

CUANTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO 2,5, PROCEDENTE DEL USO DE LA COMBARBALITA

QUANTIFICATION, CHARACTERIZATION AND COMPOSITION PARTICULATE MATTER 2.5, FROM THE USE OF THE COMBARBALITA

Ricardo Zamarreño¹, Jorge Tapia¹, Clotilde Pizarro¹

(1) Universidad de La Serena, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Colina el Pino s/n, La Serena – Chile
(e-mail: zamarre@userena.cl)

Recibido: 14/09/2015 - Evaluado: 02/10/2015 - Aceptado: 30/10/2015

RESUMEN

En este trabajo, se muestran los resultados del material particulado P.M. 2,5 en la ciudad de Combarbalá, por la explotación y tallado de la "Combarbalita". Los monitoreos se realizaron entre los meses de septiembre del 2010 y mayo del 2011. Determinando P.M. 2,5 con una bomba succionadora, cuantificando la concentración de algunos metales, utilizando espectroscopia de absorción atómica. Comprobando las características morfológicas de los componentes, usando la técnica de microscopia de inmersión. El promedio del PM 2,5 es de 22,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estando bajo los valores recomendados por la EPA. Los elementos con mayores concentraciones son el Hierro, el Cobre, el plomo y el Zinc, el Cadmio posee la menor concentración. Las partículas de 2.5 μm y menores bordean el 36.11% del total analizado, las que tienen dimensiones de 4 a 10 μm suman el 50%. Concluyendo que Combarbalá posee bajos niveles de contaminación de material particulado P.M. 2,5.

ABSTRACT

In this work, the results of the particulate material is PM 2.5 in the city of Combarbala, by exploitation and carving of the "Combarbalita", are shown. The monitoring was conducted between the months of September 2010 and May 2011. Determining PM 2.5 with a suction pump, quantifying the concentration of some metals using atomic absorption spectroscopy. Checking the morphological characteristics of the components, using the technique of immersion microscopy. The average is 22.50 PM 2.5 mg/m^3 , being under the EPA's recommended values. Items with higher concentrations are iron, copper, lead and zinc, cadmium has the lowest concentration. Particles smaller than 2.5 μm and bordering the 36.11% of total analyzed, which have dimensions of 4 to 10 microns added 50%. Combarbalá has concluded that low levels of particulate pollution PM 2.5.

Palabras clave: Combarbalita, material particulado 2,5, partículas en suspensión, espectroscopia
Keywords: Combarbalita, 2.5 particulate matter, particles in suspensión, spectroscopy

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Combarbalá se ubica en el valle transversal de la provincia del Limarí, Región de Coquimbo, Chile. Específicamente en las coordenadas 31°, 19' de latitud sur y 70°, 59' de longitud oeste, y a una altura de 890 m.s.n.m. (IGM, 1988). Con una superficie de 1.896 km², la comuna cuenta con una población estimada de 12.617 habitantes según la estimación al año 2008 (INE, 2002), y una densidad demográfica de 6.65 hab/km².

En esta ciudad se desarrolla una importante fuente de ingresos basado en la explotación y fabricación de joyas y ornamentos en base de la Combarbalita.

La Combarbalita es una roca ornamental semipreciosa, producida por una alteración de la argilita avanzada de materiales de origen volcánico, ocurrida hace alrededor de 60 a 80 millones de años, encontrándose en abundancia alrededor de la ciudad de Combarbalá. Su explotación se realiza desde tiempos prehispánicos con fines artesanales. Su litología es brechosa y presenta rasgos fluidales (www.userena.cl/panoramaac.html).

Este mineral tiene una composición que predominan la caolinita, hematita, schlossmacherita y minerales aluánicos. El cuarzo y la hematita se encuentran en proporciones apreciables. Químicamente está compuesta por varios elementos, destacándose el Hierro, el Arsénico y el Plomo, además del Estroncio, Cobre, Manganeseo, Zinc, Plata, Cadmio y Magnesio (Rosales *et al.*, 1993).

El color de la roca varía según el predominio de algunos minerales o asociaciones mineralógicas, entre ellos se verá que la Hematita provoca un color Rojizo. La Hematita-Caolinita produce un color Rosado Marrón. La Caolinita ejerce un Blanco y la Schlossmacherita produce un matiz Verde Turquesa. La roca presenta una dureza variable dependiendo de la mayor o menor cantidad de sílice que esta contenga. Los artesanos trabajan con aquella que tiene una dureza de 2,5, constituidos por caolinita, alunita y hematita, la cual es transformada mediante tallados, en hermosos productos de artesanía, e incluso grandes esculturas (Rosales *et al.*, 1993).

Los artesanos que trabajan con esta roca, utilizan sus propias dependencias para ubicar los talleres en donde esculpen la Combarbalita, estando generalmente próximos a sus hogares. La mayor cantidad de estos talleres, se encuentra en las zonas noroeste y suroeste con respecto a la plaza de armas, como lo indican las líneas circulares de color rojo que se muestran en la Figura 1.



Fig 1: Asentamientos más importantes de artesanos en la ciudad de Combarbalá (Fuente fotografía, Google earth, 2015).

Con respecto a los desechos, estos se depositan generalmente en las inmediaciones del taller, no existe un vertedero específico para estos residuos, lo que se van formando pequeñas pilas de los residuos de los artesanos (IMC, 2013).

En la región de Coquimbo, solamente se han realizado estudios de contaminación atmosférica en la ciudad de La Serena, en la que se determinó el contenido de material particulado (PM 2,5) y sus componentes orgánicos presentes en la atmósfera (Zamarreño *et al.*, 2013). Posteriormente se determinó la concentración de los principales metales presente en la atmósfera de esta ciudad (Zamarreño & Díaz, 2010).

En la ciudad de Combarbalá no existen estudios de contaminación atmosférica, a pesar de las fuentes de contaminación difusas que existen en la ciudad por la presencia de estos talleres que trabajan con la Combarbalita.

METODOLOGÍA

Para determinar el material particulado P.M. 2,5 y el muestreo pasivo del material particulado en suspensión, se instaló la estación de monitoreo en el centro agro meteorológico de Combarbalá, que pertenece al Liceo Samuel Román Rojas. Esta dependencia se encuentra en el sector sur-este de la ciudad, cuya ubicación se muestra en la Figura 2.



Fig 2: Mapa de Combarbalá, donde se muestra la ubicación de la estación de monitoreo. (Fuente, Google earth, 2015).

En las Figuras 3 y 4 se muestran los equipos de monitoreo para la medición de material particulado, en la figura 3, se muestra el equipo de muestreo continuo Sartorius, que usa un filtro de fibra de vidrio de tamaño de poro de 2 μm . En la Figura 4, se presenta el equipo para monitoreo pasivo Sigma – 2, que utiliza una fibra de polietileno, con una superficie engomada, atrapando las partículas que se encuentran en la atmósfera. En la Figura 5, se muestra una panorámica de la ciudad de Combarbalá y el punto de muestreo.

Para determinar la concentración de los metales presentes en el material particulado de la ciudad de Combarbalá, se trata el filtro usado en una solución ácida formada con ácido hipocloroso, ácido nítrico y ácido clorhídrico, en una relación 1:3:5, posteriormente se lleva a sequedad y se afora a 100 mL. Midiendo la concentración de los metales a través del método de espectroscopia de absorción atómica (Workman *et al.*, 2003).



Fig 3: Equipo de medición Sartorius, para material particulado P.M. 2,5.



Fig 4: Equipo de monitoreo pasivo Sigma - 2.



Fig 5: Vista de Combarbalá y del punto de muestreo. El círculo rojo indica el punto de muestreo.

En la determinación de la morfología de las partículas que se encuentran en suspensión, se utilizó el análisis microscópico, utilizando un microscopio óptico de campo claro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se presenta los resultados de la cantidad de material particulado P.M. 2,5 y la concentración de los principales metales presentes.

Tabla 1: Concentración de material particulado P.M. 2,5 y metales presentes en este.

Componentes	2009					2010				Promedio
	28-Sept	30-Oct	01-Nov	05-Dic	15-Ene	17-Feb	20-Mar	24-Abr	28-May	
P.M. 2,5 (µg)	72851	71622	40368	35823	79358	148113	34072	149169	26490	73096
P.M. 2,5 (µg/m ³)	19,7	8,26	11,62	8,75	24,63	26,74	39,85	27,67	35,32	22,504
Cu (µg/m ³)	0,913	1,947	0,337	0,371	0,862	2,813	0,363	2,857	0,587	1,228
Fe (µg/m ³)	14,568	0,999	4,407	3,503	18,141	17,105	33,412	15,712	25,812	14,851
Mn (µg/m ³)	0,098	0,069	0,006	0,008	0,51	0,419	0,673	0,358	0,592	0,304
Zn (µg/m ³)	0,307	1,212	0,033	0,22	0,805	0,426	0,049	4,371	2,228	1,072
Cd (µg/m ³)	0,039	0,019	0,015	0,018	0,011	0,008	0,013	0,043	0,042	0,023
Pb (µg/m ³)	0,045	0,228	0,116	0,88	0,033	1,752	1,324	0,248	1,549	0,686
Mg (µg/m ³)	0,032	0,086	0,055	0,045	0,563	0,517	0,318	0,38	0,807	0,311
Ag (µg/m ³)	0,073	0,024	0,047	0,03	0,089	0,078	0,097	0,219	0,178	0,093
Total Metales (µg/m ³)	16,075	4,584	5,016	5,075	21,014	23,118	36,249	24,188	31,795	18,568
Otros elementos (µg/m ³)	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625	3,625
Porcentaje metales	82,51									
Porcentaje otros elementos	17,49									

En la Figura 6, se muestra la variación de la cantidad de material particulado P.M. 2,5. En los distintos monitoreos realizados en la ciudad de Combarbalá.

En la Figura 7, se presenta la variación promedio de la concentración de los distintos metales encontrados en el material particulado P.M. 2,5.

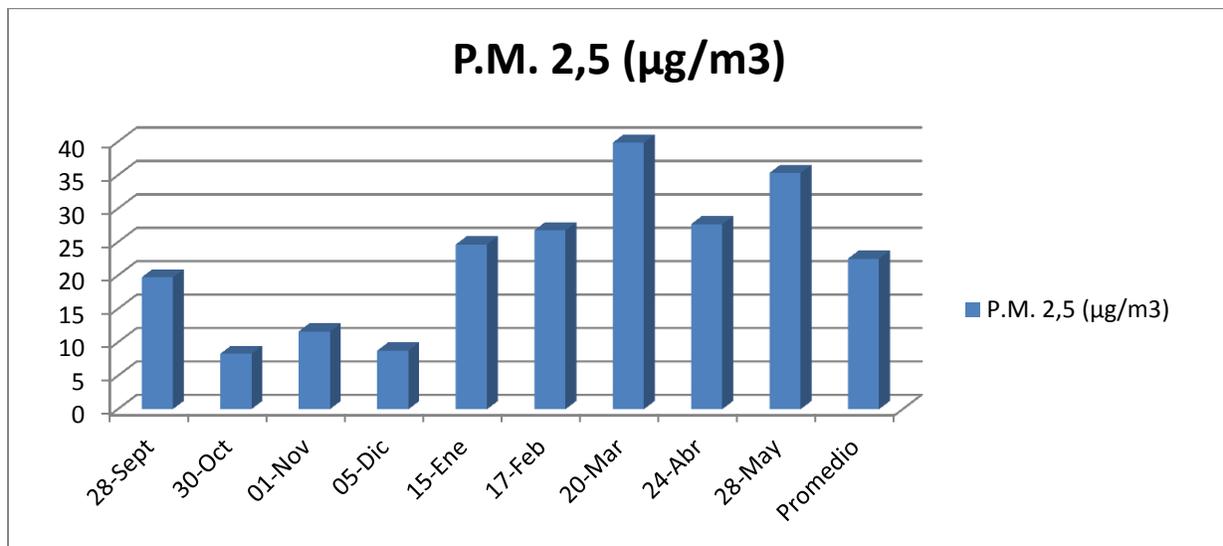


Fig 6: Concentración de material particulado P.M. 2,5 en los distintos monitoreos realizados.

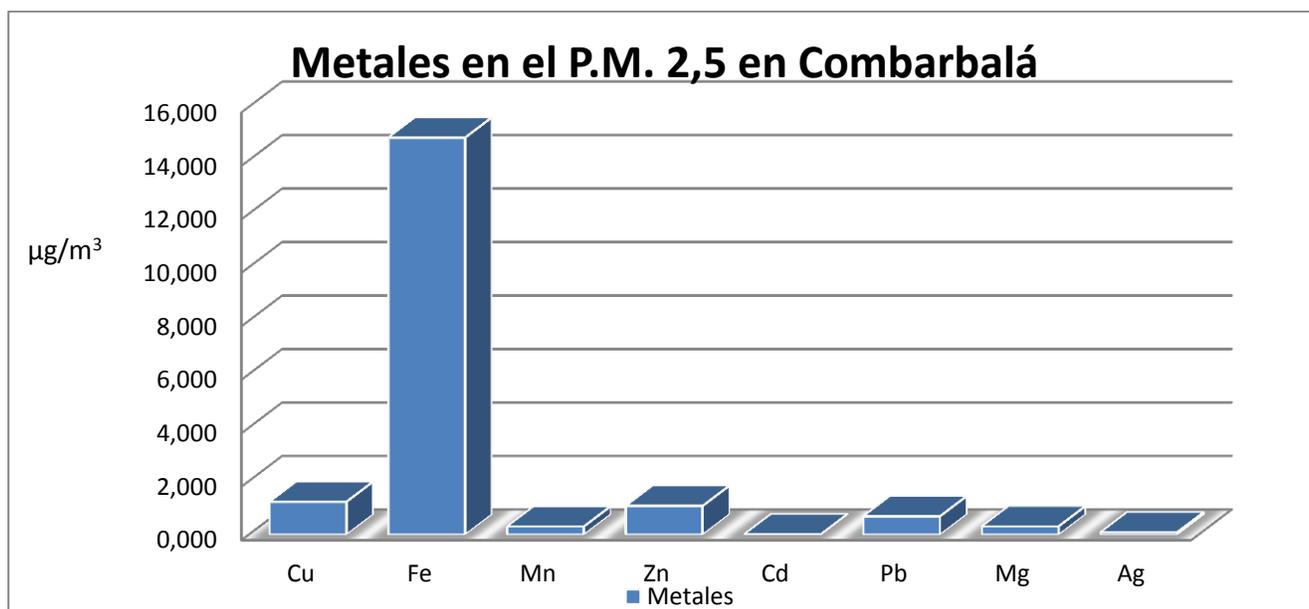


Fig 7: Concentración promedio de los metales encontrados en el P.M. 2,5.

En las Figuras 8, 9 y 10, se presentan las fotos del material particulado en suspensión, que se obtienen del microscopio de barrido, determinando las estructuras y los tamaños de estas.

Al analizar la Tabla 1 y la Figura 6, se puede observar que la concentración promedio de P.M. 2,5 es de 22,50 µg/m³, con un rango de 8,26 y 39,85 µg/m³, es necesario destacar que las concentraciones no superan el valor de 65 µg/m³, que es el límite asignado por la E.P.A. (Agencia de Protección Ambiental).

En los resultados mostrados en la Tabla 1 y la Figura 7, se observa, que el metal que se encuentra en mayor concentración es el hierro con una concentración promedio de 14,85 µg/m³, lo siguen con una concentración menor el cobre con 1,23 µg/m³ y el zinc con 1,07 µg/m³, el que presenta la menor cantidad es la plata con una concentración de 0,09 µg/m³.

Es importante mencionar la presencia del elemento plomo en las muestras de material particulado presente en la atmósfera de esta ciudad, ya que este elemento no se encontró en el material particulado que esta presente en la ciudad de La Serena. El promedio general de plomo es de 0.686 µg/m³, superando en un 27% a lo recomendado por la organización mundial de la salud, que estipula un rango aceptado de 0.500 µg/m³ (WHO, 2010), la presencia de Plomo puede provocar problemas en la salud de la población.

En la Figura 8, se presenta una partícula con varias incrustaciones de colores, estos varían desde el marrón oscuro, pasando por el verde claro y el violeta oscuro, predominando el color ocre y el gris acero. No presenta un cristalizado aparente, más bien se trata de un mineral mate, opaco. Se observa rugosidades en toda su cara visible. No existen hendiduras apreciables y tampoco fracturas. No se observan vetas apreciables.

En la Figura 9, se presentan tres partículas con los colores blanco, blanco grisáceo y gris acero, como un factor común, los otros tonos que destacan son el negro, amarillo opaco, marrón, y en menor concentración el verde y el café. Sobresalen además pequeñas vetas de color café marrón. Estas características son típicas de la roca ornamental, como también los brillos, de los cuales predomina la tonalidad metálico mate.

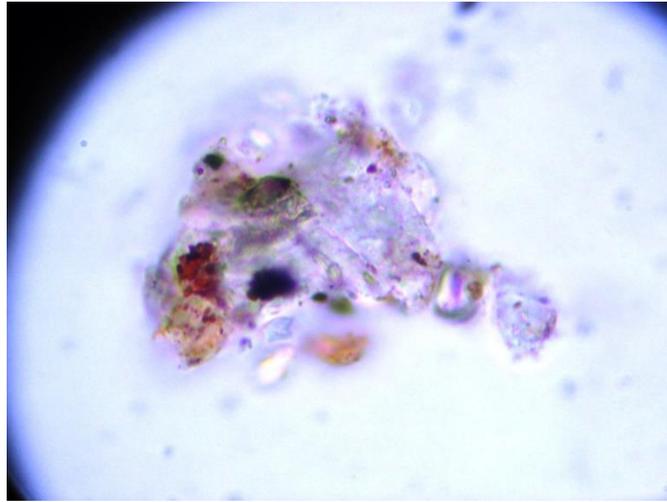


Fig 8: Características del material particulado en suspensión.

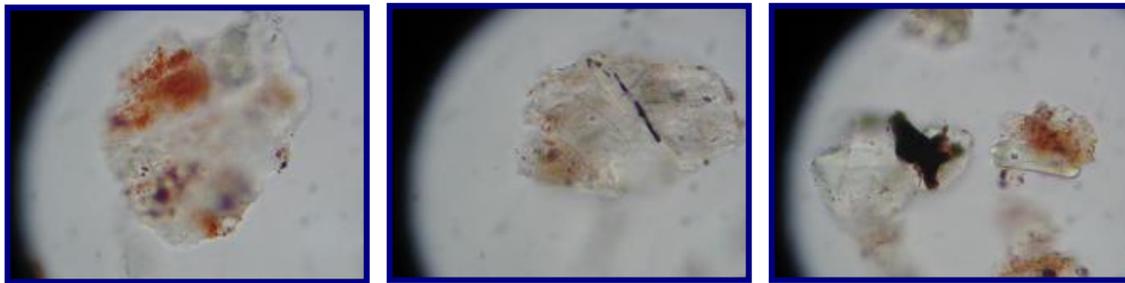


Fig 9: Distintos tipos de partículas con sus respectivas características.

De las sesenta y cuatro fotografías reveladas y de un universo aproximado de 150 especies de partículas, se exhiben en la Figura 10, unas muestras de estas con distintos tamaños.

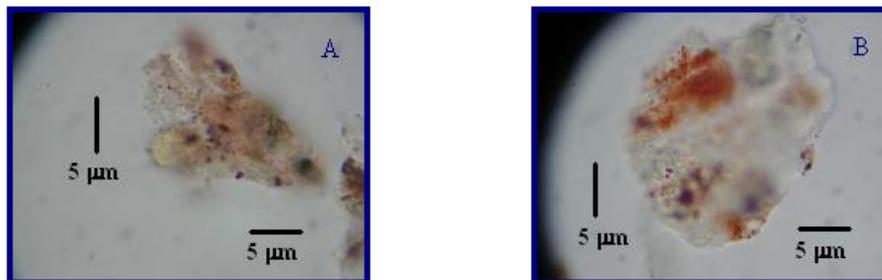


Fig 10: Tamaño de las partículas de material particulado en suspensión.

Los resultados de estos análisis determinaron que las partículas con dimensiones menores a los 4 µm corresponden a un 36,11%, se debe mencionar que este tipo de material particulado es el mas peligroso, pues puede llegar fácilmente a los alvéolos pulmonares y desde ahí desplazarse al torrente sanguíneo provocando problemas a la salud.

En la Figura 11 se presenta la distribución porcentual del tamaño de estas partículas

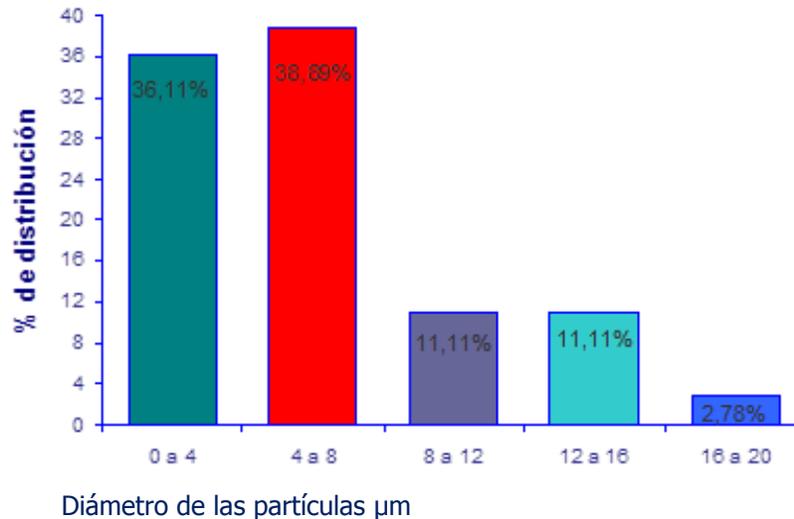


Fig 11: Distribución del tamaño de las partículas presentes en el material particulado en suspensión.

Al examinar la Figura 11, los mayores porcentajes de los tamaños de las partículas se concentran entre los valores de 0 a 4 μm con un 36,11% y de 4 a 8 μm con un 38,89 %, hay que mencionar que entra los dos rangos de tamaño alcanzan el 75 % del total de las partículas.

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos se puede concluir que la concentración de material particulado P.M. 2,5 son bajos y están bajo los valores entregados por la E.P.A. teniendo valores extremos entre los 8,26 a 39,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un promedio de 22,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

El metal que se encuentra en mayor cantidad en el P.M. 2,5 es el hierro, seguido del cobre y el zinc, en menores cantidades.

El plomo también se encuentra presente en el material particulado, con una concentración superior a la recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Su presencia se puede inferir que la ciudad de Combarbalá, se encuentra en un ambiente donde se encuentra naturalmente este elemento metálico.

De acuerdo a los resultados del análisis microscópico, se puede establecer que el material detectado por el equipo Sigma-2 posee dos minerales que conforman en su totalidad a la Combarbalita, como son la Caolinita y la Hematita, y que las diferentes tonalidades entre ellas son el color marrón terroso, que entrega el mineral es debido a elementos o a compuestos incorporados a ellas, este razonamiento es avalado por la alta concentración que evidencia el Hierro el cual es el componente principal de la hematita.

En cuanto al estudio de las dimensiones del material particulado, indica que las "partículas finas" (2,5 micrómetros de diámetro o menos), son las que representan el mayor porcentaje, alrededor de un 36.11% del total y sumando a las partículas con diámetros de hasta 8 μm conforman las tres partes del total, por lo que es preocupante para la salud y el medio ambiente en general, pues estas partículas corresponden al nivel más peligroso para la salud, ya que pueden ingresar a lo más profundo de las vías respiratorias.

REFERENCIAS

1. IGM - Instituto Geográfico Militar (1988). "Geografía de Chile". tomo "Cuarta región de Coquimbo". Primera edición, Chile.
2. INE - Instituto Nacional de Estadística (2002). "XVII Censo de población y VI Censo de vivienda". Resultados Preliminares.
3. IMC - Ilustre Municipalidad de Combarbalá (2013). "Comunicación personal".
4. Rosales, G., Vergara, M., Helle, S. & Kelm, U. (1993). Mineralogía y génesis de la Combarbalita en el norte de Chile. *Revista Geológica de Chile*, 20 (2), 230-235.
5. WHO (2010). "Risk Assessment Toolkit Chemical Hazards". World Health Organization, Ottawa, Canada, pp. 2-3. http://libdoc.who.int/publications/2010/9789241548076_eng.pdf
6. Workman, J., Koch, M. & Veltkamp, J. (2003). Process analytical Chemistry. *Analytical Chemistry*, 75 (12), 2859-2876.
7. Zamarreño, R., Fernández, I., Mejías, J. (2013). Análisis del material particulado 2,5 y sus componentes orgánicos presentes en la ciudad de La Serena, Chile. *Información Tecnológica*, 14 (5), 21-24.
8. Zamarreño, R. & Diaz, C. (2010). Cuantificación de elementos metálicos presentes en el material particulado pm 2.5 en la atmósfera de la ciudad de La Serena, Chile. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 1 (1), 27-33.

