

Mayra Ramírez Cota, Ofelia Escobar Sánchez y Miguel Betancourt Lozano

Metales pesados: antagonistas de la salud en México

Los metales pesados son elementos persistentes, imperceptibles y potencialmente tóxicos para el ser humano, aun en concentraciones pequeñas. Se deben dar a conocer las características y efectos de estos contaminantes para combatir la desinformación y regular su presencia en el ambiente. Muchas veces sin saberlo la población está expuesta, sobre todo al consumir productos cotidianos, como el agua potable.

Introducción

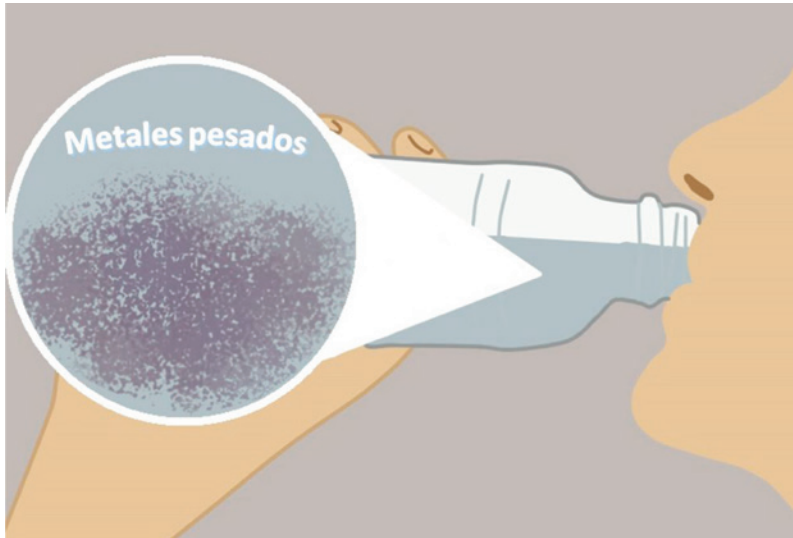
La contaminación por metales pesados no se refiere a la basura metálica convencional, sino a metales diminutos, desmenuzados, dispersos en el ambiente como producto de las actividades humanas, erupciones volcánicas y otras fuentes. Para que un metal pueda considerarse como “pesado” debe tener una densidad mayor de 5 g/cm^3 (Jaishankar y cols., 2014). Varios elementos representados entre los periodos 4 y 6 de la tabla periódica pueden entrar en esta clasificación, incluidos algunos semimetales. El mercurio, el arsénico, el cadmio, el cromo y el plomo son considerados los de mayor relevancia por sus efectos dañinos para la salud humana, debido a que provocan presión arterial alta, daño fetal, afectaciones renales, trastornos cerebrales y cáncer (Jaishankar y cols., 2014; Chávez-Gómez y cols., 2016).

Origen de los metales pesados

Los metales pesados proceden de la corteza terrestre. Su dispersión en el ambiente puede depender de una fuente natural o antropogénica que modifique su composición y los libere convertidos en contaminantes. Las erupciones volcánicas y la erosión por aguas termales son las fuentes de dispersión natural predominantes.

En cambio, las actividades antropogénicas que más contribuyen a la dispersión de metales pesados son la agricultura (por el uso de fertilizantes e insecticidas), la ganadería y la minería. También se pueden mencionar las industrias metalúrgica,





química, electrónica y farmacéutica; de igual manera, estos contaminantes pueden esparcirse al descargar aguas residuales, quemar combustibles, fumar (Jaishankar y cols., 2014) y por la práctica de oficios culturales como la creación de objetos con la técnica de barro vidriado (Chávez-Gómez y cols., 2016). En general, son tantas las actividades contaminantes, que actualmente muchos tintes, pinturas, muebles de madera, papeles, jabones, maquillajes y medicamentos contienen algún metal pesado (Jaishankar y cols., 2014). Lo anterior hace resaltar la importancia de hacer conciencia en torno a los daños relacionados con la contaminación por metales pesados, así como aplicar medidas para mantener un ambiente saludable y una mejor calidad de vida.

■ **Vías de exposición y principales efectos**

■ La vía de exposición a metales pesados más peligrosa es la inhalatoria, cuyos efectos son rápidos, notorios y agresivos, como la inflamación de órganos (Chávez-Gómez y cols., 2016). Por el contrario, la vía dérmica suele ser de bajo riesgo, pues no todos los metales pueden absorberse por la piel (Reyes y cols., 2016; Gamboa-Loira y cols., 2020). Sin embargo, la exposición oral es la más frecuente, porque muchas plantas y organismos pequeños absorben metales pesados que después son consumidos por otros más grandes. De esta manera, hay especies depredadoras como el marlín y el atún que acumulan altas con-

centraciones de mercurio orgánico (metilmercurio) en sus músculos, lo cual implica a la postre un riesgo para el consumo humano. Asimismo, estos contaminantes se encuentran en ríos, pozos y lagos de donde se obtiene agua potable, por lo que muchas personas han estado expuestas por el simple hecho de beber agua o bañarse. Por esta razón, además de vigilar el contenido de metales pesados en los alimentos, es necesario monitorear su presencia en las diversas fuentes de agua.

Una vez que los metales entran al cuerpo humano, se unen a proteínas presentes en la sangre y se distribuyen hacia diversos órganos, sobre todo al intestino delgado, hígado, riñón, encéfalo y huesos. Después, una parte se almacena en los órganos y el resto se excreta por la orina y las heces. La filtración renal variará si los metales están unidos a otros elementos al momento de ser ingeridos y por la afinidad que tengan hacia las células de los riñones (Chávez-Gómez y cols., 2016).

■ **Efectos de los metales pesados en la salud humana**

■ En particular, la toxicidad del mercurio puede agravarse cuando se une con otros elementos y forma compuestos orgánicos que se adhieren a diversos órganos, por lo que permanece más tiempo en el cuerpo y tiene efectos cancerígenos (Jaishankar y cols., 2014). Si el mercurio se presenta como sales inorgánicas es más soluble y provoca daño renal (Chávez-Gómez y cols., 2016). En cuadros severos de exposición, este metal tiene la capacidad de inducir daños neuronales, mala coordinación, espasmos, coma, malformaciones en el sistema nervioso de los fetos y el rompimiento de las membranas celulares; este último efecto inhibe que las células aprovechen la glucosa, lo que provoca fallas en la respiración celular y un desequilibrio en el metabolismo (Jaishankar y cols., 2014).

Por otro lado, el cadmio mantiene propiedades tóxicas similares entre todas sus especies químicas, pero esto no lo hace menos peligroso. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América estableció que los niños no deben usar ni beber agua con más de 0.00004 g de cadmio por litro, pues

a los 11 días de exposición presentarán reacciones adversas. Su deposición final suele ser los riñones, donde se acumula hasta por 30 años, lo cual incrementa el riesgo de daño renal (Reyes y cols., 2016). Se ha reportado que incluso una cantidad mínima de este metal en la sangre (0.41 µg por litro) puede provocar insuficiencia renal en adultos (Chávez-Gómez y cols., 2016). En el caso de una intoxicación aguda, el cadmio se relaciona con daño en el hígado, formación de piedras renales, deficiencia de hierro, acumulación de agua en los pulmones (edema pulmonar), impedimento de la absorción de calcio, debilidad en los huesos, alteración del ADN y malformaciones en fetos (Jaishankar y cols., 2014).

El arsénico es más peligroso cuando se encuentra en forma trivalente (con valencia química +3); los primeros síntomas que provoca son irritación de la piel, lesiones hepáticas y alteraciones nerviosas (Jaishankar y cols., 2014). Es más probable que cause una intoxicación severa cuando se encuentra disuelto en agua potable, debido a que presenta una absorción mayor de 80% (Chávez-Gómez y cols., 2016). Sus efectos crónicos son la inducción de diabetes (Currier y cols., 2014), presión alta, obstrucción de venas y arterias, daño neuronal, anemia, enfermedades cardiovasculares (Jaishankar y cols., 2014) y alteración del ADN (Rosales-Castillo y cols., 2003); también puede provocar cáncer de pulmón, vejiga, piel, hígado, riñón, próstata y mama (Maldonado-Escalante y cols., 2018; Gamboa-Loira y cols., 2020).

Las formas más comunes del cromo son la trivalente y la hexavalente. Esta última es extremadamente tóxica para los humanos, debido a que puede ingresar en las células con facilidad, dañar el ADN y provocar cáncer, en especial si se encuentra como cromato de calcio, cromato de plomo y cromato de zinc. Por otra parte, el cromo trivalente es un micronutriente esencial para el aprovechamiento de la glucosa, azúcar necesaria para el metabolismo; sin embargo, ingerirlo en cantidades altas puede mermar la salud. Asimismo, la exposición continua a cromo puede causar úlceras, tanto internas como externas, y afectar la producción de sangre (Jaishankar y cols., 2014).

Los efectos por la absorción oral de plomo dependen de la edad y el estado nutricional de la persona

afectada; por lo general, el daño es mayor en niños (50%) que en adultos (10-20%) y puede aumentar en personas que presentan deficiencia de hierro (Chávez-Gómez y cols., 2016). Casi 95% del plomo se almacena en los huesos (Jaishankar y cols., 2014) y afecta a la médula ósea roja, involucrada en la producción de sangre (Chávez-Gómez y cols., 2016). Los efectos agudos por exposición a plomo son: anemia, daño renal, parálisis de extremidades, malformación y muerte fetal, psicosis, autismo, alergias, dislexia, pérdida de peso, hiperactividad y trastornos cerebrales. También se demostró que el coeficiente intelectual de los niños desciende más de cinco puntos cuando su sangre presenta 10 µg de plomo por decilitro, y hasta 10 puntos cuando la concentración es de 40 µg por decilitro de sangre (Jaishankar y cols., 2014).

Registros de enfermedades asociadas a la exposición de metales pesados en el agua

La exposición a metales pesados en el agua ha provocado problemas de salud desde el siglo xx, sobre todo por la presencia de arsénico (Rosales-Castillo y cols., 2003). En México se han reportado altas concentraciones de este metaloide en al menos 36 acuíferos. Gamboa-Loira y cols. (2020) estiman que entre 400 000 y 2 000 000 de habitantes están expuestos a agua potable con concentraciones de arsénico superiores a la establecida por la NOM-127-SSA1-1994 (≥ 25 µg por litro); destaca que 60% de las mujeres en Nuevo León, Sonora, Coahuila y Chihuahua están expuestas a concentraciones de arsénico mayores de 10 µg por cada litro de agua. La situación se agrava en poblaciones que carecen de tuberías públicas, pues las personas se ven obligadas a obtener agua potable de ríos, lagos y pozos, aun cuando se hayan reportado sus altos contenidos de arsénico; por ello, es común que los residentes de dichas comunidades presenten hiperpigmentación en la piel, erupciones, lesiones cutáneas y, en casos más severos, el riesgo de cáncer (Rosales-Castillo y cols., 2003).

Tampoco es una mera coincidencia que la creciente contaminación de arsénico vaya a la par del incremento de casos de diabetes e infartos. La ex-

posición crónica a este elemento por el uso y consumo de agua potable contaminada se asocia con el daño de órganos, enfermedades cardiovasculares y anormalidades en el aprovechamiento de la glucosa (Gamboa-Loira y cols., 2020); por ende, cualquiera que beba agua con niveles altos de arsénico estará en riesgo de contraer esas enfermedades. Currier y cols. (2014) indicaron que el consumo de agua potable con arsénico contribuyó a la aparición de diabetes en pobladores de la región Lagunera, Chihuahua y Zimapán en Hidalgo.

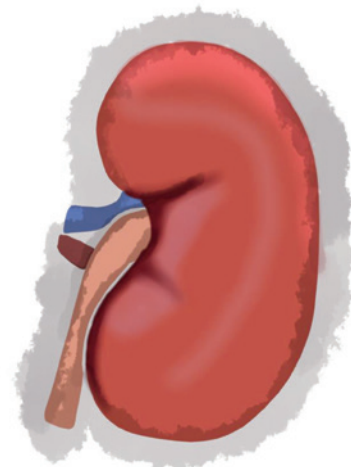
La edad también influye en los efectos asociados a los metales pesados. Esto se debe a la relación de la concentración ingerida con el peso corporal. Por ejemplo, es más riesgoso que un niño consuma 50 µg de arsénico a que los ingiera una persona adulta, por el simple hecho de que su cuerpo y órganos son más pequeños y su metabolismo es más alto; por esta razón, algunos autores han informado que la salud de los niños mexicanos está en riesgo. Maldonado-Escalante y cols. (2018) reportaron que los niños indígenas yaquis de Pótam y Vícam presentan daño en el ADN relacionado con que toman agua con altas concentraciones de arsénico, que supera incluso cuatro veces el límite establecido por la norma mexicana; por desgracia, este daño conlleva un alto riesgo de desarrollar enfermedades crónicas y cáncer. Otro caso alarmante es el del envenenamiento infantil en Torreón, Coahuila, por el consumo de agua y alimentos con plomo dispersado por las actividades industriales (Reyes y cols., 2016).

Las consecuencias en niños y adolescentes no siempre son físicas; por ejemplo, la exposición prolongada al arsénico puede interferir con la transmisión de información entre las neuronas, con efectos que no se ven ni suelen asociarse con factores ambientales, como depresión y alucinaciones. Aunado a lo anterior, Calderón y cols. (2001) mostraron que la exposición a arsénico puede disminuir la capacidad de memorización y afectar las habilidades verbales de los niños mexicanos; también concluyeron que la exposición a plomo genera problemas de atención. Dichos efectos llegan a agravarse si los niños tienen desnutrición y consumen poco hierro, zinc, selenio, ácido fólico y vitamina B12 (Chávez-Gómez y cols., 2017).

Lamentablemente, México presenta una variada incidencia de enfermedades relacionadas con la exposición a metales. La más preocupante es la insuficiencia renal crónica. Algunos autores han logrado relacionar la aparición masiva de esta patología en ciertas zonas, como el poniente del Estado de México, con la exposición a mercurio, arsénico, cadmio y plomo por razones ocupacionales. Entre ellos, Chávez-Gómez y cols. (2017) destacaron la importancia de atender la situación, pues esta patología es una de las primeras diez causas de mortalidad en el Instituto Mexicano del Seguro Social, con aproximadamente 377 casos por cada millón de habitantes; sin embargo, los médicos no suelen considerar la contaminación por metales cuando diagnostican a sus pacientes e ignoran que la aplicación oportuna de un tratamiento quelante puede evitar la patología crónica causada por las exposiciones. Además, se estima que el sector público gasta más de 180 millones de dólares anuales para atender a los pacientes con hemodiálisis, pero esta cantidad no llega a cubrir ni 25% de los gastos necesarios para atender a todas las personas con enfermedad renal crónica (Chávez-Gómez y cols., 2017).

■ ■ ■ **Conclusión**

■ Quizás parezcan muchos los datos aquí mencionados, pero son sólo la punta del iceberg. Los registros de contaminación no equiparan a los estudios de riesgo poblacional. Se necesitan más investigaciones



para esclarecer los riesgos sanitarios de las comunidades, pues muchas personas en México se enferman y no tienen la posibilidad de saber qué las está afectando ni cómo pueden tener un tratamiento adecuado. En congruencia con el derecho humano a la salud, se debe distribuir información entre la población y asegurar que todas las personas sean capaces de identificar elementos potencialmente tóxicos, incluso en algo tan “claro” como el agua.

Esta situación debe atenderse con rapidez o, de lo contrario, todos nos veremos afectados. Si bien es imposible detener las actividades antropogénicas que generan contaminación por metales pesados, se debe dedicar un especial énfasis en identificar cuáles están provocando más daño, para a partir de ello implementar las medidas de prevención y saneamiento más adecuadas. Asimismo, es necesario incrementar la inversión de recursos en la educación del personal

médico, proyectos de investigación, regulación legal y desarrollo de productos remediadores que permitan contrarrestar a estos antagonistas invisibles para mejorar la calidad de vida de la población mexicana.

Mayra Ramírez Cota

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
mayraraco@gmail.com

Ofelia Escobar Sánchez

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa.
escobars.ofelia@gmail.com

Miguel Betancourt Lozano

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Mazatlán.
mbl@ciad.mx

Referencias específicas

- Calderón, J., M. Navarro, M. Jiménez-Capdeville, M. Santos-Díaz, A. Golden, I. Rodríguez-Leyva, V. Borja-Aburto y F. Díaz-Barriga (2001), “Exposure to arsenic and lead and neuropsychological development in Mexican children”, *Environmental Research*, 85(2):69-76. Disponible en: <doi.org/10.1006/enrs.2000.4106>, consultado el 27 de marzo de 2021.
- Chávez-Gómez, N., A. Cabello-López, R. Gopar-Nieto, G. Aguilar-Madrid, K. Marín-López, M. Aceves-Valdez, C. Jiménez-Ramírez, M. Cruz-Angulo y C. Juárez-Pérez (2017), “Enfermedad renal crónica en México y su relación con los metales pesados”, *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 55(6):725-734.
- Currier, J. M., M. C. Ishida, C. González-Horta, B. Sánchez-Ramírez, L. Ballinas-Casarrubias, D. S. Gutiérrez-Torres, R. H. Cerón, D. V. Morales, F. A. Terrazas, L. M. Del Razo, G. G. García-Vargas, R. J. Saunders, Z. Drobná, R. C. Fry, T. Matoušek, J. B. Buse, M. A. Méndez, D. Loomis y M. Stýblo (2014), “Associations between arsenic species in exfoliated urothelial cells and prevalence of diabetes among residents of Chihuahua, Mexico”, *Environmental Health Perspectives*, 122(10):1088-1094. Disponible en: <doi.org/10.1289/ehp.1307756>, consultado el 15 de marzo de 2021.
- Gamboa-Loira, B. M., E. Cebrián y L. López-Carrillo (2020), “Arsenic exposure in northern Mexican women”, *Salud Pública de México*, 62(3):262-269. Disponible en: <doi.org/10.21149/11085>, consultado el 8 de marzo de 2021.
- Jaishankar, M., T. Tseten, N. Anbalagan, B. B. Mathew y K. N. Beeregowda (2014), “Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals”, *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2):60-72. Disponible en: <doi.org/10.2478/intox-2014-0009>, consultado el 8 de marzo de 2021.
- Maldonado-Escalante, J., D. Meza-Figueroa, A. Figueroa, L. García-Rico, J. Burgess, C. Lantz, L. Yáñez, M. Martínez-Cinco, J. Cortés, I. Fernández y M. Meza-Montenegro (2018), “An integrated health risk assessment of indigenous children exposed to arsenic in Sonora, Mexico”, *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(3):706-721. Disponible en: <doi.org/10.1080/10807039.2018.1449098>, consultado el 10 de marzo de 2021.
- Reyes, Y., I. Vergara, O. Torres, M. Díaz-Lagos y E. E. González-Jiménez (2016), “Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria”, *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16(2):66-77. Disponible en: <doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5447>, consultado el 16 de septiembre de 2022.
- Rosales-Castillo, J. A., L. C. Acosta-Saavedra, R. Torre, J. Ochoa-Fierro, V. H. Borja-Aburto, L. López-Carrillo, G. G. García-Vargas, G. B. Gurrola, M. E. Cebrián y E. S. Calderón-Aranda (2004), “Arsenic exposure and human papillomavirus response in non-melanoma skin cancer Mexican patients: a pilot study”, *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 77(6):418-23. Disponible en: <doi.org/10.1007/s00420-004-0527-0>, consultado el 25 de septiembre de 2022.