



EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ARSÉNICO Y METALES PESADOS (Pb, Cu, Zn) Y ANÁLISIS DE RIESGO EN SALUD EN VILLA DE LA PAZ-MATEHUALA, S.L.P.¹

Dr. Marcos Monroy¹, Dr. Fernando Díaz-Barriga²,
Q. Israel Razo³, QFB. Leticia Carrizales²

¹ Instituto de Metalurgia, UASLP; Av. Sierra Leona 550 Lomas 2ª Sección. 78210. San Luis Potosí, S.L.P.;

² Facultad de Medicina, UASLP; Av. Venustiano Carranza 2405. 78240 San Luis Potosí, S.L.P.;

³ Estudiante de la Maestría en Ingeniería de Minerales, CIEP-Facultad de Ingeniería, UASLP.

Se realizó una evaluación de la contaminación por arsénico y metales pesados en suelo, sedimento y agua en una superficie de 105 km² entre Villa de la Paz y Matehuala, S.L.P. En esta localidad se ha explotado por poco más de 200 años un yacimiento de sulfuros polimetálicos tipo skarn de plomo (Pb), zinc (Zn) y cobre (Cu), lo que ha provocado que se hayan depositado un gran volumen de residuos mineros tipo terreros y jales en los alrededores del poblado de Villa de la Paz y de residuos tipo escoria de fundición en el área norte de la ciudad de Matehuala.

Contaminación de suelos y sedimentos.

La explotación y beneficio de los recursos minerales, históricamente no controlados (desde un punto de vista ambiental), en el distrito minero de Sta. María de la Paz, ha provocado que se presente una extensa contaminación de suelos y sedimentos por arsénico y metales pesados (Pb, Zn, Cu) en el área de Villa de la Paz-Matehuala, S.L.P. Los análisis químicos de muestras de suelo reportaron concentraciones en los rangos de 19-17,384 mg/Kg arsénico, 15-7,200 mg/Kg cobre, 31-3,450 mg/Kg plomo y 26-6,270 mg/Kg zinc, mientras que en sedimentos de arroyos y de tanques de almacenamiento de agua pluvial las concentraciones encontradas varían de 20-28,600 mg/Kg arsénico, 50-2,160 mg/Kg plomo, 50-3630 mg/Kg cobre, y 110-5940 mg/Kg zinc.

Las evidencias en campo, el análisis estadístico por componentes principales, la obtención de mapas de iso-concentración de arsénico y metales pesados en suelo (Figuras 1 y 2) y el análisis de los contaminantes al microscopio electrónico de barrido, permitieron identificar las principales fuentes de contaminación dentro del área de estudio: presas de jales históricas y activas, terreros, emisiones atmosféricas de antiguas plantas de fundición y depósitos históricos de escorias de fundición.

¹ Este trabajo forma parte del proyecto de Tesis de Maestría en Ingeniería de Minerales (CIEP, Fac. Ingeniería, UASLP) del Q. Israel Razo Soto. El documento en extenso puede consultarse en su Memoria de Tesis.



Estos resultados sugieren que la dispersión de arsénico y metales pesados, desde sus fuentes potenciales, está principalmente asociada a:

- el transporte fluvial de residuos mineros (terreros y principalmente jales) a través de arroyos que drenan el sitio en dirección W-E. Esto ocurre durante los eventos de lluvias torrenciales, transportándose las partículas de contaminantes desde los taludes no estabilizados de las presas de jales (Figura 3) a través de los arroyos (Figura 4), hacia las zonas de baja energía en el Valle de Matehuala (Figura 5), donde se concentran los contaminantes y permanecen susceptibles de alteración y movilidad.
- el transporte eólico de partículas minerales, principalmente desde la presa de jales) en dirección SW-NE. Esto ocurre sobre todo durante la temporada árida con predominio de tolvaneras, contaminando la Colonia Real de Minas desde las presas de jales (Figura 6).

Debe señalarse que 84% de las muestras de suelo tanto en áreas urbanas como rurales presentaron una concentración de arsénico mayor de 100 mg/Kg (Figura 1), la cual es considerada por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (USEPA) como el nivel máximo permisible a partir del cual se recomienda la remediación de un sitio.

En el caso del plomo, los resultados fueron comparados con dos diferentes guías ambientales definidas por la misma USEPA: [1] la que refiere a la máxima concentración permisible a partir de la cual se recomienda la remediación de suelo en áreas de recreación infantil (400 mg/Kg plomo); y [2] la que refiere a la máxima concentración a partir de la cual se recomienda la remediación de suelos de uso común (1200 mg/Kg Pb). En el área de estudio, el 10 % de las muestras de suelo en áreas urbanas y 2 % en áreas rurales presentaron una concentración de plomo mayor a la guía de 1200 mg/Kg de plomo. En cambio, una diferencia más significativa puede observarse con respecto a la guía de 400 mg/Kg: 19% de las muestras de suelo en áreas rurales y el 38% de las muestras en áreas urbanas, presentaron una concentración más alta que esta guía (Figura 2).

Estas guías para arsénico y plomo fueron seleccionadas como referencia debido a la carencia de normas ambientales mexicanas que establezcan las concentraciones máximas permisibles para recomendar la remediación de suelos en sitios contaminados por metales tóxicos.



Contaminación de agua superficial y subterránea.

Como parte del estudio, se analizó la concentración de arsénico en muestras de agua superficial procedentes de tanques de almacenamiento de agua pluvial, de canales de agua de mina y de dos sistemas de pozos y canales donde circula agua natural, que afloran estos últimos al este de Matehuala en las comunidades conocidas como Cerrito Blanco y Carbonera.

La máxima concentración de arsénico en agua de tanques de almacenamiento de agua pluvial recolectada a través de arroyos que drenan el sitio en áreas cercanas a las potenciales fuentes de contaminación (265 µg/L), exceden más de 5 veces al límite máximo permisible (50 µg/L) establecido por la Norma Oficial Mexicana de calidad de agua de uso y consumo humano (NOM-127-SSA1-1994). La concentración de arsénico en el agua en estos tanques y en el sedimento de los arroyos disminuye conforme se incrementa la distancia desde las potenciales fuentes de contaminación.

En lo que respecta a los sistemas de pozos y canales donde circula agua natural, uno de ellos inicia atrás del Instituto Tecnológico de Matehuala, siendo el agua recolectada hasta abril de 2002 en un tanque situado en la comunidad de Cerrito Blanco, 5 Km al este de Matehuala (Figuras 7 y 8). Este tanque de recolección de agua, así como las pozas que constituyen el sistema, han sido aprovechados por la población infantil y juvenil de la región para actividades recreativas (Figuras 9 y 10), por lo que existe interés del Presidente Municipal de Matehuala por instalar ahí un centro recreativo.

En el análisis de muestras de agua (filtrada y no filtrada) procedentes de varios sitios de este sistema de pozos y canales de Cerrito Blanco, se encontraron concentraciones de arsénico en agua entre 4,800 y 7,000 µg/L. Este contenido de arsénico excede por más de 100 veces al límite máximo permisible (50 µg/L As) por la Norma Oficial Mexicana de Calidad de Agua para consumo humano (NOM-127-SSA1-1994), siendo también 500 veces superior al contenido de arsénico en agua natural no contaminada en el área (10 µg/L As), encontrada en el otro sistema de pozos y canales, que llega a la Carbonera.

La concentración de arsénico disuelto en el agua natural de Cerrito Blanco es superior al valor máximo reportado hasta ahora en el mundo para aguas naturales contaminadas por arsénico (5000 µg/L As) y tan elevada como los valores máximos reportados para aguas ligeramente alcalinas contaminadas por actividad minera (5000-7500 µg/L As).



Además, los sedimentos del sistema de pozos, canales y tanque de recolección de agua de Cerrito Blanco se encuentran también contaminados por arsénico, en concentraciones entre 400 y 1500 mg/Kg. Aun cuando no existe una norma oficial mexicana para sedimentos en cuerpos de agua natural, estos valores son por ejemplo, más de 200 veces superiores al valor máximo permisible por las Guías Ambientales Interinas del Canadá (5.9 mg/Kg para arsénico).

Dadas las concentraciones de arsénico en el agua y sedimento del sistema de “pozos-canales” de Cerrito Blanco, el agua no debe ser utilizada para consumo humano, debe vigilarse su uso agrícola, y debido a la ingesta accidental que puede ocurrir durante las actividades de recreación, no se recomienda la instalación del Centro Recreativo de Cerrito Blanco. A nivel de exposición aguda, el arsénico es un neurotóxico que afecta sobre todo a la población infantil. En eventos de exposición crónica, el arsénico es capaz de causar cáncer en diferentes órganos.

Recomendaciones para un Programa de Restauración

A partir de los resultados de la evaluación de la contaminación en suelos y sedimentos, se recomienda la implementación de medidas de control de la erosión eólica y pluvial de las presas de jales históricas y activas. Se considera conveniente estabilizar los taludes en las presas de jales para disminuir su erosión eólica y pluvial, aunque la restauración por cubiertas de las presas de jales abandonadas y/o en etapa de cierre deberá también ser implementada para disminuir el potencial de lixiviación de los contaminantes. Además, se recomienda la restauración de suelo contaminado de áreas rurales, agrícolas y principalmente el área urbana de Villa de la Paz y Matehuala, aunque esto significaría seguramente utilizar tecnologías diferentes en función de la concentración y distribución de los contaminantes.

En lo que respecta a la contaminación de agua natural del sistema de pozos y canales de Cerrito Blanco, se recomiendan las siguientes medidas precautorias inmediatas: [1] el tratamiento del agua para disminuir la concentración de arsénico al menos por debajo de los límites máximos permisibles por la NOM-127-SSA1-1994 (50 µg/L As); y [2] la remediación de las pozas y tanque de recolección de agua de Cerrito Blanco para eliminar o inmovilizar el arsénico contenido en los sedimentos.

Además, se recomienda identificar la fuente o fuentes de contaminación (natural o antropogénica) del arsénico en el agua y sedimento del sistema de pozos y canales de Cerrito Blanco, para tratar de implementar medidas de prevención de la contaminación que disminuyan los costos de remediación y/o tratamiento permanente. Así como iniciar



de inmediato la evaluación del riesgo en salud entre la población expuesta a este metaloide.

Riesgos en Salud

Con respecto a exposición infantil a metales, un estudio efectuado en Villa de la Paz demostró que en 175 niños el 10% superó los 15 µg/L de plomo en sangre y de 112 niños el 70% estuvo por arriba de los 50 µg/g de creatinina de arsénico en orina. Dichos datos demuestran que los metales están biodisponibles.

Otros trabajos de nuestro grupo han demostrado daño genotóxico en células sanguíneas y apoptosis (muerte celular) asociados a la exposición al arsénico.

Estos datos indican que el área contaminada merece una atención inmediata a fin de reducir la exposición infantil a metales..

Acciones adquiridas por un Grupo Multidisciplinario en la U.A.S.L.P.

Ante estos resultados, nuestro grupo ha iniciado un proyecto para obtener recursos financieros federales e internacionales que permitan en una primera etapa, evaluar la distribución y comportamiento del arsénico y metales pesados en los medios ambientales de la zona minera de Villa de la Paz - Matehuala, S.L.P., valorando los riesgos ecológicos y en salud en los sitios impactados, para definir y diseñar medidas de intervención adecuadas a las características y condiciones del sitio. Para ello, fue sometido un Proyecto Integral en la Convocatoria CONACyT-SEMARNAT 2002. Este proyecto integral contempla cinco proyectos individuales.

Proyecto No 1. FUENTES, COMPORTAMIENTO Y ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE METALES EN AGUA SUBTERRÁNEA. En este proyecto se definirá el funcionamiento del acuífero de Matehuala, determinando los contribuyentes principales al sistema. Con ello se definirán las zonas impactadas y los posibles orígenes de los metales. Aunado a lo anterior, se determinarán las formas químicas del arsénico para establecer cómo este elemento es removilizado entre las fases sedimentos y agua. Por último, se establecerán métodos de tratamiento para remover el arsénico y otros contaminantes de los cuerpos de agua, con base a las características específicas del sitio y a la factibilidad técnica y económica del proceso.



Proyecto No 2. ALTERNATIVAS DE RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS EN CLIMAS SEMIÁRIDOS. En este trabajo se determinará la distribución y composición de las especies portadoras de arsénico y metales pesados en perfiles de suelo. Además, se estudiará la movilidad y disponibilidad de arsénico y metales pesados en suelos y jales mineros (estos resultados se compararán con los que se obtendrán en el proyecto 3). Asimismo, se valorarán las alternativas de inmovilización química de arsénico y metales pesados de suelos altamente contaminados, realizando simultáneamente la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la interfase suelo-planta para conocer los mecanismos de fijación o translocación de arsénico y metales pesados en plantas indígenas. Finalmente se evaluará la capacidad de plantas indígenas y no indígenas a crecer en suelos contaminados por arsénico con la perspectiva de generar un programa de restauración (los datos se compararán con los resultados del proyecto 4). Los datos servirán para proponer un plan de restauración para suelos y sedimentos. Proyecto No 3.

Proyecto No 3. EVALUACIÓN DE RIESGOS EN SALUD. Se definirá tanto a nivel experimental como a nivel humano, la biodisponibilidad y toxicidad de los metales pesados y del arsénico presentes en suelos y sedimentos. Estos resultados, además de completar el análisis de disponibilidad in vitro que se realizará en el proyecto 2, serán complementarios a la evaluación del riesgo ecológico que se dará con el trabajo del proyecto 4. Así, con todos los datos en su conjunto, se podrá caracterizar el riesgo integrado (riesgo en salud humana y riesgo ecológico), con lo cual se podrá diseñar un programa de educación ambiental tendiente a disminuir la exposición a los metales.

Proyecto No 4. EVALUACIÓN DE RIESGO ECOLÓGICO (Ecotoxicología). En este proyecto se trabajará en tres vertientes: Integridad biótica, exposición in situ de plantas indígenas (autóctonas) a metales pesados y genotoxicidad en plantas de los metales presentes en la zona minera. Como ya lo apuntamos los datos de este proyecto son complementarios a los proyectos 2 y 3, y los datos serán útiles para diseñar un programa de rescate ecológico.

Proyecto No 5. GESTIÓN AMBIENTAL. Este proyecto integrará la información del resto de los proyectos a fin de realizar un estudio comparativo que incluya información técnica, tecnológica, normativa, social, legal, histórica, etc. Todo ello con el objetivo de realizar un análisis costo-beneficio para justificar la inversión del programa de restauración ambiental, que es el objetivo primario de este proyecto integral.



Instituto de Metalurgia, U.A.S.L.P.
Av. Sierra Leona No. 550
Col. Lomas 2ª. Sección
78210 San Luis Potosí, S.L.P.
Tel. y Fax: (4) 825 43 26
E-mail: monroyma@uaslp.mx

Participación del Subcomité Sectorial de Ecología del COPLADE

Por todo lo anterior, estamos solicitando la participación de las diferentes dependencias de los Gobiernos Municipales (Villa de la Paz y Matehuala), Estatal y Federal, a fin de intervenir de manera conjunta en esta grave, muy grave problemática ambiental. En tal sentido, solicitamos:

1. Que de inmediato se paren las obras de construcción del Centro de Recreación que se quiere operar en Cerrito Blanco, Matehuala.
2. Que el Subcomité Sectorial de Ecología del COPLADE nos permita hacer una presentación del caso a fin de generar un programa de acciones coordinadas tendientes a reducir el riesgo en la zona contaminada de Villa de la Paz-Matehuala.