

5. ESPECIFICACIÓN DE LAS VARIABLES QUE SE VAN A ANALIZAR.

El estudio analizará la información relacionada con la calidad del aire de las comunas en estudio, la información proveniente del inventario de emisiones, y la caracterización de las principales fuentes generadoras de MP10 y MP2,5.

Ya se ha señalado que el estudio "Composition and Sources of Ambient Particles in Five Chilean Cities" cuyos autor es P. Koutrakis, y el estudio "Sources Apportionment of PM₁₀ and PM_{2,5} in Five Chilean Cities Using Factor Analysis" de los autores Kavouras and Koutrakis, ejecutado en el contexto de Proyecto sobre la Calidad del Aire en Regiones Urbano Industriales de Chile, dieron como resultado la identificación de las siguientes fuentes responsables del perfil de PM₁₀ para la ciudad de Rancagua: Emisión de Polvo de Suelo, Quema de Laña, Transporte Vehicular, Fundición Caletones y Fundición Talleres.

El estudio permitirá determinar la procedencia más probable del material capturado en los filtros provenientes del monitoreo de MP10 y MP2,5 en las estaciones de Rancagua, Rengo y San Fernando.

La proporción en la que participa cada una de las fuentes en los niveles de MP10 y MP2,5, en un lugar es distinta cada día, por lo que el resultado de una estimación de

participación responde a condiciones promedio del período de análisis. En términos conceptuales una muestra de material particulado, captura las emisiones de diversas fuentes que fueron dispersadas, mezcladas y transportadas en la atmósfera. Luego, a través de un balance de masa entre las fuentes emisoras, y un balance químico de K especies químicas, se resuelven las ecuaciones a través de modelos con métodos numéricos. El planeamiento de balance químico de masa requiere por una parte la identificación de las fuentes emisoras, el perfil químico de las fuentes y el perfil químico de los filtros que monitorean el contaminante.

Caracterización química

La caracterización química deberá ser realizado por laboratorios acreditados y que cuenten con experiencia comprobable en este tipo de análisis.

- Análisis gravimétrico: El pesaje inicial y final (gravimetría) de los filtros se debe realizar en un laboratorio que cuente con las condiciones que permitan una adecuada determinación de la masa. Posteriormente, la diferencia de masa (final-inicial) dividida por el volumen de muestreo (m^3) permite calcular la concentración ($\mu g/m^3$).
- Contenido de metales: Luego de los análisis gravimétricos se deberá determinar contenido de metales de a lo menos Pb, As, Cd, Zn, Cr, Cu, Ni, Al, Se, Mn, Ag, V, Ba, Co, Mo, Be, B y Fe).
- Análisis de aniones y cationes: K, Na, Ca, NH_3 , Cl, SO_4 , NO_3 .
- Análisis en términos de contenido de hollín (carbono elemental), carbono orgánico total y especiación de Aerosoles Orgánicos Secundarios.

Determinación de aporte de fuentes emisoras de MP10 y MP2,5

Para identificar las principales fuentes responsables en los niveles ambientales de MP10 y MP2,5 se debe aplicar el modelo de factores absolutos principales (APFS) de acuerdo a la metodología utilizada por la universidad de Sao Paulo [Artaxo *et al.*, 1997a, 1997b] en las campañas de caracterización físico-química desarrollada en la Región Metropolitana durante los años 1996, 1998 y 1999. Los factores principales, según la agrupación de las especies químicas se correlacionan con los elementos característicos o trazadores de fuentes de emisión para determinar las fuentes emisoras. Posteriormente se realiza una regresión con cada muestra con APFS para obtener la contribución de cada elemento por cada componente [Switlicki *et al.*, 1996]. Los perfiles de las fuentes así obtenidos se comparan con valores de la literatura para determinar factores de enriquecimiento [Hopke, 1985].

Se debe considerar que no existe una relación lineal entre el aporte de las fuentes emisoras de MP10 y MP2,5 y las concentraciones ambientales producto de los distintos fenómenos que afectan a las partículas en la atmósfera entre ellos decantación de las partículas más gruesas, suspensión de las partículas finas, transporte, aglomeración, formación de aerosol secundario. Por este motivo, para una

campaña de estudio acerca de la responsabilidad de las fuentes a partir del análisis de filtros ambientales de MP10 y MP2,5 sea representativa y consistente debe considerar mediciones en distintos períodos del año, al menos en meses de altas concentraciones y en períodos de bajas.

También resulta relevante considerar la determinación de otros indicadores para mejorar la interpretación del comportamiento MP10 y MP2,5, entre ellos determinación de carbono orgánico, carbono elemental, amonio y sulfato para complementar la caracterización físico-química, lo que permite una mayor certeza en la determinación del aporte de emisiones de las principales fuentes emisoras.

Por último y considerando los valores de los parámetros identificados, se deberá realizar un análisis de riesgo para la salud humana con dichos parámetros.

Toma de muestras

- Para la toma de muestras de MP10 y MP 2,5 se deberán utilizar equipos gravimétricos de alto volumen (high volumen) y bajo volumen (dicótomos u otros).
- Los muestreos tendrán una duración de 24 horas y deberán tener como mínimo una frecuencia de 3 días e idealmente diaria, usando los filtros respectivos.
- En la Estación Rancagua el muestreo con filtros para MP10 y MP 2,5 se realizará por un periodo de 12 meses, comenzando durante otoño-invierno.
- En las estaciones de Rengo y San Fernando el muestreo con filtros para MP10 se realizará por un periodo de 3 meses durante otoño-invierno.
- Se deberán recolectar a lo menos 120 muestras de MP 10 y 120 muestras de MP2,5 en la estación Rancagua, en el período indicado.
- Se deberán recolectar a lo menos 30 muestras de MP 10 en la estación Rengo, en el periodo indicado.
- Se deberán recolectar a lo menos 30 muestras de MP 10 en la estación San Fernando, en el periodo indicado.

La información se resume en la tabla siguiente:

Estación	Contaminante Muestreo	Periodo Muestreo	Época muestreo	Número mínimo muestras
Rancagua	MP 10	12 meses	Todo un año comenzando en otoño-invierno	360
	MP2,5	12 meses	Todo un año comenzando en otoño-invierno	720
Rengo	MP10	3 meses	Otoño-invierno	90
San Fernando	MP10	3 meses	Otoño-invierno	90

1179



Análisis de muestras

En la tabla siguiente se presentan los análisis de laboratorio que deben ser realizados con las muestras colectadas en las estaciones de Rancagua, Rengo y San Fernando.

Estación Procedencia muestra	Tipo de Análisis	Parámetros analizados	Muestras
Rancagua	Análisis gravimétrico	Gravimetría de los filtros	Muestras filtros MP10 y MP2,5
	Análisis MP 10	-Contenido de metales Pb As Cd Zn Cr Cu Ni Al Se Mn Ag V Ba Co Mo Be B Fe	Muestras filtros MP10
		-Análisis de aniones y cationes K Na Ca NH3 Cl SO4 NO3	Muestras filtros MP10
		Determinación carbono orgánico, carbono elemental, amonio y sulfato	Muestras filtros MP10
	Análisis MP 2,5	-Contenido de metales Pb As Cd Zn Cr Cu Ni Al Se Mn Ag V Ba Co Mo Be B Fe	Muestras filtros MP2,5
		-Análisis de aniones y cationes K Na Ca NH3 Cl SO4 NO3	Muestras filtros MP2,5
Determinación carbono orgánico, carbono elemental, amonio y sulfato		Muestras filtros MP2,5	
Rengo	Análisis gravimétrico	Gravimetría de los filtros	Muestras filtros MP10
	Análisis MP 10	-Contenido de metales	Muestras filtros MP10

SEREMI del Medio Ambiente Región del Libertador General Bernardo O' Higgins
Sección Política y Regulación Ambiental
Campos 241 Piso 7 Rancagua, 72-242066-245650-245254, carellano.6@mma.gob.cl