

ENEMIGOS INVISIBLES: LOS METALES PESADOS EN EL POLVO DE LAS CALLES Y SUS RIESGOS A LA SALUD HUMANA

INVISIBLE ENEMIES: HEAVY METALS IN STREET DUST AND THEIR RISKS TO HUMAN HEALTH

1Miguel Santoyo Martínez*
 1María Guadalupe Tenorio Arvide
 2 Luis Ignacio Juárez Ruanova
 Autor de correspondencia *migu-
 el.santoyom@correo.buap.mx
 tenorio.arvide@correo.buap.mx
 luis.juarezru@alumno.buap.mx

ISSN 2448-5829

Año 10, No. 28, 2024, pp. 236-242

RD-ICUAP

<https://orcid.org/0000-0002-8546-962X>
<https://orcid.org/0000-0001-6125-4782>
<https://orcid.org/0000-0003-2616-5180>

Año 10 No. 28

Recibido: 31/mayo/2023

Aprobado: 30/diciembre/2023

Publicado: 5/enero/2024

1Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. 14 sur 6301, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Pue. México.
 2Estudiante de Doctorado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. 14 sur 6301, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Pue. México.

Echelle de 5 Pousces

Resumen

Los metales pesados presentes en el polvo de la calle son una fuente de contaminación ambiental en las ciudades, su incremento es una consecuencia de la urbanización y es motivo de gran preocupación debido a que genera serios problemas a la salud humana. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, a nivel mundial mueren 7 millones de personas al año derivado de enfermedades relacionadas con este tipo de contaminación, debido a su liberación principalmente por procesos industriales y flujo vehicular. Estos elementos, al ser liberados al ambiente, se adhieren a partículas de polvo presentes en las calles de las ciudades, estas partículas tienen diferentes tamaños, esto hace que puedan ingresar a las personas principalmente por dos vías: 1) ingesta e 2) inhalación, generando un elevado riesgo a la salud, principalmente por el tipo de elemento y tiempo de exposición, desencadenando diferentes tipos de enfermedades como por ejemplo, problemas cardiovasculares, hipertensión, daño en pulmones hasta desarrollar problemas severos como el cáncer. Conocer el contenido de metales pesados en las ciudades es de gran relevancia, ya que cada ciudad presenta diferentes actividades que emiten estos elementos, por ejemplo, la ciudad de México presenta altas concentraciones de Cromo, por su parte la ciudad de Gómez Palacio en Durango contiene elevadas concentraciones de manganeso, mientras que la ciudad de Puebla presenta altas concentraciones de antimonio, estos elementos antes mencionados tienen diferentes efectos a la salud humana, por lo que su exposición incrementa el riesgo de contraer enfermedades relacionadas con estos elementos.

Palabras clave: metales pesados, Contaminación, Polvo, vías de exposición, tamaño de partícula, riesgo a la salud.

Abstract

Heavy metals present in street dust are a source of environmental pollution in cities, their increase is a consequence of urbanization and is a cause of great concern because it generates serious problems for human health. According to the World Health Organization, 7 million people die worldwide each year from diseases related to this type of pollution, due to its release mainly by industrial processes and vehicular flow. These elements, when released into the environment, adhere to dust particles present on city streets. These particles have different sizes, this means that they can enter people mainly through two routes: 1) ingestion and 2) inhalation, generating a high risk to health, mainly due to the type of element and time of exposure, triggering different types of diseases such as cardiovascular issues, hypertension, lung damage, until developing severe problems such as cancer. Knowing the content of heavy metals in cities is of great relevance, since each city has different activities that emit these elements. For example, Mexico City has high concentrations of Chromium, while the city of Gómez Palacio in Durango contains high concentrations of manganese, while the city of Puebla has high concentrations of antimony. These aforementioned elements have different effects on human health, so their exposure increases the risk of contracting diseases related to these elements.

Keywords: heavy metals; Pollution; dust; exposure routes; different size particles; health risk

Introducción

El polvo está compuesto por partículas finas y gruesas que tienen un tamaño menor a 500 micrómetros, estas partículas son una mezcla de suelo natural, suelos provenientes de otros lugares por acción del viento y de actividades humanas en zonas urbanas (Hassanein et al., 2019). Uno de los problemas en las áreas urbanas es la liberación de sustancias nocivas al ambiente producto de las actividades como el tráfico vehicular y actividades industriales, como la minería, plantas de tratamiento, construcción, entre otras (Gupta 2020). En la actualidad las áreas urbanas están habitadas por el 55% de la población mundial, y se estima que para el 2050 esta cifra se incremente a un 68%, por lo que la emisión de contaminantes aumentaría. Por ejemplo, la ciudad de Puebla es una de las diez ciudades urbanizadas en el centro de México y la quinta ciudad más poblada, presenta serios problemas de contaminación (Figura 1) (Hassanein et al., 2019).

Entre las sustancias tóxicas liberadas al ambiente está la emisión de metales pesados, los cuales representan un alto riesgo a la población, ya que algunos de estos en pequeñas cantidades resultan ser altamente tóxicos, como por ejemplo el plomo (Pb), cromo (Cr) y Cadmio (Cd) (Tchounwou et al., 2012).



Figura 1. Imágenes de una célula vegetal. A) Imagen representativa de la célula eucariota vegetal (McLaughlin, 2021). B) Micrografía electrónica de una célula vegetal joven, en donde se pueden observar los diferentes organelos (Clayton, 2010).

¿De dónde vienen los metales pesados?

A pesar de que los metales pesados son elementos naturales que se encuentran en la corteza terrestre, estos últimos se encuentran en bajas concentraciones, y su incremento se debe a actividades humanas, principalmente debido al crecimiento urbanizado en las ciudades.

Si bien, las fuentes de liberación de metales pesados son principalmente por diversas actividades presentes en las ciudades como: minera, lodos de aguas negras, quema de combustibles fósiles, el uso de fertilizantes, plaguicidas, incineradores de residuos, desgaste del asfalto y piezas automotrices, entre otros. Por otro lado, también pueden ser liberados estos elementos por fuentes naturales como la erosión del suelo, incendios forestales y emisiones volcánicas, sin embargo, estas fuentes suelen ser menos frecuentes (figura 2).

Los metales pesados, al ser liberados al ambiente en forma de gases, humos, aerosoles, partículas sólidas, se adhieren a partículas del suelo que tiene un tamaño menor a 10 micrómetros, como las PM₁₀, PM_{2.5} y PM_{0.1}, lo que facilita su ingreso a las personas principalmente por inhalación e ingesta generando afectaciones a la salud de

la población, esto dependerá principalmente de dos factores: 1) el tiempo de exposición a diferentes metales pesados y 2) al metabolismo que tiene cada persona (figura 2).

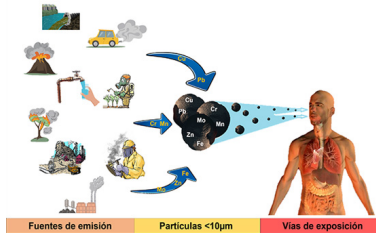


Figura 2. Fuentes de emisión de metales pesados y su ingreso a las personas. Elaboración propia.

¿Cuáles son sus consecuencias a la salud?

Los metales pesados adheridos a partículas en el polvo de las ciudades facilitan su ingreso al cuerpo humano, principalmente la ingesta e inhalación (Ferreira-Baptista et al., 2005). Mediante la ingesta, el polvo llega al tracto gastrointestinal, donde los metales pesados se disuelven parcialmente y son transportados por el sistema circulatorio, donde finalmente se acumulan en los tejidos y órganos del cuerpo humano, mientras que por la inhalación pueden llegar a pulmones y pasar al sistema circulatorio, llegando a diversos órganos (Figura 3).

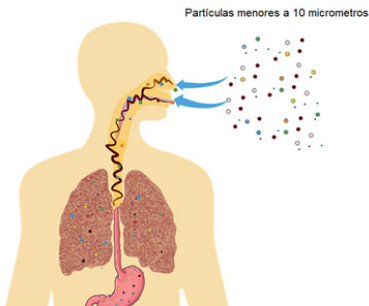


Figura 3. Ingreso de metales pesados adheridos al polvo por vía de inhalación e ingestión, transportándose a pulmones y estómago. Elaboración propia.

Elevadas concentraciones y una exposición prolongada a metales pesados tiene efectos perjudiciales en la salud de la población, sin embargo, esto dependerá de diversos factores, que de acuerdo a Jan et al., 2015, son: a) el tipo de elemento, ya que existen elementos que en bajas concentraciones suelen ser altamente tóxicos, como el mercurio (Hg), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), b) la ruta metabólica, c) la susceptibilidad presente en cada persona y d) la forma molecular del elemento, como el Cromo (Cr) que en su forma molecular Cr (III) no es tóxico, mientras que la forma molecular del Cr (VI) es altamente tóxico.

Existen elementos esenciales para el funcionamiento metabólico en los seres humanos, sin embargo, en concentraciones elevadas estos elementos pueden ser tóxicos, como el Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y el Hierro (Fe), sus efectos en la salud van desde náuseas, vómitos, irritación de nariz y garganta, hasta daño más severos donde se ven sus efectos en diversos órganos y sistemas como el cardiovascular, hepático, digestivo, y en casos más graves pueden provocar daño neurológico y tener efecto carcinogénico (Figura 3) (Son et al., 2018).

Por otro lado, hay elementos no esenciales como el Cd, Cr, Hg y Pb, que pueden ser letales en bajas concentraciones, ya que tienen la capacidad de bioacumularse en los tejidos de los organismos, pueden depositarse en el sistema circulatorio e interrumpir el funcionamiento normal de órganos internos, además de que contribuyen en el desarrollo temprano de enfermedades cardiovasculares, respiratorias, tienen la capacidad de causar daño al ADN, por lo que tiene efectos mutagénicos, teratogénicos y cancerígenos (Figura 4) (Rahman et al., 2019).

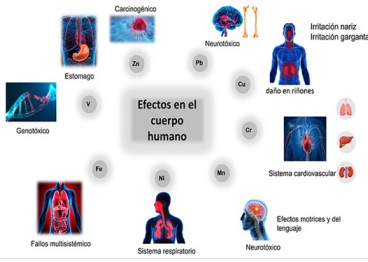


Figura 4. Efectos de la exposición de metales pesados a la salud en la población humana. Elaboración propia.

Población con alto riesgo.

Científicos en diversas partes del mundo han demostrado que la contaminación en el polvo de las calles es alarmante, excediendo valores internacionales establecidos para suelos, siendo de mayor a menor peligrosidad los siguientes: el Ni, Mn, Cu, Zn y en alto riesgo Cd, Hg, Cr, Pb, lo que contribuye a una mayor probabilidad de contraer algún tipo afectación en algún órgano o hasta llegar a desarrollar algún tipo de cáncer en adultos y niños, estos últimos presenta un elevado riesgo, ya que tiene una mayor interacción con el suelo y polvo urbano o de la calle, presente en superficies, llevándose objetos y manos impregnadas de polvo a la boca facilitando la ingesta (Figura 5) (Bolan et al., 2022).



Figura 5. Población infantil vulnerable a ingesta e inhalación de metales pesados presentes en el polvo urbano o de la calle. Fuente. <https://www.istockphoto.com/es/vector/ni%C3%B1os-jugando-en-el-parque-gm1186567053-334832827>.

Estudios han evidenciado que los niños que están expuestos a plomo (Pb) por largos periodos de tiempo generan déficit de atención que se ve reflejada en el rendimiento escolar (Téllez-Rojo et al., 2017), las escuelas de nivel básico representan un riesgo a la exposición de este tipo de contaminantes porque la mayoría se sitúa cerca de las grandes avenidas; por ejemplo, Puebla que es una de las ciudades más pobladas del país y presenta problemas de contaminación, cuenta con un gran número de escuelas en su zona urbana, se ha evidenciado la presencia de niveles de contaminación principalmente considerable por metales pesados, representando un riesgo latente a la salud infantil en las escuelas (figura 6).

Por otro lado, el manganeso (Mn) a pesar de ser un elemento esencial para las funciones metabólicas del ser humano, encontrándose en altas concentraciones en el polvo urbano o de las calles, si su exposición es crónica, es decir, continua por largos período de tiempo (como permanecer en los centros educativos) desencadena diversas afectaciones, una de ellas la enfermedad llamada manganismo, esta es una enfermedad neurodegenerativa, esto quiere decir que afecta el sistema nervioso central, provocando afectos en el lenguaje y motrices muy parecidos a la enfermedad de Parkinson (Jadoon et al., 2018).

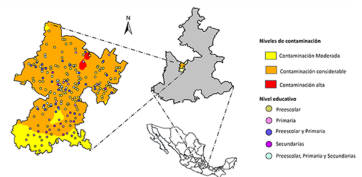


Figura 6. Distribución espacial de la contaminación de metales pesados y escuelas de nivel básico en la zona urbana de Puebla. Elaboración propia.

Conclusión.

La contaminación del aire, agua y suelos sigue siendo ampliamente estudiada, existiendo normas ambientales que las regulan, pero no así para el polvo de las calles, ya que no existen normas oficiales que regulen la presencia de contaminantes como los metales pesados en el polvo de las calles, a pesar de que este contiene partículas menores a 10 micrómetros, que son fácilmente inhalables y de alto riesgo para la salud humana porque albergan elementos como Pb, Cu y Zn. Por lo que es importante realizar estudios donde se evalúe la presencia y nivel de concentración de estos elementos tóxicos en las ciudades, ya que estos están en contacto directo con la población y pueden generar efectos en la salud de la población. Promover normas ambientales que regulen una concentración máxima permitida de metales pesados en el polvo de las calles en las ciudades, o bien promover la limpieza continua de las calles y avenidas, como sucede en otros países.

Conflicto de intereses.

Los autores de este manuscrito declaran no tener conflicto de interés alguno durante el desarrollo del escrito.

Declaración de privacidad

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Agradecimientos.

Se agradece al CONACYT por el apoyo de una beca otorgada al estudiante de doctorado Juárez-Ruanova y estancia postdoctoral Santoyo-Martínez. Y al Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Referencias

- Bolan, N., Kumar, M., Singh, E., Kumar, A., Singh, L., Kumar, S., & Siddique, K. H. (2022). Antimony contamination and its risk management in complex environmental settings: a review. *Environment International*, 158, 106908. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106908>
- Ferreira-Baptista, L., & De Miguel, E. (2005). Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: a tropical urban environment. *Atmospheric Environment*, 39(25), 4501-4512. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.03.026>
- Gupta, V. (2020). Vehicle-generated heavy metal pollution in an urban environment and its distribution into various environmental components. In *Environmental Concerns and Sustainable Development* (pp. 113-127). Springer, Singapore.
- Hassanein, H., Zorba, N., Han, S., Kanhere, S. S., & Shukair, M. (2019). Crowd management. *IEEE Communications Magazine*, 57(4), 18-19. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2019.8703458>
- Jan, A.T., Azam, M., Siddiqui, K., Ali, A., Choi, I., Haq, Q.M.R. (2015). Heavy metals and human health: Mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *Int. J. Mol. Sci.* 2015, 16, 29592–29630. <https://doi.org/10.3390/ijms161226183>
- Jadoon, W. A., Khpalwak, W., Chidya, R. C. G., Abdel-Dayem, S. M. M. A., Takeda, K., Makhdoom, M. A., & Sakugawa, H. (2018). Evaluation of levels, sources and health hazards of road-dust associated toxic metals in Jalalabad and Kabul cities, Afghanistan. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 74(1), 32-45. <https://doi.org/10.1007/s00244-017-0475-9>
- Rahman, M. S., Khan, M. D. H., Jolly, Y. N., Kabir, J., Akter, S., & Salam, A. (2019). Assessing risk to human health for heavy metal contamination through street dust in the Southeast Asian Megacity: Dhaka, Bangladesh. *Science of the total environment*, 660, 1610-1622.
- Son, Y., Osornio-Vargas, Á. R., O'Neill, M. S., Hystad, P., Texcalac-Sangrador, J. L., Ohman-Strickland, P., ... & Schwander, S. (2018). Land use regression models to assess air pollution exposure in Mexico City using finer spatial and temporal input parameters. *Science of the Total Environment*, 639, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.144>
- Téllez-Rojo, M. M., Bautista-Arredondo, L. F., Richardson, V., Estrada-Sánchez, D., Ávila-Jiménez, L., Ríos, C., ... & Hernández-Ávila, M. (2017). Intoxicación por plomo y nivel de marginación en recién nacidos de Morelos, México. *salud pública de méxico*, 59, 218-226.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Molecular, clinical and environmental toxicology*, 133-164.