

Afectaciones del Drenaje de Minas Abandonadas al Abasto de Agua Potable en Guanajuato, México

/ YANN RAMOS-ARROYO (1,*), FRANCISCO RAMÍREZ-NAVARRO (1), JULIO MARTÍNEZ-ARREDONDO (2), DANIEL MUÑOZ-CANCINO (2), IRAÍS RODRÍGUEZ-HUERTA (2), GILBERTO CARREÑO-AGUILERA (1)

(1) Departamento de Ingeniería Hidráulica. División de Ingenierías. Campus Guanajuato, Belén. Av. Juárez 77. Universidad de Guanajuato. 36000 Guanajuato (México)

(2) Maestría en Ciencias del Agua. Campus Guanajuato, Belén, Av. Juárez 77. Universidad de Guanajuato. 36000 Guanajuato (México)

INTRODUCCIÓN.

El abasto seguro de agua a la población de una región depende de un adecuado conocimiento de las condiciones del medio físico. La descripción de las interacciones agua-roca son fundamentales.

Es obligado conocer el volumen del que se puede disponer en función de las condiciones climatológicas y geológicas. Para ello, se requiere desarrollar balances hídricos considerando que el agua de lluvia es la fuente principal.

Parte del volumen que precipita se evapora o transpira, otro porcentaje escurre y/o se infiltra. En sitios donde las rocas son fracturadas la infiltración es muy importante.

El abasto a poblaciones ubicadas en cabeceras de cuencas hidrológicas se obtiene desde drenajes de manantiales en medio fracturado o embalsando los escurrimientos.

Es muy importante la identificación de fuentes de contaminación, como minas abandonadas, que pueden afectar la calidad de las aguas poniendo en riesgo a la población. La evaluación de las afectaciones requiere conocer que tan significativos son los drenajes de minas en un contexto hidrológico local (Younger et al., 2002).

Por otra parte, todos los sistemas naturales muestran una capacidad de atenuación natural en las concentraciones disueltas de elementos con potencial tóxico (EPT). Asta et al., (2010), por ejemplo, describen un caso de depuración natural del arsénico que drena de una mina abandonada en el río Tinto Santa Rosa, en la faja pirítica Ibérica; pocos metros delante de la salida, precipitan fases de hierro que adsorben As.

En México existen en todo el territorio nacional más de 10,000 minas abandonadas, principalmente de origen epitermal (SGM, 2010), algunas de ellas pueden drenar aguas con concentraciones altas de EPT.

La población de la ciudad de Guanajuato (110,000 habitantes) usa como fuente de abasto a dos presas que aportan el 40%. El resto se extrae de un acuífero granular que se recarga en gran parte por la infiltración de las rocas fracturadas en zonas altas.

Parte del agua embalsada son escurrimientos de minas abandonadas, existen más de 20 que drenan cantidades significativas de aguas salinas sulfatadas y con bajo contenido de arsénico todo el año. La problemática se vuelve extrema cuando los drenajes de minas es la única agua que circula, lo cual es común en los periodos de secas.

En la región de Guanajuato hay más de 120 millones de toneladas de residuos de extracción de yacimientos epitermales (Ramos-Arroyo et al., 2004).

Se muestran balances hídricos y una caracterización hidrogeoquímica en dos subcuencas mineralizadas con el fin de detectar las cantidades de agua que pueden drenar desde minas abandonadas y evaluar riesgos de afectación al agua de abasto a la población.

DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO.

Se encuentra en el Distrito minero de Guanajuato, México en la provincia fisiográfica de la Mesa Central, con un gradiente de elevación de 2,800 a los 2,000 msnm. Las lluvias varían desde los 850 mm anuales en las zonas altas hasta los 550 mm y cae el 80 % de junio

a septiembre. La temperatura media anual es de 18.5 con variaciones desde 0 hasta 35 °C.

Existen dos tipos de mineralización:

- Epitermal, alojados en fisuras entre rocas volcánicas, principalmente; con altos niveles de calcita. Guanajuato ha producido de una quinta a una sexta parte de la plata que circula en el Mundo (Mango, 1992; Randall-Roberts et al., 1994).
- Sulfuros masivos vulcanogénicos. Hospedados en rocas sedimentarias Mesozoicas, localmente generan acidez. Existen dos pequeños depósitos con 2 millones de toneladas (Miranda-Gasca, 2000).

Los dos canales estudiados mantienen un flujo base en temporada de estiaje, se encuentran sales secundarias que precipitan sobre todo en tiempo de secas y se sugiere son fases que retienen EPT; con las primeras lluvias, a finales de mayo y principios de junio, estas sales se lavan liberando los EPT al agua.

METODOLOGÍA.

Análisis Hidrológicos.

Se implementó una red de monitoreo hidro-meteorológico para determinar el volumen potencial que llueve y que escurre en ambas cuencas, estimar la duración del flujo base, y cuantificar el volumen de agua que drena desde las minas abandonadas.

Hidrogeoquímica.

Se colectaron muestras de agua en diferentes puntos al menos en cinco fechas diferentes durante 2009 y 2010 a lo largo de los dos canales que reciben efluentes de minas abandonadas, uno de un yacimiento de sulfuros masivos y

palabras clave: Flujo base, Atenuación natural, Elementos con potencial tóxico.

key words: Baseflow, Natural attenuation, Potentially harmful elements.

otro epitermal.

Se determinaron parámetros en campo, las muestras se filtraron, acidificaron y analizaron en un tiempo menor a 10 días por espectrofotometría de absorción atómica de flama.

Se determinaron las fases secundarias que podrían precipitar utilizando el código PHREEQC2 (Parkhurst & Appelo, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En la Figura 1 se muestra la variación de parámetros relacionados con el drenaje del Socavón "Los Mexicanos" (LMS), que tiene una descarga intermitente que se activa con las lluvias. Se muestra la variación a lo largo del canal en seis sitios. En líneas punteadas se aprecian los límites que marca la Norma Mexicana para aguas potables.

Al comienzo de la temporada de lluvias, en junio de 2009 y 2010, el flujo de este socavón representó el 25 % del escurrimiento de esa cuenca.

Durante el año 2009 del LMS drenaron 3,100 m³ de aguas ácidas, con pH de 2.5 en promedio, considerando las concentraciones promedio de hierro total disuelto (320 mg/L) y Al disuelto (38 mg/L), ese año se liberaron de este socavón 992 kg de Fe disuelto y 118 kg de Al disuelto, además de más de 2 kg de Cd en solución.

Desde un depósito de residuos (LMDM) se liberaron en 2009: 42,000 m³ de aguas ácidas, con pH de 3 y concentraciones promedio de Fe total disuelto de 43 mg/L y de Al de 53 mg/L, que representaron un aporte de 1,806 kg de Fe y 2,226 kg de Al; se estima que también ha liberado aprox. 3 kg de Cd disuelto.

Estos metales en solución han precipitado a lo largo del canal, ya que aguas abajo las concentraciones son menores a 0.1 mg/L para Fe y Al y menores a 0.01 mg/kg para Cd.

Puede apreciarse que en los puntos LMAD y EDAC, ubicados gradiente abajo ya existió una depuración natural. Se

disuelto (28 µg/L), el socavón aportó 784 g de As disuelto este año al sistema hidrológico local. La contribución fue del 0.6% en la temporada de lluvias y hasta un 60% en el estiaje.

AGRADECIMIENTOS.

Los resultados son parte de apoyo por los proyectos Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, No. GTO-2006-C01-28933y PROMEP (Red de Cuerpos Académicos sobre Ecotoxicología de contaminantes emergentes).

REFERENCIAS.

Asta, M.P., Ayora, C., Acero, P., Cama, J. (2010): Fields rates for natural attenuation of arsenic in Tinto Santa Rosa acid mine drainage (SW Spain). *J. Haz. Mat.*, **167**, 1102-1111.

Mango, H. N. (1992): Origin of epithermal Ag - Au - Cu - Pb - Zn mineralization on the Veta Madre, Guanajuato, México, Tesis Doctoral, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire.

Miranda-Gasca M.A. (2000): The metallic ore-deposits of the Guerrero Terrane, western Mexico: an overview. *J. of South American Earth Sciences*, **13**, 403-413.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1- (1994): Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J. (1999): User's guide to PHREEQC (Version 2)—A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259, 312 pp.

Randall-Roberts, J. A., Saldaña, E., Clark, K. F., (1994): Exploration in a Volcano - Plutonic Center at Guanajuato, México. *Economic Geology*, **89**, 1722 - 1751.

Ramos-Arroyo, Y.R., Prol-Ledesma, R.M., Siebe-Grabach, C. (2004): Características geológicas y mineralógicas e historia de extracción del Distrito de Guanajuato, México. Posibles escenarios geoquímicos para los residuos mineros. *Rev. Mex. C. Geol.*, **21**, 268-284.

Servicio Geológico Mexicano SGM (2010): Panoramas Mineros Estatales, libros online sitio de internet: <http://www.coremisgm.gob.mx>, actualizado 26/01/2010.

Younger P., Banwart, S., Hedin, R. (2002): Mine water: Hydrology, Pollution, Remediation, Kluwer Academic Publishers, Dordrech, Netherlands, 442 pp.

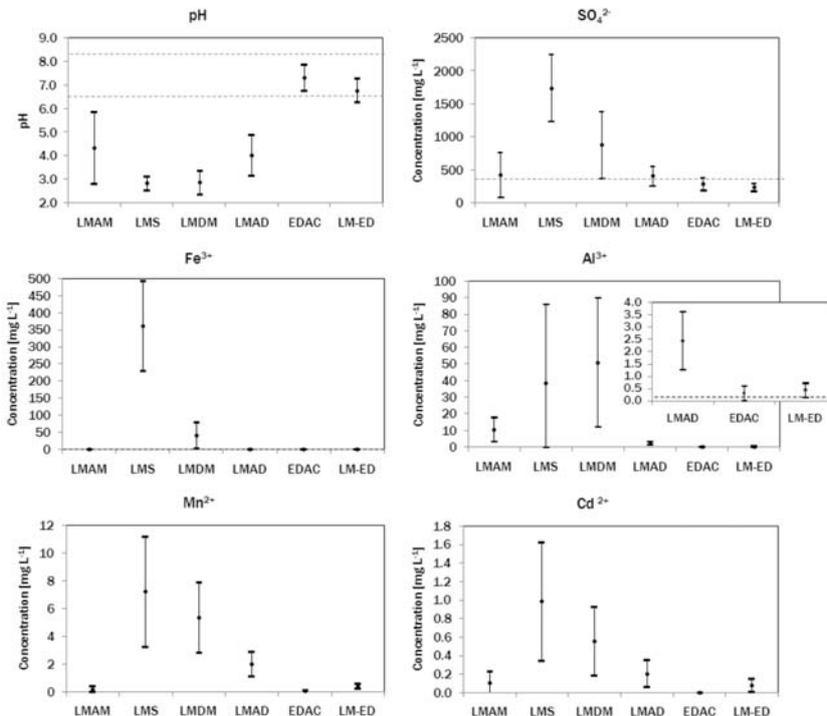


fig 1. Variación de parámetros a lo largo del canal después del drenaje de una mina de sulfuros masivos

han analizado los minerales secundarios y contienen goethita y schwertmannita con concentraciones significativas de Cd.

En la mina epitermal en mayo de 2009,

temporada de secas, el drenaje representó más del 75% del flujo superficial de esta microcuenca; drenaron de 25 a 28 mil m³. Considerando la concentración promedio anual de arsénico total