

## Evaluación de la presencia de metales pesados en los sedimentos del río de Cata

Evaluation of the presence of heavy metals in sediments of the Cata River.

Abraham Aguilar Daniela<sup>1</sup>, Ortega Díaz Berenice<sup>1</sup>, Mares Lira María Fernanda<sup>1</sup>, Granados López Paola<sup>1</sup>, Palacios Alvarado Karen Aurora<sup>1</sup>, Huerta Martínez Fernando<sup>1</sup>, Medina Mejía Ma. Guadalupe<sup>1</sup>, Noriega Luna Berenice<sup>1</sup>

<sup>1</sup>División de Ingenierías Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.  
berenice.noriega@correo.mx<sup>1</sup>

### Resumen

La acumulación de metales pesados en ecosistemas acuáticos provoca severas afectaciones al ambiente, particularmente la actividad minera afecta la superficie terrestre, los suelos, el agua, así como agua superficial y acuíferos subterráneos y contamina el aire. Asimismo, provoca severas alteraciones al microclima, flora y fauna y afecta la salud de las personas. En este estudio se analizó el Río Cata, localizado en el municipio de Guanajuato, fuertemente afectado por la actividad minera, actividad alfarera y descargas de agua residual urbano domésticas. El objetivo fue determinar la presencia de metales como hierro (Fe), cromo (Cr), plomo (Pb) y cobre (Cu) en muestras de sedimentos del río. Se llevó a cabo la caracterización de los componentes mayoritarios de los sedimentos (carbonatos, silicatos, materia orgánica, pH y conductividad) y la determinación de metales se llevó a cabo por espectrofotometría de absorción atómica. Se encontraron presentes cobre, cromo, hierro lo cual es indicio de la afectación por parte de la actividad minera que se presenta en el sitio, actividades antropogénicas, así como de manera natural por la geología del lugar. Con respecto a los componentes mayoritarios, es de destacar que se encontró un alto porcentaje de materia orgánica y silicatos, un pH alcalino y un bajo porcentaje de carbonatos.

**Palabras clave:** Río cata; metales; sedimentos; contaminación, Great Panther Silver.

### Introducción

La presencia de metales pesados en los ecosistemas como consecuencia de aportes naturales y antropogénicos puede suponer una amenaza considerable para el medio acuático. Estos metales dañan la salud humana a través de diversas vías, debido a su bioacumulación, toxicidad aguda y crónica y persistencia. En los sistemas acuáticos, la mayoría de los metales se acumulan y secuestran en la fase particulada de los sedimentos, siempre que los parámetros fisicoquímicos de los sedimentos o del agua superficial permanezcan estables. Aunque los metales pesados tienen baja solubilidad, una vez que entran en los ríos, se diluyen rápidamente y son transportados con los gradientes hidrológicos durante cientos de kilómetros para luego ser absorbidos y depositados en los sedimentos del fondo. Al mismo tiempo, los metales pesados de los sedimentos pueden liberarse en las aguas superficiales en condiciones favorables y pueden entrar en la cadena alimentaria, por lo que suponen un riesgo para la salud de los consumidores humanos. Así pues, los sedimentos podrían emplearse como indicadores de los niveles de contaminación y servir como herramienta de cribado para detectar la contaminación histórica y reciente en las proximidades.

La adsorción de los metales es un proceso competitivo entre los diferentes iones presentes por los centros activos del sedimento y, por tanto, está fuertemente influenciada por la naturaleza de la matriz mineral, el tamaño de las partículas sedimentarias, las características físicas y químicas del medio, el pH, los procesos de difusión y mezcla, la actividad de los organismos bentónicos y la resuspensión (Ponce et al. 2000, Calderón y Valdés 2012, Nowrousi et al. 2014). De hecho, los sedimentos son reservorios de metales pesados que pueden actuar como una fuente no puntual, liberar metales y otros contaminantes a las aguas superficiales por procesos naturales o antropogénicos, y provocar efectos adversos (Wang et al. 2010, El Nemr et al. 2012). Debido a la gran importancia de los sedimentos en el ciclo global ecológico de los metales pesados en los compartimientos de cuerpos de agua superficial y la posibilidad de provocar daños ecológicos y biológicos, el objetivo de este estudio es determinar la presencia de metales pesados como cromo, plomo, cobre y hierro en los sedimentos y de esta manera evaluar la existencia de una amenaza concreta de daño por metales pesados en los sedimentos del río Cata y sus posibles efectos en las condiciones ambientales.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El río Cata está ubicado por las calles de San Clemente y Dos Ríos, este hace un largo recorrido hasta desembocar en el Río de Guanajuato y posteriormente en el Río Lerma. Es un río subterráneo y 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. Cerca del río cata se encuentran diversos comercios y actividades industriales, mineras y de alfarería que junto a las descargas residuales no tratadas o tratadas de manera inadecuada propician la contaminación del río.

El municipio de Guanajuato se caracteriza en la región como centro minero de alta actividad por su ubicación geográfica y por estar asentada sobre cerros y montañas. Dentro de la zona en donde se ubica el río Cata, se encuentra la empresa minera canadiense Great Panther Silver la cual procesa minerales; en el año 2015 ocurrió un derrame al río Cata de 1 200 galones de lodos residuales de la pileta de jales de la mina.

Todo esto sin contar que, al existir un tramo bastante largo aproximadamente de kilómetro y medio donde el río está a simple vista y donde cualquier persona puede transitar, la basura abunda en este río, tanto de manera directa como indirecta ya que, con ayuda de las lluvias, arrastra esta basura hacia el río y, por último, aunque no es un sitio con alta demanda vehicular, aun así, existe dicho tránsito diariamente provocando la contaminación por parte de los vehículos hacia el río.

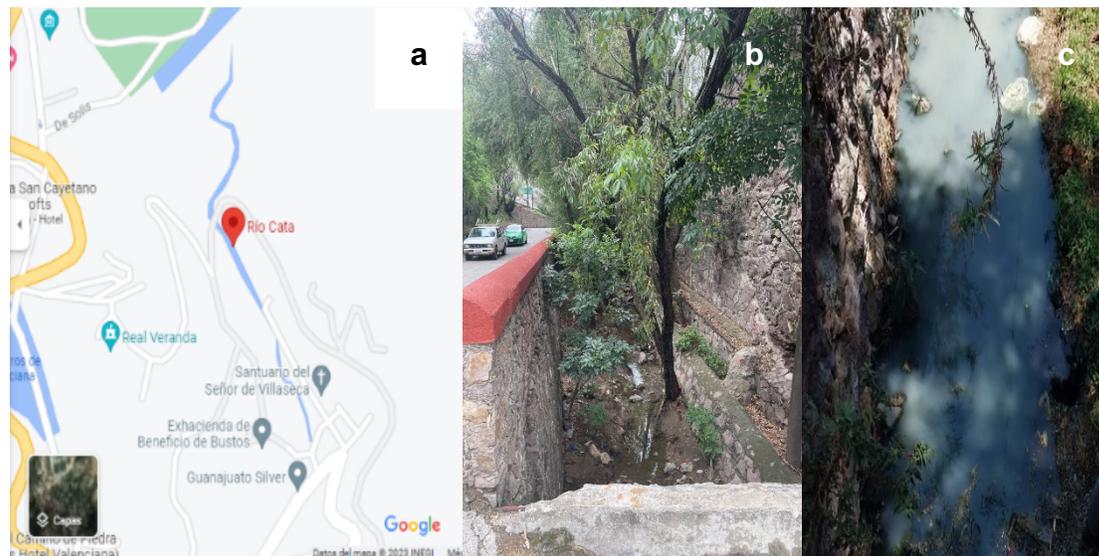


Figura 1. Sitio de estudio (río Cata): a) Localización (software Google maps); b) y c) imágenes actuales del río, fuente propia.

### Toma de muestra

Se tomaron muestras manualmente en 9 puntos a lo largo del trayecto del río Cata, se homogeneizaron inmediatamente después de la toma, se almacenaron en posición vertical, dentro de bolsas de polietileno de cierre hermético, cubiertas por bolsas plásticas negras a una temperatura de 4°C, para su traslado. Una vez en el laboratorio las muestras se secaron a 40°C durante 24 horas. Posteriormente, las muestras se trituraron en un mortero y tamizaron con un colador de Nylon (60 y 70µm), almacenándose en bolsas con cierre hermético.

### Caracterización de sedimentos

**Carbonatos.** Se pesaron 0.5 gramos de sedimento y se adicionaron 25 ml de HCl 0.5N y 20 ml de agua desionizada, las muestras se calentaron durante 3 minutos, se dejó enfriar y se tituló el exceso de ácido con NaOH 0.25N. Finalmente se estimó el porcentaje de carbonatos.

**Silicatos.** Se pesó 1 gramo de sedimento, se adicionaron 20 ml de HCl 1:1, las muestras se colocaron en baño de arena durante 24 horas a 110°C, transcurrido el tiempo se adicionaron 20 ml de HCl 1:1 y se dejó durante 10 minutos más en el baño de arena; finalmente se adicionaron 20 ml de agua desionizada y se filtró; el papel filtro se calcinó a 1050°C, se dejó enfriar y se estimó el porcentaje de silicatos.

**Materia orgánica.** Se pesó 1 gramo de sedimento y las muestras se calcinaron a 550°C, se dejó enfriar y se estimó el porcentaje de materia orgánica.

**pH y Conductividad.** Se pesaron 0.5 gramos de sedimento y se adicionaron 20 ml de agua desionizada, las muestras se mantuvieron en agitación constante a velocidad media durante 10 minutos y se dejaron reposar por 10 minutos; al termino de este tiempo se midió el pH (Figura 2E) y la conductividad empleando los siguientes equipos un potenciómetro Ohaus modelo starter 3100 y el conductímetro YSI modelo 35.

#### Concentración de metales

Para el análisis de los metales cromo, cobre, hierro y plomo se realizó la digestión ácida en el horno de microondas marca Titan MPS Perkin Elmer, se pesaron 0.5 g de muestra, se adicionaron 9 ml de HNO<sub>3</sub> (70%) y 3 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%), se determinó la concentración de metales en el equipo de absorción atómica marca Perkin Elmer Analyst 400.

## Resultados y Discusión

Las muestras de sedimentos tomados en el río de cata se caracterizaron a través de sus componentes mayoritarios, al respecto se puede observar que los valores de pH oscilan en un rango entre 6.86 a 9.34, siendo la muestra S1 las más ácida y la S4 la más alcalina; respecto a la conductividad los valores se encuentran en un rango de 354.287 a 1157.814  $\mu$ S/cm, siendo la muestra S8 el valor más bajo y la S1 el valor más alto. El contenido de carbonatos en las muestras de sedimentos se encuentra en el rango entre 6.10 a 13.78 %, la muestra S8 presenta el valor más bajo y la muestra S3 el valor más alto, lo que indica que los metales se encuentran medianamente biodisponibles; mientras que el porcentaje de silicatos se encuentra en un rango entre 28.37 a 73.69 % en donde la muestra S6 presenta el porcentaje más bajo y la muestra S1 el más alto. Finalmente, el porcentaje de materia orgánica se encuentra en un rango entre 57.95 a 93.43 % siendo la muestra S1 la de menor porcentaje y la muestra S8 la de mayor porcentaje. A partir del análisis estadístico se encontró que hay poca variación en los valores de los parámetros analizados en el área de estudio (Tabla 1).

*Tabla 1. Análisis de componentes mayoritarios de los sedimentos muestreados en el río Cata.*

Muestra	pH	Conductividad ( $\mu$ S/cm)	Carbonatos (Porcentaje)	Silicatos (Porcentaje)	MO (Porcentaje)
S1	6.86	1157.814	7.53	73.69	57.93
S2	7.14	371.644	8.97	37.93	90.49
S4	7.03	1147.604	13.78	54.16	73.82
S5	9.34	487.017	8.41	52.07	84.74
S6	7.33	1136.373	6.10	62.14	59.33
S7	7.61	1053.672	13.69	28.37	91.14
S8	7.62	901.543	12.19	32.12	88.15
S9	7.97	354.287	6.45	31.75	93.43
<b>Media</b>	<b>7.61</b>	<b>826.24</b>	<b>9.64</b>	<b>46.53</b>	<b>79.88</b>
$\sigma$	<b>0.7856</b>	<b>360.8054</b>	<b>3.1434</b>	<b>16.4755</b>	<b>14.4212</b>

Asimismo, en las muestras de sedimentos se analizó la presencia de los metales cobre, plomo, hierro y cromo con la técnica de absorción atómica por flama, observándose que en la muestra S1 se encuentran presentes los tres metales a diferencia del resto de las muestras en donde los valores de concentración son más bajos para cobre, en el caso del plomo no es detectable bajo esta técnica, así mismo ocurrió que los valores del hierro son mayores a 3 ppm (Tabla 2). En las muestras de sedimento que presentan valores de pH mayores a 7 se disminuye la biodisponibilidad de los metales, debido a la formación de complejos con los minerales presentes. En el mismo contexto, la presencia de porcentajes altos de materia orgánica se asocia también con la disminución de manera significativa de la biodisponibilidad de los metales a través del intercambio iónico entre los grupos superficiales presentes en la materia orgánica principalmente por los grupos hidroxilo (OH<sup>-</sup>) y carboxilo (COO<sup>-</sup>) presentes en los ácidos húmicos y fúlvicos. En el análisis de los metales se observa que el cobre se encuentra en concentraciones superiores a 1 ppm, este valor es resultado de que este metal se encuentra de forma natural y antropogénica en los drenajes ácidos de las minas. Por último, el plomo no se encuentra de manera natural en sedimentos, aunque la presencia de plomo solo se logró detectar en una de las muestras, se le puede atribuir a los vehículos que transitan en la zona.

**Tabla 2.** Concentración de metales en ppm de los sedimentos muestreados en el río Cata.

Muestra	Cromo (ppm)	Cobre (ppm)	Plomo (ppm)	Hierro (ppm)
S1	1.114	3.8136	0.3231	>3
S2	0.952	1.5337	ND	>3
S3	0.705	3.3490	ND	>3
S4	0.762	2.0578	ND	>3
S5	0.724	1.7773	ND	>3
S6	0.690	2.9076	ND	>3
S7	1.043	1.1507	ND	>3
S8	0.762	1.4351	ND	>3
S9	0.9238	1.2550	ND	>3
Media	<b>7.61</b>	<b>826.24</b>	---	---
$\sigma$	<b>0.7856</b>	<b>360.8054</b>	---	---

## Conclusión

Los resultados de los análisis realizados arrojan que los sedimentos de la zona se encuentran influenciados por la presencia de metales pesados, resultado de actividades antropogénicas como la minería, actividades de alfarería y descarga de aguas residuales urbano domésticas. Además, se encontró que los metales analizados se presentan en concentraciones medias y altas, de esta manera se logra identificar que el cobre se encuentra en concentración más elevada en comparación al cromo y plomo, sin embargo, tanto cobre como plomo se encuentran de manera natural en las plantas. En cuanto a la única muestra que presenta concentración de plomo, podemos deducir que es el resultado de la actividad antropogénica en el lugar.

De este modo, los valores de pH que presentan las muestras de sedimento son mayores a 7, lo que implica la disminución de la biodisponibilidad de los metales, debido a su formación de complejos con los minerales presentes. Asimismo, la presencia de un porcentaje alto de materia orgánica reduce también de manera significativa la biodisponibilidad de los metales a través del intercambio iónico entre los grupos superficiales presentes en la materia orgánica principalmente OH y COOH.

## Bibliografía/Referencias

Calderón C. y Valdés J. (2012). Contenido de metales en sedimentos y organismos de la Bahía de San Jorge, Antofagasta, Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 47 (1), 121-133. DOI:10.4067/S0718-19572012000100011

El Nemr A., Khaled A., Moer A. y El-Skalily A. (2012). Risk probability due to heavy metals in bivalve from Egyptian Mediterranean. *Egypt. J. Aquat. Rev.* 38 (2), 67-75. DOI:10.1016/j.ejar.2012.11.001

Nowrousi H.R. y Pourkhabbaz A. (2014). Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Hara Biosphere Reserve, Iran. *Chem. Speciat. Bioavailab.* 26 (2), 99-105. DOI:10.3184/095422914X13951584546986 *Rev. Int. Contam. Ambient vol.24 no.4 Ciudad de México nov. 2008*

Ponce R., Forja J. y Gómez A. (2000). Influencia de la actividad antropogénica en la distribución vertical de Zn, Cd, Pb y Cu en agua intersticial y sedimentos marinos costeros (Bahía de Cádiz, España). *Cienc. Mar.* 29 (3), 479-502.

Wang S., Jia Y., Wang S., Wang X., Wang H., Zhao Z. y Liu B. (2010). Fractionation of heavy metals in shallow marine sediments from Jinzhou Bay, China. *J. Environ. Sci.-China* 22 (1), 23-31. DOI: 10.1016/S1001-0742(09)60070-X. Zhang et al. / *Science of the Total Environment* 645 (2018) 235-243

## 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.