

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS AGUAS DEL RÍO ANANEA DEBIDO A LA ACTIVIDAD MINERA AURÍFERA, PUNO-PERÚ

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN THE WATERS OF RIVER ANANEA DUE TO GOLD MINING ACTIVITY, PUNO-PERU

Fernando Benigno Salas Urviola

Facultad de Ingeniería de Minas-Universidad Nacional del Altiplano UNA-Puno, C.E:

bensalas7@hotmail.com

RESUMEN

Los metales pesados se encuentran entre los contaminantes ambientales más tóxicos de los últimos tiempos, debido a su permanencia y tendencia a acumularse en los organismos acuáticos. El objetivo de este trabajo fue determinar los niveles de Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Mercurio, Plomo y Zinc del río Ananea. Se programaron tres campañas de muestreo, realizados en los meses de marzo, junio y agosto (período de estiaje). Las concentraciones de los metales pesados se determinaron por espectrometría de absorción atómica, por la técnica del ICP (Inductively Coupled Plasma) EPA: 200.8. Revisión 5,4. 1994. Los resultados mostraron que las concentraciones de Arsénico, Cobre, Cromo, Plomo y Zinc, por encima de los límites máximos permisibles y para metales como Cadmio y Mercurio resultaron valores por debajo de los límites máximos permisibles. Las descargas de agua de la actividad minera aurífera hacia los ríos llegan a sobrepasar los límites permisibles, siendo una fuerte amenaza para la calidad del agua y para la biodiversidad asociada.

Palabras Clave: Metales pesados, agua superficial, límites permisibles, minería, aurífera.

ABSTRACT

Heavy metals are among the most toxic environmental pollutants due to their persistence and tendency to accumulate in aquatic organisms. The aim of this study was to determine the levels of arsenic, cadmium, copper, chromium, mercury, plumbum and zinc in the river Ananea. Three sampling campaigns were conducted in the months of March, June and August (period of drought). Concentrations of heavy metals were determined by atomic absorption spectrometry, by the technique of ICP (Inductively Coupled Plasma) EPA 200.8. Revision 5.4. 1994. The results showed that concentrations of arsenic, copper, chromium, plumbum and zinc metals are above the maximum permissible limits and metals such as cadmium and mercury values were below the maximum permissible limits. Water discharges from gold mining into rivers exceed the permissible limits, being a major threat to water quality and associated biodiversity.

Keywords: heavy metals, surface water, permissible limits, mining, gold.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son elementos químicos metálicos que tienen una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones incluso muy bajas (Lucho *et al.* 2005). Algunos de ellos son mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), y plomo (Pb), entre otros (Prieto 2009).

En los últimos años la contaminación de las aguas naturales por metales pesados es un fuerte problema debido al incremento de la industrialización y urbanización. Entre los metales de mayor importancia toxicológica y ecotoxicológica en ambientes acuáticos figuran el mercurio (Hg), arsénico (As), cromo (Cr), plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni) y zinc (Zn), pues para la mayoría de los organismos la exposición por encima de una concentración umbral puede ser extremadamente tóxica (Castañé 2003).

Los metales pesados pueden provenir de fuentes naturales o antropogénicas, y se destacan por sus efectos tóxicos sobre los organismos acuáticos. Los compuestos que contienen metales pesados se pueden alterar; pero, los elementos metálicos permanecen en el ambiente, pudiendo ser acumulados como iones o como integrantes de compuestos orgánicos en los organismos por largos períodos de tiempo (Chiang 1989).

La actividad minera, es una preocupación constante de la población, debido a la posible contaminación de aguas superficiales, que son utilizadas en la agricultura y ganadería. El Instituto

Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), encuentran altas concentraciones de Au, As, Hg, Zn, Cr, Ni y Fe en cuerpos de agua. Las concentraciones de estos metales fueron disminuyendo a medida que se muestreo aguas abajo (Campos 1990).

En la zona de Ananea se desarrolla una intensa actividad minera. Esto ha provocado un aumento de los niveles de metales pesados al ciclo hidrológico del río Ananea. En la actualidad existe aproximadamente 2 500 operadores mineros artesanales que realizan labores de explotación minera, llegando a movilizar hasta 45 000 m³/día de material morrénico aurífero generando concentración de algunos metales pesados que altera al ecosistema del río Ananea. Boletín 5-E (INGEMMET 2008; Zavala 2005).

Las áreas que son explotadas por los mineros artesanales se encuentran dentro de las antiguas concesiones de Minero Perú (Proyecto de San Antonio de Poto), en la zona de Pampa Blanca y Vizcachani, que en total suman 7 120Ha con reservas de 89,38 MMm³ y profundidad hasta de 30 m., mientras que en la zona de chaquiminas suman 2 000 Ha, con reservas de 14,68 MMm³, ley 0,31 g/m³ y profundidad de 15m (FRNU 1990).

El objetivo de la investigación fue determinar la concentración de Pb, Cd, Hg, Zn, Cu, Cr y As del agua del río Ananea.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El sitio de estudio es el río Ananea, distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, región Puno, cuyas coordenadas UTM son: Norte: 8 376 380.00; Sur: 444 822.00.



Figura 1. Área de estudio ubicado en la cabecera de la cuenca del río Ramis, al norte de la región Puno.

Diseño de muestreo

Se ubicaron tres puntos de muestreo a lo largo del río Ananea durante la época de estiaje (marzo, junio y agosto del 2010). De estos puntos de muestreo se colectaron las muestras de agua.

Se utilizaron recipientes de plástico esterilizados de un litro de capacidad, las que fueron refrigeradas a 4°C durante su transporte y cadena de custodia al laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Mayor de San Andrés de la Paz Bolivia; así como al Laboratorio Inspectorate Servis SAC, Lima - Perú.

Toma de muestras

Punto 1 (443338E y 8377192N): muestra 1, tomada frente a la Comisaría y la Oficina

Técnica de Ananea del Ministerio de Energía y Minas. Muestra tomada a las 9:00 horas, río Ananea que nace en la laguna de Sillacunca.

Punto 2 (441973E y 8378590N): muestra 2, tomada en el río Lunar de Oro que es un afluente del río Ananea a 500m antes de la unión con el río Ananea, muestra tomada a las 10:00 horas.

Punto 3 (441457E y 8378941N): muestra 3, tomada a 500m aguas abajo, después de la unión de los ríos Lunar de Oro y Ananea, muestra tomada a las 11:00 horas.

Las muestras se tomaron según los procedimientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA 1995).

Análisis de aguas

La determinación de la concentración de Cu, Zn, Pb, Cd Hg y Cr, se realizaron por espectrofotometría de absorción atómica EPA 2da. Ed.1996 y SM Ed 19h. 1995, en horno de flama-frio; y, para determinar As se utilizó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica-horno de grafito, en el laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Mayor de San Andrés Bolivia, para las muestras de los meses de marzo y junio Para las muestras tomadas en el mes de agosto se determinó la concentración de As, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg y Cr, a través de la técnica de espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente ICPMS EPA 200.8 Revisión 5.4, 1994, Laboratorio Inspectorate Servis SAC. Lima Perú.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de metales pesados en el agua del río Ananea, se atribuye principalmente a la actividad minera que se desarrolla en las áreas aledañas a la corriente

formadora de este río. La concentración de metales pesados fue mayor en el mes de agosto, en comparación a los otros meses evaluados.

Cuadro 1. Límites Máximos Permisibles según DS N° 010 – 2010 – MINAM del Perú

Parámetro	Unidad	Límite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
Arsénico total	mg/L	0.1	0,08
Cadmio total	mg/L	0.05	0,04
Cromo (hexavalente*)	mg/L	0.1	0,08
Cobre total	mg/L	-	-
Plomo total	mg/L	2	1,6
Mercurio total	mg/L	0,2	0,16
Zinc total	mg/L	0,002	0,0016

Arsénico

Hubo una significativa mayor concentración de As en el agua del río Ananea en el mes de agosto, en comparación a los otros dos meses de evaluación ($F=20204.17$, $P<0.0001$). Por ello, la concentración de As en agosto está por encima de los LMP, mientras que en marzo y junio se encuentra por debajo de los LMP (Figura 2).

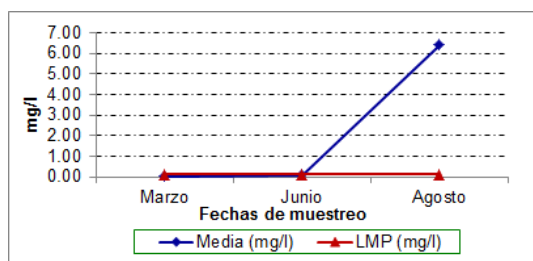


Figura 2. Concentración de As en el agua del río Ananea en comparación a los LMP.

Cadmio

También hubo una significativa mayor concentración de Cd en agosto ($F=20.9$, $P=0.008$), superando los LMP, mientras que en

marzo y junio los valores están por debajo de los LMP

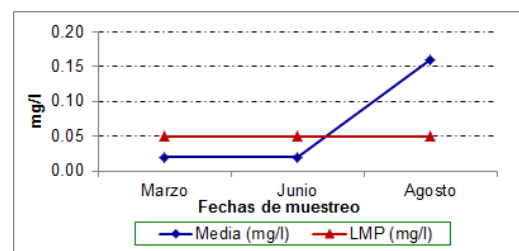


Figura 3. Concentración de Cd en el agua del río Ananea en comparación a los LMP.

Cobre

Igualmente, hubo una mayor concentración de Cu en agosto ($F=127.76$, $P<0.001$) siempre superando los LMP durante este mes (Figura 4)

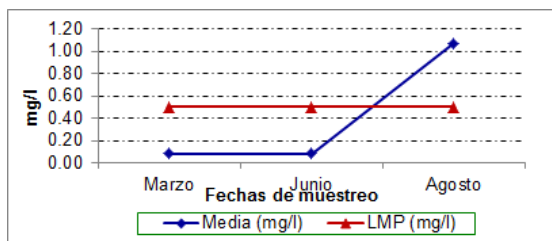


Figura 4. Concentración de Cu en el agua del río Ananea en comparación a los LMP.

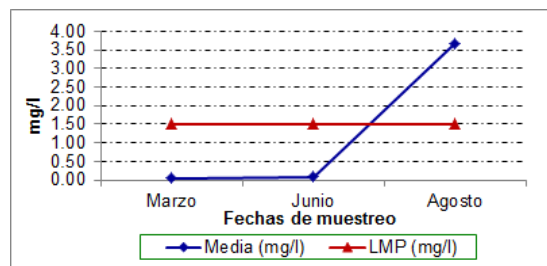


Figura 7. Concentración de Zn en el agua del río Ananea en comparación a los LMP.

Cromo

En agosto hubo mayor concentración de Cr, en comparación a los otros meses ($F=82.35$, $P=0.001$) superando los LMP (Figura 5).

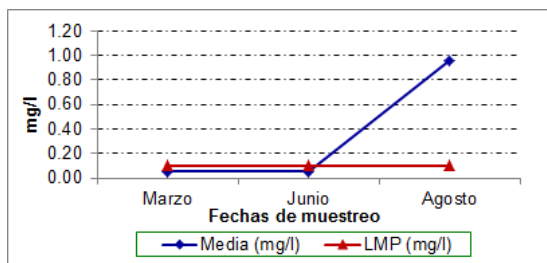


Figura 5. Concentración de Cr en el agua del río Ananea en comparación a los LMP.

Mercurio

En agosto hubo mayor concentración de Hg en comparación a los otros meses ($F=58.08$, $P=0.001$) aunque en ningún mes superaron los LMP (Figura 8).

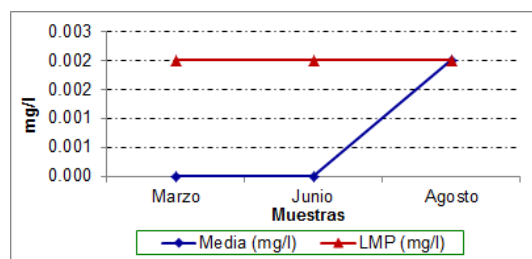


Figura 8. Concentración de Hg en el agua del río Ananea en comparación a los LMP

Plomo

En agosto hubo mayor concentración de Pb, en comparación a los otros meses ($F=115.55$, $P<0.001$) superando los LMP (Figura 6)

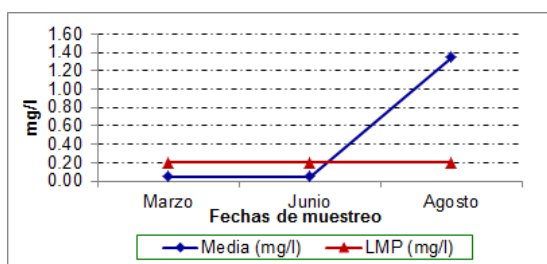


Figura 6. Concentración de Pb en el agua del río Ananea en comparación a los LMP.

Zinc

En agosto hubo mayor concentración de Zn, en comparación a los otros meses ($F=56.04$, $P=0.001$) superando los LMP (Figura 7).

Castañé *et al.* (2003), clasifican al Hg, As, Cr, Pb, Cd, Ni y Zn como los metales de mayor efecto toxicológico y ecotoxicológico en ambientes acuáticos; mientras que (Prieto *et al.* 2009), sólo consideran al Hg, Cd, As, Cr, Tl, y Pb. A pesar que el Cu es un elemento esencial, requerido por las plantas y animales, a altas concentraciones se vuelve una sustancia tóxica (Gaete *et al.* 2007). En contraste, muchos otros metales pesados no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos, por lo que no son degradados fácilmente en forma natural o biológica (Mansilla *et al.* 2012).

Como se vio, todos los metales analizados, excepto el Hg, superan los LMP; de modo que, en el mediano y largo plazo podría darse procesos de bioacumulación en los organismos propios del río Ananea (Chiang 1989; Campos 1990). Aunque no se ha evaluado directamente la calidad de los lixiviados evacuados por la minería informal, es innegable que la actividad minera provoca un aumento de niveles de metales pesados en el agua del río Ananea (Zavala & Guerrero 2005). Además, la contaminación de las aguas naturales por metales pesados llega a ser inevitable debido a la industrialización y urbanización (Argota & Argota 2012). Al respecto Rúa *et al.* (2013) señalan que el transporte de especies metálicas en los cuerpos de agua está asociado principalmente a las superficies activas de los sólidos en suspensión, cuyas cargas varían constantemente con el flujo.

Sumado a la contaminación antrópica de metales pesados, tenemos la contaminación de origen natural, ya que los metales en forma inorgánica son los componentes fundamentales de los minerales de la corteza terrestre de origen natural (Ferrer 2003).

CONCLUSIONES

Todos los metales analizados, excepto el Hg, superan los LMP en el agua del río Ananea, de modo que en el mediano y largo plazo se podría esperar efectos a nivel de la biología y ecología de organismos asociados al río Ananea. Por otro lado, a pesar de que no se ha evaluado los efectos a

nivel de la población, es de esperar que la población que utiliza el agua del río Ananea (ganadería, consumo humano, agricultura) esté sufriendo de algunos de los efectos ocasionados por los metales analizados. Por lo tanto, sugerimos hacer investigaciones que involucren a la población; así como, a los organismos del río Ananea y afluentes.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, a los Ingenieros Mauricio Suasaca Belizario y Adolfo Suasaca Belizario por sus aportes.

LITERATURA CITADA

- ARGOTA, G. & ARGOTA, H. 2012. Evaluación ambiental del río San Juan de Santiago de Cuba por exposición bioacumulativa a metales pesados. Cuba. Medisan, 16(8):1208-1215.
- CAMPOS, N. 1990. La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María, Caribe Colombiano. Caldasia, 16:231-144.
- CASTAÑÉ, M; TOPOLIÁN. L; CORDERO R & SALIBIÁN, A. 2003. Influencia de la especiación de los metales pesados en el medio acuático como determinante de su toxicidad. Rev Toxicol, 20:13-8.
- CHIANG, A. 1989. Niveles de los metales pesados en organismos, agua y sedimentos marinos recolectados en la V Región de Chile. Memorias del

- Simposio Internacional sobre los recursos vivos, Santiago. Scientia Agropecuaria, 3:235-247.
- CONTRERAS, J.; LETICIA, C. & GÓMEZ, A. 2003. Determinación de Metales y Sedimentos del río Haina. Santo Domingo. Ciencia y Sociedad Vol. 29 N° 1: 38-71.
- FERRER, A. 2003. Intoxicación por metales. Anales del Sistema Sanitario de Navarra, 26(1): 141-153.
- GAETE, H; ARÁNGUIZ, F.; CIENFUEGOS, G. & TEJOS, M. 2007. Metales pesados y toxicidad de aguas del Río Aconcagua en Chile. Quim Nova (30)4: 885-891.
- INGEMMET. 2008. Implicancias Ambientales por la Actividad Minera de la Zona de Ananea en la Cuenca del Río Ramis. Lima, Perú.
- LOAIZA, E. & GALLOSO, A. 2008. Implicancias Ambientales por la Actividad Minera de la Zona de Ananea en la Cuenca del Río Ramis. INGEMMET.
- MANCILLA, O.; VILLA, H. M.; ORTEGA, C; RAMÍREZ, E.; USCANGA, R.; RAMOS, B. & REYES, A. 2012. Metales pesados totales y arsénico en el agua para riego de Puebla y Veracruz, México. Rev. Inter. Contaminación Ambiental, 28(1):39-48.
- PRIETO, J.; GONZÁLEZ, C.; ROMÁN, A. & PRIETO, F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10: 29-44.
- RÚA, F.; FLÓREZ, M. & PALACIO, J. 2013. Variación espacial y temporal en los contenidos de mercurio, plomo, cromo y materia orgánica en sedimento del complejo de humedales de Ayapel, Córdoba, noroccidente colombiano. Colombia. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia, 69: 244-255.
- ZAVALA, B. & GUERRERO, C. 2005. Estudio geoambiental de la cuenca del río Ramis, informe en edición. XIII Congreso Peruano de Geología: 127-130.