

## Metales Presentes en el Material Particulado $PM_{2.5}$ Recolectado Durante el verano del 2016 en Saltillo, Coahuila. Estudio Preliminar

### Metals Present in the Particulate Matter $PM_{2.5}$ Collected During the Summer of 2016 in Saltillo, Coahuila. Preliminary Study



Mara Sarahi Florencio Martínez, Myriam Guadalupe Cortes Montelongo, Edith Madaí Colunga Urbina, Jose Sandoval Cortes, Iliana Margarita de la Garza Rodríguez\*

Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Química Analítica., Blvd. Venustiano Carranza y Cárdenas Valdez S/N, Col. República Oriente, Saltillo, Coahuila. CP: 25280, Tel: (844)4159534 ext. 112

\*Correspondencia para autor: Dra. Iliana Margarita de la Garza Rodríguez  
Universidad Autónoma de Coahuila  
ilianagarza@uadec.edu.mx

## Resumen

La contaminación del aire por material particulado  $PM_{2.5}$  en los últimos años ha sido de gran importancia debido a los impactos que este tiene sobre la salud del ser humano y el medio ambiente. El material particulado  $PM_{2.5}$  tiene un diámetro aerodinámico igual o menor a  $2.5 \mu m$  con un área superficial principalmente compuesta de carbono, esto permite la adherencia de una mezcla de componentes tóxicos o dañinos. Uno de estos componentes son los metales, los cuales al ser inhalados presentan propiedades tóxicas debido a que son difíciles de degradar, bioacumulándose en los órganos blandos del ser humano. Los metales también se han asociado con las fuentes de emisión que pueden ser de origen natural o antropogénico. En este trabajo preliminar se recolectó material particulado  $PM_{2.5}$  con ayuda de un captador activo (MiniVol) en períodos de 48 horas durante 15 días en el verano del 2016 y se cuantificaron diez metales con ayuda de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Flama. Los resultados muestran que la mayor concentración de material particulado  $PM_{2.5}$  fue de  $35 \mu g/m^3$  el cual se presentó en la membrana M2 y los metales que se encontraron en mayor abundancia en las membranas analizadas fueron el Fe y Na con rangos de concentraciones de  $3.90-0.11 \mu g/m^3$  y  $1.45-0.30 \mu g/m^3$ , respectivamente.

**Palabras clave:** Metales, Material Particulado  $PM_{2.5}$ , MiniVol, EAAF.

## Abstract

The air pollution by particulate matter  $PM_{2.5}$  in the last years has been of great importance due to negative impacts on human health and the environment. The particulate matter  $PM_{2.5}$  has a size less than or equal to  $2.5 \mu m$  with a surface area mainly of carbon, this allows adherence of a mixture of toxic or harmful components. One of these components are metals, that when inhaled, they present toxic properties because they are difficult to degrade, bioaccumulating in human soft organs. The metals have been widely linked to the sources of emission that can be of natural or anthropogenic origin. In this preliminary work particulate matter  $PM_{2.5}$  was collected, with an air sampler active (MiniVol) in periods of 48 hours for 15 days in the summer of 2016, and ten metals were quantified using an Atomic Absorption Spectrophotometer. The results showed that the highest concentration of particulate matter  $PM_{2.5}$  it was of  $35 \mu g/m^3$  presented in the membrane M2 and the metals most abundant in the membranes analyzed were Fe and Na with concentrations ranges  $3.90-0.11 \mu g/m^3$  and  $1.45-0.30 \mu g/m^3$ , respectively.

**Keywords:** Metals, Particulate Matter  $PM_{2.5}$ , MiniVol, AAS.

## Introducción

En los últimos años la contaminación del aire por material particulado  $PM_{2.5}$  ha sido de gran importancia, debido a su tamaño de partícula, ya que al ser inhalado puede penetrar hasta los alveolos permitiendo que llegue hasta al torrente sanguíneo causando principalmente alteraciones sobre el sistema cardiovascular y respiratorio por lo que se ve afectada la salud del ser humano (Fathiab y col., 2020). El material particulado  $PM_{2.5}$  tiene un diámetro aerodinámico igual o menor a  $2.5 \mu m$  es una mezcla de partículas y gases (ácidos, nitratos, sulfatos, compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas del suelo y metales), tiene un área superficial mayor que el material particulado  $PM_{10}$  la cual se compone principalmente de carbón, lo que permite que se le adhieran más fácilmente componentes tóxicos o dañinos (Wu y col., 2019; Niu y col., 2021). Uno de los componentes que se adhieren principalmente a la superficie del material particulado  $PM_{2.5}$  son los metales los cuales provienen principalmente de actividades antropogénicas como los procesos industriales, procesos de extracción y de combustión. La concentración de estos componentes en el material particulado  $PM_{2.5}$  depende principalmente de las condiciones meteorológicas como la temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento ya que de un día a otro o incluso en horas puede variar (Gharaibeh y col., 2010; Fortoul y col., 2015). Aunque los metales presentes en el material particulado  $PM_{2.5}$  representa aproximadamente el 10% de su masa total, éstos se pueden asociar a las fuentes de emisión, por ejemplo; el Al, Ca y Fe pueden ser de origen natural o mineral debido a su alta abundancia en la corteza terrestre, mientras que el Pb, Ni, Zn y Cu son de origen antropogénico ya que son el producto de emisiones de la combustión a altas temperaturas o procesos industriales metalúrgicos (Korzeniewska y col., 2019). Estudios epidemiológicos han demostrado que los metales como el Ni, Cd, Cu, Pb y Mn pueden tener efectos cancerígenos y tóxicos cuando son inhalados en altas concentraciones debido a que tienen la propiedad de bioacumularse en los órganos blandos de los seres vivos (Hábil y col., 2019 y Colman y col., 2018). El Municipio de Saltillo se encuentra ubicado al sureste del Estado de Coahuila, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en el 2016 se contaba con una población total de 849,664 habitantes y con un parque vehicular de 269,681, teniendo una tasa de crecimiento al 2020 del 3.57% y del 23.44% respectivamente (INEGI 2020). Mientras que la Dirección General de Desarrollo Económico indica que en el 2014 se contaba con 13 parques industriales y en el 2017 con 25 los cuales pertenecen a diferentes ramos como; metalmecánico, cerámica, alimentos y farmacéuticos (DGDE 2014; 2017), por lo que al satisfacer las necesidades de la población se ve en aumento la emisión de contaminantes, los cuales deterioran la calidad del aire ambiente que respira la población de Saltillo, Coahuila. El objetivo de este trabajo fue determinar los metales presentes en el material particulado  $PM_{2.5}$ , esto para tener un estudio preliminar de la calidad del aire que respira la población de la ciudad de Saltillo, Coahuila.

## **Materiales y métodos**

### **Punto de muestreo**

El muestreo se llevó a cabo en la Unidad Campo Redondo de la U.A. de C. ubicado en la ciudad de Saltillo, Coahuila entre la latitud 25°25'42'' N y longitud de 100°58'34.6''W.

### **Acondicionamiento de las membranas**

Se utilizaron cinco membranas de teflón con un diámetro de 47 mm, previamente acondicionadas a temperatura y humedad ambiente del laboratorio.

### **Recolección del material particulado**

La recolección del material particulado fue en periodos de 48 horas, durante el verano del 20 de julio al 30 de julio del 2016 utilizando un captador activo de bajo volumen MiniVol con un flujo constante de 5 L/min, este captador se colocó a una altura de 1.5 metros del nivel del suelo.

### **Condiciones meteorológicas**

Las condiciones meteorológicas, temperatura (°C), humedad (%), presión barométrica (hPa), dirección y velocidad del viento (Km/h) fueron recolectadas de la estación meteorológica de la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A. de C.

### **Concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub>**

La concentración del material particulado recolectado se determinó con la diferencia de pesos (membrana antes y después del muestreo), utilizando una microbalanza analítica (Mettler AT261 Delta Range) con resolución de 0.1 a 0.01 mg.

### **Extracción del material particulado de la membrana**

A las membranas se le añadió 4 ml de CH<sub>3</sub>COOH (17.8 M) se llevó a la parrilla de calentamiento hasta sequedad después se añadió 1 ml de NH<sub>3</sub> (14.5 M) nuevamente se llevó hasta sequedad y finalmente se le adiciono 1 ml de HNO<sub>3</sub> (16 M) hasta sequedad, posteriormente se llevó a calcinación a 500°C durante 2 horas, las cenizas se recuperaron con HCl 1:1, por último, se filtraron y aforaron a 25 ml.

### **Análisis de metales por EAAF**

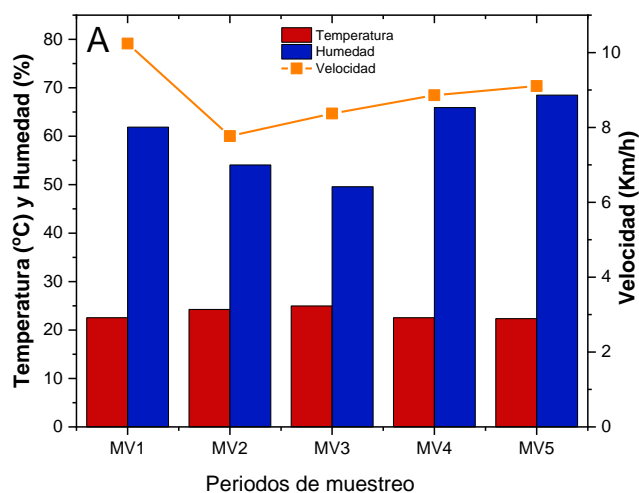
La solución obtenida de la digestión de cada una de las membranas se analizó utilizando un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Flama (EAAF, modelo AA240FS de Varian), para realizar la curva de calibrado de cada uno de los metales se utilizaron estándares certificados de 1000 mg/L., de los cuales se realizaron diluciones previas para obtener cinco estándares de cada metal.

## Resultados y Discusión

Las condiciones meteorológicas se promediaron de acuerdo con el muestreo de 48 horas, en la tabla 1 se observa la dirección del viento y la presión barométrica, mientras que en la figura 1 se presentan los promedios de temperatura, humedad y velocidad del viento que predominaron durante el periodo de muestreo.

**Tabla 1.** Promedio de la dirección del viento y presión barométrica durante el periodo de muestreo.

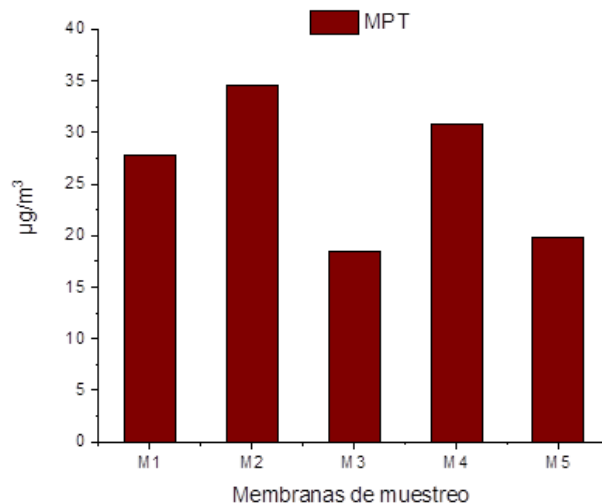
Membranas recolectadas	Periodos de muestreo	Dirección del viento	Presión barométrica (hPa)
<b>M1</b>	<b>MV1</b>	WNW-NNW	1012.67
<b>M2</b>	<b>MV2</b>	SSE-NNW	1008.99
<b>M3</b>	<b>MV3</b>	WSW-NE	1006.39
<b>M4</b>	<b>MV4</b>	WNW-NNW	1007.62
<b>M5</b>	<b>MV5</b>	WNW-NNW	1009.10



**Figura 1.** Condiciones meteorológicas durante el periodo de muestreo.

En la tabla 1 podemos observar que durante el periodo de muestreo la dirección del viento predominante fue del WNW-NNW, mientras que la presión barométrica se mantuvo por debajo de los 1012.67 hPa, en la figura 1 se observa que durante los periodos de muestreo se presentaron temperaturas superiores a los 22°C, velocidades del viento superiores a los 8 km/h y % de Humedad

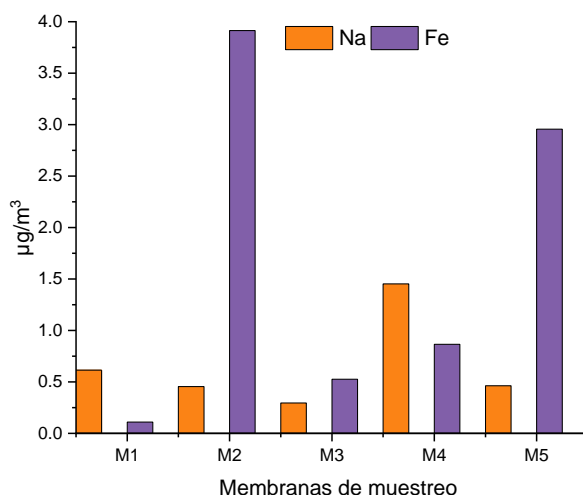
inferiores al 68%, por lo que, estas condiciones son favorables para la dispersión del material particulado PM<sub>2.5</sub> durante el periodo de muestreo.



**Figura 2.** Concentración en µg/m<sup>3</sup> de material particulado PM<sub>2.5</sub> recolectado en las membranas durante 48 horas con un volumen de 5 L/min.

La concentración del material particulado PM<sub>2.5</sub> recolectado durante el periodo de muestreo se presenta en la figura 2 donde se puede observar que a pesar de las condiciones meteorológicas óptimas para la dispersión del material particulado se observaron dos membranas con concentraciones superiores a los 30 µg/m<sup>3</sup> (M2 y M4) y tres membranas con concentraciones inferiores a los 28 µg/m<sup>3</sup> (M1, M3 y M5), a pesar de las concentraciones obtenidas, ninguna sobrepasa el límite permisible para el material particulado PM<sub>2.5</sub> establecido por la NOM-025-SSA1-2014.

De la figura 3 a la 5 se observan las concentraciones de los metales asociados al material particulado PM<sub>2.5</sub> recolectado en cada una de las membranas. Se cuantificaron diez metales (Na, K, Fe, Cu, Ni, Zn, Mn, Pb, Al y Cd) de los cuales Al y Cd se presentaron por debajo del límite de detección. En la figura 3 podemos observar los metales Na y Fe los cuales se detectaron en mayor concentración, encontrando que las membranas M2 y M5 presentaron concentraciones altas de Fe, mientras que en la membrana M4 se observa una mayor concentración de Na. La presencia de Fe y Na se observó durante todo el periodo de muestreo, estos metales se pueden relacionar con la presencia de partículas suspendidas del suelo o procesos industriales dedicados a la fabricación de aceros.

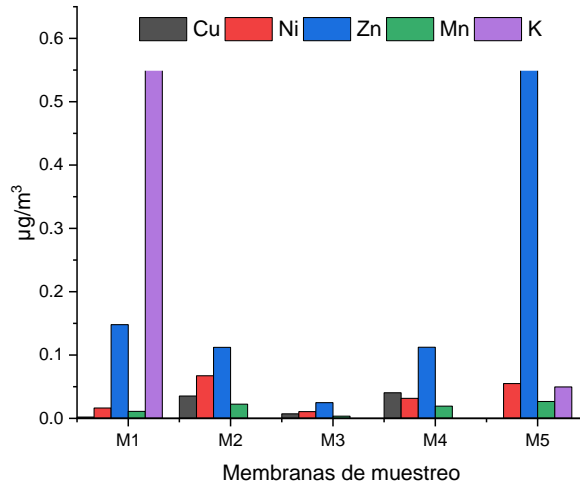


**Figura 3.** Concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de Na y Fe presentes en el material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  recolectado en las membranas.

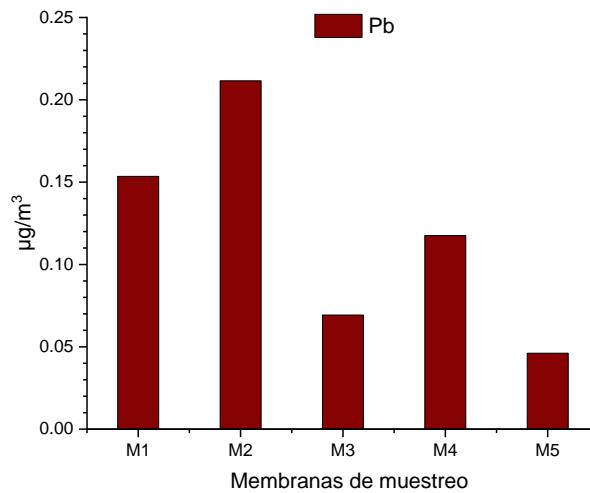
En la figura 4 se muestra la concentración de Cu, Ni, Zn, Mn y K observando que en la membrana M1 se tiene la concentración más alta de K, este metal solo se detectó en dos de las cinco membranas analizadas. Mientras que en la membrana M5 el Zn fue el metal encontrado en mayor concentración, por otro lado, en la membrana M2 se observaron las concentraciones más altas de Cu y Ni, por último, la mayor concentración de Mn se presentó en la membrana M5. El Cu solo se detectó en cuatro de las cinco membranas, mientras que el Zn, Ni y Mn se detectaron en las cinco membranas analizadas.

En la figura 5 podemos observar la concentración detectada de Pb durante el periodo de muestreo, donde la membrana M2 presentó la concentración más alta seguida de la membrana M1, a pesar de tener altas concentraciones de Pb ninguna sobrepasa el límite permisible establecido por la NOM-026-SSA1-1993.

La presencia de K se utiliza como un indicador de quema de biomasa o de la combustión de carbón, el resto de los metales Zn, Cu, Ni, Mn y Pb se encuentran más asociadas a las fuentes antropogénicas ya que se relacionan con procesos metalúrgicos, cerámicos, uso de plaguicidas y funguicidas domésticos, aditivos de gasolina, humo de cigarrillos, procesos de galvanización de metales, así como el desgaste de piezas automotrices (neumáticos y frenos) (Kermani y col., 2018; Gupta y col., 2020, y Briffa y col., 2020).



**Figura 4.** Concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de Cu, Ni, Zn, Mn y K presentes en el material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  recolectado en las membranas.



**Figura 5.** Concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de Pb presentes en el material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  recolectado en las membranas.



## Conclusiones

Con los resultados obtenidos del muestreo en periodos de 48 horas y aun flujo de 5 L/min, podemos concluir que la concentración más alta de material particulado  $PM_{2.5}$  recolectado fue de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la cual se presentó en la membrana M2, por otro lado los metales que se encontraron en mayor abundancia en las membranas analizadas fueron el Fe y Na, seguidos de Zn, K, Pb, Ni y Cu, de acuerdo con las condiciones meteorológicas que se presentaron durante los periodos de muestreo, estos metales se pueden relacionar a las actividades industriales que se realizan al NW de la ciudad ya que los vientos predominantes durante el periodo de muestreo fueron de NNW-WNW. Debido a los metales detectados en el material particulado  $PM_{2.5}$  recolectado, es necesario realizar una campaña de monitoreo durante las diferentes estaciones del año, esto para tener un estudio que nos permita evaluar la calidad del aire que respira la población de la ciudad de Saltillo, Coahuila, ya que la exposición a estos metales y al tamaño de partícula puede causar alteraciones sobre la salud y el medio ambiente.

## Referencias

- Briffa J., Sinagra E. y Blundell R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon* 6: 1-26.
- Colman J., Lucila M., Agustin M., Giuliani D., Gutierrez M., Sanchez E., Enrique J. y Porta A. (2018). Exposure and risk analysis to particulate matter, metals, and polycyclic aromatic hydrocarbon at different workplaces in Argentina. *Environmental Science and Pollution Research* 25:8487–8496.
- DGDE, Dirección General de Desarrollo Económico. (2014). Guía de Parques Industriales de Saltillo y su Zona Metropolitana. Saltillo Coahuila. 144p.
- DGDE, Dirección General de Desarrollo Económico. (2017). Guía de Parques Industriales de Saltillo y su Zona Metropolitana. Saltillo Coahuila. 168p.
- Fathiah N., Firoz Md., Asrina N., Md S., Suradi H., Ab H., Banerjee T., Aynul Md., Othman M. y Talib M. (2020). Characteristics, Emission Sources, and Risk Factors of Heavy Metals in  $PM_{2.5}$  from Southern Malaysia. *Earth Space Chem.* 4: 1309–1323.
- Fortoul T., Rodriguez V., Gonzalez A., Rojas M., Colin L., Bizarro P., Garcia I., Ustarroz M., Lopez S., Cervantes S., Lopez S., Melendez N., Espinosa M., Cano G. y Cano MC. (2015). Health Effects of Metals in Particulate Matter. (Ed. 1), *Current Air Quality Issues*. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/current-air-quality-issues/health-effects-of-metals-in-particulate-matter> Fecha de consulta: 12 de mayo del 2021.

Gharaibeh A., El-Rjoob A. y Harb M. (2010). Determination of selected heavy metals in air samples from the northern part of Jordan. *Environ Monit Assess* 160: 425–429.

Gupta T., Pratap S., Rajput P. y Kumar A. (2020). *Measurement, Analysis and Remediation of Environmental Pollutants. (First Edition)*. India. Ed. Energy, Environment, and Sustainability. 474 Pp.

Habil M., Massey D. y Taneja A. (2019). Mass and Number and Its Chemical Composition Distribution of Particulate Matter in Different Microenvironments. (Ed. 2), *Indoor Environment and Health*. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/indoor-environment-and-health/mass-and-number-and-its-chemical-composition-distribution-of-particulate-matter-in-different-microen> Fecha de consulta: 12 de mayo del 2021.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Banco de Indicadores, Parque Vehicular. [En Línea] Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?t=182&ag=00#divFV6207048973> Fecha de consulta: 12 de mayo del 2021.

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). Banco de Indicadores, Población. [En Línea] Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/#divFV1002000001> Fecha de consulta: 12 de mayo del 2021.

Kemani M., Farzadaki M., Rezaei R. y Bahmani Z. (2018). Fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in a compost facility: heavy metal contaminations and health risk assessment, Tehran, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*. 16: 15715-15725.

Korzeniewska A., Szramowiat K. y Goals J. (2019). An overview of some challenges in the studies in the emission of particulate matter. *Earth and Environmental Science* 214; 1-12.

Niu Y., Wang F., Liu S. y Zhang W. (2021). Source analysis of heavy metal elements of PM<sub>2.5</sub> in canteen in a university in winter. *Atmospheric Environment* 244: 1-12.

Wu L., San Luo X., Li H., Cang L., Yang J., Yang J., Zhao Z. y Tang M. (2019). Seasonal Levels, Sources, and Health Risks of Heavy Metals in Atmospheric PM<sub>2.5</sub> from Four Functional Areas of Nanjing City, Eastern China. *Atmosphere* 419:1-12.