

IMPACTO DE LA MINERÍA SOBRE LOS RECURSOS NATURALES

Carrillo-González, R.^{1*}; González-Chávez, M.C.A.¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5. Carretera México-Texcoco, Texcoco Estado de México 56230.

*Autor de Correspondencia: crogelio@colpos.mx

Una de las actividades económicas con mayor tradición en México es la minería de materiales metálicos, la cual ha dejado incomparables beneficios desde la gestación del país (México) actual. La minería contribuye con más de 8% del producto interno bruto. De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (2016), operan 293 compañías mineras en el país. Sin embargo, al considerar todas sus fases, desde la exploración, prospección y extracción, hasta el cierre de las minas, la actividad tiene diversos impactos ambientales, y el más evidente es en el paisaje, el cual incluye modificaciones físicas (visuales), en recursos hídricos (Lavandaio, 2008) y en la biota (Figura 1). Esos efectos deben documentarse para buscar propuestas de prevención y mitigación acordes a las condiciones socioeconómicas y ambientales de cada zona.

Los cambios físicos se relacionan con la construcción de infraestructura: caminos, puentes, acueductos, líneas de comunicación, edificios y viviendas para los trabajadores, la apertura de labores de minería a cielo abierto o subterráneos, y la construcción de depósitos para residuos.

Los cambios en la biota que se pueden mencionar son: la deforestación y destrucción de los recursos bióticos durante el descapote y operación de las minas (Antwi *et al.*, 2008) y construcción de caminos. Una revisión de registros históricos del impacto en diversas áreas del país permitió a Studnicki-Gizbert *et al.* (2010) afirmar que el inicio de la minería a nivel industrial devastó la vegetación en lugares de México, tales como Taxco, Guerrero; Ixmiquilpan, Hidalgo (Cahuich, 1997); Parral, Chihuahua; Zacatecas; San Luis Potosí y Durango, pues para hacer la minería se demandaba mucha madera para construir, asegurar y recubrir los túneles. También se requirió madera y carbón vegetal como combustible para la fundición. Gran número de plantas de mezquite (*Prosopis sp.*), encino (*Quercus sp.*) y pino (*Pinus sp.*) fueron cortados, convirtiendo cientos de miles de hectáreas de bosques en cerros desnudos. La reforestación favoreció la destrucción o fragmentación de hábitats, con su consecuente efecto en las poblaciones y biodiversidad (Fahrig, 2003; Antwi *et al.*, 2008). En este tema se debe considerar el impacto de la construcción de caminos. Considerando la posición geomorfológica de las minas y áreas de beneficiado, en la cuenca, Palmer *et al.* (2010) dice que la práctica de la minería puede tener efectos en los

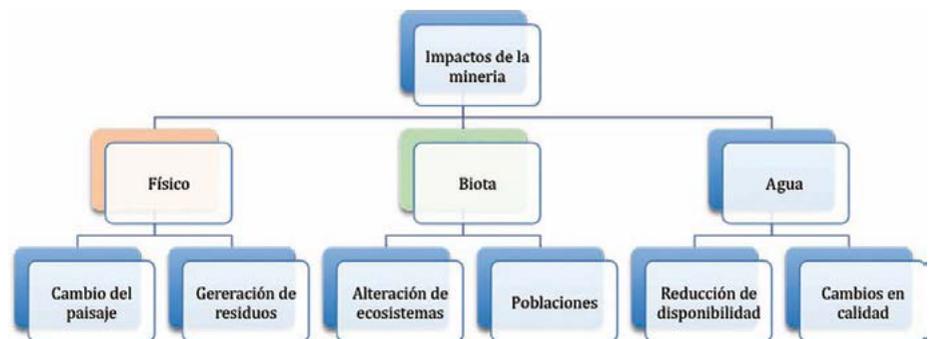


Figura 1. Efectos de la minería en el entorno.

recursos naturales en la parte baja de las cuencas. La minería requiere grandes volúmenes de agua para operar. Aunque generalmente se recupera y reusa, en zonas con baja disponibilidad, la capa freática del lugar se abate y se pueden agotar los pozos de agua y manantiales. También es frecuente que el agua se contamine por el drenaje ácido (Huang, 1998), causando los siguientes efectos: variación en el pH, conductividad eléctrica y en el contenido de iones disueltos. El incremento del contenido de elementos, como el azufre, tiene reacción a mediano plazo. Reducción en la biodiversidad por efecto tóxico de los materiales vertidos a las corrientes, como metales y metaloides (elementos potencialmente tóxicos); EPT o por modificación del pH del agua, la proporción de nitrógeno, fósforo y azufre (Ty Lindberg *et al.*, 2011), la relación C:N y la velocidad de descomposición de materiales orgánicos (Lee y Bukaveckas, 2002). Alteración de la microbiota del agua y su función en los ciclos de los elementos como el hierro, manganeso o selenio. Acumulación excesiva de elementos en la biota, con sus respectivos efectos tóxicos. Incremento de riesgo de entrada en las cadenas alimenticias de las especies (Limpong *et al.*, 2003). Concentraciones anormales de EPT en el agua (Figura 2), tanto superficial como subterránea (Hudson-Edwards, 1997; Armienta *et al.*, 1997).

La población de Zimapán, Hidalgo, México, ha consumido agua con altas concentraciones de arsénico durante varias décadas; por ello, la CNA y el Instituto de Geofísica (UNAM) evaluaron la contaminación en 55 pozos de la zona y encontraron que todos contienen arsénico en concentraciones altas (Armienta *et al.*, 1997). Este estudio demostró que la contaminación

del agua subterránea en la zona es tanto natural como inducida debido a los yacimientos minerales existentes en el subsuelo que contienen plomo, zinc, cobre y arsénico. La contaminación inducida la propician los residuos de mina con alto contenido de arsénico que se ha depositado cerca de las corrientes superficiales. El impacto en el suelo incluye el incremento en la concentración de elementos tóxicos y la acidificación por la

formación de lixiviados ácidos, lo que puede modificar el desarrollo vegetal (Berglund *et al.*, 2004). El uso de sustancias químicas en la minería tiene también efectos; por ejemplo, durante la extracción de minerales o beneficiado de los mismos, algunos de los procesos, como cianuración y amalgación, tienen efectos sobre los organismos. Cuando se usa el método de lixiviación para recuperación de metales se deben considerar medidas de mitigación de impacto en caso de fugas de las soluciones ácidas (Lavandaio, 2008) para evitar la contaminación del suelo o el agua. La dispersión de contaminantes se ha documentado en sitios con altos regímenes hídricos (Wong *et al.*, 1999, Kovac *et al.*, 2006) por efecto del viento (Stovern *et al.*, 2014) y por accidentes, debido a la inestabilidad de los depósitos (Grimalt *et al.*, 1999). Sin embargo, los procesos en zonas áridas y semiáridas se han documentado poco. Existe una multitud de emisiones por fuentes antropogénicas al ambiente; en estos casos la industria minera (Chen *et al.*, 2014) y de la fundición son las principales generadoras. Al intemperizarse y formar ácidos, los residuos de la minería pueden reaccionar a su vez con otros minerales expuestos e inducir la oxidación. Se generan así descargas de material tóxico ácido que puede permanecer activo durante cientos o incluso miles de años y tienen profundo efecto en el

agua (Hudson-Edwards, 1997); también, pueden usarse imprudentemente, aumentando el riesgo (Figura 3).

A pesar de todos estos problemas, las áreas con depósitos de residuos de minería y las minas abandonadas son sitios que una vez estabilizados y remediados tienen uso potencial sostenible; por ejemplo, sitios de recreación y esparcimiento (Figura 4) o plaza

comerciales. Tras un proceso exitoso de remediación es posible que se recuperen los servicios ecosistémicos que ofrece un suelo bien manejado (Berglund *et al.*, 2004, Levin y Carson, 2016). Con base en esta idea, la información que se presentó en los apartados anteriores, se fundamentó el uso de la **fitorremediación como tecnología de bajo costo, amigable con el ambiente y técnicamente factible.**



Figura 2. Pozo contaminado con elementos potencialmente tóxicos (metales pesados y arsénico).

AGRADECIMIENTO

Este trabajo forma parte del proyecto CONACYT PD-CAPN-2013-215241.

LITERATURA CITADA

- Ata A., Koldas S. 2006. Acid mine drainage (AMD): Causes, treatment and case studies. *Journal of Cleaner Production* doi:10.1016/j.jclepro.2004.09.006.
- Armienta M.A., Rodríguez R., Aguayo A., Cenicerros N., Villaseñor G., Cruz O. 1997. Arsenic contamination of groundwater at Zimapán, México. *Hidrology Journal* 5: 39-46.
- Christer B., Johansson T. 2004. Jamaican deforestation and bauxite mining-the role of negotiations for sustainable resource use. *Minerals & Energy - Raw Materials Report* 19: 214. doi:10.1080/14041040310034383.
- Cahuich C.M.B. 1997. Apuntes para una historia regional: las parroquias de Cardonal y Chilcutla finales de la Colonia y del siglo XIX, en *Dimensión Antropológica*, 9: 157-184. Disponible en: <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/?p=1404>.
- Chen T., Lei C., Yan B., Xiao X. 2014. Hydrometallurgy metal recovery from the copper sulfide tailing with leaching and fractional precipitation technology. *Hydrometallurgy* 147-148: 178-182. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2014.05.018>
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 487-515. doi:10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419.
- Grimalt J.O., Ferrer M.L., MacPherson E. 1999. The mine tailing accident in Aznalcollar. *Science of the Total Environment* 242: 3-11. doi:10.1016/S0048-9697(99)00372-1.
- Huang G. 1998. Ecological environment of ground water in the uranium mining districts of China; acid mine drainage by *in situ* acidic leaching. *Huadong Dizhi Xueyuan Xuebao = Journal of the East China College of Geology* 21: 7-13.
- Hudson-Edwards K., Macklin M., Taylor M. 1997. Historic metal mining inputs to Tees river sediment. *Science of the Total Environment* 194-195: 437-45. doi:10.1016/S0048-9697(96)05381-8.
- Kovács E., Dubbin W.E., Tamás J. 2006. Influence of hydrology on heavy metal speciation and mobility in a Pb-Zn mine tailing. *Environmental Pollution* 141: 310-20. doi:10.1016/j.envpol.2005.08.043.
- Lavandaio E. 2008. *Conozcamos más sobre minería*. Serie Publicaciones 168. Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR. Buenos Aires, Argentina.
- Larondelle N., Haase D. 2012. Valuing post-mining landscapes using an ecosystem services approach-An example from



Figura 3. Residuo de mina oxidado (rico en metales tóxicos) usado para emparejar caminos. Una forma no recomendada que aumenta la exposición a contaminantes.

Germany. *Ecological Indicators* 18: 567-74. doi:10.1016/j.ecolind.2012.01.008.

- Le J.T., Levin L.A., Carson R.T. 2016. Incorporating ecosystem services into environmental management of deep-seabed mining. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* doi:10.1016/j.dsr2.2016.08.007.
- Palmer M.A., Bernhard E.S., Schlesinger W.H., Eshleman K.N., Fofoula-Georgion E., Hendryx M.S., Lemly A.D., Linkens G.E., Loucks O.L., Power M.E., White P.S., Wilcock P.R. 2010. Mountaintop mining consequences. *Policyforum USA*.
- Servicio Geológico Mexicano. 2016. Companies with mining projects in Mexico. Gobierno Federal. México. <http://portalweb.sgm.gob.mx/economia/en/mexico-mining/mining-companies.html>.
- Stovern, M., Betterton E.A., Saez E.A., Felix-Villar O.I., Rine K.P., Russell M.R., King M. 2014. Modeling the emission, transport and deposition of contaminated dust from a mine tailing site. *Reviews on Environmental Health* 29: 91-94. doi:10.1515/reveh-2014-0023.
- Studnicki-Gizbert D., Schechter D. 2010. The environmental dynamics of a colonial fuel-rush: silver mining and deforestation in New Spain, 1522 to 1810. *Environmental History* doi:10.1093/envhis/emq007.
- Wong H.K.T., Gauthier A., Nriagu J.O. 1999. Dispersion and toxicity of metals from abandoned gold mine tailings at Goldenville, Nova Scotia, Canada. *Science of the Total Environment* 228: 35-47. doi:10.1016/S0048-9697(99)00021-2.



Figura 4. Depósitos de residuos de minas restaurados y convertidos en áreas de esparcimiento y recreación.