

Determinación de metales pesados en especies arbóreas localizadas en las inmediaciones del río Cata

Determination of heavy metals in tree species located in the Cata River

Mares Lira María Fernanda¹, Granados López Paola¹, Palacios Alvarado Karen Aurora¹, Abraham Aguilar Daniela¹, Ortega Díaz Berenice¹, Huerta Martínez Fernando¹, Medina Mejía Ma. Guadalupe¹, Noriega Luna Berenice¹

¹División de Ingenierías Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.
berenice.noriega@correo.mx¹

Resumen

Se trabajó en las inmediaciones del río Cata; Guanajuato, México, en el área cercana a la empresa minera canadiense Great Panther Silver que extrae oro y plata en el municipio de Guanajuato. Los lodos o jales mineros y los drenajes ácidos generan sustancias tóxicas después de la extracción de minerales y metales, lo que representa un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud de la población. El objetivo de la investigación fue determinar la presencia de metales en las hojas de los árboles que se localizan dentro del trayecto del río Cata, y utilizando también como indicador de impacto ambiental el polvo atmosférico depositado sobre las mismas. Se tomaron muestras de los diferentes árboles de especies nativas y exóticas. Se identificó la presencia de los metales cromo, plomo, cobre y hierro, sin embargo, las concentraciones de estos metales no representan un riesgo fitotóxico para estas especies.

Palabras clave: Río Cata, jales mineros, especies vegetales, Great Panther Silver

Introducción

La industria minera es una de las actividades económicas más importantes en nuestro país. Además, los minerales extraídos son fundamentales tanto para el desarrollo industrial como para el desarrollo tecnológico. La historia de la industria minera en México data de la época prehispánica con la extracción de minerales como oro, plata, cobre, jade y obsidiana, que se empleaban en la fabricación de joyas, esculturas y herramientas, por ejemplo, hachas, alfileres y agujas. Actualmente ha vuelto a cobrar gran relevancia; hoy es la tercera actividad más importante de México, y todos los días crece y se desarrolla. México se encuentra en los primeros lugares en cuanto a extracción de minerales metálicos de los cuales destacan el Cadmio (Cd), Arsénico (As), Zinc (Zn), Plomo (Pb) y la Plata (Ag). (INEGI 2010).

La actividad industrial y el tráfico automotor tienen una importante contribución en la formación de partículas que participan directa e indirectamente en la formación de aerosoles secundarios; en consecuencia, la concentración de partículas en áreas urbanas es alta comparada con áreas no urbanas. La situación se agrava cuando se trata de zonas rurales o mineras industriales en donde se desconocen los niveles de fondo, orientativos o históricos sobre el grado de contaminación por material particulado y polvo sedimentable. El polvo atmosférico o material particulado constituye un elemento de estudio para investigar la distribución de metales pesados y sus efectos sobre los sistemas ecológicos y la salud ambiental (Cayir, *et al.*, 2007, Das *et al.*, 2007).

Las raíces de las plantas son el sitio de contacto principal para los iones de metales pesados y de acuerdo con el mecanismo de tolerancia que posean las plantas será la acumulación de metales pesados en ellas y estos mecanismos clasifican a las plantas en bioacumuladoras, fitoestabilizadoras, exclusoras e indicadoras. Las plantas bioacumuladoras toman el metal a través de la raíz y lo transportan a la parte superior de la planta en donde se acumula, estas plantas pueden ser utilizadas para biorremediación ya que pueden remover los metales del suelo. Por otro lado, las plantas fitoestabilizadoras acumulan el metal en la raíz, pero sin

transportarlo a la parte superior, este mecanismo también es utilizado como biorremediación ya que fija los metales pesados impidiendo su lixiviación y posterior llegada a los cuerpos de agua. Asimismo, las plantas exclusoras, no permiten la entrada de los metales a la raíz, esto es únicamente posible a través de los complejos orgánicos que se forman entre los exudados de las raíces y los metales presentes en el suelo. Finalmente, las plantas indicadoras permiten el paso del metal a través de la raíz y su llegada a la parte superior.

Algunas otras especies de plantas han sido estudiadas para evaluar el comportamiento del polvo atmosférico tales como: *Platanus orientalis*, *Alstonia scholaris*, *Ficus bengalensis*, *Polyalthia longifolia*, *Azadirachta indica*, *Nerium oleander*, *Lantana camara*; *Alstonia scholaris*, *Ficus bengalensis*, *Morus alba*, *Polyalthia longifolia* entre otras (Norouzi, *et al.*, 2015, Parekh *et al.*, 2016, Rossini-Oliva, *et al.*, 2016, Tanushree, *et al.*, 2018). Las primeras investigaciones sobre la captación de polvos en suspensión por los vegetales fueron realizadas por Hill (1971). Los modelos explicativos y predictivos sobre dicha captación han sido desarrollados por Bennet, *et al.* (1973), Belot, *et al.* (1976). El objetivo de la investigación fue determinar la presencia de metales pesados en las hojas de los árboles que se localizan a lo largo del río Cata y para posteriormente identificar las especies vegetales con capacidad de acumulación de metales.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El río Cata atraviesa la ciudad de Guanajuato por las calles San Clemente y Dos Ríos, en su recorrido el río pasa por túneles y cañones subterráneos hasta desembocar en el río Guanajuato, el cual atraviesa el estado de Guanajuato y desemboca en el río Lerma, uno de los principales ríos de México. La zona en donde se ubicado el río Cata presenta un clima semiárido con una temperatura promedio anual entre 18 a 20°C con veranos cálidos y secos e inviernos moderados; la precipitación anual es relativamente baja, entre 400 a 650 mm/año. El río Cata en una sección está embovedado y en otras es subterráneo, y está constantemente expuesto a la infiltración de contaminantes a través del suelo y del aire a través de las descargas residuales no tratadas o tratadas de manera inadecuada, por sustancias químicas provenientes de actividades industriales como la minería además de la actividad alfarera que se desarrolla dentro de la zona. Dentro del sector en donde se ubica el río Cata, se encuentra la empresa minera canadiense Great Panther Silver, la cual procesa minerales, además se encuentran sitios de disposición de residuos mineros y la mancha urbana (Figura 1).



Figura 1. Localización del sitio de estudio: el triángulo amarillo corresponde a la empresa minera; en el círculo rojo se encuentra la alberca de lixiviados de la empresa; en el rectángulo verde se localiza la zona urbana; en la parte superior derecha se localiza la presa de jales de la empresa. Fuente: elaboración propia.

Toma de muestra de especies vegetales

Para la toma de muestra de las especies vegetales se tomaron en consideración criterios como seleccionar las hojas más maduras y no tomar hojas dañadas por insectos, enfermedades, agroquímicos, etc., asimismo las muestras deben de ser representativas de la zona, así como su situación nutrimental; se evitó tomar plantas atípicas (más vigorosas, más pequeñas o dañadas). Se cortaron 30 hojas de los arbustos que contaban con una altura de 2.5 m aproximadamente. Las hojas se guardaron en bolsas de papel etiquetadas y se transportaron al laboratorio.

Determinación de metales pesados

Las hojas recolectadas se dividieron en dos grupos; el primer grupo fue lavado con agua desionizada y el segundo grupo se procesó sin lavar. En ambos grupos las hojas fueron pesadas y medidas, luego se calcinaron en la estufa a 80° C hasta peso constante durante 48 horas. Para el análisis de los metales cromo, cobre, hierro y plomo, las hojas recolectadas se mezclaron y se trituraron, de esta mezcla se realizó una digestión ácida en el horno de microondas Titan MPS Perkin Elmer pesando 0.4 g de muestra, 5 ml de HNO₃ (70%) y 3 ml de H₂O₂ (30%), y se determinó su concentración mediante el equipo de absorción atómica Perkin Elmer Analyst 400 (EPA 3052). Finalmente, se realizó el análisis estadístico de las concentraciones de los metales.

Resultados y Discusión

Los valores promedio de las concentraciones de los metales cromo, hierro y cobre expresadas ppm presentes en las 11 especies vegetales (algunas de éstas se presentan en la figura 2) muestreadas en las inmediaciones del río Cata, fueron estudiados para conocer las posibles afectaciones al ecosistema y a la población. De acuerdo con las concentraciones encontradas, los valores mayores corresponden a muestras que no fueron lavadas N4, N5 y N8, es decir, corresponden a muestras en donde persiste el material particulado sedimentable; en la muestra N4 se encuentra el valor más alto de cromo, en N5 el valor más alto de cobre y en N8 el valor más alto de hierro. Es importante destacar que, en las muestras de hojas tratadas en ambas condiciones, lavadas y no lavadas, no se logró detectar el metal plomo. De acuerdo con el análisis estadístico no se observa una variación significativa en las desviaciones estándar de las concentraciones de los metales en la zona (Tablas 1 y 2).



Figura 2. Especies vegetales presentes en el río Cata. a) *Baccharis salicifolia*, b) *Schinus molle* c) *Eysenhardtia* y d) *Salix nigra*. Fuente: elaboración propia.

La presencia de metales pesados en los vegetales y en los sedimentos, son generados por diferentes actividades antropogénicas y de manera natural por la geología del lugar los metales, que pueden ocasionar fitotoxicidad mediante la alteración del crecimiento y la germinación de semillas, dependiendo del compuesto químico del metal, la biodisponibilidad, el tipo de especies vegetales y la concentración (Duan et al., 2015, Baderna et al., 2015). Pueden originarse efectos directos e indirectos sobre el crecimiento de las plantas, los cuales alteran funciones fisiológicas por la formación de complejos con oxígeno, nitrógeno y azufre, éstos interfieren con la captación de minerales, el metabolismo proteico, funcionamiento de la membrana celular, la captación de agua, inhibición de la fotosíntesis (Hasan et al., 2009, Patra et al., 2004, Baderna et al., 2015).

Aunque las concentraciones de los metales encontradas en los vegetales no representan un riesgo fitotóxico de acuerdo con lo reportado por Patra et al., 2004, Aiman et al., 2016, Duan et al., 2015, las plantas pueden seguir absorbiéndolos y acumularlos en las raíces, tallo, nódulos radiculares y semillas por el incremento de las concentraciones externas, y causar alteraciones como las antes mencionadas. En este trabajo se decidió analizar únicamente como órgano de estudio las hojas debido a que es donde existe mayor área de exposición y la principal actividad metabólica.

Tabla 1. Concentraciones de metales en hojas de los árboles muestreados en el río Cata (L representa muestra lavada).

Muestra	Cromo (ppm)	Hierro (ppm)	Cobre (ppm)	Plomo (ppm)
L1	0.052	0.225	0.2295	ND
L2	0.043	0.002	0.2431	ND
L3	0.050	0.257	0.2601	ND
L4	0.048	0.152	0.2442	ND
L5	0.048	ND	0.3025	ND
L6	0.043	ND	0.2708	ND
L7	0.043	ND	0.2312	ND
L8	0.043	0.843	0.2346	ND
L9	0.048	ND	0.2550	ND
L10	ND	0.267	0.2323	ND
L11	0.052	0.312	0.2669	ND
Media	0.0470	0.2940	0.2518	ND
σ	0.0037	0.2626	0.02229	ND

Tabla 2. Concentraciones de metales en hojas de los árboles muestreados en el río Cata (N representa muestra no lavada).

Muestra	Cromo (ppm)	Hierro (ppm)	Cobre (ppm)	Plomo (ppm)
N1	0.052	0.051	0.2391	ND
N2	0.048	0.258	0.2550	ND
N3	0.048	0.262	0.2516	ND
N4	0.057	0.428	0.2414	ND
N5	0.052	0.003	0.3003	ND
N6	0.052	0.255	0.2703	ND
N7	0.048	0.126	0.2312	ND
N8	0.048	1.785	0.3037	ND
N9	ND	0.146	0.2380	ND
N10	0.048	0.138	0.2368	ND
N11	0.052	0.255	0.2533	ND
Media		0.3370	0.2564	---
σ		0.4943	0.02504	---

Conclusión

Las concentraciones de metales encontradas en las hojas de los árboles no presentan riesgo fitotóxico, sin embargo, las posibilidades de incrementar las concentraciones por el aumento de la emisión de contaminantes y por la bioacumulación ponen en riesgo a las especies vegetales al seguir extendiéndose las actividades industriales, y los desarrollos habitacionales en esta zona.

El hecho de que no haya un riesgo es porque cobre, hierro y cromo son elementos esenciales para las plantas, lo cual disminuye su concentración y aunque las hojas son el órgano con más actividad química no todos los elementos se absorben de la misma manera en los diferentes órganos de la planta, por ejemplo, el hierro lo hace más en las raíces al igual que el cobre. Asimismo, los sedimentos en donde se encuentran las raíces de las especies estudiadas presentan un pH alcalino y un porcentaje alto de materia orgánica, lo que disminuye la biodisponibilidad de estos.

Bibliografía/Referencias

Aguilar, L. P., Del Socorro Santos Díaz, M., Aguirre, Y. A. G., Gómez, M. S. R., & Balch, E. P. M. (2020). Análisis in vitro de la acumulación de metales pesados en plantas de la familia Asparagaceae tolerantes a la baja disponibilidad de agua. *Nova Scientia*, 12(24).

Aiman, U., Mahmood, A., Waheed, S. y Malik, R. N. (2016). Enrichment, geo-accumulation and risk surveillance of toxic metals for different environmental compartments from Mehmoos Booti dumping site, Lahore city, Pakistan. *Chemosphere*. 114:2229-2237.

Baderna, D., Lomazzi, E., Pogliaghi, A., Ciaccia, G., Lodi, M. y Benfenati, E. (2015). Acute phytotoxicity of seven metals alone and in mixture: Are Italian soil threshold concentrations suitable for plant protection?. *Environmental research*. 140:102-111.

Belot, Y., A. Baille and Delmas, J.L. (1976). Modèle Numérique de Dispersion des polluants Atmosphériques en Presence de Couverts Végétaux. *Atmospheric Environment*, 10:89-98.

Bennet, J.H., A.C. Hill and Gates, D.M. (1973). A Model for Gaseous Pollutant Sorption by Leaves. *Journal of the Air Pollution control association*. 23: 957- 962.

Cayir, A., Coskun, M., Coskun, M. (2007). Determination of Atmospheric Heavy Metal Pollution in Canakkale and Balikesir Provinces Using Lichen (*Cladonia rangiformis*) as a Bioindicator. *Bull Environ Contam Toxicol*. 79:367-370.

Das, M., y Kumar, M. S. (2007). Metal accumulation in 5 native plants growing on abandoned cuttailings ponds. *Applied ecology and environmental research* 5(1):27-35.

Duan, X., Zhang, G., Rong, L., Fang, H., He D., y Feng, D. (2015). Spatial distribution and environmental factors of catchment-scale soil heavy metal contamination in the dry-hot valley of Upper Red River in Southwestern China. *Catena* 135:59-69.

Hasan, S. A., Fariduddin, Q., Ali, B., Hayat, S., Ahmad, A. (2009). Cadmium: Toxicity and tolerance in plants. *Journal of Environmental Biology*. 30(2): 165-174.

Hill, D.J. (1971). Experimental study of the effect of sulphite on lichens with reference to atmospheric pollution. *New Phytologist* 70, pp. 831-836.

INEGI, 2010. Minería en Mexico. Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/mineria/default.aspx?tema=E>.

Norouzi, S.; Khademi, H. (2015). Source identification of heavy metals in atmospheric dust using *Platanus orientalis* L. leaves as bioindicator. *Eurasian J Soil Sci*. 4(3): 144-152.

Parekh, H.; Patel, M.; Tiwari, K. K. (2016). A detailed study of heavy metal accumulation across highway plant species. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*. 5(1): 032-036.

Patra, M., Bhowmik, N., Bandopadhyay, B., y Sharma, A. (2004). Compararison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and development of genetic tolerance. *Environmental and experimental Botany*. 52:199-223.

Rossini-Oliva, S.; Fernández-Espinosa, A. J. (2007). Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources. *Microchemical Journal*. 86: 131-139.

Tanushree, B.; Chakraborty, S.; Bhumika, F.; Piyal, B. (2011). Heavy metal concentrations in Street and leaf deposited dust in Anand City, India. *Research Journal of Chemical Sciences*. 1(5): 61-66.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo a Dirección de Apoyo a la Investigación y Posgrado, a la División de Ingenierías (Dra. Alma Serafín, Dra. Norma Gutiérrez, M.C. Ignacio Ceseña, y QFB Alonso Orozco), y a la División de Ciencias Naturales y Exactas (Dr. Gustavo Cruz) de la Universidad de Guanajuato por su apoyo para la realización de este proyecto.