

## La degradación y contaminación en la minería y la innovación tecnológica

Ruth Robles-Berumen & Guillermo Foladori  
Proyecto Conacyt-Ciencia de Frontera No. 304320  
Agosto 2022.

Las empresas y corporaciones mineras no adoptan una nueva tecnología si no rinde mayor beneficio que la que está en operación; no importa si la nueva es menos perjudicial para el ambiente y la salud humana. Son muchos los casos en que las nuevas tecnologías no se aplican porque no ofrecen mayor beneficio económico.

El papel de las organizaciones sociales y de los sindicatos presionando por mayor regulación pública es un mecanismo que puede coadyuvar a que las empresas se vean obligadas a incorporar tecnologías más costosas en una primera instancia, y a la larga se abaratan.

La minería metálica es una actividad con muchos efectos nocivos sobre el ambiente, que ha sido estudiada por diversos autores, como Habashi.<sup>1</sup> En sus operaciones se aplican una gran variedad de sustancias químicas para el procesamiento de los minerales, las cuales pueden ser de naturaleza tóxica para la salud humana y los ecosistemas. Al final, muchas de estas sustancias se concentran en los jales o desechos pulverizados procedentes del beneficio del mineral. Estos residuos en ocasiones contienen una gran cantidad de sulfuros, los cuales pueden oxidarse en presencia de agua y oxígeno para dar lugar al *drenaje ácido de mina* (DAM).<sup>2</sup> Un contaminante que también lo podemos encontrar en los montones de rocas sin valor, los montones de lixiviación y las minas subterráneas y a cielo abierto. El DAM puede liberar metales tóxicos a los ecosistemas y los sistemas hídricos.<sup>3</sup> De ahí la importancia de llevar a cabo una gestión adecuada de los residuos mineros desde antes de iniciar la explotación de una mina.

Mecanismo de formación del drenaje ácido de minas y su impacto en los ecosistemas.



La minería es una actividad que ha comenzado a ser legislada en materia ambiental recientemente; así, por ejemplo, las normas oficiales mexicanas en esta

<sup>1</sup> Fathi Habashi, "A Review. Pollution Problems of the Metallurgical Industry", *Rev. Del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*, 2012.

<sup>2</sup> Kebede K. Kefeni, Titus A. M. Msagati, y Bhekhe B. Mamba, "Acid mine drainage: Prevention, treatment options, and resource recovery: A review", *Journal of Cleaner Production* 151 (2017): 475–93, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.082>.

<sup>3</sup> Jeff Taylor, Sophie Pape, y Nigel Murphy, "A Summary of Passive and Active Treatment Technologies for Acid and Metalliferous Drainage (AMD)" (Fifth Australian Workshop on Acid Drainage, Fremantle, Western Australia, 2005), <https://www.acidmetalliferousdrainage.com/wp-content/uploads/2019/03/ES-2005-A-Summary-of-Passive-and-Active-Treatment-Technologies-for-Acid-and-Metalliferous-Drainage-AMD.pdf>.

rama no tienen más de veinte años, por lo que es común encontrar DAM en diversas operaciones mineras activas e inactivas. Tradicionalmente, este residuo ha sido tratado con cal común para reducir los efectos en el ambiente. Pocas veces ha sido considerado una fuente de recursos como el agua, el ácido sulfúrico, metales y elementos de tierras raras.<sup>4</sup> Años atrás, no existía la tecnología adecuada para la recuperación de recursos inmersos en el DAM, Hoy en día, esto es posible, dado el desarrollo de tecnologías convencionales y alternativas como la nanotecnología. Esto posibilita que los residuos mineros dejen de ser solo confinados para transformarse en fuentes de metales y otros elementos de gran utilidad.

Diversos elementos de la nanotecnología pueden emplearse en la remediación de residuos mineros dentro de los cuales se encuentran los nanoadsorbentes, las nanomembranas, los nanosensores, los fotocatalizadores modificados y las nanopartículas metálicas. En especial, los nanoadsorbentes y las nanomembranas facilitan la remoción de contaminantes del DAM. No obstante, muchas de estas tecnologías o se encuentran en fase de experimentación o sus costos son elevados. A esto se suma la falta de políticas que presionen para que las empresas mineras las implementen en sus operaciones. A medida que se explotan minerales con cada vez menos concentración de metales, y de mayor complejidad, las empresas tratan de reducir los costos operativos evitando tecnologías costosas y aumentando el volumen de producción. No obstante, no por ello, se debe de dejar de investigar en alternativas tecnológicas que tendrán que aplicarse en un futuro cercano, si se quiere preservar la vida en el planeta. Además de que, existe cada vez más presión por parte de los organismos internacionales, los organismos no gubernamentales y las comunidades aledañas a las operaciones mineras y los sindicatos para desarrollar políticas ambientales de mayor impacto.

La minería es una actividad que depreda y contamina el ambiente. Una situación que no cambiara por mucho tiempo, dada la necesidad de explotar nuevos elementos en cantidades suficientes para transitar hacia las energías limpias. En este contexto, la responsabilidad de las empresas en la protección del ambiente juega un rol muy importante, que poco ha sido exigido. A pesar de que muchas legislaciones ambientales promulgan principios, como el de precaución, o la integración de la economía circular en sus gestiones, estos principios aun no son vistos en el manejo práctico de los residuos mineros. Tampoco se ve la responsabilidad del productor en acatar legislaciones antiguas que existen en todos los países y que obligan a las empresas a comunicar a los sindicatos el tipo de elementos químicos que manipulan, algo que también es parte de los convenios de la OIT; esta información se niega bajo los contratos de confidencialidad.

---

<sup>4</sup> Gayathri Naidu et al., "A Critical Review on Remediation, Reuse, and Resource Recovery from Acid Mine Drainage", *Environmental Pollution* 247 (2019): 1110–24, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.085>.