

Metales y metaloides: tóxicos ambientales que afectan la memoria

Lucio Antonio **Ramos-Chávez**
Martha **León-Olea**

El desarrollo industrial ha traído consigo la explotación de minerales de la capa profunda de la corteza terrestre. Ello ha propiciado que una variedad de elementos químicos se exponga al ambiente (suelo, agua y aire). Desde la antigüedad el ser humano ha estado en contacto con estos compuestos de manera natural, pero la actividad humana (minería, agricultura, fundición, quema de combustibles fósiles) ha generado un incremento importante en la concentración y biodisponibilidad de estos minerales. Un grupo de estas sustancias no tienen función biológica en el ser humano y representan un riesgo para la salud, ya que de manera directa o indirecta altera la fisiología de los organismos (Hernández-Caricio *et al.*, 2022).

Por definición, los tóxicos ambientales son sustancias o compuestos que se van a encontrar en el ambiente en una concentración que puede afectar o poner en riesgo la salud de los seres vivos, la flora o la fauna y los ecosistemas. Los tóxicos ambientales se pueden dividir por su origen en físicos, químicos o biológicos. Generalmente, estos compuestos dañan a la mayoría de los órganos, incluyendo pulmón, corazón, hígado, riñón y cerebro. Sin embargo, el cerebro presenta un grado de vulnerabilidad mayor a los efectos negativos de estos compuestos debido a que tiene: 1) requerimientos específicos que llegan desde el torrente sanguíneo, 2) menor capacidad de metabolizar

y neutralizar tóxicos, 3) células que funcionan bajo un estricto ambiente bioquímico, 4) componentes susceptibles de sufrir daño como los ácidos grasos que componen las membranas de las neuronas, 5) un metabolismo altamente oxidante.

La exposición a contaminantes ambientales tóxicos tiene repercusiones severas en la carga de enfermedad global (la carga de enfermedad es un método que calcula el impacto de las enfermedades en una población en términos de mortalidad y morbilidad), particularmente en países en desarrollo como México.

Se estima que hasta el 20 % de la carga de enfermedad se relaciona con factores ambientales. Los niños, debido a la inmadurez de sus sistemas biológicos, y los adultos mayores, por la disminución natural en la capacidad de respuesta de sus sistemas fisiológicos representan una población susceptible a desarrollar enfermedades asociadas con los tóxicos ambientales (Téllez-Rojo *et al.*, 2023; Vargas-Marco, 2005; Smith *et al.*, 1999).

Entre los tóxicos ambientales más comunes presentes en suelo, agua, aire y alimentos están los metales y metaloides. Los que destacan por su importancia toxicológica y han sido los más estudiados son el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el mercurio (Hg) y el arsénico (As), este último un metaloide con propiedades intermedias de metal (de la Torre-Munilla *et al.*, 2001).

En la Tabla 1 se muestran los metales y metaloides tóxicos más frecuentemente encontrados en el ambiente, sus efectos negativos en la salud humana y el tiempo que tardan en ser eliminados del cuerpo (vida media).

Desde la antigüedad se han aprovechado algunos metales y metaloides. El plomo (Pb) se ha empleado en la elaboración de tuberías de agua, recipientes, pinturas, soldaduras, baterías y plásticos y como aditivo antidetonante en la gasolina. El cadmio (Cd) forma parte de los componentes activos de plaguicidas usados en la industria agroalimentaria, en algunos materiales como palos de golf, en hojas de tabaco y hortalizas. El mercurio

(Hg) es usado en la minería, en la fabricación de baterías, en amalgamas dentales y en la industria eléctrica. El arsénico (As), forma parte de agroquímicos, conservadores de madera, semiconductores y, raramente, se usa en medicina para tratar a algunos pacientes con leucemia, y se usó para el tratamiento de la sífilis (Rodríguez-Heredia *et al.*, 2017; Londoño-Franco *et al.*, 2015).

METALES Y METALOIDES

Los metales y metaloides son elementos químicos con densidad y masa atómica elevada; tienen la propiedad de conducir la electricidad y un aspecto lustrado. Existen dos grupos de metales: aquellos que cumplen una función biológica en el organismo y de los que el ser humano requiere cantidades trazas (oligoelemento, menor a 100 mg/kg de peso), como son el cobalto (Co), el cobre (Cu), el molibdeno (Mo), el magnesio (Mn), el hierro (Fe), el selenio (Se) y el zinc (Zn), que forman parte de los centros activos de muchas enzimas metabólicas (funcionan como cofactores y catalizadores enzimáticos). El otro grupo es conocido como el de los metales tóxicos, que no cumplen una función fisiológica en el organismo y se asocian a envenenamientos agudos o crónicos. La principal vía por la que los humanos nos exponemos a ellos es a través del agua, el polvo, el aire y los alimentos contaminados que, una vez ingeridos, se absorben a nivel de intestino, pasan a torrente sanguíneo y llegan a los diferentes órganos (Ferrer, 2003).

Los contaminantes ejercen su efecto tóxico mediante el desplazamiento (por similitud química) de otros metales con función biológica (calcio, zinc, fósforo, entre otros); ya en el organismo, inactivan proteínas esenciales, inhiben y consumen enzimas metabólicas y antioxidantes y dañan los componentes de las células, particularmente de las neuronas (Ferrer, 2003).

El cerebro es un órgano blanco de toxicidad por metales. En niños y adultos se ha visto que esta disminuye la capacidad de memoria y aprendizaje y causa daños a los nervios periféricos, lo que reduce la calidad de vida de las personas.

Metal/metaloide	Efecto crónico	Exposición
Plomo (Pb)	• Interfiere con la liberación de neurotransmisores, afecta la plasticidad sináptica, causa daño en la mielina y disminuye la capacidad de transmisión neuronal. • Afecta el desarrollo cerebral en niños, resultando en déficits cognitivos, de memoria y aprendizaje. • Osteoporosis, daño gastrointestinal, neuromuscular, renal y anemia. (Vida media en sangre tiene de 35 días, en tejidos blandos 40 días y en hueso de 20 a 30 años)	Oral y aérea (alimentos y aire)
Cadmio (Cd)	• Genera daño oxidativo, inhibe enzimas antioxidantes, y altera la homeostasis del calcio, cruciales para la función neuronal. • Su exposición crónica está asociada con deterioro cognitivo y neurodegeneración, alteraciones de la conducta y pérdida de la memoria en niños • Daño en la piel, cáncer de pulmón, enfermedad cardio vascular, daña el riñón, reproducción. (Vida media de 17 a 30 años)	Oral (alimentos y agua)
Mercurio (Hg)	• Altamente neurotóxico, se acumula en el cerebro, especialmente en su forma metilmercurio. • Provoca estrés oxidativo, apoptosis neuronal y daño en las membranas celulares. • Puede causar temblores, problemas de memoria y déficits motores. • Daño renal y en pulmón, alteraciones motoras y del ánimo y conducta. (Vida media de 30 a 60 días)	Aérea (vapores de Hg)
Arsénico (As)	• Induce estrés oxidativo y neuroinflamación. • Afecta la neurotransmisión y el metabolismo energético neuronal. • Su exposición crónica está relacionada con disfunción cognitiva y trastornos neuropsiquiátricos. • Cáncer multiórgano, daño reproductivo, neurodegeneración, pérdida de la memoria (Vida media de 10 horas, del 50-80% es eliminado en 3 días)	Oral (agua)

Tabla 1. Metales y metaloides tóxicos ambientales más comúnmente encontrados en el ambiente y sus efectos en salud.

Los metales tóxicos producen alteraciones cognitivas (déficits en aprendizaje, memoria y atención), trastornos motores (movimientos descoordinados o rigidez), trastornos psiquiátricos (ansiedad, depresión o cambios de comportamiento), y la exposición prolongada a ellos se asocia a enfermedades neurodegenerativas tales como Alzheimer, Parkinson y esclerosis lateral amiotrófica.

No existe a la fecha un tratamiento específico para neutralizar el envenenamiento por metales. Sin embargo, se han empleado agentes quelantes hidrosolubles para neutralizar la disponibilidad de estos compuestos en humanos intoxicados. Los agentes quelantes actúan uniéndose irreversiblemente al

metal para formar complejos inocuos e hidrosolubles que son eliminados por el organismo, principalmente a través de la orina.

Entre los que se han empleado están BAL (British Anti-Lewisite o dimercaprol, para As, Hg y Pb), DMPS (ácido 2,3-dimercapto-1-propanosulfónico, para As, Hg y Pb), DMSA (ácido meso-2,3-dimercatosuccínico o succimer, para As, Hg y Pb), ácido etilendiaminotetraacético (EDTA, para Pb), penicilamina (β,β -dimetilcisteína, para As, Hg y Pb) (Ferrer, 2003).

La prevención, detección temprana y la desintoxicación son esenciales para minimizar sus efectos en poblaciones expuestas.

Además de los daños a la salud producidos por los metales o metaloides, ellos representan un riesgo importante a la flora y fauna. Se sabe que estos compuestos disminuyen la fertilidad del suelo de donde las plantas los absorben afectando su crecimiento en la medida en la que son concentrados (magnificación de la cadena trófica) (Hernández-Caricio *et al.*, 2022).

En animales ambientalmente expuestos se han reportado afectaciones metabólicas, inmunológicas, físicas y reproductivas (López Alonso *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

Los metales y metaloides tóxicos son compuestos ubicuos en el ambiente cuya concentración depende de la naturaleza del suelo, pero también de actividades antropogénicas relacionadas con la explotación de minerales, que aumentan su concentración. Los seres humanos se han expuesto desde la antigüedad a metales tóxicos que han mejorado la calidad de vida, pero que también han llevado a efectos dañinos a la salud.

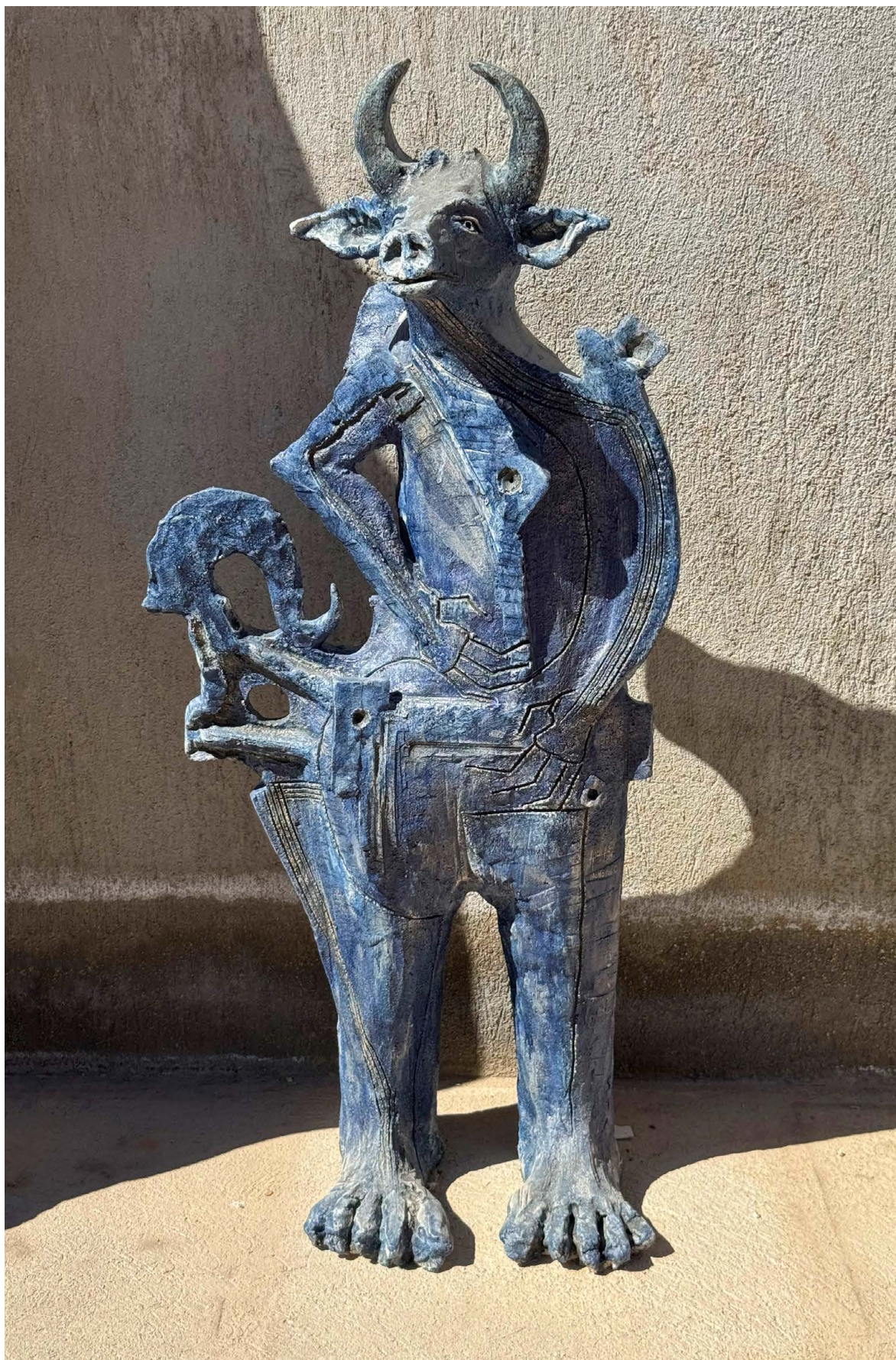
El cerebro es un órgano blanco de los efectos dañinos de estos contaminantes; los efectos más documentados en niños y adultos son disminución de la capacidad de aprendizaje y memoria, lo que impacta en la calidad de vida de las poblaciones.

Si bien metales como Zn, Mn, Co y Se son vitales para el organismo, otros como el Pb, Cd, Hg y As son venenos crónicos y silenciosos. Por ello, es necesario el constante monitoreo ambiental de estos compuestos con el fin de limitar la exposición, proteger a la flora y fauna y a las poblaciones humanas, sobre todo a las más susceptibles como los niños y adultos mayores.

REFERENCIAS

- De la Torre-Munilla P, Vicente-Vicente L, Prieto M, Casanova AG y Morales AI (2001). Neurotoxicidad por exposición a metales pesados. *Revista de Toxicología* 38:103-108.
- Ferrer A (2003). Intoxicación por metales. *ANALES del Sistema Sanitario de Navarra* 26:141-153.
- Hernández-Caricio C, Ramírez V, Martínez J, Quintero-Hernández V, Baez A, Munive J y Rosas-Murrieta N (2022). *Alianzas y Tendencias BUAP* 7:1-68.
- Londoño-Franco LF, Londoño-Muño PT y Muñoz-García FG (2015). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 14:145-153.
- López Alonso M, Miranda M, Castillo C, Hernández J y Benedito JL (2002). Interacción entre metales tóxicos y esenciales en ganado vacuno de Galicia. *Revista de Toxicología* 19: 69-72.
- Ramos-Chávez LA, Rendón-López CR, Zepeda A, Silva-Adaya D, Del Razo LM and Gonshebb ME. (2015). Neurological effects of inorganic arsenic exposure: altered cysteine/glutamate transport, NMDA expression and spatial memory impairment. *Front Cell Neurosci.* 9:1-12.
- Rodríguez-Heredia D (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN* 21:33-72.
- Smith KR, Corvalan CF and Kjellstrom T (1999). How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology* 10:573-584.
- Téllez-Rojo MM, Ríos-Blancas MJ, Lerma-Treviño C, Bautista-Arredondo LF, Spearman S, Marsh L, Burkart K, Stanaway J, Ashbaugh C, Brauer M y Hurtado-Díaz M (2023). Análisis de la carga de enfermedad atribuible a los factores de riesgo ambientales en México en el período 1990-2021. Identificación de avances, rezagos y emergencias. *Gaceta Médica de México* 159:532-542.
- Vargas-Marcos F (2005). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud. *Revista Española de Salud Pública* 79:117-127.

Lucio Antonio Ramos-Chávez
Martha León-Olea
Laboratorio de Neuromorfología Funcional
Dirección de Investigaciones en Neurociencias
Instituto de Nacional de Psiquiatría
Ramón de la Fuente Muñiz-SSA
marthalo@inprf.gob.mx



© **Honorio Cruz.** *Minotauro 2.* Cerámica de alta temperatura, 111 × 51 × 30 cm.



© **Honorio Cruz**. Detalle del *Minotauro 2*. Cerámica de alta temperatura, 111 × 51 × 30 cm.