



## **Riesgos de biodisponibilidad de nanopartículas de metales pesados en zonas mineras**

Proyecto Ciencia de Frontera 304320 [www.relans.org](http://www.relans.org)

Marzo, 2023

Mariana Ramírez Herrera

De acuerdo con la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de Estados Unidos (ATSDR), un factor de riesgo importante para la salud es la exposición a elementos tóxicos, la cual depende de: la ruta de exposición, la duración de la exposición, la frecuencia de la exposición y la exposición a otras sustancias tóxicas.<sup>1</sup> En este sentido, las nanopartículas que son desechadas y se depositan en los jales mineros pueden representar un grave riesgo para la salud humana dada su volatilidad.

La escasa supervisión que existe sobre las instalaciones mineras en el mundo ha permitido que muchas empresas dedicadas a la explotación de minerales viertan sus desechos en jales al descubierto, dejando a las condiciones de movilidad natural la dispersión de estos contaminantes. A los factores de exposición debe añadirse la biodisponibilidad de las nanopartículas de metales pesados, pues esta combinación provoca que los organismos se vuelvan más vulnerables a padecer los efectos de su toxicidad.

En México, existe una Norma Oficial (NOM-141-SEMARNAT-2003) que establece los criterios de operación y postoperación de las presas de jales mineros, a los que se define como “Residuos sólidos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de minerales”<sup>2</sup>; sin embargo, en ninguna norma mexicana se obliga a las empresas a hacerse cargo ni se establecen cuotas compensatorias por un mal manejo o derrame de jales una vez cerrado un complejo minero.



Jales mineros a 8km de la ciudad de Fresnillo, Zacatecas, México.

La biodisponibilidad se relaciona con la especiación química de los elementos contaminantes, es decir, la cantidad y las propiedades en que se encuentren disponibles para su absorción por los organismos vivos.<sup>3</sup> En ese sentido, los jales mineros, cuando están

<sup>1</sup> [https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology\\_curriculum/modules/3/es\\_lecturenotes.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/3/es_lecturenotes.html)

<sup>2</sup> <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/APC/SEMARNAT/Normas/Oficiales/NOM-141-SEMARNAT-2003.pdf>

<sup>3</sup> Véase: Cicerone, Daniel; Sánchez-Proañó, Paula y Reich, Silvia (2007). *Contaminación y Ambiente*. Colección Ciencia Joven 21. Buenos Aires: Eudeba. Capítulo 3. Pp. 71-132

al descubierto representan un riesgo elevado de contaminación derivado de posibles derrames, pero sobre todo debido a fenómenos tales como la escorrentía superficial, la lixiviación y los factores de movilidad natural que pueden magnificar la volatilidad de las nanopartículas de metales pesados ahí contenidos.<sup>4</sup>

Existe un riesgo adicional de biodisponibilidad por nanopartículas de metales pesados el cual reside en que, la vegetación que crece y abunda alrededor de los sitios contaminados tiende no sólo a ser resistente sino altamente bioacumuladora de estos componentes. Esto tiene una doble implicación negativa:

**Primero:** la bioacumulación que se lleva a cabo mediante las cadenas tróficas cuando las plantas bioacumulan metales pesados en sus raíces, tallos y hojas y éstas son consumidas por el ganado que pasta en suelos contaminados, para posteriormente servir de alimento a la población, biomagnificando el efecto contaminante de los metales pesados.

**Segundo:** la bioacumulación que se desarrolla mediante los procesos químicos y biológicos de metabolización y transformación que las plantas, bacterias y microorganismos realizan, mediante absorción, hidrólisis, óxido-reducción, metilación, solubilización, etc., en su intercambio con el suelo y el agua. Las plantas tienen la capacidad de transformar la composición de los desechos de los jales mineros en nanopartículas de metales pesados, las cuales pueden ser liberadas a través de la expulsión por las raíces de las plantas, lo que permite su movilidad a través de las fuerzas físicas que movilizan a los elementos en el ambiente como los vientos, las corrientes marinas, el flujo de los ríos, la percolación de agua a través del suelo, etc., así como los procesos físicos y químicos mediados por la biota.

En ese sentido, los jales mineros al descubierto, representan un riesgo elevado de contaminación derivado de posibles derrames, pero sobre todo debido al efecto de los ciclos biogeoquímicos y a la volatilidad de las nanopartículas de metales pesados que están contenidos ahí. Es importante señalar que las enfermedades causadas por metales pesados suelen ser crónicas, es decir, de largo plazo, por lo que sus síntomas suelen confundirse con otras enfermedades, obligando al seguimiento de las condiciones de salud de las poblaciones mineras por un periodo prolongado de tiempo.

---

<sup>4</sup> Véase (Flores et al, 2018). [Online]: <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7563-7>