

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN POR ELEMENTOS TRAZA EN SEDIMENTOS DE LA PRESA LA PURÍSIMA (GUANAJUATO)

García Flores, Melina Esperanza (1), Zanol, Gabriela A. (2)

1 Licenciatura en Ingeniería Ambiental, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato | me.garciaflores@ugto.mx

2 Departamento de Ciencias Ambientales, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato | gzanor@ugto.mx

Resumen

La presa La Purísima se encuentra localizada en el municipio de Guanajuato, en el centro del estado de Guanajuato. Actualmente, La Purísima proporciona agua para irrigar al distrito de riego 011, actúa en la recarga de los pozos Puentecillas y del acuífero Silao-Romita. Las actividades antrópicas en el área de captación son la minero-metalúrgica, urbana y agrícola. Con la finalidad de evaluar la contaminación del ambiente lacustre se tomaron muestras de sedimentos en 12 sitios y se efectuaron análisis de parámetros in-situ en agua (temperatura, pH y profundidad del disco de Secchi). Las determinaciones en los sedimentos incluyeron materia orgánica y concentraciones totales de elementos traza (Zn, Pb, Cu y As) por Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES). También se calculó el Índice de Geoacumulación (I_{geo}) para analizar las posibles fuentes de aporte. La Purísima mostró contenidos de materia orgánica entre 7.65 a 13.33% y concentraciones de Zn: 46.28-88.84, Pb: 12.28-33.24, Cu: 9.87-51.64 y As: 7.18-16.75 (mg/kg), los contenidos máximos en los bordes. Según el I_{geo} , las clases resultaron no contaminadas (Zn, Pb y Cu) a moderadamente contaminadas (As). Este estudio aporta información relevante para conocer el riesgo potencial de acumulación de elementos tóxicos al ecosistema acuático.

Abstract

The dam La Purisima is located in the city of Guanajuato, in central state of Guanajuato. Currently, La Purisima provides water to irrigate the irrigation district 011, acts as a recharge of Puentecillas wells and the aquifer of Silao- Romita. Human activities in the catchment area are the mining-metallurgy, urban and agriculture. In order to assess lacustrine environment pollution, sediment samples were collected at 12 sites and the analyses of in-situ water measurements were made (temperature, pH and depth of Secchi disk). Determinations included organic matter and total concentrations of trace elements (Zn, Pb, Cu and As) in sediments, by Atomic Emission Spectrometry with Inductively Coupled Plasma (ICP-AES). The geoaccumulation Index (I_{geo}) was also calculated to analyze possible sources of supply. La Purisima showed organic matter contents between 7.65 and 13.33% and concentrations of Zn: 46.28-88.84, Pb: 12.28-33.24, Cu: 9.87-51.64 and As: 7.18-16.75 (mg/kg). According to I_{geo} , classes were not polluted (Zn, Pb y Cu) to moderately polluted (As). This study provides important information for understanding the potential risk of accumulation of toxic elements to the aquatic ecosystem.

Palabras Clave

Laguna artificial; metales; sedimentos de fondo; riesgo ambiental.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la contaminación por metales pesados en los cuerpos de agua se ha convertido en un problema de preocupación mundial. La mayor parte de los niveles elevados de metales provienen de fuentes culturales (actividades agrícolas, minería, generación de energía, residuos domésticos), aunque una gran parte son introducidos por aportes litogénicos, derivados de los procesos de meteorización de las rocas circundantes. La acumulación por metales pesados representa un grave problema ambiental, los impactos negativos a la salud pública y a los ecosistemas locales y regionales [1]. Dentro de los ciclos biogeoquímicos, la acumulación de metales pesados y su biodisponibilidad constituye el inicio de una importante degradación ambiental, debido a que éstos no pueden ser neutralizados o removidos fácilmente de los ecosistemas [2].

En los sistemas acuáticos los metales se disuelven en el agua y bajo condiciones fisicoquímicas específicas se precipitan en el sedimento, y en ocasiones, se re-disuelven [3]. Según Santos-Bermejo et al. (2003), la calidad del sedimento sirve como un importante indicador de la contaminación del agua. Esto se debe a que el sedimento actúa como un sistema colector o trampa de contaminantes lo que permite hacer un análisis histórico de los contaminantes vertidos en una zona particular. Todos los elementos en cierta concentración son tóxicos, dada su persistencia, bioacumulación y la posibilidad de incorporarse a la cadena trófica.

Algunos métodos utilizados para determinar la peligrosidad, movilidad y disponibilidad de los metales en sedimentos se basan en procedimientos químicos y mineralógicos. Los métodos más usados son: 1. Determinación de la concentración total de metales; 2. Extracción secuencial [5]. La medición de la concentración total de metales en sedimentos sirve para conocer el riesgo existente de acumulación en un ambiente determinado. La segunda técnica intenta valorar la distribución de los metales respecto a las distintas fases de un sedimento y su movilidad relativa.

La presa La Purísima (Guanajuato central) forma parte de la cuenca hidrológica Lerma-Santiago, una de las cuencas más extensas del país. A pesar de sus múltiples funciones ecológicas, económicas y sociales, desde su creación entre los años 1978 y 1979, ha estado sujeta a enormes impactos ecológicos producto de la actividad minero-metalúrgica en el área de captación de la cuenca y de las actividades agrícola, industrial y urbana dentro de la microcuenca (especialmente los municipios de León, Silao, Irapuato, San Francisco del Rincón). Algunos trabajos anteriores han reportado un importante deterioro de este recurso hídrico, encontrando niveles de concentración elevados de elementos traza en el agua de la presa incluso dañinos para la vida acuática [6] y altas concentraciones de fósforo total en los pozos de recarga provenientes de la presa [7]. A esta problemática hay que sumarle la descarga de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento previo y una alta eutrofización del embalse.

Es por ello que esta investigación tiene como finalidad evaluar el nivel de contaminación actual de la presa La Purísima (Gto.) a través de la cuantificación de las concentraciones totales de elementos traza (Zn, Cu, Pb y As) en sedimentos de fondo de la presa. También, se efectuaron determinaciones in-situ en muestras de agua (temperatura, pH y profundidad del disco de Secchi), para analizar la calidad del agua. Este trabajo aportará información clave para la gestión del recurso hídrico, bajo el entendido que la afectación de la calidad de su agua, sedimento y organismos genera impactos ecológicos, sociales, económicos e inclusive, daños a la salud humana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de sedimentos y las mediciones de parámetros in-situ en agua se llevaron a cabo en el mes de mayo 2016. El muestreo se realizó de manera aleatoria, seleccionando los puntos con descargas y centrales, obteniendo en total 12 puntos (Imagen 1). La extracción de los sedimentos se efectuó utilizando una draga EKMAN, a una profundidad de 30 cm (Imagen 2). Las determinaciones en sedimentos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Tratamiento de Aguas de la División de Ciencias de la Vida (DICIVA-

Universidad de Guanajuato) La temperatura y pH en agua se midieron siguiendo las Normas Mexicanas NMX-AA-007-SCFI-2013 y NMX-AA-008-SCFI-2011, mientras que la profundidad del disco de Secchi con base en el protocolo interno del IMTA-Morelos. Con los datos obtenidos de la profundidad del disco de Secchi se calculó el índice de estado trófico (IET), según Carlson (1977).

Para los sedimentos, se determinó la materia orgánica (Pérdida por Ignición: PPI), siguiendo la técnica de Heiri et al. (2001). Las concentraciones totales de elementos traza (Zn, Cu, Pb y As) fueron realizadas en el Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC, A.C.), León (Gto.) mediante Espectrometría de Emisión Atómica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-AES).

Para analizar las fuentes de aporte de elementos traza al sistema acuático, se calculó el Índice de Geoacumulación propuesto por Müller (1969), con base en la siguiente fórmula:

$$I_{geo} = \ln \frac{C_n}{1.5 B_n}$$

donde C_n es la concentración medida del elemento en el sedimento y B_n es el valor de fondo geoquímico o *background*. Los valores de fondo se tomarán con respecto a los valores de la corteza continental.

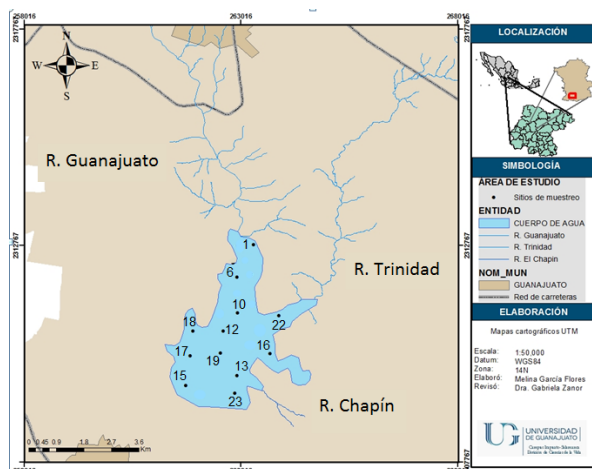


IMAGEN 1: Localización de los 12 sitios de muestreo en la presa La Purísima (ARCGIS: Elaboración propia).



IMAGEN 2: Recolección de muestras de sedimentos con draga en la presa La Purísima.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestran los resultados de las variables medidas in-situ en el agua y materia orgánica en sedimentos. La Tabla 2 presenta los IET obtenidos para los puntos de muestreo de agua mientras que la Imagen 3 exhibe los I_{geo} calculados para las distintas muestras de sedimentos.

Las muestras de agua de La Purísima presentaron una temperatura mínima de 25 °C (Sitio 1) y una máxima de 30 °C (Sitios 10, 12, 15 y 16), encontrándose en un rango alto, acorde a la estación del año de muestreo (primavera, estiaje). Por su parte, el pH osciló entre 9 (Sitio 1) y 10 (Sitio 15) resultando valores desde ligera a medianamente alcalinos. Según Raiswell y Canfield (2012), la alcalinidad alta en ambientes acuáticos puede ser explicada por reacciones bioquímicas de sulfato-reducción por parte de bacterias ocurridas en el fondo anóxico de estos sistemas. El IET resultó en una categoría eutrófica (mínimo: 83.62; Sitios 19 y 23) e hipereutrófica (máximo: 94.09; Sitios 15 y 16).

Los contenidos de materia orgánica variaron entre 7.65 (Sitio 16) a 13.22% (Sitio 13). Los contenidos mayores en esos sitios (ambos localizados en el borde de la presa) puede deberse a descargas de aguas residuales.

Las concentraciones de Zn variaron entre 46.28 (Sitio 22) y 88.84 mg kg⁻¹ (Sitio 6). Los contenidos de Pb alcanzaron un mínimo de 12.28 mg kg⁻¹

(Sitio 16) y un máximo de 33.24 (Sitio 6). Por su parte, las concentraciones de Cu fluctuaron desde 9.87 mg kg⁻¹ (Sitio 16) a 51.64 mg kg⁻¹ (Sitio 6). Los niveles de As mostraron una variación entre 7.18 (Sitio 6) y 16.75 mg kg⁻¹ (Sitio 17; Imagen 3).

En cuanto al I_{geo} , todas las muestras alcanzaron una clase 0 (No contaminado) para el Zn y Cu. Para el Pb, sólo dos muestras (1 y 6) resultaron con clase 1 (moderadamente contaminado), las restantes resultaron con clase 0. Todos los sitios de muestreo, tanto borde como centrales, obtuvieron una clase 1 para el As (Promedio I_{geo} = 0.67). Estos resultados indican que, el Pb y principalmente el As, se encuentran en niveles elevados en los sedimentos de la presa acumulándose por actividades humanas llevadas a cabo en áreas dentro de la cuenca hidrológica.

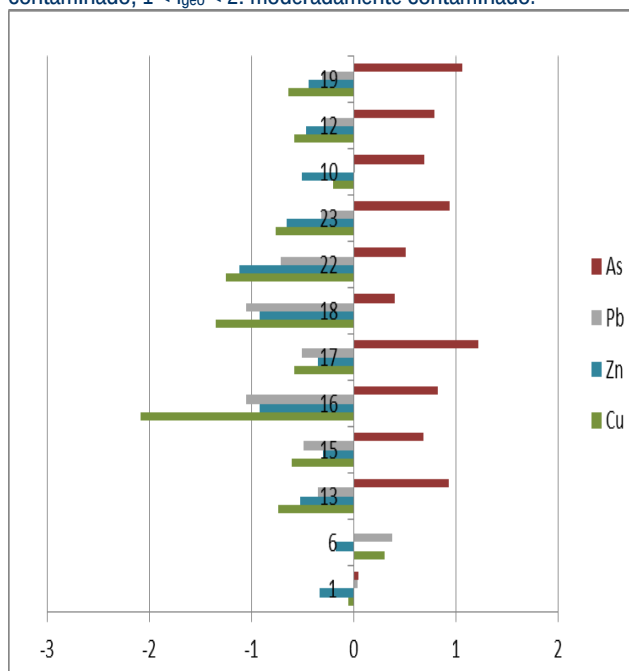
Tabla 1. Parámetros medidos in-situ y materia orgánica en sedimentos en la presa La Purísima. P: profundidad, T: temperatura, pH: potencial de hidrogeno, DS: disco de Secchi y MO: materia orgánica.

	MUESTRA	P (m)	T (°C)	pH	DS (cm)	MO (%)
Borde	1	2	25	9.0	24	12.15
	6	3.5	26	9.2	29	11.03
	13	14	29	9.7	24	13.22
	15	20	30	10.0	19	12.99
	16	5	30	9.9	19	7.65
	17	14	27	9.4	34	12.68
	18	6	27	9.5	34	11.33
	22	10	27	9.7	33	10.04
	23	15.5	28	9.4	35	11.29
Central	10	12	30	9.9	24	11.28
	12	11	30	9.8	24	11.67
	19	17.5	27	9.5	35	9.66

Tabla 2. Índice de estado trófico (IET Carlson, 1977) y sus categorías para los sitios de muestreo.

	MUESTRA	IET	Categoría
Borde	1	90.09	Hipereutrófico
	6	86.85	Eutrófico
	13	90.09	Hipereutrófico
	15	94.09	Hipereutrófico
	16	94.09	Hipereutrófico
	17	84.12	Eutrófico
	18	84.12	Eutrófico
	22	84.63	Eutrófico
	23	83.62	Eutrófico
Centrales	10	90.09	Hipereutrófico
	12	90.09	Hipereutrófico
	19	83.62	Eutrófico

Imagen 3. I_{geo} calculados para las muestras de sedimentos de la presa. Zn: zinc, Cu: cobre, Pb: plomo y As: arsénico. I_{geo} < 0: no contaminado; 0 < I_{geo} < 1: no contaminado a moderadamente contaminado; 1 < I_{geo} < 2: moderadamente contaminado.



CONCLUSIONES

- Las categorías alcanzadas de estado eutrófico a hipereutrófico en el agua alertan sobre la urgente necesidad de un eficiente tratamiento de las aguas residuales que se descargan a la presa.
- Con base en el I_{geo} , existe una acumulación en los sedimentos del elemento Pb y principalmente, del As por fuentes antrópicas, indicando un riesgo potencial para la vida acuática y la salud humana.
- Este estudio en conjunto con otras determinaciones físicas, químicas y mineralógicas aportará información crucial para poder coadyuvar en la planeación de estrategias sobre el manejo, cuidado y conservación de este recurso hídrico.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato por la oportunidad de realizar este verano de investigación.

A la Dra. Gabriela Zanol por las enseñanzas, esfuerzos, sugerencias y el tiempo dedicado en el verano de investigación.

A la Dra. María Jesús Puy-Alquiza por sus aportaciones y apoyo en el muestreo.

A mi compañero de laboratorio Cesar Hernández Cordero y Francisco Javier González por brindarme su ayuda en el laboratorio.

REFERENCIAS

- [1] Hernández, Y., Sosa, M., Alcalá, J., Puga, S. (2008). Evaluación de la contaminación por metales pesados y arsénico en sedimento en embalses del estado de Chihuahua, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4 (2), 89-94.
- [2] Maldonado, M.J., Amézquita, F., Mendoza, D., Sosa, L., and Cano, C. (2001). Bioerremedación de Metales de Jales Mineros con la Planta de *Tithonia tubiformis*. *Revista de Investigación y Ciencia*, 10, 21-24.
- [3] Lu, X.Q., Werner, I. and Young, T.M. (2005). Geochemistry and bioavailability of metals from northern San Francisco bay. *Environment International*, 31(4), 593-602.
- [4] Santos-Bermejo, J.C., Beltran, R. and Gómez, A. (2003). Spatial variations of heavy metals contamination in sediments from Odiel river (Southwest Spain). *Environment International*, 29(1), 67-77.

[5] Tessier A., Campbell P.G. and Bisson M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51, 844-850.

[6] Cano, R.I., Gómez, F.J. F.V., Ramírez, V.M., Dueñas, O.F., Rodríguez, E.R. y Aguilera, A. F.A. (2000). Determinación de Contaminantes en la Presa la Purísima y su Efecto en el Sistema de Pozos Puentecillas de Guanajuato. En: *Asignación, Productividad y Manejo de Recursos Hídricos en Cuencas*. Pp 123-133. International Water Management Institute, Serie Latinoamericana de México #20, México y Colombo, Sri Lanka.

[7] Cano-Rodríguez, I.; Gómez, F. V.; Aguilera, A. A. F.; Gardea, J. T. (2004). Transporte y destino final de fósforo en el acuífero de puentecillas de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3(2), 201-208.

[8] NMX-AA-007-SCFI-2013. Análisis de agua- Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.

[9] NMX-AA-008-SCFI-2011. Análisis de agua- Determinación del pH.

[10] Heiri, O., Lotter, A. F. y Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101-110.

[11] Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol. Oceanogr.* 22, 361-369.

[12] Müller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2, 108-118.

[13] Rudnick, R. L. and Gao, S. (2003). Composition of the continental crust. In: *Treatise on Geochemistry*, 3, 1-64.