

## CUANTIFICACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS PRESENTES EN EL MATERIAL PARTICULADO PM 2.5 EN LA ATMÓSFERA DE LA CIUDAD DE LA SERENA, CHILE

### QUANTIFICATION OF METALLIC ELEMENTS PRESENT IN THE PARTICLE MATERIAL PM 2.5 IN LA SERENA CITY'S ATMOSPHERE, CHILE

**Ricardo A. Zamarreño y Cristian E. Díaz**

Universidad de La Serena, Departamento de Química, Colina El Pino, La Serena-Chile  
(e-mail: ricardozamarreno@yahoo.es)

*Recibido: 03/02/2010 - Evaluado: 05/03/2010 - Aceptado: 20/03/2010*

#### RESUMEN

Se presentan los resultados de la medición de material particulado (P.M. 2,5) y la presencia en este de algunos elementos metálicos. Los monitoreos se realizaron semanalmente desde el mes de abril hasta diciembre del 2008. Tomándose como norma el valor de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , entregado por E.P.A. para captar el P.M. 2,5, se recolectó mediante un sistema que cuantifica la presencia de los metales, midiendo su concentración con un equipo de absorción atómica, con horno de grafito. Los resultados indican que el promedio anual de P.M. 2.5 es  $38.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sobrepasándose solamente en tres oportunidades la norma. En relación a los valores encontrados de elementos metálicos, la mayor concentración la posee el Fe con un promedio de  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la menor concentración fue el Pb con  $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La mayoría de las mediciones están bajo las recomendaciones entregadas por la O.M.S. Se concluye que las concentraciones del P.M. 2.5 esta bajo esta norma, al igual que con los metales estudiados.

#### ABSTRACT

This article presents results of the particulate measurement P.M. 2.5 and its presence in some metal elements. The monitoring took place once a week from April to December 2008. The material was collected taking as a rule the value of  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , delivered by E.P.A. to capture M.P. 2.5, by means of a system that quantifies metal presence, measuring its concentration with atomic absorption equipment including a graphite oven. The results show the PM 2.5 annual average is  $38.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , surpassing the standard only in three occasions. Regarding metallic element values, Fe presents the largest concentration with an average of  $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; the lowest concentration was Pb with  $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Most measurements are according to World Health Organization recommendations. It is concluded that PM 2.5 concentrations are under this rule, as well as the studied metals.

Palabras clave: polución, atmósfera, material particulado, elementos metálicos

Keywords: pollution, atmosphere, Particle material, metallic elements

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de La Serena, se ubica aproximadamente a 30 grados latitud sur, en la Región de Coquimbo - Chile, tiene una población aproximada de 209.000 habitantes (INE, 2010). Las condiciones climáticas están dadas por la permanente posición del anticiclón del pacífico, con variación de temperatura en verano de 15 °C la mínima y 20 °C la máxima, con una humedad relativa del 90%. En invierno las temperaturas extremas varían entre los 8 y 15 °C, con un promedio de precipitación de 126 mm, con un viento predominante noreste (Instituto Geográfico Militar, 2000). Los principales polos de desarrollo de esta ciudad son la industria turística, la agricultura, el comercio (grandes tiendas), pequeños y medianos industriales, la construcción y servicios financieros, no contando con grandes industrias (INE, 2009).

En esta ciudad hay pocos estudios de contaminación atmosférica. Uno de esos estudios (Zamarreño y Díaz, 2004), indican que la calidad del agua de recio y de lluvia en esta ciudad es ligeramente ácida. Zamarreño et al. (2003), entregan los resultados de contaminación de P.M 2,5 demostrando que en la ciudad de La Serena no hay problemas importantes de contaminación atmosférica. Información entregado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA, 2010), los principales problemas de contaminación en distintas ciudades de Chile, son aquellas urbes de mayor tamaño, Santiago, Temuco, Talcahuano y centros mineros.

En Chile la mayoría de estos estudios se realizan en la ciudad de Santiago. Se ha determinado el aumento de frecuencia de enfermedades respiratorias en niños al aumentar la contaminación en esta ciudad (Muñoz y Carvalho, 2009). En esta misma ciudad se ha podido determinar que los episodios de contaminación atmosférica están directamente relacionados con la estabilidad atmosférica. En la ciudad de Concepción se midió la presencia de compuestos orgánicos en la atmósfera urbana, encontrándose una cantidad importante de estos compuestos (Pozo et al., 2009).

Son innumerables los estudios de contaminación atmosféricos a nivel mundial, por mencionar algunos los realizados en Estados Unidos en la ciudad de Los Ángeles, la presencia de estos contaminantes en los periodos críticos superaban todas las normas existentes (Spiro y Stigliani, 2004). Al igual que en ciudades Europeas, como el caso de la neblina tóxica de Londres donde se produjo un aumento de enfermedades respiratorias e incluso causaron la muerte de personas (Vega, 2002).

El objetivo de este estudio es determinar la presencia de material particulado P.M. 2.5 en la ciudad de La Serena y cuantificar la concentración de algunos metales inorgánicos presente en este material, para determinar el grado y los periodos de máxima concentración de estos contaminantes.

## METODOLOGÍA

El estudio comenzó en marzo del 2008, ubicando el lugar donde se instaló la estación de monitoreo, se decidió que el lugar mas adecuado es en el campus Andrés Bello de la Universidad de La Serena, que se ubica a 1,5 Km del centro de la ciudad, en dirección sureste a una altura aproximada de 85 m metro sobre el nivel del mar. (ver figura 1). Esto es por que la dirección predominante de los vientos es noreste.

Para determinar la concentración del material particulado P.M. 2,5, se empleo un equipo de succión marca Sartorius Gravikon SM 16713, usando filtros de fibra de vidrio A/E 1 µm de porosidad, conociendo el volumen de aire medido, el monitoreo se realizó durante 24 horas y se registraba las condiciones meteorológicas se registraron a través de la estación Meteorológica Faro Punta de Tortuga. Para eliminar la humedad de los filtros, estos fueron puestos en una estufa a 120 °C por 24 horas antes de la medición, posteriormente en un desecador y se pesaba. Una vez que el filtro era usado, se le sometía al mismo proceso, la concentración del material particulado se determinaba por la deferencia de peso entre el filtro sin usar y el usado.



Fig. 1: Muestra el sector de ubicación de la estación de monitoreo.  
(Fuente Fotografía satelital, Google Earth, 2010)

Para cuantificar la concentración de los metales, los filtros que contenían el material particulado, se trataron de la siguiente manera: en primer lugar se cortaron con tijeras de fibra de plástico y se sometió a un ataque ácido con agua regia (1 HNO<sub>3</sub>:3 HCl en volumen) a 90 °C, enseguida, se filtra, la solución resultante se lleva a sequedad y se afora con agua destilada y desionizada, acidificada con ácido clorhídrico, todos los reactivos empleados tienen la categoría para análisis (P.A.) (Zamarreño et al., 2003).

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis Anova con (p<0.05).

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de la concentración de material particulado en la atmósfera de la ciudad de La Serena, se muestran en la tabla 1. En esta tabla se puede observar que la concentración de las mayorías de las mediciones, se encuentran bajo la norma que entrega la E.P.A, siendo superada solamente en 3 ocasiones. En cuanto al promedio mensual de las mediciones, estas se encuentran bajo la norma utilizada, siendo el mes de abril que presentó un mayor valor promedio con 51 µg/m<sup>3</sup>. En la figura 2, se grafica la variación de la concentración promedio mensual, en los meses de medición, donde se aprecia mejor esta tendencia.

Al estudiar estos valores con el proyecto de norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP 2.5 (CONAMA, 2009), se puede observar que el promedio anual estaría dentro de los límites de esta norma, pero las mediciones de 24 horas, para el año 2012 se estarían sobrepasando en 3 ocasiones, para el 2022 en 12 ocasiones.

Tabla 1: Concentración de material particulado en la ciudad de La Serena, Chile

Fecha	P.M. 2,5 (µg/m³)	Promedio mensual mg/m3	Desviación Promedio mes	Fecha	P.M. 2,5 (µg/m³)	Promedio mensual µg/m3	Desviación Promedio mes
09-Abr	55,0	51,0	15,9	02-Sep	15,0	19,5	3,7
16-Abr	49,5						
18-Abr	53,0						
23-Abr	70,0						
25-Abr	26,0						
30-Abr	30,0						
02-May	73,5	23,0	19,0	01-Oct	43,3	47,2	10,4
09-May	60,4						
07-May	50,0						
15-May	31,0						
18-May	1,0						
23-May	10,0						
02-Jul	60,0	53,0	4,7	05-Nov	36,4	30,9	5,7
04-Jul	50,0						
11-Jul	33,8						
25-Jul	35,8						
29-Jul	50,0						
02-Ago	10,0	23,8	8,2	10-Nov	39	42,4	5,4
06-Ago	30,0						
11-Ago	25,0						
20-Ago	32,0						
27-Ago	30,0						
						04-Dic	38
				10-Dic	47		
				15-Dic	49,5		
				20-Dic	39,5		
				23-Dic	38		
Promedio Anual						38,5	
Desviación Anual						9,4	

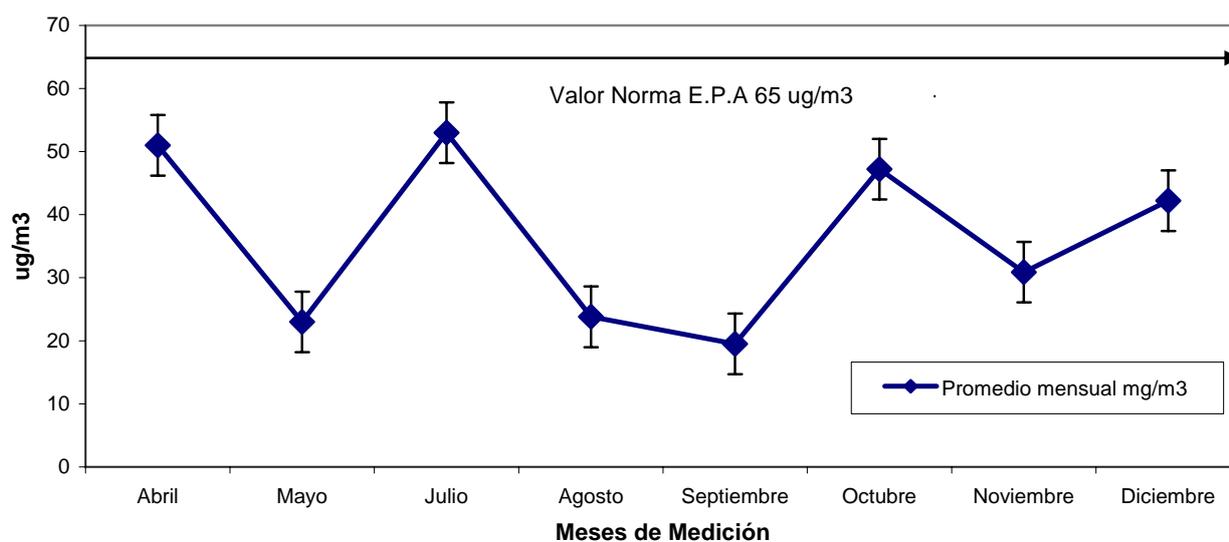


Fig. 2: Variación promedio mensual de M.P. 2,5 en la ciudad de La Serena.

En la tabla 2, se muestran la concentración promedio mensual de los metales estudiados presentes en el material particulado 2,5 de la ciudad de La Serena.

Tabla 2: Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) promedio mensual de la concentración de los metales encontrados en el material particulado de la ciudad de La Serena.

Mes	As	Cr	Fe	Cu	Pb	Ni	Zn	Mn
Abril	0,003	0,033	2,45	0,04	0,01	0,02	1,523	0,042
Mayo	0,003	0,051	2,351	0,063	0,035	0,031	2,501	0,083
Julio	0,004	0,027	2,423	0,021	0,024	0,042	1,852	0,025
Agosto	0,002	0,058	2,2	0,02	0,01	0,024	2,05	0,012
Septiembre	0,004	0,04	1,86	0,013	0,01	0,057	1,953	0,024
Octubre	0,005	0,035	3,041	0,052	0,01	0,024	1,301	0,052
Noviembre	0,001	0,061	2,33	0,05	N.D.	0,045	3,592	0,083
Diciembre	0,001	0,023	1,73	0,08	0,03	0,032	0,986	0,054
Promedio anual	0,003	0,041	2,298	0,042	0,018	0,034	1,970	0,047
Desviación anual	0,001	0,014	0,400	0,023	0,011	0,013	0,806	0,0265
Valor recomendado O.M.S.	0,0066				0,5	0,03		0,15

En la tabla 2, se puede observar que la concentración de estos metales son bajos. Los metales con mayor concentración promedio anual son el hierro con  $2,298 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el zinc con  $1,970 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el níquel con  $0,034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los que presentan una menor concentración son el arsénico con  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cromo con  $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el plomo con  $0,018 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la figura 3, se aprecia que la variación de los metales de mayor concentración, según los meses de medición. En esta figura se puede observar que la concentración del hierro es la que predomina, pero en los meses de mayo, septiembre y noviembre la concentración de zinc es superior. Llama la atención que en el mes de octubre la concentración de hierro es mayor, pero en el mes siguiente esto se invierte, siendo mayor la concentración de zinc.

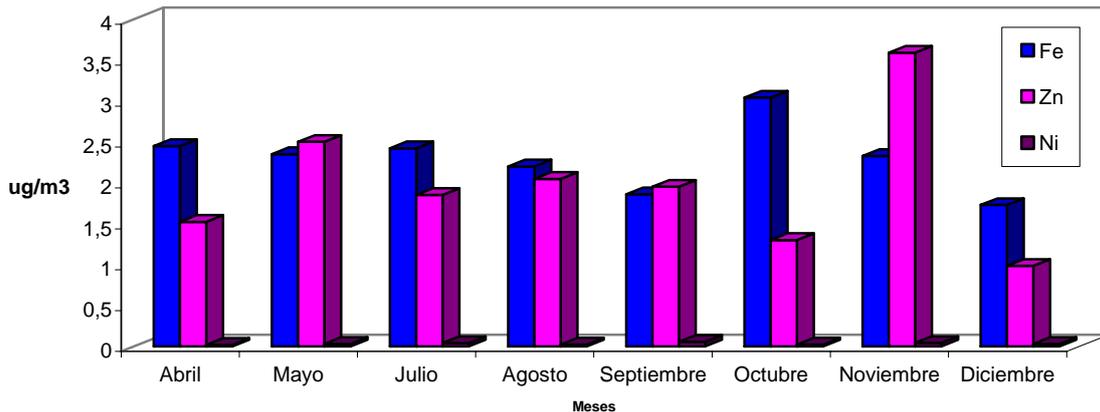


Fig. 3: Concentración promedio del Fe, Zn y Ni en el material particulado P.M. 2,5.

La presencia del hierro y del zinc en la atmósfera en la ciudad de La Serena, se puede explicar por la presencia de yacimientos de minerales de hierro, que actualmente están siendo explotados, estos se ubican al norte de la

ciudad de La Serena. Según la información meteorológica disponible los vientos predominantes provienen del noreste, lo que explicaría que el material presente en estos yacimientos pueda trasladarse hacia la ciudad de La Serena, por acción eólica.

En cuanto al níquel se puede destacar que su presencia se puede atribuir a la minería ferrosa, ya que no existen yacimientos de este metal en la zona de la ciudad de La Serena.

Debido a la imposibilidad de encontrar valores normados de estos metales en P.M. 2,5, se utilizaron las recomendaciones que entrega la Organización Mundial de la Salud, de las cuales el elemento níquel supera levemente la recomendación, con un valor de  $0,034 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y el valor recomendado es de  $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## CONCLUSIONES

Se puede concluir que en la ciudad de La Serena, la concentración de material particulado P.M. 2,5 está bajo la norma con un valor promedio anual de  $38,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , comparado con  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  valor entregada por la E.P.A. Al igual que con los valores entregado por el proyecto de ley de la norma de M.P.2.5. Esto demuestra que la ciudad de La Serena, puede seguir siendo un polo de desarrollo en la industria turística, ya que no presenta problemas de contaminación atmosféricos.

En cuanto a la concentración de los metales presentes en el P.M. 2,5 sus valores son bajos y los que se encuentran en mayor concentración son el hierro, zinc y níquel, los cuales se asocian a la minería del hierro.

Por la falta de normas de estos elementos en el P.M. 2,5 se compararon los valores obtenidos con las recomendaciones entregadas por la O.M.S, estando todos los elementos bajo estos valores a excepción de níquel que esta en el límite del valor. Es necesario determinar la fuente de estos elementos, para poder minimizar su presencia en la atmósfera urbana de la ciudad de La Serena.

## REFERENCIAS

CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente (2009); "*Proyecto de norma primaria de calidad ambiental para material particulado fino respirable MP 2.5*".

CONAMA, Comisión Nacional de Medio Ambiente (2010); [www.conama.cl/portal/1301/propertyvalue-15480.html](http://www.conama.cl/portal/1301/propertyvalue-15480.html).

Instituto Geográfico Militar (2000); "*Características Geográficas de las Regiones Tercera y Cuarta*". IGM, Santiago de Chile.

INE, Instituto Nacional de Estadísticas (2009); "*Informe Económico Regional, abril – junio*", 32 p.

INE, Instituto Nacional de Estadísticas (2010); [www.ine.cl/canales/chile\\_estadistico/demografia\\_y\\_vitales/proyecciones/DatCom/SalComUsuarios-04Tok.xls#'T3'!A3](http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/demografia_y_vitales/proyecciones/DatCom/SalComUsuarios-04Tok.xls#'T3'!A3)

Muñoz, F.; Carvalho, M.S. (2009). "*Efecto del tiempo de exposición a PM10 en las urgencias por bronquitis aguda*". *Cad. Saúde Pública* [online]. 2009, vol.25, n.3 [citado 2010-02-02], pp. 529-539 . Disponible en: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2009000300008&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000300008&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0102-311X. doi: 10.1590/S0102-311X2009000300008.

Pozo, K., Rudolph A., Oyola, G.; Ahumada, R. (2009); "*Monitoreo en el Aire del Contenido de Compuestos Orgánicos Persistentes (COPS) en Sectores Urbanos e Industriales del Concepción Metropolitano Utilizando Muestreadores Pasivos*". V Congreso Latinoamericano de Física y Química Ambiental. Arica-Chile, pp. 18.

Spiro, G.; Stigliani, W. (2004); "*Química Medioambiental*". Prentice Hall. Madrid España, 224 – 226 pp.  
Vega, J. (2002); "*Química del Medioambiente y de los Recursos Naturales*". Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, 125 – 128 pp.

Zamarreño, R., I. Fernández, I.; Mejías, J. (2003); "*Análisis del Material Particulado 2,5 y sus Componentes Orgánicos Presentes en la ciudad de la Serena, Chile*". Información Tecnológica: 14(5), 21 – 24.

Zamarreño, R.; Díaz C. (2004); "*Cuantificación de Algunos Elementos Inorgánicos en el Material Particulado 2,5 en la Ciudad de La Serena*". XXV Jornadas Chilenas de Química. Universidad Católica del Norte, Antofagasta-Chile.

