

Evaluación de la acumulación de Arsénico y Cadmio en sedimento de la represa de Cotarsaya, Progreso, Puno

Evaluation of the accumulation of arsenic and cadmium in sediment at Cotarsaya Dam in Progreso, Puno

Edwin Huayhua Huamani
ehuayhua@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
Enrique Jotadelo Mamani Mamani
emamani@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca
Juan Manuel Tito Humpiri
jtito@unaj.edu.pe – Universidad Nacional de Juliaca

Resumen

La problemática por contaminación de cuerpos de agua es una preocupación a nivel mundial. La cuenca del río Ramis en la región Puno, no es ajena a este problema, ya que la contaminación se encuentra magnificado por la actividad minera formal o informal que se desarrolla en las partes altas de la cuenca, el recurso hídrico de esta cuenca es de suma importancia para los habitantes quienes utilizan para consumo y para las actividades agropecuarias. El objetivo es cuantificar la concentración de arsénico y cadmio en sedimento de la represa Cotarsaya y plantear alternativas que permitan lograr el manejo adecuado para la conservación y protección de los ecosistemas acuáticos. El muestreo se realizó en cuatro estaciones, las que fueron recolectadas en época de lluvias y de estiaje. Los resultados obtenidos fueron comparados con las normas de ambientales internacionales; la concentración de metales la concentración de arsénico en todas las estaciones supera los límites máximos establecidos por la norma canadiense, en cuanto la concentración de Cadmio en las muestras no supera los límites de detección. De los resultados obtenidos y de otros estudios realizados se concluye que la acumulación de metales en sedimentos se viene incrementando, la no atención inmediata generara la degradación irremediable de estos ecosistemas, para evitar ello debe realizarse el control y supervisión conforme a las normas legales establecidas sobre vertimientos.

Palabras claves: *Calidad del agua, Contaminación, Metales pesados.*

Abstract

The problem of contamination of bodies of water is a worldwide concern. The Ramis river basin in Puno Region is not extraneous to this problem: Water pollution is magnified by formal or informal mining activities that take place on the upper parts of the basin, the water resource from this basin is very important for the inhabitants who use it for human consumption as well as for agricultural activities. The objective of this research is to quantify the concentration of arsenic and cadmium in sediment at the Cotarsaya dam and to propose alternatives that can allow to achieve the adequate management for the preservation and protection of the aquatic ecosystem. The samplings were carried out at the four seasons of the year, they were collected during the rainy and dry seasons. The results obtained have been compared with the international environmental standards: The concentration of Arsenic during all the seasons exceeds the maximum limit established by the Canadian norm, the concentration of Cadmiun in the samples does not exceed the limits of detection. From the results obtained in the research as well as from the results obtained by other studies performed at Cotarsaya is concluded that the accumulation of metals in the sediment, is increasing. Not paying the immediate attention, will generate the irremediable degradation of these eco-systems. To avoid this, control and supervision must be carried out in accordance with legal norms established for sheddings.

Keywords: *Water quality, Pollution, Heavy metals.*

Como citar: Huayhua-Huamani, E., Mamani-Mamani, E.J. & Tito-Humpiri, J.M. (2018). Evaluación de la acumulación de Arsénico y Cadmio en sedimento de la represa de Cotarsaya, Progreso, Puno. *ÑAWPARISUN - Revista de Investigación Científica*, 1(1), 51-54.

Introducción

Las fuentes de agua son indispensables para la vida; a diferencia de otros recursos, no existe otra sustancia que pueda sustituir al agua y su disponibilidad influye en la distribución de la mayor biomasa de la tierra y en la existencia misma de los seres vivos.

Las actividades mineras, y en particular la existencia de relaves mineros en zonas agrícolas o residenciales constituye un riesgo de efectos adversos para la salud, el medio ambiente y el desarrollo de otras actividades económicas en grandes extensiones (Tchernitchin *et al.*, 2012)

La problemática de elementos químicos como arsénico, mercurio, plomo, cadmio y cianuro, presentes en el agua residual utilizada para riego, radica principalmente en que pueden ser acumulados en los suelos agrícolas (Mancilla *et al.*, 2012), resultan peligrosos por su carácter no biodegradable, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad (Flores *et al.*, 2011).

Los metales pesados y el arsénico se encuentran generalmente como componentes naturales de la corteza terrestre, en forma de minerales, sales u otros compuestos, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pasar a la atmósfera por volatilización y movilizarse hacia el agua superficial o subterránea. No son degradados fácilmente de forma natural o biológica ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Abollino *et al.*, 2012). Estos metales son tóxicos y persistentes en el ambiente (Yassi *et al.*, 2012), el arsénico es uno de los elementos más tóxicos encontrados en la naturaleza, constituyendo así uno de los peligros ambientales más importantes para la salud humana. Un estudio realizado en Chile revela que una de las zonas a nivel mundial donde este elemento se encuentra en elevadas concentraciones es en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo, Chile (Oyarzun *et al.*, 2012).

La excavación de minas, la remoción de minerales, el proceso y extracción de metales puede causar daños ambientales y, en casos extremos, destruir el ecosistema; por ejemplo pueden dañar tierras de cultivo, favorecer la erosión y contaminar cuerpos de agua con sales solubles de elementos potencialmente tóxicos (Volke *et al.*, 2005).

A nivel nacional los estudios realizados por (Huaranga *et al.*, 2012) señalan altos niveles de concentración de los metales pesados como hierro, cobre, plomo, cadmio, zinc y arsénico, presentes en agua, suelos y cultivos de la cuenca alta, media y

baja del río Moche, así, en los últimos años la puesta en operación de muchos proyectos mineros y el crecimiento de la minería informal en el Perú, ha generado que las aguas contaminadas por relaves mineros se incrementen, porque los ríos, represas, lagos, lagunas y el mar son los receptores finales de las evacuaciones residuales provocadas por el hombre.

En el departamento de Puno, muchos investigadores han realizado estudios del impacto de los relaves mineros sobre las aguas, suelos y cultivos. Según las investigaciones realizadas el arsénico se encuentra retenido en el suelo, así será su disponibilidad relativa por las plantas y por tanto la incorporación a los organismos existentes en el área del pantano, con concentraciones anómalas de 55 – 456 ppm en la laguna Choquene, que son tóxicas y son neutralizados por las disoluciones de soluciones carbonato de calcio (Machaca, 2014). De esta forma la actividad minera en la cuenca del Titicaca ha originado pasivos ambientales de minas abandonadas como la Poderosa y Cecilia, y en actividad la mina San Rafael, Ananea y Rinconada, que están afectando el medio ambiente. Por sectores se encontró, en las muestras de sedimentos altos valores en metales pesados, relacionados a las rocas existentes del lugar (Guerrero *et al.*, 2005); asimismo en Carancas, las aguas provenientes de acuífero confinado muestra que a valores bajos de oxígeno disuelto se presentan altas concentraciones de arsénico (Apaza *et al.*, 2014). Tomando en cuenta estas investigaciones realizadas y además siendo el río Ramis, el principal tributante para la actividad agropecuaria de esta zona, se consideró pertinente desarrollar una investigación que permita evaluar el grado de acumulación de metales en agua y sedimento de la represa Cotarsaya.

En este trabajo de investigación se presenta el estudio comparativo con normas de calidad ambiental internacionales como las Directrices de calidad de sedimentos Canadienses para la protección de la vida acuática (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) como herramientas vigentes y eficaces para una adecuada clasificación de aguas superficiales y sedimento respecto a su aptitud para sustentar comunidades acuáticas y actividades de riego.

Materiales y métodos

La represa Cotarsaya está ubicada en la cuenca hidrográfica del río Ramis entre las coordenadas 14° 47' 34" de latitud Sur y 70° 21' 22" de longitud Oeste y a una altura media de 3 840 msnm, ubicado en la provincia de Azángaro, distrito de Asillo a 40 km al Nor-oeste de la ciudad de Juliaca. Esta represa,

provee de agua para riego, actividad agropecuaria que se realiza en los centros poblados de Progreso y Orurillo, la concentración poblacional está ligada a la agricultura y la ganadería, lo que ha significado la formación de unidades agropecuarias cuya producción agrícola está orientada sobre todo al auto consumo de productos agropecuarios y en mayor proporción el cultivo de pastos lo que se refleja en la crianza de vacunos.

Son cuatro las estaciones de muestreo, la primera estación punto está ubicado en la bocatoma Inampu, la segunda estación al ingreso a la represa en Jila Anruhuancasayani, la tercera ubicada en el punto de descarga de la represa denominado Huancasayani, finalmente la cuarta y última estación de muestreo se realizó en el terreno de cultivo de pasto en Jila Anruhuancasayani parte inferior. El cuadro siguiente muestra las coordenadas UTM de cada estación de muestreo.

Tabla 1
Ubicación de las estaciones de muestreo

Estación	Descripción	Coordenadas		Altitud (msnm)
		Sur	Oeste	
1	Bocatoma Inampu	14° 41' 05"	70° 22' 33"	3845
2	Ingreso a la represa	14° 41' 25"	70° 22' 16"	3834
3	Descarga de la represa	14° 41' 05"	70° 22' 33"	3825
4	Zona de cultivo	14° 41' 45"	70° 22' 50"	3816

Las muestras de sedimento fueron colectados en bolsas de plástico proporcionados por el laboratorio. Al finalizar el muestreo fueron transportadas al laboratorio cumpliendo todos los procedimientos e instrucciones generales de preservación, embalaje y transporte de muestras las indicaciones de seguridad y preservación.

directrices de calidad de sedimentos para la protección de la vida acuática (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life - CCME).

Los resultados obtenidos de los niveles de concentración han sido comparados con los con las

Resultados y discusión

En la Tabla 2 siguiente se muestran las concentraciones de arsénico total y cadmio total en muestras de sedimento:

Tabla 2
Concentración de As y Cd en muestras de sedimento en medidas en época de lluvias y estiaje.

Periodo	Estación	Técnica	Parámetro	
			Arsénico total	Cadmio total
			(mg/kg)	(mg/kg)
Época de lluvias	1	EPA 6010-B	18	ND
	2	EPA 6010-B	46	ND
	3	EPA 6010-B	25	ND
	4	EPA 6010-B	14	ND
Época de estiaje	1	EPA 6010-B	98	ND
	2	EPA 6010-B	57	ND
	3	EPA 6010-B	8	ND
	4	EPA 6010-B	19	ND

ND: No supera los límites de detección

Los resultados de la Tabla 2, representan que la concentración de arsénico en todas las estaciones de muestreo superan los límites máximos permitidos por las directrices de calidad de agua para la protección de la vida acuática de Canadá (5 µg/kg). Estos resultados obtenidos coinciden con los estudios de análisis de agua realizados por Guerrero y Zabala (2005) quienes precisan la presencia de arsénico en las muestras de agua y por su alta

densidad puede retenerse en el sedimento. Por otra parte la Autoridad Nacional del Agua - ANA (2012) realizó el monitoreo de la calidad del agua, donde se determina concentración de metales por debajo de los niveles permitidos, siendo sólo el manganeso con alta concentración, de la misma forma estudios por la Comisión multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2013) señalan que el Fe (110 mg/L), Mn

(4,8 mg/L), Zn (4,9 mg/L), sobrepasan los estándares de calidad ambiental, categoría 3, "Riego de plantas y bebidas de animales". Desde la Zona del río Lunar de oro hasta la zona del río Crucero y esta va disminuyendo progresivamente, mientras que Ar (<0,007), Cd (<0,001), Hg (<0,0001) y Pb (<0,001) se encuentran por debajo de los niveles de detección.

En cuanto a la concentración de cadmio, no superan los límites de detección por su escasa concentración, ya que este elemento es producido principalmente por la actividad industrial como de la extracción del zinc, su uso principalmente se da en la fabricación de soldaduras, aleaciones, revestimientos metálicos, minerales plásticos.

Conclusiones

La concentración de metales de As y Cd en muestras de sedimento ha sido evaluada en cuatro estaciones en dos periodos de tiempo época de lluvias y época de estiaje, en todos los puntos la concentración de arsénico se encuentra presente y supera los niveles permitidos de la norma canadiense.

En cuanto a las alternativas de solución, el uso de la fitorremediación es la que más se adecua para el tratamiento, ya que es un proceso que utiliza las plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos; sin embargo se debe tener en cuenta el tipo de especie vegetal a utilizar y la que mejor se adapte a las condiciones ambientales.

Otra alternativa que más se adecúa es la instalación de plantas de sedimentación a circuito cerrado, las que deben ser ubicados en las operaciones minero-metalúrgicas, debe estar conformado por desarenadora, pozo de sedimentación, pozo de clarificación y un pozo de lodos, de esta forma reducir la degradación de los ecosistemas acuáticos y zonas de cultivo de toda la cuenca del río Ramis.

Referencias bibliográficas

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentasti, E., Sarzanini, C., Petrella, F. (2012). Heavy metals in agricultural soils from Piedmont, Italy. Distribution, speciation and chemometric data treatment. *Chemosphere* 49: 545-557p.
- Apaza, R., Calcina, M. (2014). Contaminación natural de aguas subterráneas por arsénico en la zona de Carancas y Huata, Puno. *Revista de Investigación Altoandina*. Vol. 16 No 1: 51-58p.
- Flores, H., Mancilla, O., Mejía, E., Olmedo, M., Bautista, A. (2011). Heavy metals in agricultural soils and irrigation wastewater of Mixquiahuala, Hidalgo, Mexico. *African journal of agricultural research* Vol. 6 (24): 5505-5511p.
- Guerrero, C., Zabala, B. (2005). Influencia de la actividad minera en la cuenca del río Ramis – Puno. XIII Congreso peruano de geología. Resúmenes Extendidos sociedad geológica del Perú. 127-131p.
- Huaranga, F., Méndez, E., Quilcat, V. (2012). Contaminación por metales pesados en la cuenca del río Moche, 1980 – 2010, La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. *Scientia agropecuaria*. No. 3: 235-247p.
- Machaca, E. (2013). Determinación de los metales pesados en la laguna Choquene, Quilcapunco – Putina, Puno. *Revista de investigación altoandina*. Vol. 15 No 2: 213-224.
- Mancilla, O., Ortega, H., Ramírez, C., Uscanga E. (2012). Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental* Vol. 1 (28): 39 – 48.
- Oyarzún, R., Lillo, J., Higuera, P., Oyarzún, J., Maturana, H. (2012). Sedimentos ricos en arsénico en la cuenca hidrográfica del río Elqui (norte de Chile): ¿Contaminación industrial o natural? Departamento de cristalografía y mineralogía, Universidad Complutense de Madrid, España.
- Tchernitchin, A., Muñoz, G. (2012). Efectos sobre la salud y el medio ambiente de las actividades mineras en Chile. *Cuadernos médicos sociales* Vol. 4: 199 – 214p. Chile.
- Volke, T., Velasco, J., De la Rosa, D. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Instituto nacional de ecología, INE. México.
- Yassi, A., Kjellström, T., Kok, T., Guidotti, T. (2012). Salud Ambiental Básica. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Oficina regional para América Latina y el Caribe, México.