

## Niveles de metales traza en PM10 en un sitio urbano industrial de Mérida, Yucatán

Maricella Sallonara Solano-Moreno <sup>1\*</sup>, Julia Griselda Cerón-Bretón <sup>1</sup>, Rosa María Cerón-Bretón <sup>1</sup>, Alberto Antonio Espinosa-Guzmán <sup>2</sup>, Juan Carlos Robles-Heredia <sup>1</sup>, Yunuén Canedo-López <sup>1</sup>, Reyna del Carmen Lara-Severino <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Química, Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

<sup>2</sup> Instituto de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Campeche, México.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

\* Autor de correspondencia: [041139@mail.unacar.mx](mailto:041139@mail.unacar.mx)

**Contaminación de agua, suelo y aire (Monitoreo de contaminantes). Ponencia Presencial.**

Recibido: 22 de agosto de 2023 Aceptado: 5 de octubre de 2023 Publicado: 23 de noviembre de 2023

**Palabras clave:** Calidad del aire; metales pesados; partículas inhalables; contaminación atmosférica; factor de enriquecimiento; emisiones.

**Introducción.** En los últimos años, las partículas finas (PM10 y PM2,5) han atraído la atención debido a los efectos adversos que generan en la salud humana, se asocian con el aumento de los problemas respiratorios en zonas urbanas altamente contaminadas y se relacionan a mayores tasas de morbilidad y mortalidad (Manisalidis y col., 2020). Los metales son componentes clave tanto de las partículas gruesas como las finas. Sin embargo, la concentración de metales puede variar significativamente, incluso para niveles de contaminación similares, lo que indica el fuerte efecto de las fuentes locales (Seinfeld y col., 2016). Varios metales pesados, como Pb, Co, Cd, Cu y Cr, han sido identificados como potencialmente cancerígenos (WHO, 2023). En este estudio se determinó el contenido de metales pesados en partículas atmosféricas de un sitio urbano de la ciudad de Mérida, Yucatán.

**Materiales y Métodos.** Se realizaron muestreos por dos temporadas, en nortes (enero-febrero 2023) y secas (abril 2023). Las muestras fueron tomadas con equipo de bajo volumen minivol (5 L/min) utilizando filtros de cuarzo de 47 mm de diámetro. El muestreo tuvo una duración de 24 horas, recolectando una muestra diaria durante 25 días, en un sitio ubicado en Tixcacal Opichén, Mérida, Yucatán. A los filtros se les determinó concentración gravimétrica mediante una micro-balanza sartorius LA1305-F y 7 metales (Cd, Co, Cu, Fe, Mg, Mn y Zn) mediante espectrofotometría de absorción atómica. Las muestras fueron debidamente digeridas en base a la metodología de Machado et al. 2007. Estas soluciones se colocaron en matraces y se aforaron a 50 ml utilizando agua desionizada. Para cada metal, a partir de cada solución madre, se prepararon curvas de calibración en un rango de concentración de 0.0035 mg/L a 2 mg/L. Se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica, Thermo Scientific™ ICE 3000™ Series AAS. En todas las mediciones se utilizó una lámpara de deuterio como corrector de fondo (Herrera y col., 2012).

**Resultados y Discusión.** En la Figura 1 (a) se muestra la estadística paramétrica de las concentraciones de los metales traza medidos en PM10 en el sitio de estudio, en donde la línea central es la mediana, los extremos de la caja son el primer y tercer cuartiles, la cruz roja es la media y los valores máximos y mínimos están representados por los puntos azules. La abundancia relativa de metales traza en el sitio de estudio fue la siguiente: Mg (1.075  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > Co (0.7703  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > Fe (0.5446  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > Zn (0.5344  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > Cu (0.3069  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > Mn (0.2588  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) > Cd (0.1018  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La prueba de Friedman ( $p < 0.05$ ) mostró que hubo diferencias significativas entre las concentraciones de los metales traza, indicando que éstos probablemente tuvieron su origen en fuentes distintas. Las concentraciones promedio de Cd y Mn excedieron en 20 veces y 1.7 veces, los límites máximos permisibles establecidos por la Unión Europea y la OMS, respectivamente. De la Figura 2 se puede observar que la concentración gravimétrica de PM10 (91.1043  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) no excedió el valor promedio establecido en la NOM-025-SSA1-2021 (70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) durante el periodo de estudio.

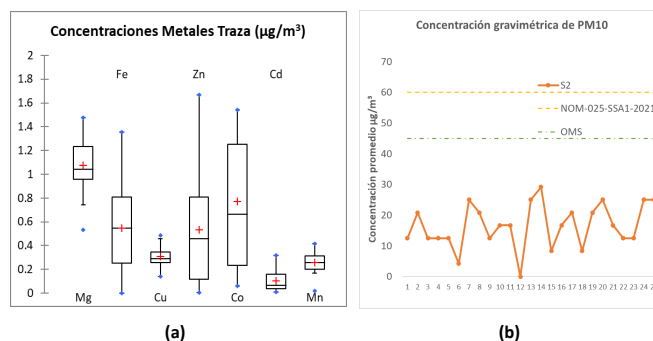


Figura 1. (a) Estadística paramétrica de las concentraciones de metales traza en PM10. (b) Concentraciones gravimétricas de PM10 y su comparación con la NOM-025-SSA1-2021 y valor recomendado por OMS.

Tabla 1. Factores de enriquecimiento de los metales traza en PM10.

< 10 mg/kg, sugiere que tiene origen en la corteza terrestre		100-1000 mg/kg o mayores, puede considerarse altamente enriquecido por fuentes antropogénicas.	
Metal	FE	Metal	FE
Fe	1	Cd	104673.315
Mg	4.011	Co	4120.214
Mn	2.395	Cu	1014.375
		Zn	738.076

Fe, Mg y Mn tuvieron su origen en la corteza, mientras que Cd, Co, Cu y Zn se vieron altamente enriquecidos por fuentes antropogénicas (Tabla 1).

Las concentraciones más altas fueron para Magnesio y Cobalto. De acuerdo a la Tabla 1 el magnesio pudo tener su origen en la corteza mientras que los niveles de cobalto estuvieron influenciados por fuentes antropogénicas, tal como la industria de recubrimientos y pinturas. El sitio de estudio se ubica en una zona industrial, por lo que las fuentes ubicadas en esta zona pudo contribuir a los niveles de PM10 y metales traza asociados.

**Conclusiones.** El modelo propuesto muestra resultados satisfactorios a la hora de hacer estimaciones de concentración, además que cumple con las condiciones de validación, pero las predicciones del modelo pueden llegar a mejorarse al incorporar algún nuevo parámetro que esté relacionado con los valores atípicos que se

#### Bibliografía.

- Herrera J., Rodríguez S. (2012). Validación de un método de análisis para la determinación de metales pesados en partículas PM10 colectadas en aire ambiente. *Tecnol. en Marcha*, 23(3), 33-46. [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/71](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/71)
- Machado A., Velázquez H., García N., García C., Acosta L., Córdova A., Linares M. (2007). Metales en PM10 y su dispersión en una zona de alto tráfico vehicular. *Interciencia*, 32. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932504>
- Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in Public Health*, 8, 14. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>
- Seinfeld J., Pandis S. (2016). *Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change*. 3er Ed. John Wiley & sons Inc., New York, USA.
- World Health Organization (WHO) (2023). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen oxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Accessed January. 12. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>