

Uso de microorganismos nativos en la remoción de metales pesados de jales mineros



María Adriana Martínez Prado*¹, Diola Marina Núñez Ramírez², José Luis Urban Martínez¹, Itzel Melissa Almeida Torres¹, Angel Manuel Cabrales González¹

¹ Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Durango.

² Facultad de Ciencias Químicas – UJED.

*adriana.martinezprado@itdurango.edu.mx

La industria minera es desde hace siglos una de las principales actividades que participan en el desarrollo económico de nuestro país. México destaca como productor de plomo, zinc, cobre, oro y plata, ocupando el primer lugar como productor de plata. En el territorio nacional los cinco principales estados que llevan a cabo esta actividad son Chihuahua, Michoacán, Zacatecas, Durango y Coahuila. Sin embargo, la industria minera se ha caracterizado también como una de las más importantes fuentes de contaminación, principalmente del suelo, dado el gran volumen de residuos sólidos generados, comúnmente denominados “jales mineros”, conteniendo una alta concentración de metales pesados.

Entiéndase por jal minero al conjunto de residuos sólidos generados posterior al beneficio como resultado de las operaciones de separación y concentración de minerales; normalmente se encuentran constituidos por sulfuros metálicos, mismos que son fuentes de elementos potencialmente tóxicos como el arsénico, cadmio, plomo, zinc, cobre, fierro y antimonio, entre otros.

El principal problema de los metales pesados es su no biodegradabilidad y que se incorporan a la cadena trófica causando daños en diversos tipos de organismos. Para dar solución a dicha problemática se han desarrollado métodos de remoción dentro de los que destacan los fisicoquímicos y biológicos. Los métodos biológicos han despuntado, tal es el caso de la remediación biológica, y sus bajos costos los hace atractivos al ser comparados con los fisicoquímicos.

Los Metales Pesados

Los metales pesados son un conjunto de elementos que presentan propiedades metálicas, en el que se incluyen los metales de transición, algunos metaloides, lantánidos y actínidos. La densidad específica se ha usado como el criterio de clasificación y se incluyen dentro de estos elementos aquellos con cifras mayores a 5 g/cm³. El término “metal pesado” es empleado para referirse de manera amplia a aquellos metales o metaloides con toxicidad potencial al ambiente y el ser humano.

Impacto en la Salud

La contaminación por metales pesados es común a nivel mundial y tiene efectos en la salud humana por contacto con la piel, vías respiratorias e ingesta de alimentos líquidos o sólidos; de ahí la especial preocupación por la relación directa con los cultivos para consumo humano; la Tabla 1 presenta algunos de los metales pesados y su toxicidad.

Tabla 1.- Mecanismos de toxicidad de algunos metales pesados

Metal	Mecanismo
Arsénico	Daño al endotelio capilar, desacoplamiento de la fosforilación oxidativa.
Zinc	Anemia, disfunciones de sistema gastrointestinal, deficiencia de cobre.
Mercurio	Inhibidor del sistema antioxidante, generación de especies reactivas de oxígeno.
Plomo	Incremento de citocinas inflamatorias, eritropoyetina, inhibición de complejo hemo en la sangre y de enzimas antioxidantes.
Cromo	Daño al ADN, generación de estrés oxidativo.
Cadmio	Inductor de apoptosis, homeostasis de calcio, zinc y fierro afectada, alteración de la cascada de fosforilación.
Cobre	Estrés oxidativo, anemia hemolítica, necrosis.

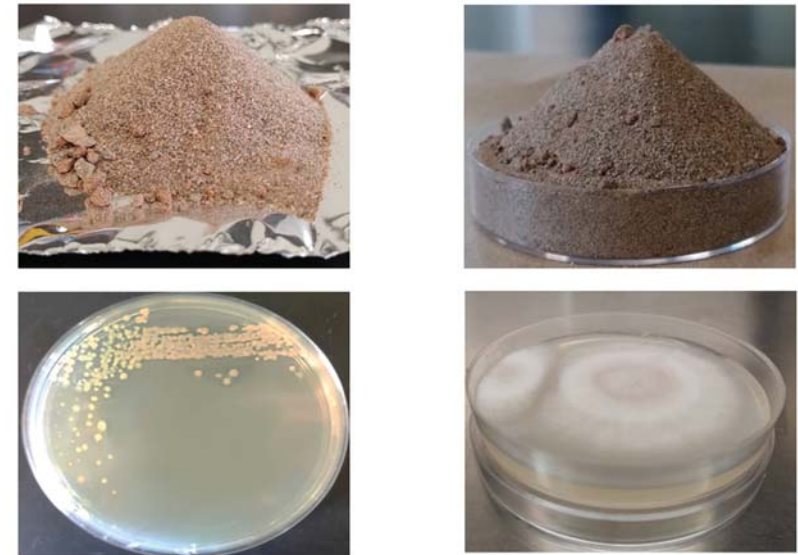


Figura 2. Aislamiento de microorganismos nativos de muestras minerales y jales mineros. Muestra de Mineral (superior izquierda) Jal Minero (superior derecha). Cepa bacteriana (inferior izquierda). Cepa fúngica (inferior derecha).



Remediación Biológica

Conocida como biorremediación, la cual utiliza mecanismos que poseen microorganismos y plantas para la restauración de ambientes contaminados por metales pesados.

La biorremediación es una técnica amigable con el ambiente y de bajo costo comparado con los métodos físicos y químicos, mismos que suelen ser ineficientes y caros si la concentración de los metales es baja, además de generar lodos tóxicos. Los microorganismos se han empleado ampliamente para la remoción de metales pesados, entre ellos destacan bacterias, hongos, algunas levaduras y algas.

Algunos de estos microorganismos reportados en la literatura son *Bacillus subtilis*, *Sporosarcina ginsengisoli*, *Pseudomonas putida*, entre otros. Los mecanismos utilizados por los microorganismos incluyen la precipitación, biosorción por secuestro intracelular de proteínas de unión a metales y la conversión de formas inocuas de los metales mediada por enzimas.

Los Microorganismos Nativos en la Remoción de Metales Pesados

Los microorganismos se encuentran distribuidos en el suelo, agua y aire, su participación en los distintos ecosistemas es de vital importancia pues participan en procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos cruciales para la vida y los retos futuros. Dentro de los microorganismos destacan tanto procariontes (bacterias y arqueas) como eucariontes (hongos, plantas, algas y protozoarios).

La diversidad de los microorganismos se evalúa en términos de su estructura y funcionalidad, como lo son su tamaño celular, forma y capacidad metabólica o de adaptación.

El uso de microorganismos nativos presentes en muestras de mineral sin explotar (cabeza), jales mineros (cola) o de sitios contaminados con metales pesados es una de las variantes de la biorremediación, la cual tiene como objetivo y ventaja aprovechar la capacidad de estos, ya que se ha demostrado que dichos microorganismos poseen características o mecanismos de resistencia a metales pesados y que a su vez les permitan sobrevivir a ese ambiente.

De aquí la importancia de aislar, identificar y conservar microorganismos nativos presentes en muestra minerales antes de ser sometidas al proceso de beneficio y de jales mineros (Figura 2) y realizar pruebas experimentales que proporcionen información sobre la capacidad que estos tienen para tolerar concentraciones elevadas de diferentes metales pesados.

Así mismo, encontrar las variables operativas más importantes que permitan optimizar su desempeño en los procesos de biorremediación, lo anterior con la finalidad reproducirlos a mayor escala, como una herramienta biotecnológica en el tratamiento y recuperación de sitios contaminados con metales pesados.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por el financiamiento del proyecto “Evaluación de la Remoción de As y Zn Empleando Microorganismos Nativos Aislados de Jales Mineros” con Clave: 10467.21-P en su Convocatoria 2021-1.

Referencias

- SE (2021). Secretaría de Economía. Acciones y Programas. Minería. Disponible en: <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>. Fecha de acceso: Enero 4 de 2022.
- FAO (2018). Food and Agriculture Organization of United Nations. Global symposium on soil pollution. In Proceedings of the Global Symposium on Soil Pollution. Roma, Italia. Disponible en: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/events/detail/en/c/1069372/>. Fecha de acceso: Enero 4 de 2022.
- Urban-Martínez, J.L. (2021). Análisis Filogenético de Cepas Nativas Resistentes a Antimonio a Partir de un Mineral Sulfurado. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica, 140 pp. TecNM-Instituto Tecnológico de Durango.
- Cabral-González, A.M. (2021). Evaluación de la Remoción de Arsénico de Jales Mineros a Través de una Lixiviación Bacteriana Mediante una Cepa Nativa. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química, 100 pp. TecNM-Instituto Tecnológico de Durango.
- Almeida-Torres, I.M. (2021). Índice de Resistencia a Arsénico y Antimonio en Cepas Bacterianas Aisladas de un Mineral Sulfurado Cabeza-Cola. Residencia Profesional. Licenciatura en Ingeniería Química, 108 pp. TecNM-Instituto Tecnológico de Durango.