



Palabras clave: metales pesados, *Prochilodus lineatus*, industria minera

Key words: heavy metals, *Prochilodus lineatus*, mining

## Contenido de metales pesados en tejidos de sábalo (*Prochilodus lineatus*) del río Pilcomayo, Misión La Paz, Provincia de Salta.

Carolina Elena Rosenberg \*, Bruno Nicolás Carpinetti \*\*, Carina Apartin \*\*\*

\* CIC, Comisión de Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires.

\*\* Administración de Parques Nacionales.

\*\*\* Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, 47 y 115, 1900-La Plata, Argentina.

e-mail: rosenberg@netverk.com.ar

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la exposición a metales pesados en la población de Misión La Paz, Salta, se determinaron las concentraciones de 4 de ellos (Pb, Cu, Ni y Zn) en muestras de tejidos de sábalo y de agua del río Pilcomayo. Los valores hallados en tejidos óseo y muscular de los peces muestran niveles de plomo varias veces superior al máximo permitido en productos alimenticios por el Código Alimentario Argentino (Art. 156) que es de 2 mg/kg. Los contenidos de plomo en muestras de agua del río se encuentran en el límite superior de los máximos niveles permitidos para el agua de bebida, mientras que el resto de los metales se encuentran en niveles inferiores. Con respecto a la protección de la vida acuática, todos los metales determinados presentan concentraciones mayores a los máximos niveles sugeridos para el uso del recurso.

### ABSTRACT

*Heavy metal concentrations in tissues of "sábalo" (Prochilodus lineatus) of Pilcomayo River, Misión La Paz, Salta.*

*In order to evaluate the exposition of the population of Misión La Paz, Salta to heavy metals, the concentrations of four heavy metals (Pb, Cu, Ni and Zn) were determined in fishes and water of Pilcomayo River. Results of this study show that the amounts of lead in fish tissues are much higher than maximum levels allowed in food by the Argentine Alimentary Code. Considering water the concentration of lead is in the upper limit of the maximum allowed in the drinking water, while the other metals analysed are below these values. As regards the aquatic life protection, all the metals were found exceeding the maximum quantities allowed. Thus, it is concluded that the aquatic fauna of this region of Pilcomayo River is exposed to polluted environment containing heavy metals which is a risk to human population.*



## INTRODUCCION

El río Pilcomayo tiene una longitud de 670 km y es uno de los cursos de agua más importantes del noroeste argentino. La unidad de paisaje es una planicie de deposición que resulta de sus frecuentes derrames, los que aportan cantidades muy altas de sedimentos que son transportados desde su cuenca activa situada en el sistema andino. La actividad morfogénica es muy dinámica como resultado de las influencias del Pilcomayo, que provoca la inestabilidad de su curso y de toda la región aledaña (FAO/ PNUMA, 1985). Las acciones antropogénicas desarrolladas en la zona alta de su cuenca, han generado marcados problemas de contaminación del agua. La minería para la extracción de metales, descarga residuos, así como también derivados del tratamiento mineral a los sistemas de drenaje del río. Actualmente en Potosí (Bolivia) están asentadas medio centenar de plantas minero-metalúrgicas que para el tratamiento del mineral, utilizan reactivos químicos tales como xantatos, sulfato de cobre, sulfato de cinc, cal, espumantes y cianuro de sodio o potasio. Las descargas de sus desechos y lodos se vierten al río La Ribera, que más tarde llegará al Pilcomayo sin ningún tipo de tratamiento. De este modo, los metales pesados y residuos minerales y químicos entran al sistema hidrológico del río Pilcomayo. Se estima que el volumen actual de tratamiento de minerales está entre 30 toneladas por día en los ingenios pequeños, 70 en los medianos y 220 en los grandes. Se calcula que durante la última década se vertieron diariamente más de 1000 toneladas de metales pesados y diversos reactivos químicos en los ríos bolivianos aledaños a los centros mineros, varios de ellos afluentes al Pilcomayo (Castro Arze, 1998).

En el área donde el cauce del río delimita la frontera argentina con Bolivia y Paraguay, en provincia de Salta conocida como Lotes fiscales 55 y 14 - alrededor de 660.000 ha - conviven unos 5600 aborígenes Wichi, asociados con pequeñas comunidades de las etnias Chorote, Toba y Chulupi y con aproximadamente 2.600 colonos criollos (Wallis, 1995). Las actividades económicas de la población aborígen son la pesca, la caza, la recolección y la agricultura doméstica. Durante los meses de sequía, en invierno, la mayoría subsisten casi exclusivamente en base a la pesca, especialmente de sábalo (*Prochilodus lineatus*), en

el río Pilcomayo, lo que le da a este recurso una importancia fundamental para su subsistencia (Garrido et al., 1990).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el grado de exposición a metales pesados de la población de Misión La Paz, mediante la determinación de las concentraciones de plomo, cobre, níquel y zinc en muestras de agua y de tejidos de sábalos.

## MATERIAL Y METODOS

Los datos presentados corresponden a un único muestreo realizado en Misión La Paz (22° 22' 44" S, 62° 31' 04" W), Salta, en agosto de 1999 (Fig. 1).

Los peces (*P. lineatus*, n=5, peso corporal: 1,9-2,2 kg) se recolectaron con redes tijera de fabricación artesanal y fueron eviscerados sobre mesas de madera, evitando de este modo todo contacto con elementos metálicos. Se tomaron muestras de huesos (vértebras) y de tejido muscular de la región caudal, y de agua de río en recipiente de plástico de 500 ml, a 10 cm por debajo del pelo de agua y se conservó mediante el agregado de ácido nítrico (1ml.l<sup>-1</sup>).

Las muestras biológicas fueron conservadas a -20 °C y las de agua a 4°C hasta el momento de ser procesadas. Todas fueron digeridas con ácido nítrico, según métodos estandarizados. El filtrado se efectuó con filtros de nitrocelulosa MSI 0,45 µm de poro, llevando a un volumen final de 10 ml con agua destilada desionizada Nanopura MilliQ en el caso de las alícuotas de hueso y músculo y la de agua se concentró 10 veces por evaporación en baño de arena hasta 50 ml antes de ser filtrada (Viarengo et al., 1988; APHA, 1998).

Se determinó el contenido de metales (plomo, cobre, níquel y zinc) por espectrofotometría de absorción atómica (Varian Spectra AA 300), por absorción directa en llama de aire-acetileno, utilizando patrones de concentración de metales J.T.BAKER (BAKER INSTRA- ANALYZED®, Atomic Absorption Standard). Se trabajó con límites de detección de 0,02mg/l Pb, 0,01mg/l Cu, 0,01mg/l Ni y 0,002mg/l Zn para muestras líquidas, y 2mg/kg Pb, 1mg/kg Cu, 1mg/kg Ni y 0,2mg/kg Zn para las muestras de órganos.

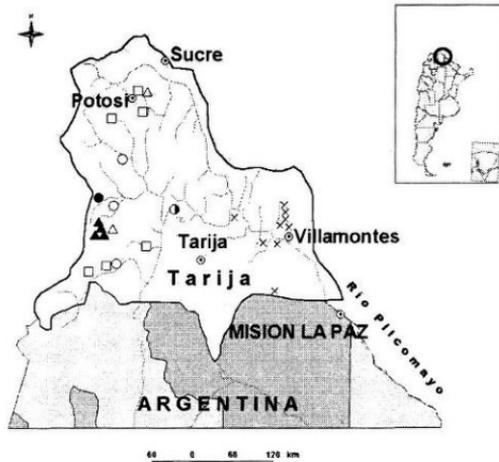


Figura 1

Ubicación de las explotaciones mineras en la cuenca del río Pilcomayo y localidad de muestreo

## RESULTADOS

Las concentraciones de Pb, Cu, Ni y Zn expresadas en mg/kg y referidas a peso húmedo, fueron determinadas en hueso y tejido muscular de sábalo. Aunque se observó una considerable variabilidad entre los animales, los valores analizados fueron elevados. En el caso del Pb el máximo permitido en productos alimenticios por el Código Alimentario Argentino (Art. 156) que es de 2 mg/kg de alimento fue superado por el contenido hallado en tejido muscular de todas las muestras analizadas (3,27 a 15,94 mg/kg) (Cuadro 1).

Se determinaron los contenidos de Pb, Cu, Ni y Zn en muestras de agua del río Pilcomayo y se expresaron en mg/l. Al comparar los contenidos de los metales hallados con los máximos niveles permitidos para el agua de bebida se evidencia que los contenidos de plomo encontrados (0,049 mg/l) están en el límite superior de lo permitido (0,005 mg/l), mientras que el resto de los metales se encuentran en niveles por debajo de los límites

tolerados. Con respecto a la protección de la vida acuática, todos los metales determinados presentan concentraciones mayores a los máximos niveles sugeridos para el uso de este recurso (Cuadro 2).

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

Entre agosto y septiembre de 1996 una gran cantidad de lodos tóxicos entró en el río Pilcomayo, a causa del derrumbe de un dique de colas de la mina de Porco, Potosí en Bolivia. Según algunos cálculos unas 300.000 tn de desechos mineros entraron en el Pilcomayo, aproximadamente la cantidad que entra normalmente en un año. Estudios realizados en los años 1997 y 1998, tanto en muestras de agua como de tejidos de sábalos, mostraron concentraciones de metales inferiores a los encontrados en este trabajo, pero los autores sugirieron que si la contaminación del accidente de Porco hubiese afectado a las poblaciones de peces,

**Cuadro 1**

Concentraciones de metales en tejidos óseo y muscular de *Prochilodus platensis*. Los valores se refieren a peso húmedo y se expresan en mg/kg. Los números 1 a 5 identifican el animal al que pertenece la muestra (D. S.: desvío estándar).

Muestra	Pb	Cu	Ni	Zn
Músculo 1	10,53	12,58	<0,10	140,72
Músculo 2	5,33	9,86	<0,10	33,53
Músculo 3	3,27	5,04	<0,10	18,89
Músculo 4	15,94	14,49	<0,10	42,03
Músculo 5	5,25	5,84	<0,10	28,21
Promedio	8,06	9,56		52,68
D.S.	5,16	4,12		49,93
Vértebra 1	23,17	7,32	<0,10	176,83
Vértebra 2	14,88	6,89	<0,10	90,22
Vértebra 3	11,08	4,9	3,92	64,22
Vértebra 4	20,52	7,79	<0,10	74,03
Vértebra 5	10,34	4,63	1,54	44,75
Promedio	15,99	6,31	2,73	90,01
D.S.	5,69	1,45	1,68	51,25

**Cuadro 2**

Concentraciones de metales pesados (mg/l) en aguas del río Pilcomayo en Misión La Paz, provincia de Salta. <sup>(1)</sup>Código Alimentario Argentino, art. 982; <sup>(2)</sup>Ley Nacional 24051 de Residuos Peligrosos, Decreto Reglamentario 831/93. Argentina.

Metal	Muestra de agua	Valores máximos permitidos para el agua de bebida <sup>(1)</sup>	Valores máximos permitidos para la protección de la vida acuática <sup>(2)</sup>
Pb	0,049	0,050	0,001
Cu	0,03	1,000	0,002
Ni	0,03	0,050	0,025
Zn	0,11	5,000	0,030

ese efecto sería más notorio en el año 1999 (Smolders y Lanza de Smolders, 1998; Smolders y Ambio Chaco, 1999). El pequeño tamaño de la muestra analizada aquí, no permite arribar a conclusiones definitivas, pero se sugiere que el accidente antes mencionado podría ser la fuente de la contaminación por metales pesados hallada en los tejidos de los peces analizados.

Luego de analizar los datos de contenidos de los metales en muestras de agua del río, se concluye

que la fauna acuática de esa zona está expuesta a un medio contaminado por metales pesados. Las concentraciones en agua de todos los metales analizados en este trabajo superan las encontradas en una laguna de la Provincia de Buenos Aires (Ronco y Argemí, 1998). En el mismo trabajo se analizaron los residuos de metales pesados en tejidos de tres especies de peces, obteniendo valores inferiores a los hallados en el sábalo.

Para comparar el presente análisis con los de otra



región del país con una actividad minera similar, se analizaron los resultados de un estudio realizado en la provincia de La Rioja, en el cual se determinaron las concentraciones de 39 elementos traza en sedimentos, aguas y 8 especies vegetales. Los resultados mostraron 5 patrones geoquímicos diferentes. En algunos se halló un alto contenido de metales en los tres tipos de muestras, indicando estos valores un estilo de mineralización sulfurosa en el lugar (Fernandez Turiel *et al.*, 1995).

Es de destacar que los valores hallados en los tejidos de sábalos, superan también las máximas concentraciones de Pb permitidas por otros países: Australia: 2,5 mg/kg, Alemania: 0,5 mg/kg, Japón: 1-5 mg/kg, Suecia: 0,3-0,5 mg/kg, Suiza: 0,1-0,5 mg/kg (OCDE, 1993).

Por último, al comparar los contenidos de metales hallados en el tejido muscular del sábalo, con los valores máximos aceptados para la ingesta oral diaria humana (0,1 mg/día estimados para una persona de peso promedio de 70 kg en el caso del plomo), y considerando que la ingesta mínima de pescado por día por persona es de aproximadamente 0,2 kg, la ingesta diaria sería de aproximadamente 1,6 mg de Pb.

Se concluye, por lo tanto, que la población humana que hace uso del recurso pesca para su supervivencia está en riesgo por exposición al plomo, ingiriendo 16 veces más de lo aceptado (Goyer, 1996).

#### AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Alicia Ronco por la supervisión y dirección del presente trabajo y a la Lic Betina Aued por su asistencia técnica en la confección del gráfico.

#### REFERENCIAS

- APHA- AWWA- WPCF, 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Clesceri, L.S.; Greenberg, A.E.; Eaton, A.D., Eds; American Public Health Association- American Water Works Association- Water Pollution Control Federation: Maryland; Part 3000.
- Castro Arze, M. 1998. Ríos y biodiversidad en Bolivia. Revista informativa N° 1: 1-8 Centro de Estudios Regionales para el Desarrollo de Tarija, Tarija 28 p.
- FAO/PNUMA, 1985. Un sistema de áreas silvestres protegidas para el gran Chaco. Documento Técnico 1. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile, 75p.
- Fernández Turiel, J. L., A. López-Soler, J. F. Llorens, y X. Querol, 1995. Environmental monitoring using surface water, river sediments, and vegetation: a case study in the Famatina Range, La Rioja, Argentina. *Environ. Int.* 21 (6): 807-820.
- Garrido, J. L., S.G. Mosa y J.N. Volante, 1990. La utilización pesquera en los grandes ríos de la provincia de Salta. *Manejo de Fauna* 1: 1-9.
- Goyer, R.A., 1996. Toxic Effects of Metals. En: Casarett & Doull's- Toxicology- The basic science of poisons. Eds: Klaassen CD, 5ta Ed. Mc Graw-Hill, New York, 23: 691- 736.
- OCDE, 1993. Organization for Economic Cooperation and Development. *Environ. Monogr.* 65, Risk Reduction Monogr. 1: lead, Paris, 277 pp.
- Ronco, A. y F. Argemí, 1998. Metales pesados en agua, plancton, peces y sedimentos de la Laguna de Lobos, Provincia de Buenos Aires. *Gerencia Ambiental* 49: 788-792.
- Smolders, A. J. P. e I. Lanza de Smolders, 1998. La contaminación del Río Pilcomayo y el pez sábalo (*Prochilodus lineatus*) con metales pesados. Informe de la Universidad Católica de Nijmegen (Holanda), la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (Tarija) y Ambio Chaco Villa Montes, 20p.
- Smolders, A. J. P., 1999. Causas para la disminución del pez sábalo (*Prochilodus lineatus*) en el Río Pilcomayo (Bolivia) entre los años 1988 y 1998. *Aquat. Environ. Biol.*, 26 p.
- Viarengo A., G. Mancinelli, G. Martino, M. Pertica, L. Canesi and A. Mazzucoteli, 1988. Integrated stress indices in trace metal contamination: critical evaluation in a field study. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 46: 65 - 70.
- Wallis, C. 1995. Diferentes formas de ocupación y uso de la tierra. Indígenas y criollos en el Norte salteño. *Desarrollo Agroforestal y Comunidad Campesina* 14: 12-15.

Recibido / Received / 17 mayo 2000  
Aceptado / Accepted / 6 marzo 2002