

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

Instituto de Ingeniería y Tecnología

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental



Caracterización mineral y geoquímica de la zona mineralizada en Sierra Samalayuca, Chihuahua; México: un caso de evaluación del potencial de contaminación por Pb, Hg, As y Cd.

Programa académico: Maestría en estudios y gestión ambiental

Autor: **Montserrat Hernández Ramírez**

Codirección: **Dr. Miguel Domínguez Acosta -Dr. Aldo Izaguirre Pompa**

Ciudad Juárez, Chih., a 25 de noviembre de 2020

Introducción

Recientemente el depósito mineral de Cobre presente en Sierra Samalayuca (municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua) ha sido objeto de interés para su explotación por medio de un proyecto minero. Esta propuesta ha provocado la preocupación de la comunidad debido al riesgo ambiental potencial que conllevarían las actividades mineras. Uno de los factores más acuciantes en términos de riesgo ambiental, relacionado con las actividades mineras es la dispersión o posible contaminación por metales pesados. Se desconoce el riesgo potencial por metales pesados para esta zona y es necesario que se realicen estudios específicos con el objetivo de determinar el potencial de riesgo ambiental en la zona de interés. La determinación de cualquier perturbación ambiental requiere de un fondo geoquímico de las rocas como marco de referencia, y en este estudio se pretende utilizar la geoquímica y la mineralización como una herramienta para evaluar el riesgo potencial de contaminación de este yacimiento por metales pesados.

El Yacimiento mineral en la Sierra de Samalayuca

Se ha reportado una mineralización de cobre alojada en sedimentos bien estratificados compuestos principalmente con areniscas cloritizadas de edad no determinada, expuestas a lo largo de la Sierra Samalayuca, a 45 km al sur de Ciudad Juárez. (Bruno, 1995). La empresa VVC Exploración Corp posee una concesión minera en esta propiedad que cubre 1622.6 hectáreas y ha llevado a cabo etapas de prospección y exploración en la zona. (VVC EXPLORATION CORP, Report 2013).

La mineralización es finamente diseminada y en cuerpos estratiformes, y las rocas asociadas a ésta presentan una fuerte deformación presuntamente asociada a la orogenia Laramide del Cretácico Tardío/Cenozoico Temprano. Las formaciones sedimentarias que contienen la mineralización de Cu consisten en una secuencia cíclica de areniscas de grano fino a grueso (cuarcitas / areniscas cloritizadas con intervalos de limolitas calcáreas o dolomíticas de baja energía, lutitas y roca

carbonatada de origen marino o lacustre) y conglomerados que exhiben metamorfismo regional de bajo grado (Berg, 1969). La mineralización de cobre ocurre como sulfuros de cobre primarios y supergénicos de grano fino, que incluyen digenita, calcocita, calcita, bornita y calcopirita y pirita, y galena y esfalerita subordinadas. También presenta minerales en forma de óxidos y carbonatos como la malaquita y la azurita comúnmente dispuestos como recubrimiento y en fracturas. Estos depósitos de cobre alojados en los sedimentos son estratoligados (ligados a mantos) y están restringidos a un rango estrecho de capas dentro de una secuencia sedimentaria (Fig.1). Son epigenéticos y diagenéticos, ya que se forman después de que se deposita el sedimento del huésped, pero en la mayoría de los casos, antes de la litificación de las rocas del huésped (Bruno, 1995).

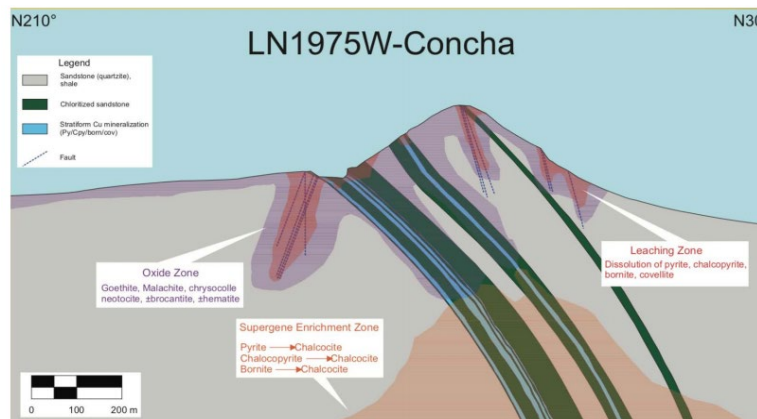


Fig. 1. Perfil del enriquecimiento supergénico en la Zona Concha, Sierra de Samalayuca (Imagen de VVC EXPLORATION CORP, 2019)

Planteamiento del problema

Es un hecho que el potencial de riesgo de contaminación por metales pesados se desconoce para esta área; y que usualmente los estudios de riesgo ambiental se realizan cuando el proyecto de minado ya ha comenzado. Consideramos que es necesario realizar un estudio previo que permita evaluar el potencial de contaminación del yacimiento antes o a la par de los trabajos de prospección y desde el punto de vista de la prevención ambiental.

La explotación de un recurso mineral de esta índole y los factores socioeconómicos relacionados, lo convierten en un problema que amerita gran atención. Las primeras explotaciones se hicieron hace 50 años y se abandonaron, ya que los precios de los metales, la economía mundial y los factores políticos determinan si es conveniente o no la explotación de un yacimiento. Dicho esto, este yacimiento podría no explotarse en otros 50 o 100 años. Al margen del contexto político, económico, de desarrollo y de los estudios costo-beneficio que una actividad minera podría acarrear a esta zona, es lo que se sabe y lo que se desconoce de este yacimiento, lo que nos interesa; y como utilizar la información geológica, geoquímica y mineralógica para, en caso de una explotación (ahora o en 100 años) minimizar el riesgo ambiental por metales pesados producido por las actividades mineras, en la zona de interés.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el potencial de contaminación por metales pesados (Pb, Hg, As y Cd) del yacimiento de cobre de la Sierra Samalayuca?

Objetivo general

Determinar el potencial de contaminación por metales pesados (Pb, Hg, As y Cd) del yacimiento en la Sierra de Samalayuca por medio de la caracterización mineral y geoquímica de la mineralización.

Objetivos específicos

- Confirmar y/o reclasificar la génesis mineral de la Sierra Samalayuca por medio de la caracterización mineral.
- Determinar el contenido de metales pesados en la mineralización y roca de la roca encajonante, en suelos de pie de montaña y en los tajos históricos de extracción.
- Delimitar la zona de afectación potencial con base en la distribución espacial utilizando la geoquímica.
- Hacer una comparativa con depósitos minerales de Cobre a nivel regional y mundial.

Justificación

Usualmente las evaluaciones de riesgo potencial para la contaminación por actividad minera están enfocadas al estudio de metales pesados en aire, agua y suelos aledaños y, a la potencial lixiviación de drenaje ácido de mina. Cuando se lleva a cabo una evaluación de esta índole, se realiza durante los procesos de explotación mineral avanzados. En este trabajo se considera que la evaluación de un riesgo potencial debe iniciar a la par de las etapas de prospección minera y exponer estudios preliminares que permitan anticiparse a los escenarios de riesgo y que ayuden a amortiguar impactos ambientales durante todas las etapas del proceso de explotación de un yacimiento mineral, o incluso ayudar a determinar si el proyecto no es viable si se determina un alto riesgo ambiental. Esta evaluación debe iniciar desde el punto de vista del yacimiento mismo, cuya mineralización determinara el potencial de riesgo ambiental; de metales pesados en este caso en particular. La caracterización mineral y geoquímica del yacimiento como herramienta para la evaluación del riesgo por metales pesados, puede aportar información que desestime o apoye la explotación del yacimiento; y de ser este último el caso, puede favorecer una planificación inicial para la prevención y remediación de la contaminación durante los procesos de explotación.

Marco teórico y conceptual

Minería en México

La industria minera en México es una actividad económica de primera necesidad, representa uno de los primeros cinco sectores que más contribuyen al PIB; aportando el 1.6% del PIB (Cámara Minera de México). Al generar grandes cantidades de materia prima para cubrir las necesidades de la demanda mundial, la minería produce una cantidad aún más grande de residuos llamados jales, producto de los procesos de beneficio. Estos desechos mineros representan un residuo industrial muy abundante. La minería produce grandes impactos sobre la superficie terrestre al remover grandes cantidades de material para la extracción de los

minerales y esta tendencia va en aumento al incrementar la demanda, al mejorar las técnicas de extracción y al aumentar las inversiones para explotar yacimientos que contienen leyes más bajas de mineral, lo que conlleva a desplazar mayores volúmenes de material que quedará expuesto en la superficie.

Yacimientos minerales

El territorio mexicano es rico en variedad de provincias mineralizadas (Fig.2), la mayor parte de los yacimientos explotados son vetas epitermales de Au-Ag y polimetálicas Pb-Zn-(Cu)-Ag, yacimientos polimetálicos en mantos y tipo skarn, pórfidos cupríferos y sulfuros masivos polimetálicos (Camprubi y Albinson, 2006; Clark y Meléndez, 1991). Los principales metales económicamente rentables son el oro, la plata y el cobre, y su explotación es la responsable de producir residuos que se asocian a minerales (sulfuros) como la pirita, pirrotita, galena, esfalerita, calcopirita y arsenopirita que son la fuente de elementos pesados.

El término metal pesado es usado comúnmente en materia de contaminación ambiental, un metal pesado es un miembro de un grupo de elementos químicos no muy bien definido que exhibe propiedades metálicas. Ciertos metales dañan el funcionamiento metabólico, ya que pueden reaccionar e inhibir una serie de sistemas enzimáticos; entre los que los que destacan por ser potencialmente tóxicos (EPT por sus siglas) son el arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb) y Mercurio (Hg). (Romero et al., 2007) ya que producen efectos tóxicos para cualquier función biológica.

Generalidades de algunos elementos potencialmente tóxicos (EPT)

Los niveles excesivos de metales trazas, y por tanto de elementos potencialmente tóxicos, que los hacen disponibles en la biosfera son producto de fenómenos geológicos o de actividades antropogénicas como: quema de combustibles fósiles, extracción de minerales, descarga de residuos industriales, agrícolas y domésticos. Cuando estos elementos son expuestos al aire, al agua y al

suelo son considerados contaminantes ambientales. Se les llaman potencialmente tóxicos porque pueden sufrir acumulación en la cadena trófica, lo que origina que, a pesar de encontrarse en dosis muy bajas en el ambiente, pueden llegar a concentrarse en plantas o animales, hasta llegar a provocar daños en la salud de los seres vivos (Tabla 1). El ser humano se encuentra al final de muchas cadenas alimentarias, por lo que termina expuesto a concentraciones elevadas de agentes potencialmente tóxicos, debido al proceso de bioacumulación.

ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS (Csuros y Csuros 2002; Volke-Sepúlveda et al., 2005)				
	Generalidades	Efectos sobre la salud	Utilidad	Fuentes antropogénicas
Cadmio (Cd)	Metal de transición (grupo B); naturalmente en CdS o CdCO ₃ , como impureza en minerales de ZnCu y Pb.	La sobreexposición a gases con Cd puede causar daño pulmonar, daños renales y riesgo de cáncer.	Cubierta protectora de otros metales, manufactura de baterías de níquel-cadmio y como estabilizador del PVC.	Minería, metalurgia, combustión de carbón y de petróleo, quema de plásticos y mala disposición de residuos sólidos.
Mercurio (Hg)	Metal de transición (grupo B), líquido a temperatura ambiente, pero estable e insoluble. Fuente natural: Cinabrio; concentración de 0.5 ppm en la corteza terrestre.	El Hg es un elemento tóxico que daña el sistema nervioso; en su forma gaseosa es absorbido por los tejidos pulmonares.	Producción de sosa cáustica, y como componente en baterías alcalinas, lámparas fluorescentes, contactos eléctricos, manómetros y termómetros.	Combustión de carbón, metalurgia y la quema de residuos sólidos urbanos (en menor proporción), que pueden contener productos que incluyan mercurio en su fabricación.
Arsénico (As)	Metaloides (grupo VA) color gris acero; presente en la corteza terrestre en una proporción de 0.0005%. en minerales como la arsenopirita y puede obtenerse del procesamiento de minerales que contienen Cu, Pb, Zn, Ag y Au.	La exposición al arsénico puede causar irritaciones en los ojos, la piel y el tracto respiratorio; y una exposición prolongada puede causar cáncer, y enfermedades cardiovasculares.	En la industria electrónica como semiconductor y en la industria química como catalizador. Sus compuestos orgánicos, se usan en la fabricación de vidrio, pigmentos, pirotecnia e industria química (herbicidas e insecticidas).	Cenizas de combustión de carbón y por el uso de pesticidas y herbicidas que lo contienen, así como por residuos generados de actividades como la minería y la metalurgia.
Plomo (Pb)	Metal (grupo IVA) de color gris azulado, que se presenta en forma natural en una proporción del 0.002% en la corteza terrestre. Se asocia a minerales como galena, la anglesita y curositá.	El plomo es un elemento tóxico que daña el sistema nervioso. Ingresa en el organismo por vía digestiva, respiratoria o a través de la piel.	Para la fabricación de acumuladores, para la fabricación de pinturas, cerámicas, forros para cables, elementos de construcción, vidrios especiales, pigmentos, soldadura y municiones.	Procesos de fundición, el procesamiento y producción secundaria de metales, la manufactura de baterías de plomo y de pigmentos y químicos; y como contaminación atmosférica por el uso de Pb en gasolinas.

Tabla 1. Generalidades de algunos elementos potencialmente tóxicos (EPT), sus efectos sobre la salud, utilidad y fuentes antropogénicas; basado en (Csuros y Csuros., 2002 y Volke-Sepúlveda et al., 2005).

Litología y geología

La geología y la litología son factores clave para determinar el potencial de elementos tóxicos de un yacimiento. La litología es un factor relevante para considerar ya que el tipo de roca huésped de determinado yacimiento mineral, tendrá asociada una cierta concentración natural de metales pesados y EPT. Es posible determinar la composición elemental promedio de los diferentes tipos de

rocas, por ejemplo, las rocas ígneas ultrabásicas (peridotitas y serpentinas), las cuales presentan los más altos contenidos en metales pesados; le siguen las rocas ígneas básicas (gabros y basaltos) y las rocas con menor contenido de metales pesados son las rocas ígneas ácidas (granito) y las sedimentarias (areniscas y las calizas). Antes de que el beneficio metálico de inicio en determinada zona que contenga mineralización de interés económico es necesario conocer su aportación geológica. La geología, a diferencia de la litología, tiene en cuenta la relaciones espaciotemporales y génesis de las rocas, así como estructuras características. Entre las dos existe una relación inherente de modo que, si conocemos la litología superficial, podemos conocer la geología y geoquímica de fondo. La concentración de elementos está influenciada por diversos factores y varían de una zona a otra, dependiendo de la composición petrográfica y geoquímica de las rocas (Calmus et. al, 2018).

Metodología

Para desarrollar este proyecto de investigación nos apoyaremos en algunas de las técnicas analíticas (Fig. 4) más utilizadas en la caracterización mineral, que se describen a continuación:

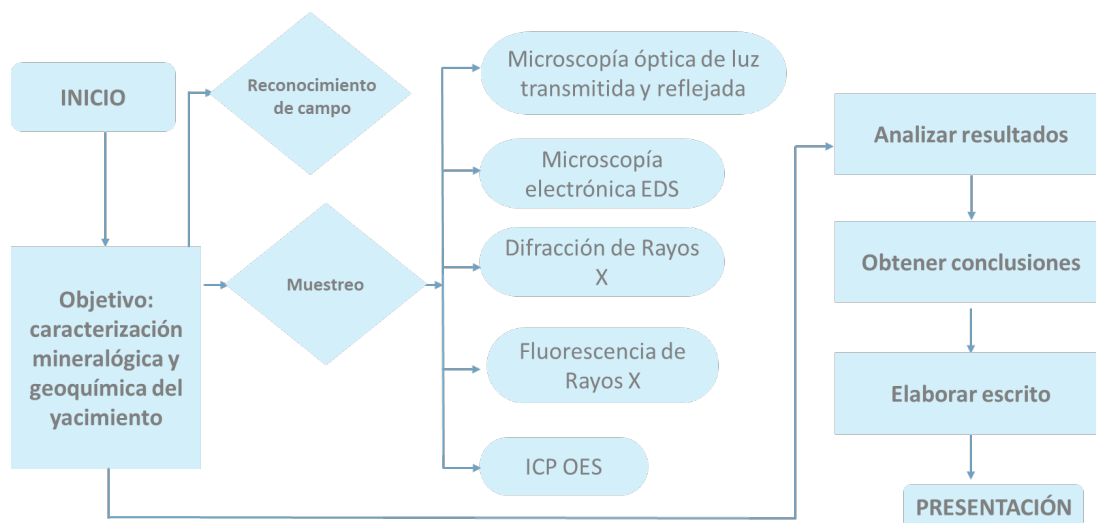


Fig. 4. Diagrama de flujo de la metodología para desarrollar el presente proyecto.

Referencias

- Berg, 1950.** Geology of Sierra de Samalayuca, Chihuahua, Mexico; 176-181 pp.
- Bruno, C.B. 1995.** A mineralogical and geochemical study of the sandstone-hosted stratiform copper deposits at Sierra de Samalayuca, Chihuahua, Mexico. MSc. thesis, University of Colorado at Boulder; 219 pp.
- Boily, M. 2013.** The Samalayuca stratiform sediment-hosted copper mineralization Northern Chihuahua State, Mexico VVC EXPLORATION CORP; 167 pp.
- Carrillo-Chávez, A., Morton-Bermea, O., González- Partida, E., Rivas-Solórzano, H., Oesler, G., García- Meza, V., et al. 2003.** Environmental geochemistry of the Guanajuato Mining District, Mexico. *Ore Geology Reviews*, 23, 277–297. doi:10.1016/S0169- 1368(03)00039-8
- Csuros, M.- Csuros C., 2005.** Environmental Sampling and Analysis for Metals
- Ghose, M. K., & Majee, S. R. 2007.** Characteristics of hazardous airborne dust around an Indian surface coal mining area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 130, 17–25. doi:10.1007/s10661-006-9448-6.
- Melgarejo J.C., Proenza J.A., Salvador-Galí, Llovet X., 2010.** Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera.
- Moon, Y., Song, Y., & Moon, H. S. 2008.** The potential acid-producing capacity and factors controlling oxidation tailings in the Guryong mine, Korea. *Environmental Geology*, 53, 1787–1797. doi:10.1007/ s00254-007-0784-9.
- Moore, J. N., & Luoma, S. N. 1990.** Hazardous wastes from large-scale metal extraction. *Environmental Science & Technology*, 24, 1278–1285. doi:10.1021/es00079a001.

Novotny, V. 1995: Diffuse sources of pollution by toxic metals and impact on receiving waters. In "Heavy Metals", W. Salomons, U. Förstner & P. Mader, ed. Springer-Verlag, Berlin, 33-52.

Rojas, J. C. & Vandecasteele, C. 2007. Influence of mining activities in the North of Potosi, Bolivia on the water quality of the Chayanta River, and its consequences. *Environmental Monitoring and Assessment*, 132(1/3), 321–330.

Volke Sepúlveda, 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación.