

METALES PESADOS DEL AGUA USADA EN LA PRODUCCIÓN INTENSIVA DE TRUCHAS EN YAULI - JUNÍN

Chanamé Zapata, Fernán Cosme y Becerra Díaz, Jaime

Facultad de Zootecnia de Universidad Nacional del Centro del Perú

RESUMEN

Se ha estudiado la concentración de Cu, Zn, Fe y Pb del agua usada por 07 centros de producción de truchas de la provincia de Yauli-Junín, ubicados en los distritos de Huari (02), Paccha (01) y Casaracra (04), a fin de determinar su nivel de concentración, para lo cual se tomaron muestras en forma mensual. La determinación y cuantificación de metales pesados del agua se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, según la metodología recomendada por la FAO. El estudio determinó que las concentraciones de los metales pesados totales del agua, resultaron significativas, superando los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú, para los ríos de la costa y sierra, así como los límites máximos permisibles (LMPs), establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (E.P.A.) para la vida acuática en agua dulce y por la Organización Mundial de la Salud (W.H.O.) para el contenido en agua superficial, siendo el Fe, el metal que se encuentra en mayor concentración, seguido del Zn, Pb y Cu, pero la concentración de Pb, es superior al límite máximo permisible, establecido por la Unión Europea para el cultivo de trucha.

Palabras clave: metales pesados, concentración, producción intensiva, truchas.

HEAVY METALS OF WATER USED IN INTENSIVE PRODUCTION OF TROUT IN YAULI - JUNÍN

ABSTRACT

It was studied the concentration of Cu, Zn, Fe, Pb of water used by 07 production centers of trout Yauli-Junín province, located in the districts of Huari (02), Paccha (01) and Casaracra (04), in order to determine the concentration level; for this, water samples were taken monthly. The determination and quantification of water heavy metals, was realized by spectrophotometry atomic absorption, according the methodology recommended by FAO. The study determined that the water total heavy metals concentrations, were significatives, exceeding the national water standars of environmental quality established by the Ambient Ministry of Peru, for the coast and sierra rivers, so for the LPMs established by the Environmental Protection Agency (E.P.A.) for the fresh water aquatic life and by World Health Organization (W.H.O.) for superficial water concentration, the Fe is the metal which is found in more concentration, followed del Zn, Pb y Cu, but the concentration of Pb, is superior even for the LMP established by the European Union for the trout culture.

Key words: heavy metals, concentration, intensive production, rainbow trout.

* Este trabajo de investigación fue recibido el 20/03/2005 retornado para su revisión 26/10/2009 y aprobado para su publicación 16/11/2009

¹ Email: lindoeffrain@hotmail.com

² Email: tpaucarchuco@unpc.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La contaminación de las cuencas hídricas, provocada por las altas concentraciones de algunos metales pesados, al ser utilizadas como receptores de descargas antrópicas, representa un riesgo para la salud humana, debido a los efectos adversos causados por su elevada persistencia en el ambiente, los cuales ingresan al ambiente acuático, principalmente por descargas directas de fuentes industriales, siendo la industria minera una de las más importantes (Gómez *et al.*, 2004).

Los estudios realizados en el Perú sobre minería y medio ambiente, reportan que los metales pesados más frecuentes que se eliminan en la industria minera, son: cobre, plomo, zinc, hierro, arsénico y cadmio, que en muchos casos superan los límites máximos permisibles, trayendo como consecuencia alteración de los cuerpos de agua y en algunos casos ocasionan desastres en los ríos y lagunas, como el caso del río Mantaro, que recibe residuos de la industria minera que tiene sus concentradoras con mala ubicación y deficiente sistema de acondicionamiento de sus relaves, que al llegar al cuerpo de agua, altera su estado desde la parte superficial hasta el fondo, convirtiéndose en un peligro para la fauna y flora de la cuenca, que está desapareciendo (Ministerio de Energía y Minas, 1993).

La actividad minera y metalúrgica que se desarrolla en La Oroya, afecta seriamente las cuencas de los ríos Huari y Tishgo, porque los residuos que se generan se vierten directa e indirectamente, los cuales mediante las corrientes fluviales, desembocan en los ecosistemas acuáticos, donde el agua es usada en la producción intensiva de truchas, la cual se encuentra muy difundida en la provincia de Yauli-Junín, y más aún con la puesta en marcha del Programa Nacional Sierra Exportadora en el 2006 y la aprobación del TLC con Estados Unidos en el 2007, la expectativa es incrementar la producción con fines de exportación; sin embargo existe el problema de contaminación del agua por metales pesados, producida por los relaves mineros que la empresas vierten directamente a los cursos de agua sin ningún tratamiento, alterando sus niveles de concentración, y a las emisiones atmosféricas difíciles de cuantificar por su dispersión rápida en el ambiente, generadas por la empresa metalúrgica Doe Run Perú, ubicada en La Oroya, que afecta significativamente la calidad del aire, las cuales son dispersadas a varios

kilómetros de distancia (Mamani, 2007), acentuando aún más el problema de contaminación de los recursos hídricos.

En el Perú, la calidad del agua, está regulada por el Ministerio del Ambiente que establece los estándares nacionales de calidad ambiental para agua de los ríos de la costa y sierra (MINAN, 2008); sin embargo los centros de producción de truchas de Yauli, no realizan el análisis de metales pesados del agua y el problema se acentúa mas, debido a que las empresas mineras y la planta metalúrgica, arrojan sus efluentes directamente a los cuerpos de agua que son usados por los centros de producción de truchas, alterando sus niveles de concentración; por lo tanto se planteó como objetivo evaluar el nivel de contaminación por metales pesados, procedentes de la contaminación minera y metalúrgica, existente en el agua usada por los centros de producción de truchas de la provincia de Yauli - Junín.

MATERIAL Y MÉTODOS

El objeto de estudio estuvo constituido por el agua de los recursos hídricos usados por 07 centros de producción de truchas, ubicados en los distritos de Huari (02), Paccha (01) y Casaracra (04), provincia de Yauli, región Junín. Los centros de producción considerados fueron los siguientes: Paraíso, Pedregal, Sol Radiante, Manantial Agua de Vida, Contratistas Véliz, ELOIM y Casaracra-UNCP.

Para el análisis de metales pesados totales durante los meses de marzo a setiembre de 2008, se tomaron muestras de agua en forma mensual, a razón de un litro por cada centro de producción, para lo cual se utilizaron recipientes plásticos, los cuales estuvieron inmersos en una solución de ácido nítrico al 10% durante 24 horas antes y luego se enjuagaron con agua bidestilada. Al momento de la toma de muestras se añadió 1,5 ml de ácido nítrico concentrado y después se trasladaron al laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Para la preparación de la muestra, se colocó 250 mL de agua en un vaso de precipitación, luego se llevó a ebullición, hasta obtener 100 mL, después se agregó 5 ml de ácido nítrico y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, para la destrucción de la materia orgánica y se llevó nue-

vamente a ebullición (hasta consumir el agua y obtener un residuo de consistencia pastosa), se dejó enfriar y luego se agregó 10 ml de agua destilada, se filtró y se aforó en una fiola de 100 mL, con ácido nítrico al 1%.

La determinación cuantitativa de metales pesados (cobre, zinc, hierro y plomo), fue realizada por el método de espectrofotometría de absorción atómica por flama, según la metodología recomendada por la FAO (1983), usando un equipo AA-6800 Atomic Absorption Spectrophotometer, marca Shimadzu, para lo cual previamente se prepararon las soluciones estándares de cobre, zinc, hierro y plomo, y se leyeron en orden creciente de concentración con los cuales se elaboró la curva de calibración y luego se realizó la lectura de las muestras.

Para comparar el nivel de concentración de metales del agua, los resultados fueron sometidos al análisis de varianza y para determinar diferencias significativas, los promedios fueron analizados con la prueba de comparaciones múltiples de TUCKEY con 5 % de error.

RESULTADOS

Respecto a los niveles de concentración de cobre, se observa que las variaciones siguieron una tendencia de manera ascendente, oscilando entre el mínimo (0,0013 mg/L), en junio y el máximo (0,135 mg/L), en mayo. Se observó gran variabilidad en la concentración de Cu total, en Contratistas Véliz los valores oscilaron entre 0,0013 y 0,040 mg/L, en junio y agosto respectivamente; mientras que en Manantial Agua de Vida, entre 0,0025 y 0,135 mg/L, en junio y mayo respectivamente.

La variación de los niveles de concentración de zinc, fueron notorias, oscilando entre el mínimo (0,0111 mg/L), en junio y el máximo (0,280 mg/L), en abril. Existió gran variación en la concentración de Zn total, en Pedregal, los valores fluctuaron entre 0,0111 y 0,120 mg/L, en junio y abril respectivamente, y en Casaraca-UNCP, entre 0,0260 y 0,280 mg/L, también en junio y abril respectivamente.

Respecto a los niveles de concentración hierro, se observa que las variaciones fueron notorias, oscilando

entre el mínimo (0,0264) mg/L, en junio y el máximo (0,4183 mg/L), en setiembre. Se presentó gran variación en la concentración de Fe total, Contratistas Véliz, los valores oscilaron entre 0,0264 y 0,171 mg/L, en junio y mayo respectivamente; mientras que en Sol Radiante, entre 0,0331 y 0,4183 mg/L, en junio y setiembre respectivamente.

La variación de los niveles de concentración de plomo, siguieron una tendencia ascendente, oscilando entre el mínimo (0,0017 mg/L), en junio y el máximo (0,0808 mg/L), en julio. Se observó variación en la concentración de Pb total, en Sol Radiante, los valores fluctuaron entre 0,0017 y 0,0584 mg/L, en junio y julio respectivamente, y en Paraíso entre 0,017 y 0,0808 mg/L, en agosto y julio respectivamente.

Referente a los niveles medios de metales pesados totales, en la tabla 1 se observa que se presentaron fluctuaciones entre centros de producción, sin embargo no existen diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0,05$).

Tabla 1. Concentración media de metales pesados totales del agua

MET. (MG/L)	CENTROS DE PRODUCCION						
	PARAISO	PEDREGAL	SOL RADIANTE	MANANTIAL AGUA DE VIDA	CONTRATISTAS VELIZ	ELOIM	CASARACA UNCP
Cobre_	0,0275 ± 0,0422	0,0326 ± 0,0361	0,0242 ± 0,0438	0,0399 ± 0,0515	0,0109 ± 0,0131	0,0282 ± 0,0420	0,0273 ± 0,0383
Zinc	0,0666 ± 0,0268	0,0953 ± 0,0494	0,0570 ± 0,0236	0,0824 ± 0,0410	0,0766 ± 0,0357	0,0481 ± 0,0200	0,1064 ± 0,0938
Hierro_	0,1359 ± 0,0925	0,1288 ± 0,0640	0,1163 ± 0,1361	0,1109 ± 0,0615	0,0977 ± 0,0486	0,0773 ± 0,0562	0,1060 ± 0,0902
Plomo_	0,0368 ± 0,0241	0,0347 ± 0,0113	0,0306 ± 0,0202	0,0347 ± 0,0089	0,0310 ± 0,0098	0,0317 ± 0,0181	0,0285 ± 0,0156

Comparando los niveles medios de metales pesados del agua usada por los centros de producción de truchas, los valores de Cu, superan los estándares de calidad ambiental (ECAs) del Ministerio del Ambiente (MINAM) del Perú, para los ríos de la costa y sierra (excepto Contratistas Véliz), y los límites máximos permisibles (LMPs) de la Agencia de Protección Ambiental (E.P.A.), (excepto Contratistas Véliz) y de la Organización Mundial de la Salud (W.H.O.), para la vida acuática en agua dulce (figura 1).

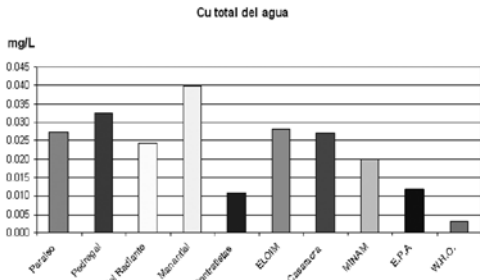


Gráfico 1. Comparación de la concentración de cobre total con MINAM, EPA y WHO.

Los valores de Zn, superan los ECAs del MINAM del Perú, para los ríos de la costa y sierra y los LMPs de la E.P.A. y de la W.H.O., para la vida acuática en agua dulce (figura 2).

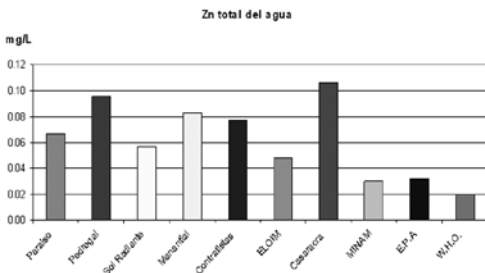


Gráfico 2. Comparación de la concentración de zinc total con MINAM, EPA y WHO.

Para el Pb, los valores superan los ECAs del MINAM del Perú, para los ríos de la costa y sierra y los LMPs de la E.P.A. y de la W.H.O., para la vida acuática en agua dulce (figura 3).

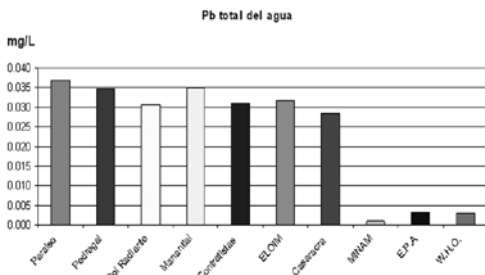


Gráfico 3. Comparación de la concentración de plomo total con MINAM, EPA y WHO.

DISCUSIÓN

Las aguas superficiales que reciben desechos procedentes de la actividad minera, presentan niveles ele-

vados de metales pesados, lo cual se atribuye principalmente a la actividad minera y metalúrgica que se desarrolla en la zona, existiendo mucha variabilidad en la concentración de metales pesados, durante los meses de muestreo, debido posiblemente a la entrada en el curso de los ríos, de cantidades importantes de estos metales y a la presencia de lluvias, lo cual ocasiona un mayor arrastre de constituyentes químicos que hacen que los niveles de concentración, aumenten o disminuyan (Gómez *et al.*, 2004), lo cual concuerda con los resultados de la presente investigación, ya que se encontró niveles significativos de cobre, zinc, hierro y plomo, en el agua usada por los centros de producción de truchas de la provincia de Yauli - Junín.

Al analizar las concentraciones medias de metales, se observa que los niveles de cobre a excepción de Contratistas Véliz, superaron el estándar nacional de calidad ambiental para agua (ECA), establecido por el Ministerio del Ambiente del Perú, para los ríos de la costa y sierra, que es 0,02 mg/L (MINAM, 2008) y los Límites Máximos Permisibles (LMPs) de la Agencia de Protección Ambiental (E.P.A.) para la vida acuática en agua dulce, que es 0,012 mg/L (excepto Contratistas Véliz), y de la Organización Mundial de la Salud (W.H.O.) para el contenido en agua superficial que es 0,003 mg/L (Pitaluga y Suvires 2006), pero no superaron el límite máximo permisible (LMP) de la Unión Europea (UE) que establece que en el agua de cultivo de trucha, la concentración máxima de cobre total, no debe exceder de 0,1 mg/L (Schlotfeldt y Alderman, 1995), y el LMP reportado por Klontz (1991), que para el cultivo de peces y trucha, es < 0,3 mg/L.

Los resultados obtenidos en este trabajo, son más altos a los encontrados por MINSA (2006) que reporta para el río Huari, concentraciones de cobre de < 0,005 a 0,022 mg/L y para el río Tishgo, concentraciones de < 0,005 a 0,005 mg/L, por Pitaluga y Suvires (2006) que reporta que en el río Castaño la concentración de cobre varió de 0,008 a 0,03 mg/L y por Alcalde *et al.* (2000) que reporta para el sistema río Colorado, una concentración de cobre de 0,004 mg/L, pero son bajos en relación a los encontrados por Pérez *et al.* (2000) que estudiaron la contaminación de las agua del río Cobre, reportando una alta concentración de cobre de 0,010 a 1,036 mg/L, causada por el impacto de la actividad minera en la calidad de las aguas, y por Gómez *et al.* (2004) que investigó los metales

pesados en el agua superficial del río San Pedro, reportando una alta concentración de cobre de 1,74 a 2,08 mg/L.

Los niveles de concentración de zinc, superaron el ECA, establecido por el MINAM del Perú, para los ríos de la costa y sierra, que es 0,03 mg/L (MINAM, 2008) y los LMPs de la E.P.A. que para la vida acuática en agua dulce, es 0,032 mg/L, de la W.H.O. que para el contenido en agua superficial es 0,02 mg/L (Pitaluga y Suvires 2006) y el LMP reportado por Klontz (1991) que para el cultivo de peces y trucha, es < 0,04 mg/L.

Estudios realizados por MINSa (2006), reportan para el río Huari concentraciones de zinc de < 0,052 a 0,308 mg/L y para el río Tishgo, concentraciones de < 0,087 a 0,179 mg/L, por Pitaluga y Suvires (2006) que reportan en el río Castaño una concentración de zinc de 0,001 mg/L y por Alcalde *et al.* (2000) que para el sistema río Colorado, reporta una concentración de zinc de 0,02 mg/L, siendo estos resultados mucho más bajos a los encontrados en esta investigación. Otro estudio de la contaminación de las agua del río Cobre, reporta una concentración de zinc de 0,010 a 1,040 mg/L (Pérez *et al.*, 2000) y para el agua superficial del río San Pedro, se reporta una concentración de zinc de 0,03 a 2,45 mg/L (Gómez *et al.*, 2004), siendo estos resultados mas altos en relación a los encontrados en este trabajo.

En cuanto al hierro, los niveles de concentración, no superaron el LMP reportado por Klontz (1991) que para el cultivo de peces y trucha, es < 1,0 mg/L, pero estos resultados no son contrastados con los del MINAM, la E.P.A y la W.H.O., debido a que estas instituciones, no reportan valores para este metal.

En la investigación, se encontraron resultados más altos a los encontrados por MINSa (2006) que reporta para el río Huari concentraciones de hierro de < 0,164 a 0,2759 mg/L y para el río Tishgo, concentraciones de < 0,289 a 0,681 mg/L, pero son bajos en relación a los encontrados por Pérez *et al.* (2000) que estudiaron la contaminación de las agua del río Cobre, reportando una alta concentración de hierro de 0,001 a 0,25 mg/L y por Gómez *et al.* (2004) que para el río San Pedro, reporta una

alta concentración de hierro de 0,26 a 15,23 mg/L.

Las concentraciones de plomo, superaron el ECA, establecido por el MINAM del Perú, para los ríos de la costa y sierra del Perú, que es 0,001 mg/L (MINAM, 2008)) y los LMPs de la E.P.A. que para la vida acuática en agua dulce, es 0,0032 mg/L, de la W.H.O. que para el contenido en agua superficial es 0,003 mg/L (Pitaluga y Suvires 2006) y de la UE que para el cultivo de trucha, es de 0,03 mg/L (Schlotfeldt y Alderman, 1995) a excepción de Casaracra-UNCP.

Los resultados de la concentración de plomo encontrados en este estudio, son más altos a los reportados por MINSa (2006) que analizó el agua del río Huari y encontró que la concentración de plomo varió de 0,025 a 0,079 mg/L y la del río Tishgo fue < 0,025 mg/L, por Pitaluga y Suvires (2006) que para el río Castaño encontraron que la concentración de plomo varió de de 0,001 a 0,012 mg/L y por Alcalde *et al.* (2000), que para el sistema río Colorado, reportan una concentración de plomo de 0,007 mg/L, pero son mas bajos a los resultados encontrados por Gómez *et al.* (2004) que investigó la concentración de plomo del río San Pedro, reportando concentraciones desde valores menores al límite de detección, hasta 0,3 mg/L.

CONCLUSIONES

- La concentración de cobre, zinc hierro y plomo, del agua usada por los centros de producción de truchas de Yauli - Junín, supera los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, establecidos por el Ministerio del Ambiente del Perú, para los ríos de la costa y sierra.
- La concentración de cobre, zinc y plomo, del agua, supera los límites máximos permisibles establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (E.P.A.) para la vida acuática en agua dulce y por la Organización Mundial de la Salud (W.H.O.) para el contenido en agua superficial.
- La concentración de plomo, es superior al límite máximo permisible establecido por la Unión Europea, para el cultivo de trucha.

- El hierro es metal que se encuentra en mayor concentración, seguido del zinc, plomo y cobre.

LITERATURA CITADA

- Alcalde, R., J. Perl y F. Andrés.** 2000. Calidad del ambiente acuático en el sistema de río Colorado. En informe de campaña de muestreo de agua: 20-37. Buenos Aires.
- FAO.** 1983. Análisis de presencia de metales y organoclorados en peces. En manual de métodos de investigación del medio ambiente acuático”, vol. 212: 1 - 14. Roma.
- Gómez, A., A. Villalba, G. Acosta, M. Castañeda y D. Kamp.** 2004. Metales pesados en el agua superficial del río San Pedro, durante los años 1997 y 1999. En contaminación ambiental, vol. 1: 1 - 8. México.
- Klontz, G.** 1991. Manual for rainbow trout production on the family-owned. Department of fish and wildlife resources. University of Idaho. Moscow.
- Mamani, A.** 2007. Complejo metalúrgico La Oroya-Perú [www.ecoport.net], 11 de abril, 2008. La Oroya.
- MINAM.** 2008. Estándares nacionales de calidad ambiental para agua. Decreto Supremo nº 002-2008-MINAM. Anexo I, categoría 4: conservación del ambiente acuático. Ministerio del Ambiente. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas.** 1993. Minería y medio ambiente. Un enfoque técnico-legal de minería en el Perú. Lima. 181 pp.c.
- MINSA.** 2006. Vigilancia de la calidad de los recursos hídricos: río Mantaro y tributarios. Ministerio de Salud. DIGESA. Lima. 18 pp.
- Pérez, N., A. Marañón, C. López, Y. Pérez, A. González, D. Cascaret, F. Pelegrin, I. Guerra, A. Ferrer y H. Argota.** 2002. Contaminación de las aguas del río Cobre en la zona de la mina grande del cobre. En Química, Vol. XVI (2): 24 - 33. La Habana.
- Pittaluga, M. y G. Suvires.** 2006. Chemical composition and water quality of de Castaño river, Calingasta, San Juan province, Argentina. En Multequina, Vol. 15: 17 - 26. Buenos Aires.
- Schlotfeldt, H. y J. Alderman.** 1995. A practical guide for the freshwater fish farmer. European Association of Fish Pathologists. Munich.