



## ¿Metales pesados en su mesa? Origen y consecuencias

María del Pilar Herrera-Mendoza<sup>1</sup>  
Laura Sanchez-Castillo<sup>2\*</sup>  
Edmar Meléndez Jaramillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Cd. Victoria, México. C.P. 87120.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias; Centro Universitario, Cd. Victoria, México. C.P. 87120.

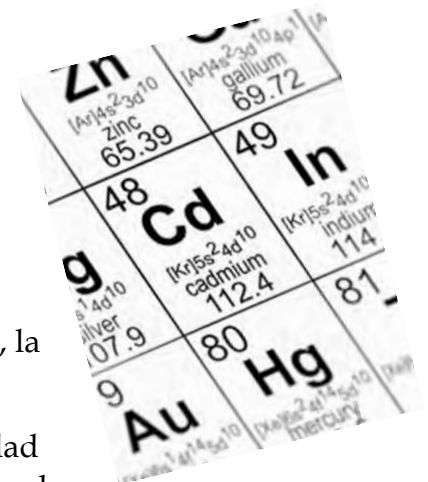
\*Autor para correspondencia: [laura.sanchez@uat.edu.mx](mailto:laura.sanchez@uat.edu.mx)

**La contaminación del medio ambiente por metales pesados se ha convertido en un problema de relevancia internacional en los últimos años, debido a los efectos negativos que estos elementos pueden tener sobre los recursos naturales. Una de las consecuencias de la liberación de metales pesados en el agua, suelo y aire es su transferencia a través de la cadena alimentaria, lo que resulta en la contaminación de productos de origen agrícola y pecuario. Esta problemática es especialmente preocupante por los efectos negativos que estos elementos pueden ocasionar en la salud de los seres vivos.**

### Introducción

Los metales pesados son un conjunto de elementos químicos caracterizados por ser potencialmente tóxicos para los seres vivos cuando se encuentran en altas concentraciones. En los últimos años la contaminación ambiental por metales pesados se ha convertido en un problema de importancia a nivel mundial, debido al incremento de las concentraciones de estos elementos como consecuencia de diversas actividades antropogénicas, entre las que destacan la minería, la combustión de combustibles fósiles, la agricultura entre otras.

Asimismo, los metales pesados influyen negativamente en la calidad del aire, el agua y, están estrechamente relacionados con los riesgos de la contaminación del suelo y la toxicidad en las plantas. Debido a que alteran el equilibrio natural de los procesos biológicos en el suelo, sus efectos son adversos sobre la calidad de los recursos naturales





El aumento en la disponibilidad de los metales pesados en la ambiente afecta especialmente el sistema suelo-planta; ya que al estar biodisponibles en el suelo pueden ser absorbidos por las raíces de los cultivos, y posteriormente acumularse en las plantas. Es mediante esta transferencia que los productos agrícolas llegan a convertirse en tóxicos para los animales y los seres humanos a lo largo de toda la cadena alimentaria. De esta manera, causan daños irreparables en la salud humana, en etapas de desarrollo embrionario pueden desencadenar efectos teratogénicos estos efectos pueden incluir algunas alteraciones genéticas y morfológicas, o bien, problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, insuficiencia renal crónica, así como el desarrollo de distintos tipos de cáncer e incluso la muerte. Además, representan una seria amenaza para la seguridad alimentaria, la salud de la población y el bienestar de los seres vivos.



## Desarrollo

### ¿Qué son los metales pesados?

El término “metales pesados” se suele utilizar para referirse de manera general a los elementos químicos metálicos y no metálicos que presentan una alta densidad (mayor a  $5 \text{ g/cm}^3$ ), los cuales son altamente tóxicos y representan un riesgo para el ambiente debido a su capacidad para causar afectaciones.



Algunos ejemplos de metales pesados son el níquel (Ni), hierro (Fe), magnesio (Mg), cobre (Cu) y zinc (Zn), los cuales son considerados esenciales para el funcionamiento de los seres vivos debido a que forman parte de distintas funciones y procesos biológicos, químicos y fisiológicos. Sin embargo, en concentraciones superiores a las óptimas estos elementos presentan efectos dañinos en la salud de los seres vivos. Por otro lado, elementos como el arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb) y mercurio (Hg) son considerados como elementos no esenciales para las funciones metabólicas y biológicas, por lo cual son tóxicos incluso en concentraciones bajas y pueden causar graves problemas en la salud.



Los metales pesados se reconocen como contaminantes importantes, estables y complejos debido a las siguientes características: 1) **alta toxicidad**, entendida como la capacidad para causar daños a seres vivos y al ambiente, 2) su **no biodegradabilidad** es decir, que una vez que estos elementos son liberados al ambiente, su descomposición es muy difícil, 3) presentan prolongada **persistencia**, ya que al no poder ser eliminados fácilmente pueden llegar a permanecer en el suelo, planta u organismo durante largos períodos de tiempo sin descomponerse. 4) Tienen la capacidad de **acumularse** en el ambiente hasta alcanzar concentraciones tóxicas. Se estima que estos elementos pueden persistir en el ambiente durante cientos de años incluso después de que su liberación se haya detenido.

### Origen y fuentes de los metales pesados

Los metales pesados se encuentran de forma natural en el ambiente, generalmente en concentraciones no perjudiciales para los seres vivos. Proviene de la corteza terrestre y su liberación al ambiente ocurre a través de procesos geológicos como erupciones volcánicas, incendios forestales, así como en la meteorización de las rocas durante el proceso de formación del suelo. No obstante, las principales causantes de la liberación de estos elementos en el suelo, el agua y el aire, son las actividades antropogénicas como la agricultura, la minería, la metalurgia y la quema de combustibles fósiles.

### ¿Cómo llegan los metales pesados a los productos agropecuarios?

Una vez que los metales pesados son liberados en el ambiente a través de la contaminación natural o antropogénica del suelo y del agua, es probable que se incorporen a la cadena alimentaria. Por ejemplo, las partículas de estos elementos que se encuentran suspendidos en la atmósfera se depositan en el suelo; posteriormente, puede ocurrir un proceso de adsorción-movilización-acumulación desde el suelo hacia diferentes partes de la planta (raíces, tallos, hojas o frutos) y, en consecuencia, se transfieren a los productos agrícolas ingresando a la cadena suelo-planta-consumidor (Figura 1).

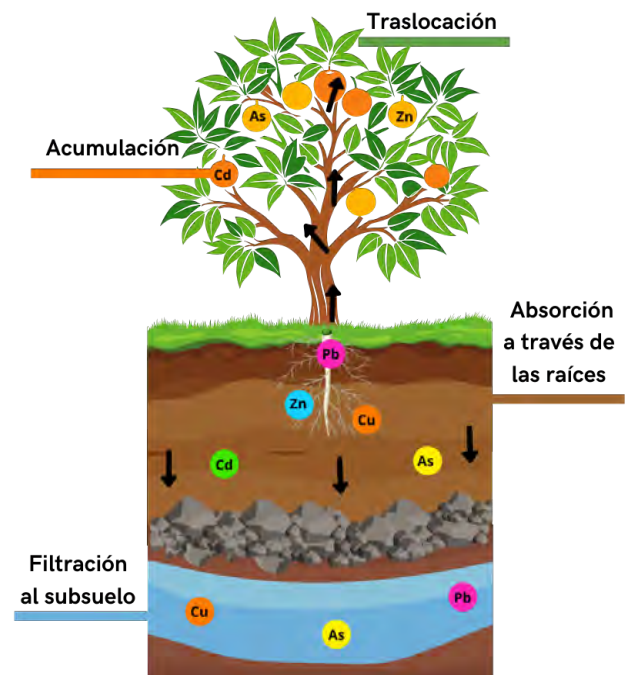


Figura 1. Diagrama de movilización de los metales pesados



La mayoría de las veces, no nos percatamos de cómo ingresan los metales pesados a nuestro organismo, un ejemplo de ello es a través del consumo de la leche de vaca. Un estudio realizado en el año 2018, analizó la presencia de metales pesados en la leche de vaca en dos zonas del centro de México, siendo el plomo uno de los elementos que excedían los límites internacionales permitidos. Estas concentraciones se atribuyeron a que las vacas fueron alimentadas con alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada en suelos agrícolas irrigados con aguas residuales, las cuales presentaron acumulaciones de Zn, Cu, Ni, Pb y Cr en diferentes partes de la planta; esto sugiere que la transferencia de metales pesados a los animales se produjo mediante el consumo de este cultivo, lo que resultó en la liberación de estos elementos del organismo del ganado a través de la leche.

Por otro lado, los metales pesados también pueden ingresar a los productos de origen agrícola a través del agua, como consecuencia del riego con aguas residuales sin tratar. Dicha práctica agrícola es habitual en diversas partes del mundo, principalmente en países en desarrollo. Como resultado, se ha documentado la presencia de altas concentraciones de elementos como Cd, Pb, Zn, Ni, Cu y Fe en diversos cultivos de hortalizas y cereales.

Asimismo, una vez que los metales pesados son acumulados en el suelo, se filtran a través de los espacios porosos y migran al subsuelo, lo que afecta principalmente al sistema de agua subterránea y, como consecuencia, disminuye la calidad del agua destinada para el consumo humano. En diversos países se ha observado que la actividad agrícola e industrial llega a afectar el recurso hídrico, tanto a nivel superficial como subterráneo.

### **Alimentos contaminados por metales pesados**

En diversas investigaciones se ha documentado la presencia de metales pesados en una variedad de productos agrícolas y pecuarios, siendo algunos de los cultivos afectados la alfalfa, leche de vaca, productos marinos como peces y marisco, diversos cereales, frutas y verduras. Los principales elementos pesados que se han registrado son plomo (Pb), cadmio (Cd), cobre (Cu) y arsénico (As).

En una reciente investigación realizada en México se analizó la presencia de plomo (Pb) en 103 productos que forman parte de la alimentación básica de los mexicanos. Los resultados mostraron que el 18% de los alimentos analizados presentaban niveles detectables de Pb. Entre estos alimentos se incluyen productos de origen agropecuario como la cúrcuma (*Curcuma longa*), el chile guajillo (*Capsicum annum L.*), la pimienta negra (*Piper nigrum*), la soja o soya (*Glycine max*), la leche de vaca y el hígado de res.



En cuanto a los productos procesados que presentan Pb, se identificaron el arroz precocido, galletas saladas, pan dulce e integral, cereal de arroz, así como diversas harinas (principalmente de arroz y trigo); así como el jamón de cerdo, las salchichas de pavo y la fórmula infantil de soya.

En general los productos no superaron los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas a excepción de la formula infantil de soya que presento una concentración de 0.035 mg/kg<sup>-1</sup>. Sin embargo, los LMP establecidos por las normas Oficiales mexicana están por encima de los estándares internacionales establecidos por la Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de acuerdo con el *Codex alimentarius* 12 de los alimentos identificados excedieron los LMP.

En diversos estados del México, de acuerdo con las diferentes Normas Oficiales Mexicanas que regulan la presencia de metales pesados, se ha documentado que el plomo ha sido el elemento más común en la contaminación de alimentos de origen agropecuario, como se puede observar en el Cuadro 1. Sin embargo, es fundamental realizar más estudios en diferentes regiones y cultivos, así como a productos animales para conocer a profundidad el estado de lo que consumimos los mexicanos.

Cuadro 1. Reportes de Alimentos de origen agropecuario contaminados por metales pesados en México.

Producto	Localización	Elementos	Concentraciones registradas (mg/kg <sup>-1</sup> )	LMP (mg/kg <sup>-1</sup> )
Leche de vaca	Puebla y Tlaxcala	Pb	0.059	0.1
Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	Guerrero	Pb	9.61	1
Ostión ( <i>Crassostrea virginica</i> )	Tabasco	Pb	9.95	1
Fresa ( <i>Fragaria xananassa Duch. var. festival</i> )	Estado de México	Al	15	0.2
		Zn	20	10
Espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> )	Estado de México	Pb	0.668	0.5

Nota: LMP: Límite Máximo Permissible.



## Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano

De acuerdo con los impactos que puedan ocasionar a la salud, los efectos de la exposición a los metales pesados se suelen dividir en dos grupos: 1) **Agudos**, son aquellos que se producen horas o días después de la exposición al elemento, y 2) **Crónicos**, son aquellos que se manifiestan después de la exposición a elevadas concentraciones durante un largo periodo de tiempo, generalmente años. Los efectos negativos de los metales pesados en la salud humana varían según el elemento, la forma química, la concentración y las vías de exposición.

Cuando los metales pesados ingresan al organismo se unen a las proteínas presentes en la sangre y se distribuyen a órganos vitales, como el intestino delgado, los riñones o el hígado, en donde parte de estos elementos se bioacumulan, mientras que, el resto se elimina a través de la orina y las heces. Esto provoca efectos agudos en la salud, como la intoxicación, hipertensión, daño cerebral y problemas renales; y efectos crónicos como el desarrollo de células cancerosas, siendo los sistemas gastrointestinal, neurológico, hemático y renal los más afectados generalmente (Figura 2)

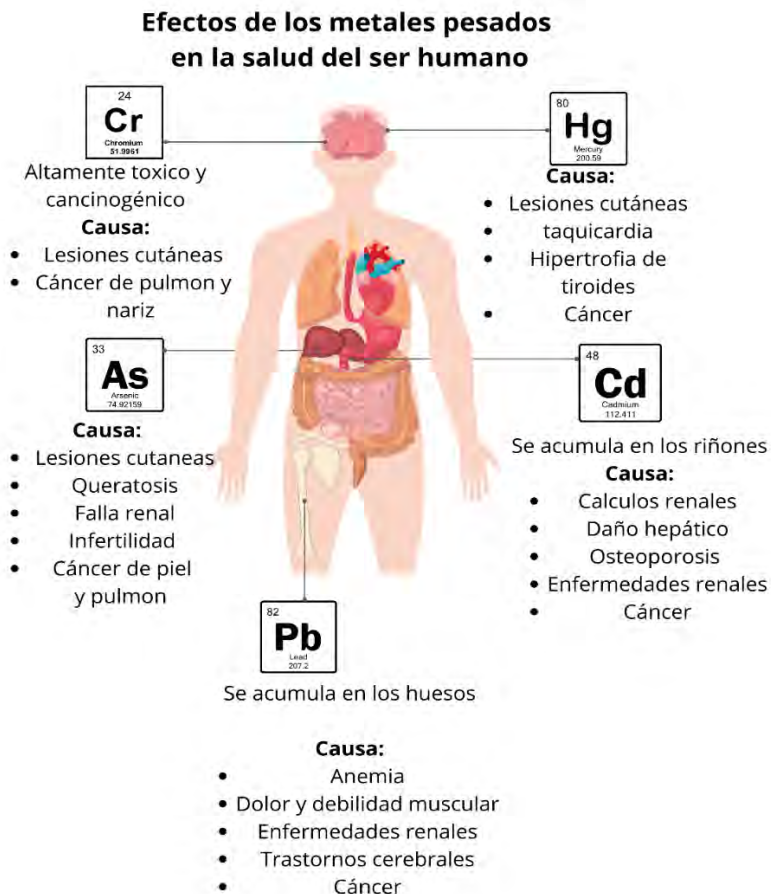


Figura 2. Enfermedades como consecuencia de los metales pesados en el ser humano



Alguno de los efectos agudos que se manifiestan ante la exposición al **arsénico (As)** son lesiones cutáneas como queratosis, hiperqueratosis, cambios en la coloración de la piel, lesiones vasculares en sistemas nerviosos e hígado, estos efectos pueden dar lugar a fallas renales, enfermedades cardiovasculares y problemas de esterilidad. Por otro lado, los efectos crónicos que se presentan ante elevadas concentraciones de As son diferentes tipos de cáncer principalmente de piel, pulmón, vejiga y riñón.

La intoxicación por **cadmio (Cd)** presenta efectos agudos como la formación de cálculos renales y daño hepático, pues se considera que el hígado y los riñones son los órganos más afectados por los efectos de este elemento, ya que el Cd tiende a acumularse en los riñones, donde puede permanecer hasta por 30 años. Esta acumulación prolongada aumenta el riesgo de enfermedades renales crónicas, lo cual conlleva a serios daños a la salud humana.

Por otro lado, el **plomo (Pb)** tiene la capacidad de acumularse en los huesos y dientes de los seres vivos, y posteriormente es liberado de manera gradual al sistema sanguíneo. La exposición al plomo puede ocasionar diversos efectos agudos como la anemia (debido a que este elemento disminuye la síntesis de la hemoglobina), daño renal, parálisis de extremidades, autismo, pérdida de peso, dislexia y trastornos cerebrales.

## CONCLUSIONES

La liberación de los metales pesados al ambiente ya sea de forma natural o antropogénica, representa un riesgo importante a la salud de los seres humanos, dado que estos elementos pueden ingresar al organismo a través de distintas vías y causar diferentes padecimientos o enfermedades. Aunque estos elementos puedan parecer invisibles, están más cerca de lo que imaginamos, incluso pueden llegar a nuestra mesa a través de productos que consumimos diariamente, como frutas, verduras, cereales y diversos productos de origen animal. Su ingesta puede constituir una seria amenaza para la salud pública, por lo tanto, es esencial ampliar las líneas de investigación para evaluar el estado actual de la contaminación por metales pesados en México y promover medidas que reduzcan la contaminación, así como fomentar prácticas agrícolas más sostenibles para así poder asegurar que lo que llevamos a nuestra mesa sea seguro y saludable.





### Literatura recomendada

Castro-González, N. P., Moreno-Rojas, R., Calderón-Sánchez, F., Moreno-Ortega, A., & Tamariz-Flores, J.V. (2018). Metales pesados en leche de vacas alimentadas con alfalfa producida en suelos irrigados con aguas residuales en Puebla y Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9(3): 466-485. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i3.4358>.

Cantoral, A., Betanzos-Robledo, L., Collado-López, S., García-Martínez, B.A., Lamadrid-Figueroa, H., Mariscal-Moreno, R.M., Díaz-Ruiz, A., Ríos C. & Téllez-Rojo, M.M. (2024). Lead Levels in the Most Consumed Mexican Foods: First Monitoring Effort. *Toxics* 12(5): 318. <https://doi.org/10.3390/toxics12050318>.

Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P.T. & Muñoz-García, F.G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1): 145-153. [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153).

Ramírez Cota, M., Escobar Sánchez O. y Betancourt Lozano M. (2023). Metales pesados: antagonistas de la salud en México. *Revista Ciencia* 74 (3), 24-29.

### Semblanzas de autores

**Maria del Pilar Herrera-Mendoza:** Ingeniero ambiental por el TecNM- campus Huatusco. Estudiante de la Maestría en Ciencias Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente por la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Estudió la contaminación del suelo por metales pesados y su relación con las propiedades fisicoquímicas del suelo.

**Laura Sánchez Castillo:** Ingeniera en Manejo de Recursos Naturales por la UANL, Realizó sus estudios de Maestría con especialidad en Bio-ciencias y Ciencias bio-ambientales y de Doctorado en Ciencias Agro-ambientales en la Universidad de Kyushu en Japón. Es profesora-investigadora de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, especialista en conservación de suelos.

**Edmar Melendez-Jaramillo:** Doctor en Manejo de los Recursos Naturales por la Universidad Autónoma de Nuevo León. Profesor de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Candidato a Investigador Nacional. Su línea de investigación es la valoración del impacto ambiental en áreas urbanas.