



*Presencia de metales pesados del río Ichu en zonas adyacentes al distrito de Huancavelica, Perú*

*Presence of heavy metals from the Ichu River in areas adjacent to the district of Huancavelica, Peru*

*Presença de metais pesados do rio Ichu em áreas adyacentes ao distrito de Huancavelica, Peru*

Víctor Guillermo Sánchez-Araujo <sup>I</sup>  
[victor.sanchez@unh.edu.pe](mailto:victor.sanchez@unh.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

Pedro Antonio Palomino-Pastrana <sup>III</sup>  
[pedro.palomino@unh.edu.pe](mailto:pedro.palomino@unh.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0001-7833-6805>

Elmer Rene Chávez-Araujo <sup>II</sup>  
[elmer.chavez@unh.edu.pe](mailto:elmer.chavez@unh.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0001-7781-4078>

Adiel Alvarez-Ticllasuca <sup>IV</sup>  
[adielalvarez@unat.edu.pe](mailto:adielalvarez@unat.edu.pe)  
<https://orcid.org/0000-0002-5410-0571>

**Correspondencia:** [victor.sanchez@unh.edu.pe](mailto:victor.sanchez@unh.edu.pe)

Ciencias técnicas y aplicadas  
Artículo de investigación

\***Recibido:** 16 de marzo de 2021 \***Aceptado:** 19 de abril de 2021 \* **Publicado:** 03 de mayo de 2021

- I. Biólogo Microbiólogo, Maestro en Ecología y Gestión ambiental, Doctor en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- II. Biólogo Microbiólogo, Maestro en Biotecnología y Bioingeniería, Doctor en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- III. Ingeniero de Minas, Maestro en Ingeniería de Rocas Ornamentales y Minerales Industriales, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- IV. Ingeniero Ambiental, Maestro en Planeación Estratégica y Gestión en Ingeniería de Proyectos, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo”, Pampas, Perú.



## Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo de determinar la presencia de metales pesados tales como plomo, cromo, arsénico, mercurio y cadmio del río Ichu en su recorrido por las zonas urbanas del distrito de Huancavelica. Se georreferenciaron cinco estaciones de muestreo, las cuales se sitúan de 50-100 m de los efluentes que alimentan al río Ichu. El método empleado para la determinar la presencia de plomo, cromo, arsénico, mercurio y cadmio fue con espectroscopia de absorción atómica. De acuerdo con los resultados obtenidos por el laboratorio certificado, encontramos máxima presencia de Arsénico (0,0459 mg/l), en la estación de muestreo 1, mientras cromo (<0,02mg/l), cadmio (<0,0002mg/l), plomo (<0,020mg/l) y mercurio (<0,0002 mg/l) se mantuvieron las concentraciones constantes en las demás estaciones de muestreo. Se concluye que de los metales pesados evaluados el arsénico y plomo tienen una concentración elevada, sobrepasando los Estándares de Calidad del agua (ECA), para la categoría de agua de uso poblacional y recreacional.

**Palabras Claves:** Contaminación; metales pesados; ECA del agua.

## Abstract

The objective of this work was to determine the presence of heavy metals such as lead, chromium, arsenic, mercury and cadmium from the Ichu River in its journey through the urban areas of the Huancavelica district. Five sampling stations were georeferenced, which are located 50-100 m from the effluents that feed the Ichu River. The method used to determine the presence of lead, chromium, arsenic, mercury and cadmium was with atomic absorption spectroscopy. According to the results obtained by the certified laboratory, we found the maximum presence of Arsenic (0.0459 mg / l), in sampling station 1, while chromium (<0.02mg / l), cadmium (<0.0002mg / l), lead (<0.020mg / l) and mercury (<0.0002 mg / l) the concentrations were kept constant in the other sampling stations. It is concluded that of the heavy metals evaluated, arsenic and lead have a high concentration, exceeding the Water Quality Standards (ECA), for the category of water for population and recreational use.

**Keywords:** Pollution; heavy metals; environmental quality standards.

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar a presença de metais pesados como chumbo, cromo, arsênio, mercúrio e cádmio do rio Ichu em seu percurso pelas áreas urbanas do distrito de Huancavelica. Foram georreferenciadas cinco estações de amostragem, localizadas de 50 a 100 m dos efluentes que alimentam o rio Ichu. O método utilizado para determinar a presença de chumbo, cromo, arsênio, mercúrio e cádmio foi com espectroscopia de absorção atômica. De acordo com os resultados obtidos pelo laboratório certificado, encontramos a presença máxima de Arsênio (0,0459 mg / l), na estação de amostragem 1, enquanto cromo (<0,02mg / l), cádmio (<0,0002mg / l), chumbo ( <0,020mg / l) e mercúrio (<0,0002 mg / l) as concentrações foram mantidas constantes nas demais estações de amostragem. Conclui-se que dos metais pesados avaliados, o arsênio e o chumbo apresentam alta concentração, superando os Padrões de Qualidade da Água (ECA), para a categoria de água para uso populacional e recreativo.

**Palavras-chave:** Poluição; metais pesados; Água ECA.

## Introducción

El agua superficial es dentro del planeta una molécula importante para el funcionamiento de la industria y sobre todo para la vida. Se utiliza en diversos usos como para el consumo diario del ser vivo, para el tema agropecuario, en la minería, para la industria y en la producción de energía, vale mencionar que esta se utiliza de manera impropia, lo que conlleva a una contaminación este recurso como los lagos, ríos y mares dado que son considerados receptores de efluentes domésticos, industriales y mineros (Tebutt,1993)

La contaminación frecuente en los ríos, lagos, océanos y agua subterránea sucede en la descargas indirectas o directas sin el debido tratamiento en los cuerpos de agua, esta contaminación daña a todo ser vivo que dispone esta agua para su desarrollo fisiológico, y no solo afectando a poblaciones sino a comunidades biológicas establecidas en ciertos ecosistemas. El agua se corrompe por sustancias ácidas, orgánicas, metales pesados, derivados industriales, agropecuarios y domésticos. También la contaminación del cuerpo de agua se origina por la edificación de diques y desvíos que perturban su calidad (Heinke et al., 1999).

Esta calidad del agua es alterada de sobremanera de forma natural o actividades propias del ser humano, las cuales van limitar la calidad del agua para su uso en las acciones dentro de un ecosistema. Por lo tanto, la variación perjudicial que soporta el agua al unir una serie de elementos

nocivos que aceleran su degradación ocasionando problemas grandes en desmerecimiento de la potencia y prosperidad de una sociedad. (Branco-Murgel, 1984).

Específicamente, la biomagnificación se da por acumulación y persistencia de monumentales porciones de metales pesados causado por el ingreso, por medio de condiciones naturales o antropogénicas acarreado en la pérdida de su calidad en el cuerpo de agua (Topalian et al., 1999). De manera natural estos metales pesados son agregados en los sistemas hídricos por lixiviación de rocas, suelos y expulsiones volcánicas. Por otro, dichos metales de las ocupaciones antropogénicas siendo domésticas, manufactureras, agropecuarias y minero metalúrgicas (Mountouris et al., 2002).

Actualmente, estos metales suelen tener gran crédito a modo de indicadores de la calidad ambiental en cualquier cuerpo de agua expuestos a estos enmarcados en su grado de toxicidad y a su conducta bioacumulativo y biomagnificación (Purves, 1985). Estos metales pesados tienen el comportamiento de asociarse con diversos minerales como sulfatos, carbonatos entre otros, y asimismo con sustancias orgánicas por cambio iónico, quelación, adsorción, acumulándose específicamente en los sedimentos superficiales de los cuerpos de agua (Förstner et al., 1981).

Los impactos del medio ambiente graves provocados por la minería sobre los ecosistemas se interpretan a su alta concentración de metales pesados coligados a sulfuros como es el caso de zinc, plomo, cobre, cadmio, arsénico en aguas de ríos, lagos y lagunas. Y la contaminación con cromo, mercurio, níquel están vinculadas con descargas de industrias. (Salomons, 1995).

En las aguas del río Ichu, encontramos diversos contaminantes de diversa índole y más que nada al plomo, cromo, arsénico, mercurio y cadmio, y a razón que estos metales son causantes de daños en la salud del hombre y animales, se planteó la evaluación de metales pesados en las aguas superficiales del río Ichu adyacentes a las zonas urbanas del distrito Huancavelica.

## **Materiales y métodos**

### **Población, muestra y muestreo**

Se consideró la zona del río Ichu adyacente a la parte urbana del distrito de Huancavelica.

La toma de muestra de agua del río Ichu fue probabilístico intencional, para ello se eligieron 5 puntos de muestreo tomando como referencia los lugares donde había riachuelos o efluentes de desagües domésticos y del camal municipal que desembocaban en el río en mención.

### Técnicas de recolección de datos

En primer lugar, se realizó la ubicación de los puntos de muestreo los cuales serán georeferenciados, para preparar el mapa de referencia de los 5 puntos de muestreo seleccionados. Asimismo, las muestras de agua fueron rotuladas, preservadas y transportadas para su estudio laboratorial bajo el methods for chemical estudio of water and wastes (1983) y manual de procedimientos de estudio (1995).

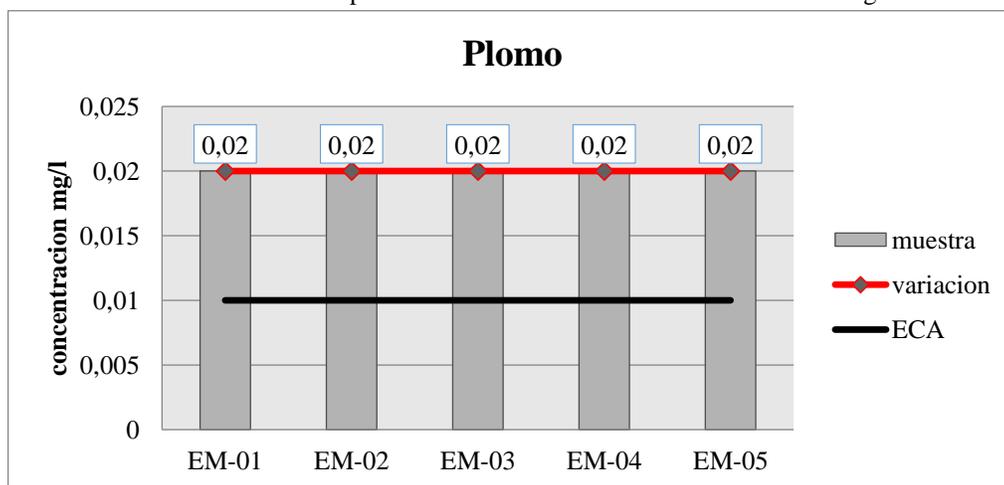
### Procesamiento y análisis de datos

Se empleó la estadística descriptiva, elaborando tablas de contingencia y gráficos de barras para explicar los datos obtenidos. Además, se usó el software estadístico SPSS v.19.0 y Microsoft Office Excel.

### Resultados

Se detalla a continuación, los resultados de todos los metales pesados en los aspectos de muestreo y hacer la comparación con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA), Categoría 1: De la población y recreacional.

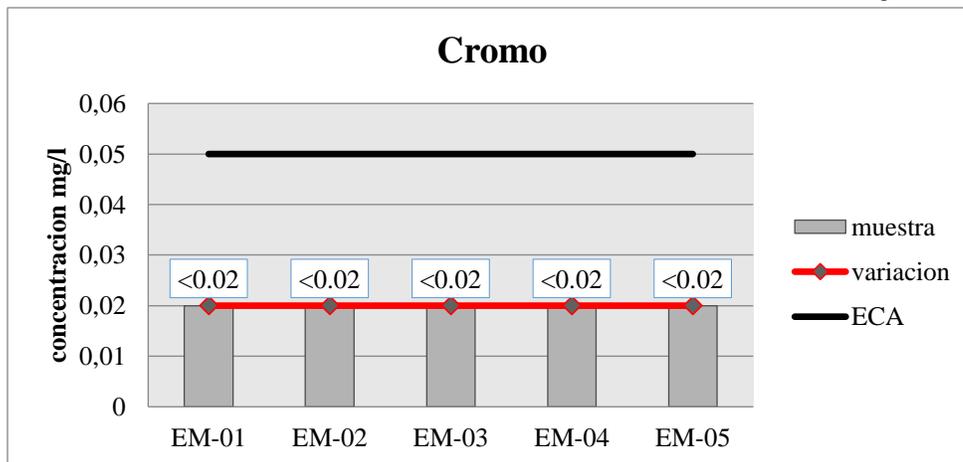
Gráfico 1: Presencia de plomo en las cinco estaciones de monitoreo de agua.



Se observa en el gráfico 1, que el plomo (0,02 mg/l), excede los valores del ECA para aguas (<0,01 mg/l), esto debido diversos aspectos como la geomorfología, erosión del suelo, presencia de rocas

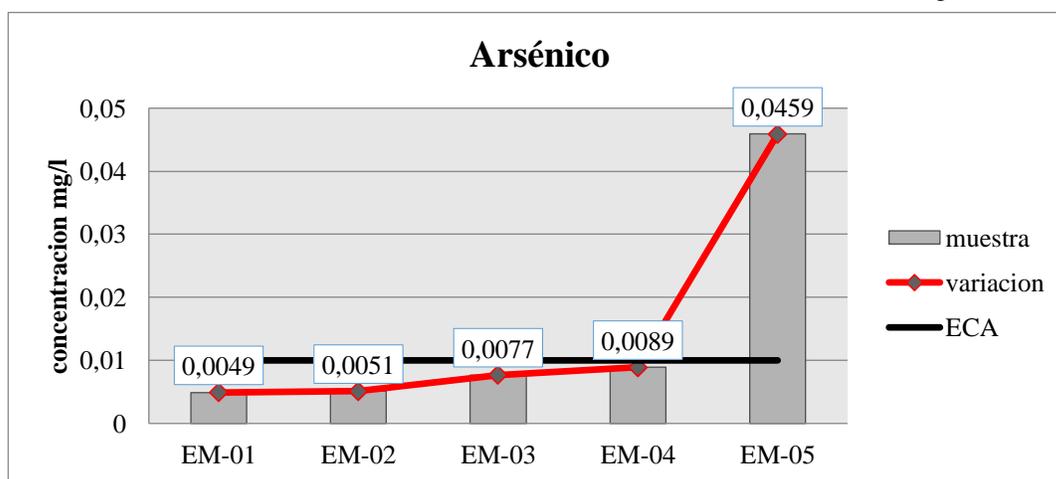
volcánicas, desagües domésticos que desembocan en el río y a la existencia pasivos mineros que alteran la concentración del plomo en el río Ichu.

**Gráfico 2:** Presencia de cromo en las cinco estaciones de monitoreo de agua.



Según el gráfico 2, se aprecia que los valores obtenidos son de <0,02 mg/l de cromo y se mantienen constante en las estaciones de monitoreo, y no sobrepasa a los ECAs establecidos para el agua (0,05 mg/l). Pero vale la pena resaltar que la biomagnificación de este metal en los organismos vivos pueda intoxicar al hombre causando problemas en su salud.

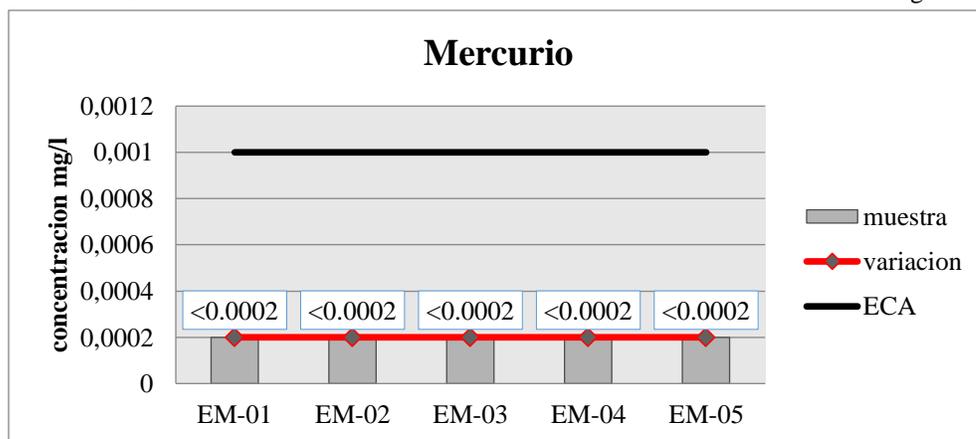
**Gráfico 3:** Presencia de arsénico en las cinco estaciones de monitoreo de agua.



Como se puede valorar en el gráfico 3, existe aumento paulatino del arsénico, y de acorde con el ECA del agua observamos que la EM-01 hasta EM-04 está dentro de lo establecido, mientras que

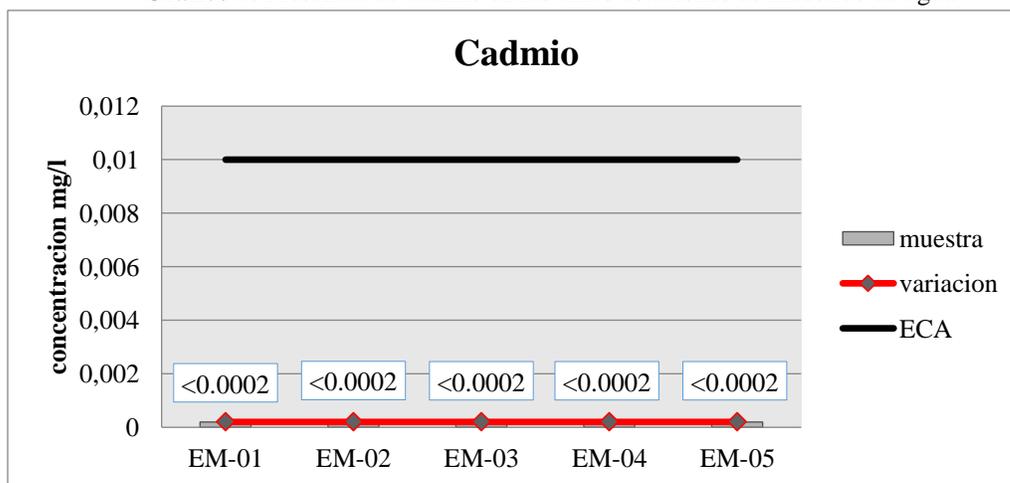
la EM-05 (0,0459 mg/l) sobrepasa el valor establecido por la normatividad (0,01mg/l) - Categoría 1: Poblacional y recreacional, representando un riesgo hacia la salud de los individuos dinámicos que tienen contacto con el río Ichu.

Gráfico 4: Presencia de mercurio en las cinco estaciones de muestreo de agua



En el grafico 4, se aprecia que las concentraciones de mercurio en las estaciones de monitoreo se hallan por abajo de los valores establecidos por el ECA para aguas, a pesar que existen depósitos en su estado natural en Huancavelica y por ello es conocida como la “ciudad del mercurio” en épocas coloniales. Y según lo encontrado existe concentraciones de mercurio en el rio Ichu, pero no lo suficiente para afectar la salud de las personas.

Gráfico 5: Presencia de cadmio en las cinco estaciones de muestreo de agua



Como se puede apreciar en el grafico 5, los valores de cadmio no supera a los límites establecidos para el ECA del agua ( $<0,0002$  mg/l), y no constituye riesgo para los organismos vivos que habitan en el área de muestreo debido a que este se presenta constante en cada una de las estaciones de monitoreo. Vale resaltar que el cadmio no está libre en la naturaleza, sino que proviene de la fundición y refinamiento de los minerales, llegando al agua por filtraciones y vertimientos, y en la zona de influencia del estudio no existe estas actividades.

## Discusión

En razón, con la Agencia de Protección Ambiental (USEPA), la lista de contaminantes prioritarios son cobalto, plata, níquel, cromo, plomo, cobre, zinc, cadmio, titanio, Arsénico, selenio y mercurio (Purves, D. 1985). En el presente trabajo de investigación se orientó en el plomo, cromo, arsénico, mercurio y cadmio, por sus características de toxicidad, biomagnificación y acumulación.

En el grafico 1, se observa que las concentraciones plomo ( $0,02$  mg/l), sobrepasan los valores del ECA para aguas ( $<0,01$  mg/l), según Wittmann (1981), indica que el plomo ocasiona perjuicios al sistema nervioso, al metabolismo del calcio, siendo perjudicial en menores de edad y embarazadas. Y en la ambiente afecta la reproducción, alteraciones sanguíneas y neurológicas en peces e invertebrados acuícolas y su impacto es a largo plazo. El plomo que contamina los cuerpos de agua se produce de manera natural por la erosión del suelo, erupciones volcánicas y de manera antropogénica a través de las aguas residuales domésticas desagües que desembocan en los ríos y también a la existencia de pasivos mineros que alteran la concentración del plomo en el rio Ichu.

En el grafico 2, se aprecia que los valores obtenidos de cromo, son de  $<0,02$  mg/l y se mantienen constante en las estaciones de monitoreo, y no sobrepasa a los ECAs establecidos para el agua ( $0,05$  mg/l), según Salomons, W.(1995) la presencia del cromo en los ecosistemas es por la actividad industrial pudiendo interactuar con los diversos nichos ecológicos, no obstante, en el sector de predominación del plan de indagación no se tiene actividad industrial a monumental escala, por consiguiente la concentración encontrada se debería al arrastre eólico del cromo que se genera en la corteza terrestre. Cabe mencionar que la ingesta de altas concentraciones de cromo en los humanos, generan condiciones alérgicas, úlceras en la dermis, alteraciones del estómago, hígado, riñón, y mortalidad (Mertz, W., 1993).

Las concentraciones encontradas del Arsénico son en forma ascendente según el cuadro 3, de las cuales en el EM-04 (0,0459 mg/l), supera al ECA del agua (0,01 mg/l) para el uso Poblacional y recreacional. Según la OMS, este metal produce problemas del estómago e intestinos, disminución de glóbulos rojos y blancos, fatiga, ritmo cardíaco bajo, disfuncionalidad de nervios, cáncer a pulmones y ennegrecimiento de piel. En animales, las ingestiones de compuestos de arsénico producen diarrea, y la exposición prolongada daña los riñones (Arce O., 2000).

En el grafico 4, se aprecia que las concentraciones de mercurio en las estaciones de monitoreo se hallan por abajo de los valores establecidos por el ECA para aguas. Según Robins (2012) indica que la organización norteamericana advirtió que Huancavelica en razón que tuvo una actividad minera a base de mercurio por más de 400 años es considerada una zona altamente contaminada, por lo tanto, en el distrito de Huancavelica se puede encontrar mercurio en su estado natural, se presume que el mercurio que se encuentra en las aguas del río, gran parte de este ha sido convertido por los microorganismos en metilmercurio siendo absorbido rápidamente por los peces dado que una investigación encontró que los peces del rio Ichu están contaminados con mercurio, esta sería una razón porque no se encuentra mercurio en su forma natural en el rio en concentraciones altas. Por otro lado, el mercurio ocasiona diversas alteraciones como al sistema neurológico, irritabilidad, depresión e incluso la muerte.

En el grafico 5, las concentraciones encontradas del cadmio no supera los límites establecidos para el ECA del agua (<0,0002 mg/l), según Oyarzun, R. (2009) aduce que el cadmio se forma de manera natural en la corteza terrestre, entonces se puede encontrar en el suelo y rocas y además se puede generar en la fundición y refinamiento de minerales, llegando al agua del río por filtraciones y vertimientos no controlados. El cadmio tiene alta toxicidad, produce cáncer, trastornos gastrointestinales, daños renales, deficiencia respiratoria (Pérez, R. 2011). Cabe mencionar que en el distrito de Huancavelica no existen industrias referidas al ámbito minero metalúrgico que puedan acarrear en la producción de altas concentraciones de cadmio.

## **Conclusiones**

Dentro de los metales pesados analizados en las aguas superficiales del rio Ichu, encontramos alta presencia de plomo y arsénico, y cromo, cadmio y mercurio están por debajo de los Estándares de Calidad para aguas de (ECAs) categoría 1:de poblacional y recreacional

## Recomendaciones

- Sería muy valioso complementar el análisis de metales pesados en los sedimentos y peces, para determinar su removilización y biodisponibilidad.
- Hay que tomar en cuenta fenómenos de bioacumulación y biomagnificación ya que pueden afectar a tener niveles reducidos de metales pesados tóxicos.

## Referencias

1. Arce, G. O. (2000). Metales pesados presentes en el agua. Manual de prácticas. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia. <http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/practicas/practica4.pdf>.
2. Branco, and Murgel. (1984). Limnología sanitaria. Estudio de la polución de aguas continentales. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C.
3. Glynn, H. J., and Heinke, G. W. (1999). Ingeniería Ambiental. Edición 2da. Prentice Hall Hispanoamericana; S.A.
4. M.L.Topalián, Castañé, P. M., Rovedatti, .M.G., and Salibián A. (1999). Principal component analysis of dissolved heavy metals in water of the Reconquista River (Buenos Aires, Argentina). Bull. Environ. Cont. Toxicol. 63, 484. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001289901006>
5. Mertz, W. (1993). Chromium in human nutrition: a Review. J Nutr; 123:626-33.
6. Mountouris, A. E., Voutsas, D., and Tassios. (2002). Bioconcentration of heavy metals in aquatic environments: The importance of bioavailability. Mar. Pollut. Bul., 44, 1136-1141. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00168-6](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00168-6)
7. Oyarzun, R., Cubas, P., Higuera, P., Lillo, J., and Llanos, W. (2009). Environmental assessment of the arsenic-rich, Rodalquilar gold– (copper–lead–zinc) mining district, SE Spain: data from soils and vegetation. Environmental Geology, 58: 761-777. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1550-3>
8. Pérez, R. (2011). Efecto de los metales pesados en el medio ambiente y la salud humana. Departamento de Geología. Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saíz Montes de Oca”. Pinar del Río. Cuba.

9. Purves, D. (1985). Trace element contamination of the environment. Elsevier, Amsterdam, pp 260. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41570-7.X5001-3>
10. Robins, N. A. (2012). Estimations of Historical Atmospheric Mercury Concentrations from Mercury Refining and Present-Day Soil Concentrations of Total Mercury in Huancavelica, Peru; Science of the Total Environment. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.082>
11. Salomons, W. (1995). Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention. Journal of Geochemical Exploration, v. 52, p. 5-23. DOI: [https://doi.org/10.1016/0375-6742\(94\)00039-E](https://doi.org/10.1016/0375-6742(94)00039-E)
12. Tebbut. (1998). Fundamentos de control de calidad del agua, Editorial Limusa, México, 239pp.
13. Wittmann, G. (1981). Toxic Metals. En: Metal Pollution in the Aquatic Environment, Chapt B. Förstner, U., and Wittman, G. (Eds). Springer-Verlag. Berlin, pp 3-70.

© 2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)