

CAPÍTULO VI

LAS LAGUNAS PROFESAN EL HEAVY METAL. METALES PESADOS EN AMBIENTES ACUÁTICOS PAMPEANOS

ERICA YANINA SÁNCHEZ

1. Introducción

Los metales pesados se encuentran en los ambientes acuáticos tanto por causas naturales como antropogénicas. Si bien algunos cumplen un papel importante en el crecimiento, desarrollo y reproducción de los seres vivos, su presencia en exceso los afecta negativamente, incluso en bajas concentraciones como en el caso del mercurio (Hg), plomo (Pb) y cadmio (Cd). Allí radica la importancia del monitoreo de metales pesados en el medio ambiente para tratar de establecer posibles rutas de exposición hacia humanos (Walker *et al.*, 1997; Landis y Yu, 1998; Alama *et al.*, 2002) dado que estos elementos tienen la capacidad de acumularse y moverse a lo largo de la cadena trófica.

*El medio acuático puede ser dividido en tres compartimentos principales: agua, sedimento y organismos vivos. Los elementos metálicos naturalmente presentes en el medio ambiente o introducidos artificialmente por las actividades humanas se reparten en estos compartimentos en función de diferentes mecanismos de naturaleza química, física o biológica. Los intercambios entre estos compartimentos estarán influenciados por las variaciones de los factores ecológicos abióticos (características físico-químicas del agua y de los sedimentos) o bióticos (régimen alimentario, naturaleza y cantidad de alimento disponible, por ejemplo) y por las variaciones del caudal y volumen de agua según las estaciones y fluctuaciones climatológicas (Anadon *et al.*, 1984).*

La disponibilidad de los metales para los organismos acuáticos (biodisponibilidad) se halla en función de las propiedades físico-químicas del agua (temperatura, pH, dureza, etc.) y del elemento (en compuestos orgánicos o inorgánicos). La bio-acumulación es el proceso por el cual cualquier agente contaminante se incorpora en forma continua a los organismos vivos en diferentes órganos y tejidos durante períodos prolongados de tiempo (Raloff, 1994; Klavins *et al.*, 1998). Biomagnificación es el traspaso de esas sustancias químicas bioacumuladas a un nivel trófico superior, aumentando su concentración (Solomon, 1996; Walker *et al.*, 1997; Landis y Yu, 1998).

En los peces los metales pesados pueden ingresar por tres vías posibles: branquias, alimento o superficie corporal (Amundsen *et al.*, 1997). Tienen órganos blanco y patrones de acumulación (Cambero, 2002). Ello referencia que determinados compuestos por diferentes causas (metabólicas, modalidad de ingreso, estado, etc.) son retenidos en ciertas estructuras de los seres vivos y con distintos ritmos y regímenes. Las lagunas pampeanas han sido objeto de estudio de diversos trabajos al respecto (Del Ponti *et al.*, 1999, Moscardi, 2003).

El objetivo del capítulo es presentar diferentes resultados de estudios realizados en dos lagunas pampeanas en las cuales se determinó el nivel de concentración de plomo, cromo, cinc, cadmio y mercurio en agua, sedimentos y distintos órganos o tejidos vegetales (junco, *Schoenoplectus californicus*) y peces (pejerrey, *Odontesthes bonariensis*, dientudo, *Oligosarcus jenynsii*, sabalito, *Cyphocharax voga* y mojarra, *Astyanax fasciatus*).

La descomposición del sustrato geológico, las emisiones volcánicas o la disolución de sales en agua conforman la fuente natural de los metales pesados en ambientes acuáticos. También están presentes como consecuencia de las actividades del hombre, desechos industriales y de actividades mineras, escorrentía urbana, desagües pluviales, rellenos y el lavado atmosférico de partículas o gases emitidos.

Si bien se asocia a los metales pesados con la contaminación del agua y de los alimentos como lugares de hallazgo y riesgo, una de las formas más frecuentes de transporte de un lugar a otro en realidad se produce a través del aire, como gases o especies adsorbidas en las partículas materiales suspendidas.

2. Material y métodos

Se realizaron dos campañas de muestreo (octubre y noviembre de 2006), en las lagunas La Brava y La Peregrina, ubicadas en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Se realizó un análisis físico-químico del agua determinando la composición química mayoritaria por metodología estándar (APHA-AWWA-WPCF, 1992). Para identificar los metales pesados cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd) y cinc (Zn) se tomaron muestras de agua y sedimento en diferentes sitios de cada ambiente y una muestra de suelo del perillago de La Brava. Para el análisis de las muestras, se empleó la técnica LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy), que se basa en el análisis espectroscópico de una chispa o ruptura dieléctrica producida por pulsos de radiación láser enfocados sobre la superficie libre de la muestra a estudiar.

La detección de los elementos presentes en el plasma no presenta mayores inconvenientes; sin embargo, la cuantificación no es directa y requiere un análisis cuidadoso de los espectros medidos. La forma más sencilla y generalmente utilizada de cuantificar los elementos detectados es a través de la calibración de una curva con muestras patrones. Se fabricaron pastillas compactadas con el material acorde a Díaz Pace, (2002). En comparación con otras técnicas analíticas convencionales, la técnica LIBS posee importantes ventajas para efectuar análisis cualitativo y cuantitativo de concentraciones atómicas. Las mediciones se realizaron en el Instituto de Física Arroyo Seco (IFAS) de la Facultad de Ciencias Exactas, UNCPBA, en Tandil.

Los peces fueron capturados con red de arrastre a la costa. Se seleccionaron los ejemplares a analizar en base a la diversidad y relevancia para el consumo humano; se les extrajo hígado, músculo y grasa peritoneal. En el caso del junco, se separó rizoma, vástago y raíz. Las muestras fueron acondicionadas y enviadas acorde al protocolo al laboratorio de la cátedra de Química Analítica de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, donde se determinó la concentración de los siguientes metales por espectrometría de absorción atómica: Cr, Pb, Zn y Cd.

3. Resultados y discusión

El valor del pH fue alcalino (La Peregrina = 7,25; La Brava = 8,05); la temperatura del agua ascendió en noviembre de 15 a 19 °C. La Peregrina fue mas turbia que La Brava (disco de Secchi = 15 y 27,5 cm respectivamente). Por su composición química, el agua en ambas lagunas es bicarbonatada sódica y considerada como algo dura (La Brava = 80 mg/L; La Peregrina = 123,5 mg/L). Tanto el valor de pH como de dureza contribuyen a la menor biodisponibilidad de los iones metálicos, ya que la concentración de iones libres disminuye con el incremento del pH, al disminuir la proporción del metal total que está en forma catiónica. Los iones H⁺ compiten con los sitios de unión de metales pesados en las branquias de los

peces. Asimismo el Ca^{+2} y menos el Mg^{+2} compiten también con los mismos sitios de unión que los metales pesados.

La técnica LIBS permitió identificar los metales presentes en las muestras de suelo, agua y sedimento y cuantificarlos. La excepción fue el Hg cuyo análisis sólo fue cualitativo. En este caso, fue detectado en sedimento en ambas lagunas, pero ausente en agua, por lo cual es posible especular sobre un ingreso en el pasado.

Asimismo se halló Cr en sedimento y agua (en este caso no pudo cuantificarse exitosamente) y Zn en sedimento de La Peregrina; el resto de los elementos buscados no fueron detectados. Cabe acotar que la técnica empleada no permite diferenciar el estado de oxidación del Cr (principalmente entre hexavalente y trivalente). La tabla VI.1 presenta los resultados obtenidos en sedimento de ambas

muestra	fecha	Cromo total (nivel guía = 37,3 µg/g)	Cinc (nivel guía = 123 µg/g)
LB1	20/10/06	0,6 ± 0,11	
LB2	20/10/06	1,8 ± 0,36	
LB3	20/10/06	2,7 ± 0,53	
LB4	20/10/06	4,3 ± 0,87	
P1	20/10/06	1,8 ± 0,36	
P2	20/10/06	4,2 ± 0,83	12,2± 2,44
LB1	27/11/06	0,73 ± 0,15	
LB2	27/11/06	0,44 ± 0,09	
P1	27/11/06	0,39 ± 0,08	
P2	27/11/06	2,04 ± 0,41	
suelo	27/11/06	0,39 ± 0,08 nivel guía 750 µg/g	

Tabla VI.1. Concentraciones de cromo total y zinc en sedimento en diferentes muestras de las lagunas La Brava (LB) y La Peregrina (P) y suelo y sus correspondientes niveles guía, expresado en µg/g de peso seco (ps).

El cromo tiene características bien diferenciadas dependiendo de su estado de oxidación. Así, el Cr^{6} es muy reactivo, relativamente soluble y altamente tóxico (puede alterar el material genético y causar cáncer), en cambio, el Cr^{+3} es relativamente poco soluble (tiende a precipitar a pH alcalino o levemente ácido) y su toxicidad es baja (Palmer y Puls, 1994).

En Argentina no existe legislación que regule los límites para metales pesados en peces. La Dirección Nacional de Fiscalización Agroalimentaria (SENASA) utiliza como valores comparativos los citados en el Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene de los Alimentos (CREHA). En la siguiente tabla se especifican los niveles guía para Pb, Cd y Hg en algunos tejidos específicos.

Metal	órgano	LMA
Cd	músculo	0,5
	hígado	0,05
	peces de mar y río	0,05
Pb	músculo	0,1
	hígado	0,5
	peces de mar y río	0,2
Hg	peces de mar y río	1

Niveles guía de calidad para peces como productos alimenticios según CREHA. LMA = límite máximo admisible (mg/kg)

LAGUNA	ESPECIE	LARGO ESTANDAR (mm)	PESO(gr)	TEJIDO MUESTREADO
La Brava	Pejerrey	249	189,1	M-H-G
	Dientudo 1 (*)	145	61,0	M-H
	Dientudo 2 (*)	130	44,8	
	Mojarra 1 (*)	110	44,9	M-H
	Mojarra 2 (*)	111	49,3	
	Junco 1			R-RI-V
	Junco 2			R-RI-V
La Peregrina	Pejerrey	228	158,7	M-H-G
	Dientudo 1 (*)	135	47,4	M-H-G
	Dientudo 2 (*)	135	52,4	
	Sabalito	195	284,3	M-H

Tabla VI.2. Especies de peces analizadas, largo y peso de los ejemplares y el tejido u órgano medido (M = músculo; H = hígado, G = grasa; RI = rizoma; R = raíz y V = vástago). El * indica que se realizó un pool para lograr juntar la cantidad de muestra necesaria.

lagunas en cada campaña y suelo de La Brava. Los niveles guía citados son los establecidos en el Canadian Environmental Quality Guidelines (2003).

En la primera campaña realizada en La Brava, se observó una disminución en las concentraciones de Cr a lo largo de la transecta que se inició en la desembocadura del afluente (arroyo El Peligro) hacia el interior de la laguna. El valor obtenido en el suelo, a 50 cm de profundidad se considera como nivel de base y de concentración natural propia de la región. En todos los casos, los valores resultan por debajo de los niveles guías permisibles.

La tabla VI.2 presenta las especies analizadas en cada laguna, el largo estándar, el peso de los ejemplares y el órgano o tejido medido (músculo, hígado, grasa, rizoma, raíz y vástago).

En todos los casos se determinó Cr, Zn, Pb y Cd ya que el Hg no pudo ser analizado. En la figura VI.1 se presentan los resultados obtenidos en cada laguna discriminados por especie y órgano analizado. La tabla VI.3 sintetiza los resultados obtenidos en todos los tejidos orgánicos.

Excepto en determinadas muestras de pejerrey, el hígado fue siempre el órgano de mayor concentración. De las especies consideradas, el pejerrey fue el que resultó con menor valor de presencia de los diferentes metales, destacándose, en ese sentido, la capacidad del dientudo para bioacumular.

Al comparar con niveles máximos admisibles, en lo que al Pb respecta, todos los tejidos analizados en este trabajo poseen concentraciones por encima del valor considerado como límite máximo admisible (LMA) establecido en el Plan Nacional de Control de Residuos e Higiene de los Alimentos (CREHA).

En lo referente al Zn, no se ha encontrado legislación ni valores de niveles guías de referencia en tejidos de peces. Si bien no fue determinada su presencia en agua, el Zn estaría siendo bioacumulado por los peces.

Los niveles de metales hallados en el hígado tienen su máximo interés para el monitoreo del medio acuático; desde el punto de vista de salud humana importan las concentraciones en músculo, especialmente en aquellas especies que se emplean habitualmente como alimento; en general, es un tejido que juega un papel menor en la acumulación de estos compuestos, ratificado en los resultados obtenidos, ya que en ambas lagunas son los valores más bajos determinados.

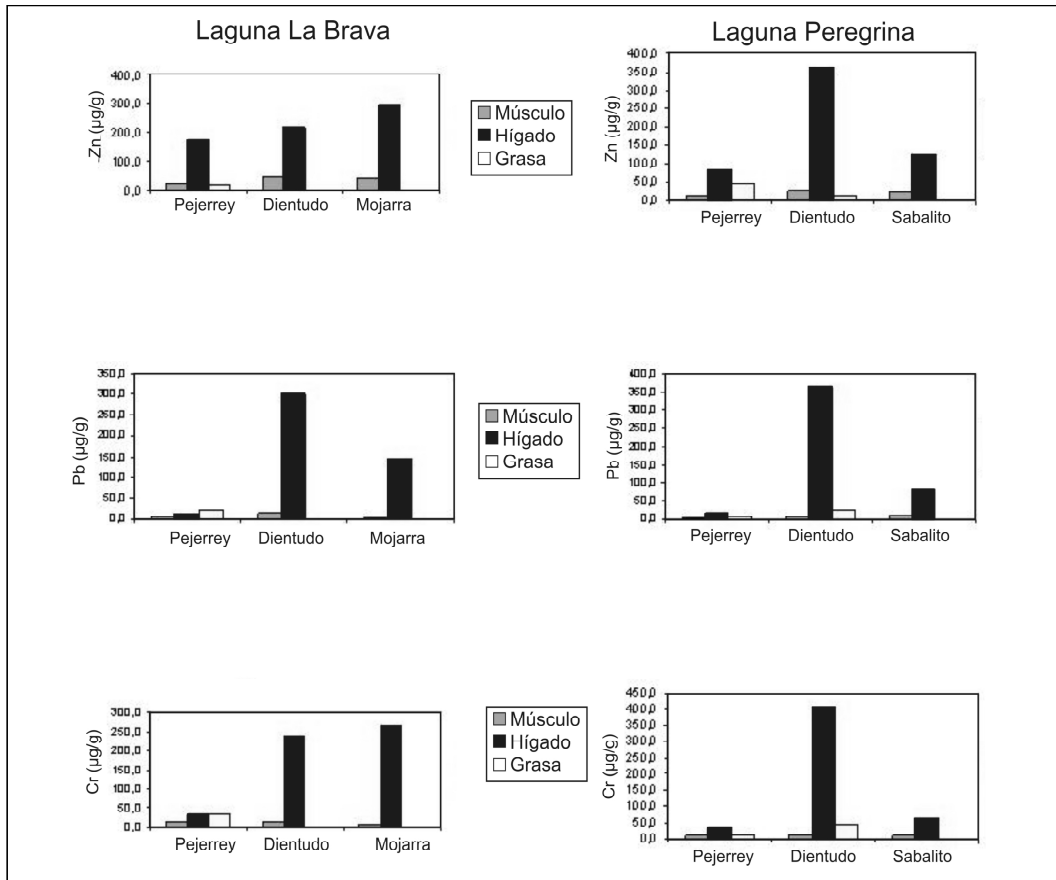


Figura VI.1. Concentraciones de Pb, Zn y Cr en La Brava (izquierda) y La Peregrina (derecha) en pejerrey, dientudo, mojarra y sabalito.

Muestra	Zn (µg/g)	Pb (µg/g)	Cr (µg/g)	Cd (µg/g)
junco LB 1 vástago	24,95	7,98	18,96	0,00
junco 1 LB rizoma	20,02	6,01	13,02	1,00
junco 1 LB raíz	141,14	23,52	66,65	3,92
junco 2 LB vástago	45,04	7,01	18,01	2,00
junco 2 LB rizoma	54,02	20,78	18,01	1,39
junco 2 LB raíz	75,58	17,71	24,80	nd
dientudo P músculo	25,47	5,09	11,04	nd
dientudo P hígado	362,79	362,79	408,13	nd
dientudo P grasa	13,75	24,05	41,24	nd
dientudo LB músculo	43,33	13,74	13,74	nd
dientudo LB hígado	214,23	299,93	235,66	nd
pejerrey P músculo	14,47	2,52	8,81	nd
pejerrey P hígado	83,08	15,72	33,68	nd
pejerrey P grasa	45,53	6,39	11,98	nd
pejerrey LB músculo	23,52	4,70	12,77	nd
pejerrey LB hígado	173,15	10,73	33,71	nd
pejerrey LB grasa	13,98	20,97	32,61	nd
sabalito P músculo	24,80	8,47	9,07	nd
sabalito P hígado	125,25	83,50	62,62	nd
mojarra LB músculo	40,96	1,95	9,75	nd
mojarra LB hígado	295,36	147,68	265,82	nd

Tabla VI.3. Resultados de análisis de Zn, Pb, Cr y Cd en tejidos de peces y juncos. LB = La Brava; P = La Peregrina.

El Zn y el Cr son metales esenciales en el sentido que forman parte de numerosas enzimas necesarias en el metabolismo animal. Existe una biorregulación y en el caso de producirse un aumento general de la concentración los organismos poseen mecanismos para almacenarlos o eliminarlos. Ello podría explicar los resultados obtenidos.

Las diferencias de bioacumulación de los tejidos se han atribuido a las características biológicas de la especie y al modo de exposición del individuo a un determinado metal. Por ejemplo, si la exposición es aguda o crónica, o cual es la ruta principal de ingreso del contaminante; si es a través del agua, la mayor concentración se acumulará en las branquias, en cambio si la ingesta predominante es por el alimento se acumulará en los tejidos u órganos principales del sistema digestivo (Borgman, 2000).

La biomagnificación de los metales pesados estudiados no puede ser establecida fehacientemente a partir de los resultados obtenidos por diversas razones: las especies consideradas poseen un amplio espectro trófico, con variaciones estacionales y ontogenéticas (a lo largo de su ciclo vital) que impiden asignarles una tipología. El dientado principalmente en La Peregrina se presenta como la especie de mayor poder de acumulación, con el hígado como órgano blanco. La mojarra *Astyanax* en dos oportunidades supera al dientado en esta propiedad.

La figura VI.2 muestra la distribución de los diferentes metales determinados en el junco recolectado en la laguna La Brava en el ingreso del arroyo El Peligro, y en el extremo opuesto del ambiente, diferenciando entre tallo o vástago, rizoma y raíz. En todos los casos la mayor concentración se halla en raíz.

Los principales orígenes de la contaminación por Zn son residuos de fertilizantes, pesticidas y descargas cloacales. La región donde se localizan las lagunas es de considerable actividad agrícola, por lo que resulta probable que el lavado de los suelos arrastre contaminantes al ambiente. Por otra parte, las principales fuentes de Pb incluyen, además de proceso de manufactura de metales, la suspensión atmosférica y tránsito vehicular. Otras posibles fuentes de dicho

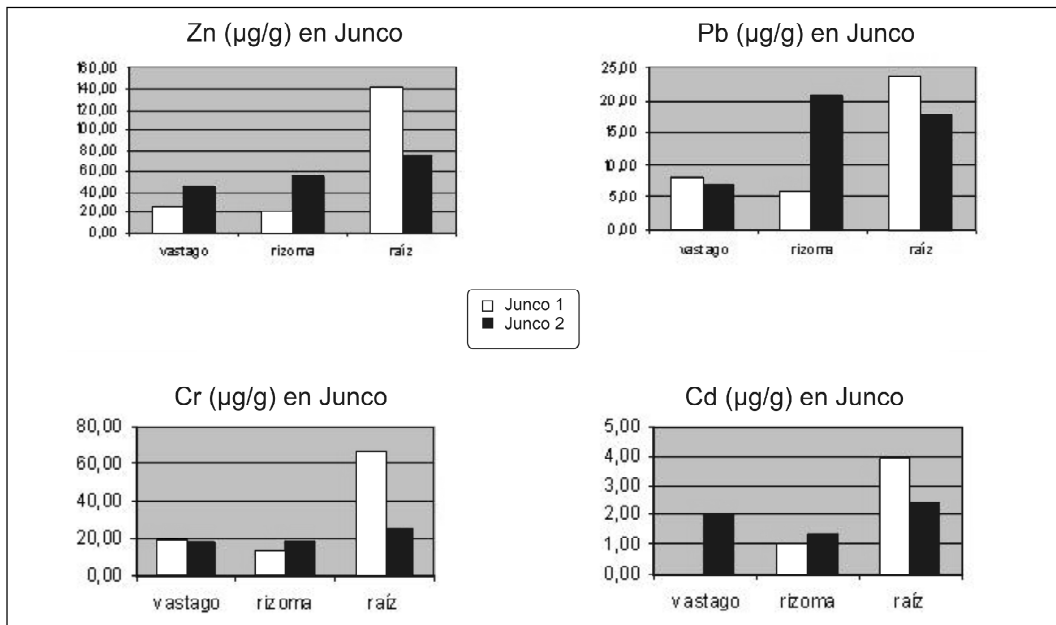


Figura VI.2. Distribución de los metales pesados analizados en junco en 2 sitios de La Brava, en rizoma, vástago y raíz.

Toxicidad en humanos

El zinc se bioconcentra, produce vómitos, náuseas y dolores abdominales, anemia y lesiones pancreáticas (Arreghini et al., 2006).

El cromo hexavalente es no esencial y tóxico. Sus compuestos son corrosivos y la exposición a ellos provoca, independientemente de la dosis, rápidas reacciones alérgicas en la piel. La exposición a corto plazo a altos niveles puede producir úlceras en la piel expuesta, perforaciones de las superficies respiratorias e irritación del conducto gastrointestinal. También se han observado lesiones renales y hepáticas (USPHS, 1997). Asimismo, la International Agency for Research on Cancer (IARC) ha clasificado los compuestos de cromo hexavalente como carcinógenos identificados. Entre los compuestos orgánicos de mercurio, el metilmercurio ocupa un lugar especial por ser un neurotóxico muy bien documentado. La IARC lo considera carcinógeno para los seres humanos (grupo 2B). El mercurio elemental y sus compuestos inorgánicos provoca efectos en la excreción de proteínas de baja masa molar, enzimas asociadas con el funcionamiento de la tiroides, en los índices de abortos espontáneos, genotoxicidad, sistema respiratorio, sistema gastrointestinal, hígado, sistema inmunológico y la piel (PNUMA, 2001).

El plomo en el organismo humano está inicialmente presente en la sangre, aunque en último término alcanza una saturación y el exceso entra a los tejidos blandos, en particular al cerebro. La toxicidad del Pb es proporcional a la cantidad presente en los tejidos blandos y no en la sangre ni en los huesos. El Pb permanece en el cuerpo humano durante años, con lo que puede acumularse en el organismo.

El cadmio es un tóxico agudo. Los seres humanos están protegidos contra la exposición crónica a niveles bajos de Cd por la proteína metalotioneína, que puede complejar a casi todos los Cd^{+2} ingeridos y ser eliminada después en la orina. Si la cantidad de Cd excede la capacidad de complejación de esta proteína, el metal es almacenado en el hígado y en los riñones, provocando un aumento de la posibilidad de adquirir enfermedades renales.

Toxicidad en peces

Los efectos tóxicos de los metales pesados en peces son asfíxia debida a coagulación de mucus sobre las branquias, lesión directa sobre las branquias, acumulación de metales en tejidos internos y lesiones intensas sobre estos tejidos (Anadon et al., 1984).

Los tóxicos producen efectos observables y otro tipo de efectos que, aunque incipientes y no visibles, ejercen una toxicidad subaguda en los sistemas celulares. Entre los efectos visibles, consecuencia de la acción directa de los metales pesados, se han citado los siguientes: aumento del ritmo opercular, ligero cambio de color en la piel (truchas arco iris expuestas a dosis de 19 y 25 $\mu\text{g/L}$ de $CdCl_2$), oscurecimiento de la cola (trucha arco iris expuesta a 0,12 $\mu\text{g/L}$ de Pb) y malformaciones óseas y reducción de peso.

En general, se pueden establecer dos umbrales críticos para el contenido de metales: el primero determina una absorción pasiva, donde los metales van acumulándose en ciertos órganos; el segundo es incompatible con los fenómenos vitales (Labat et al., 1974).

metal para este ecosistema pueden ser las plomadas y el combustible utilizado en la actividad motonáutica, desechando la actividad de caza menor por su baja práctica.

4. Conclusiones

En los sedimentos de las lagunas La Brava y La Peregrina se determinó presencia de Hg y Cr; el Zn sólo fue detectado en La Peregrina. Las concentraciones fueron por debajo de los niveles máximos permitidos. En agua se detectó la presencia de Cr pero no se logró una cuantificación con el grado de confiabilidad necesaria.

La detección de Hg en las muestras de sedimento genera inquietudes, ya que concentraciones muy bajas pueden generar problemas de toxicidad para los organismos expuestos.

Aunque resulte raro que en muestras de agua o sedimento no se hayan detectado determinados metales, su presencia en tejidos orgánicos responde a la capacidad de las especies para bioacumular y en ocasiones biomagnificar estos contaminantes.

Debido a que la concentración de metales pesados puede variar según la zona y época del año, para tener información precisa sería imprescindible realizar un monitoreo permanente en distintas áreas de las lagunas. Los resultados aquí presentados demuestran que las lagunas pampeanas son ambientes que también se hallan expuestos a diferentes formas de contaminación, algunas de las cuales son invisibles a los ojos. Es un llamado de atención y a la reflexión sobre las consecuencias directas del desarrollo económico que no contempla el impacto negativo sobre el ambiente.

5. Bibliografía

- Alama, M.; A. Tanakab; G. Allinsona; L. B. Laurensona; F. Stagnittic y E. T. Snowa.** 2002. A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of Lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 53 (3): 348-354.
- Anadon, A.; M. Muñoz y J. Ortiz.** 1984. Acumulación tisular de Zinc, Plomo, Cobre, Hierro y Cromo en Truchas de Río, *Salmo trutta fario*. Acción ecotoxicológica. *An. INIA/Ser. Ganadera*, 19.
- Amundsen, P. A.; F. Staldvik; A. Ludin; N. Kashulin; O. Popova y A. Reshetniko.** 1997. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. *The Science of the Total Environment* 201: 211-224.
- APHA-AWWA-WPCF.** 1992. Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.
- Arreghini, S.; L. de Cabo; R. Serafin; M. Tieri; C.; F. Reymundo; G. Casanovas; M. Trejo; P. Georgiadis; A. García y A. de Torio.** 2006. Dinámica de Zn y Pb en Humedales. Ensayo aplicable a la remediación de la cuenca Matanza- Riachuelo". Cátedra de Química Analítica, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía, UBA.
- Borgman U.** 2000. Methods for assessing the toxicological significance of metals in aquatic ecosystems: bio-accumulation-toxicity relationships, water concentrations and sediments spiking approaches. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 3: 277-289.
- Canadians Environmental Quality Guidelines.** 2003. Summary of existing canadian environmental quality guidelines.
- Camero, J.** 2002. Estado actual de la contaminación por metales pesados y pesticidas organoclorados en el parque natural de Monfragüe. Universidad de Extremadura-Facultad de Veterinaria, Departamento de Medicina y Sanidad Animal. Tesis Doctoral.
- Del Ponti, O.; R. Antón y E. Caviedes Vidal.** 1999. Presencia y concentración de metales pesados en la laguna Don Tomás, Santa Rosa, La Pampa. Actas VII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Santa Rosa La Pampa: 37.
- Díaz Pace, D.** 2002. Técnica LIBS para la detección de trazas en suelos mediante análisis espectroscópico considerando líneas absorbidas por el plasma. Tesis final de Licenciatura, Fac. de Cs. Exactas, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires.
- Klavins, M.; V. Rodivov y G. Versküns.** 1998. Metals and organochlorine compounds in fish from Latvian lakes. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60:538-545.
- Landis, W. G. y M. H. Yu.** 1998. Introduction to environmental toxicology: impacts of chemicals upon ecological systems. 2nd. ed. Lewis Publishers. 390p.
- Moscardi, C.** 2003. Bioacumulación y biomagnificación de metales pesados en pejerreyes (*Odontesthes bonariensis*) de la laguna Don Tomás, Santa Rosa, La Pampa. Tesina para optar al título de Ingeniería en Recursos Naturales y Medio Ambiente, Fac. de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. 37p.
- Palmer C. y R. Puls.** 1994. Natural Attenuation of Hexavalent Chromium in Groundwater and Soils. EPA Ground Water Issue. EPA/540/5-94/505.
- PNUMA** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2001. Evaluación Mundial sobre el Mercurio. PNUMA Productos Químicos. 2p.
- Raloff, J.** 1994. The Gender Benders: Are environmental "hormones" emasculating wildlife? *Science News* 145: 24-27.
- Solomon, K. R.** 1996. Evaluación del riesgo ecotoxicológico de plaguicidas. Center for Toxicology, University of Guelph, Canada. 60 pp.
- USPHS.** 1997. Toxicological Profile for Chromium on CD-ROM. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Public Health Service.
- Walker, C. H.; S. P. Hopkin; R. M. Silby y D. B. Peakall.** 1997. *Principles of Ecotoxicology*. Ed. Taylor & Francis Ltd. 321p.