7mo Congreso de Medio Ambiente
Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD DE SEDIMENTOS DE LOS RÍOS PARAGUAY-PARANÁ UTILIZANDO *HYALELLA CURVISPINA*

Toxicity assessment of sediments from the Rivers Paraguay-Paraná using *Hyalella curvispina*

Leticia Peluso[1-2], Pablo Almada [3], Mariana Abelando[3], Alicia E Ronco*[1-2]

[1]CIMA, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata, calle 47 y 115, 1900-La Plata, cima@quimica.unlp.edu.ar

[2]CONICET

[3]División de Protección Ambiental, Prefectura Naval Argentina, Av. E. Madero 235, CABA

*Autor para correspondencia: +54 221 422 9329. cima@quimica.unlp.edu.ar

Palabras claves: Río Paraná, sedimentos, bioensayos de toxicidad

Key words: Paraná River, sediments, toxicity bioassays

Título abreviado: Toxicidad de sedimentos

ABSTRACT

Contaminated bottom sediments are a serious environmental issue in several harbors, estuaries and rivers of this region. The assessment and categorization of their potential hazard could be done using toxicity indexes, integrating data from toxicity tests together with physicochemical parameters as a single value. Previous research steps allowed the categorization of samples from rivers and streams flowing into the Rio de la Plata Estuary applying its own hazard categorization index of sediments. The objective of the present study is the assessment of sediment quality within the frame of a monitoring program of the main tributaries of the Paraguay-Paraná Rivers. Assessed samples correspond to sediments sampled in a total of 23 sites of the main tributaries, upstream since the border with Paraguay downstream to the Rio Luján and also in the main course of the Paraná River. In the present study, effects were evaluated using the whole sediment toxicity bioassay with *H. curvispina* as test organism. Control samples included reference sediments and artificial sediment. Assessed endpoints were survival and growth (length). The majority of the tested samples did not induce toxic effects on exposed amphipods, with the exception of sediments from the San Lorenzo, Saladillo and Pavón streams, showing significant effects on survival ($p<0.05$) compared to the control groups. These results are in agreement with evidence of chemical pollution according previous surveys, associated with risk to aquatic biota.

RESUMEN

Los sedimentos contaminados llegan a ser un problema ambiental severo en numerosos puertos, estuarios y ríos de nuestra región. Para evaluar la peligrosidad de sedimentos (categorización), se pueden utilizar índices, mediante los cuales se logran unificar datos de bioensayos de toxicidad junto a información fisicoquímica en un único valor. En estudios previos se desarrolló un índice propio de categorización de la peligrosidad de sedimentos, el cual se aplicó a muestras de ríos y arroyos afluentes del Río de la Plata y permitió la categorización de sitios con diferente grado de deterioro ambiental. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la peligrosidad de sedimentos en el marco de un programa de monitoreo de los principales tributarios de los Ríos Paraguay-Paraná. Se evaluaron muestras de sedimentos de fondo de la desembocadura de los principales tributarios desde el límite con Paraguay hasta el Río Luján y del curso principal del Paraná (total 23 sitios). Se realizaron ensayos con sedimento directo utilizando *H.*

curvispina como organismo prueba. Como controles se utilizaron sedimentos de referencia y sedimento artificial. Como puntos finales se evaluaron la supervivencia y el crecimiento (longitud). La mayoría de las muestras no indujeron efectos adversos sobre los anfípodos expuestos, con excepción de las correspondientes a las desembocaduras de los Arroyos San Lorenzo, Saladillo y Pavón, en las que se evidenciaron disminuciones significativas ($p<0,05$) en la supervivencia con respecto a los controles. Estos resultados son consistentes con antecedentes de monitoreos previos de contaminación de estos cursos, a los que se asocia elevada peligrosidad para la biota acuática.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca del Plata se extiende sobre 3.1 millones de Km^2, lo que representa más del 80% de la disponibilidad de agua en Argentina. Gran parte de la población de nuestro país se encuentra asentada sobre las márgenes de los ríos Paraná y Paraguay. La intensa actividad agropecuaria e industrial que se desarrolla en las grandes ciudades ribereñas y en las cuencas de sus tributarios, pueden alterar la calidad, tanto química como biológica de sus aguas. El sector inferior de la Cuenca, comprendiendo el tramo inferior del Río Paraná, junto a la región costera SO del Río de la Plata, concentran la mayor actividad urbana y productiva. Las principales fuentes puntuales de contaminación son efluentes cloacales, domésticos e industriales, además de fuentes difusas por escorrentía de áreas cultivadas y urbanas, que ingresan ya sea en forma directa o a través de ríos, arroyos y canales, con una heterogénea carga de contaminantes (Colombo *et al.*, 1990; Ronco *et al.*, 1995; Franja Costera Sur, 1997; Ronco, 1997; Villar *et al.*, 2002; Salibián, 2006; Ronco *et al.*, 2008). Para evaluar tal impacto no solo es necesaria la medición de parámetros físico-químicos en la columna

de agua sino también en los sedimentos de fondo. Cuando los contaminantes ingresan al cuerpo de agua, los compuestos se particionan entre la fase acuosa y particulada siendo éstas formadoras de sedimentos a lo largo del tiempo (Walker *et al*., 2006). De esta manera los sedimentos se comportan como sumideros de contaminantes, pudiendo además actuar como fuentes secundarias de contaminación (Burton, 2002). Los contaminantes asociados a los sedimentos pueden ser resuspendidos de forma natural (procesos físicos y biológicos) o por la actividad humana, como las actividades de dragado (USEPA, 1998; Sprovieri *et al.*, 2007), removilizando y redistribuyéndolos a la columna de agua (Walker *et al*., 2006; Hill, 2010). En los últimos años se le ha dado gran importancia al estudio de la contaminación de sedimentos y al desarrollo de herramientas que permitan una mejor evaluación de los riesgos que esta presenta, tanto para los ecosistemas como para el hombre (Wenninng *et al*., 2004). Para el caso particular de la franja costera del Río de la Plata se han realizado un número importante de evaluaciones (Kreimer *et al.*, 1996; Franja Costera Sur, 1997; INA, 1999; Cataldo *et al.*, 2001; Peluso *et al.*, 2011).

Para evaluar la peligrosidad de sedimentos (categorización), se pueden utilizar índices, mediante los cuales se logra unificar datos de bioensayos de toxicidad junto a información fisicoquímica en un único valor. En estudios previos se desarrolló un índice propio de categorización de la peligrosidad de sedimentos (IEPS), el cual se aplicó a muestras de ríos y arroyos afluentes del Río de la Plata y permitió la categorización de sitios con diferente grado de deterioro ambiental. Para el cálculo del IEPS se incluyen concentraciones de compuestos contaminantes y la respuesta biológica del anfípodo *Hyalella curvispina* en bioensayos de toxicidad de laboratorio sobre sedimento directo. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la peligrosidad de sedimentos en el marco de

un programa de monitoreo de los principales tributarios de los Ríos Paraguay-Paraná el cual se viene desarrollando desde el año 2004 (SMAyDS, 2007).

METODOLOGÍA

Sitios de estudio y metodología de toma de muestras

El muestreo comprendió la localización exacta y la toma de muestras en 23 puntos sobre los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay. La mayor parte corresponden a la desembocadura de distintos cursos afluentes a dichos ríos; ello permite conocer las características de las aguas y sedimentos aportados por tales afluentes. La ubicación de los puntos de muestreo se indica en la Figura 1, donde se hace referencia a los 20 puntos correspondientes a las desembocaduras de afluentes, además se tomaron tres muestras de sedimento sobre el curso del río Paraná (R1 luego de la desembocadura del Río Santa Lucía, R2 entre los arroyos Pavón y Ramallo y R3 a la altura de Campana). El muestreo de las estaciones 1 a 17 se llevaron a cabo a bordo del buque científico SPA-1 "Dr. Leloir" de la Prefectura Naval Argentina (PNA), que cuenta con el equipamiento de laboratorio necesario para poder tratar y conservar las muestras, así como con dotación de personal especializado perteneciente a la División de Protección Ambiental de PNA. Los últimos seis puntos de muestreo se realizaron en campañas por tierra. Los muestreos comenzaron sobre el río Paraguay en el límite con la República del Paraguay donde se encuentra una de las estaciones de muestreo. Luego, el resto del muestreo por barco se llevó a cabo recorriendo el río Paraguay y el río Paraná aguas abajo hasta el río Reconquista. El último tramo del recorrido se realizó por tierra en camioneta.

Figura 1. Sitios de muestreo en la desembocadura de los principales afluentes.
Figure 1. Sampling sites in the mouth of the main affluents.

Bioensayos de toxicidad

Una vez recibidas las muestras ambientales en el laboratorio (CIMA), las mismas fueron conservadas durante 7 días a 4 ºC hasta su utilización. Se realizaron bioensayos de toxicidad de tipo crónicos con sedimento completo utilizando el anfípodo *Hyalella curvispina* como organismo prueba. Se evaluaron los sedimentos correspondientes a las 23 estaciones de muestreo, tomando el sitio 2 como sedimento de referencia. Este último fue seleccionado por contener bajos niveles de contaminación (SMAyDS, 2007; Ronco *et al.*, 2011). Además, se utilizó un sedimento formulado en laboratorio como control negativo, el cual se realizó siguiendo el protocolo Nº 218 de OECD (OECD,

2004), siguiendo la metodología utilizada previamente (Peluso *et al.,* 2010). Los anfípodos se obtuvieron a partir de cultivos en laboratorio. Los organismos fueron expuestos a los sedimentos durante 28 días siguiendo la metodología descrita por Peluso *et al.* (2011). Brevemente, se utilizaron cinco replicados por sedimento evaluado, con 100 ml de sedimento y 175 ml de agua sobrenadante en cada replicado, con 10 organismos en cada uno. Los puntos finales evaluados fueron la supervivencia y el crecimiento (longitud). El criterio de aceptación de los bioensayos fue la obtención de una supervivencia >80% en el sedimento de referencia y controles negativos.

Análisis estadístico

Para evaluar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de los datos obtenidos se realizaron las pruebas de Shapiro-Wilks y Bartlet, respectivamente. Los valores de supervivencia se transformaron angularmente y la longitud a logaritmo previo a los análisis. Para evaluar las diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos se realizaron Análisis de la Varianza de una vía (ANOVA) seguida de la prueba a posteriori de Dunnet para evaluar diferencias con respecto a los controles (Zar, 2010). Se trabajó con un nivel de significancia de $p<0,05$. Los análisis fueron realizados utilizando el programa STATISTICA (Stat Soft. Inc., versión 7).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de supervivencia de *H. curvispina* se muestran en la Figura 2. El porcentaje de supervivencia promedio en el sedimento de referencia y el control

negativo fue de 90 y 95% respectivamente, verificándose los criterios de aceptación establecidos. La mayoría de las muestras evaluadas no indujeron efectos adversos sobre los anfípodos expuestos, con excepción de las correspondientes a las desembocaduras de los Arroyos San Lorenzo, Saladillo y Pavón (estaciones 14, 15 y 16 respectivamente), en las que se evidenciaron disminuciones significativas ($p<0,05$) en la supervivencia con respecto a los controles (Figura 2).

El crecimiento de los anfípodos, como longitud del cuerpo, fue evaluado en las muestras de sedimento ensayadas que mostraron una supervivencia mayor al 50% en todos los replicados ensayados. Los anfípodos expuestos a los sedimentos de referencia y control negativo evidenciaron un crecimiento promedio entre 50 y 55% respecto del grupo inicial luego de 28 días de exposición. El crecimiento de los anfípodos se pudo evaluar en todas las muestras de sedimentos con excepción de las tres que indujeron respuestas letales (estaciones 14, 15 y 16). Ninguna de las muestras generó disminución en el crecimiento de los organismos expuestos con respecto a los controles.

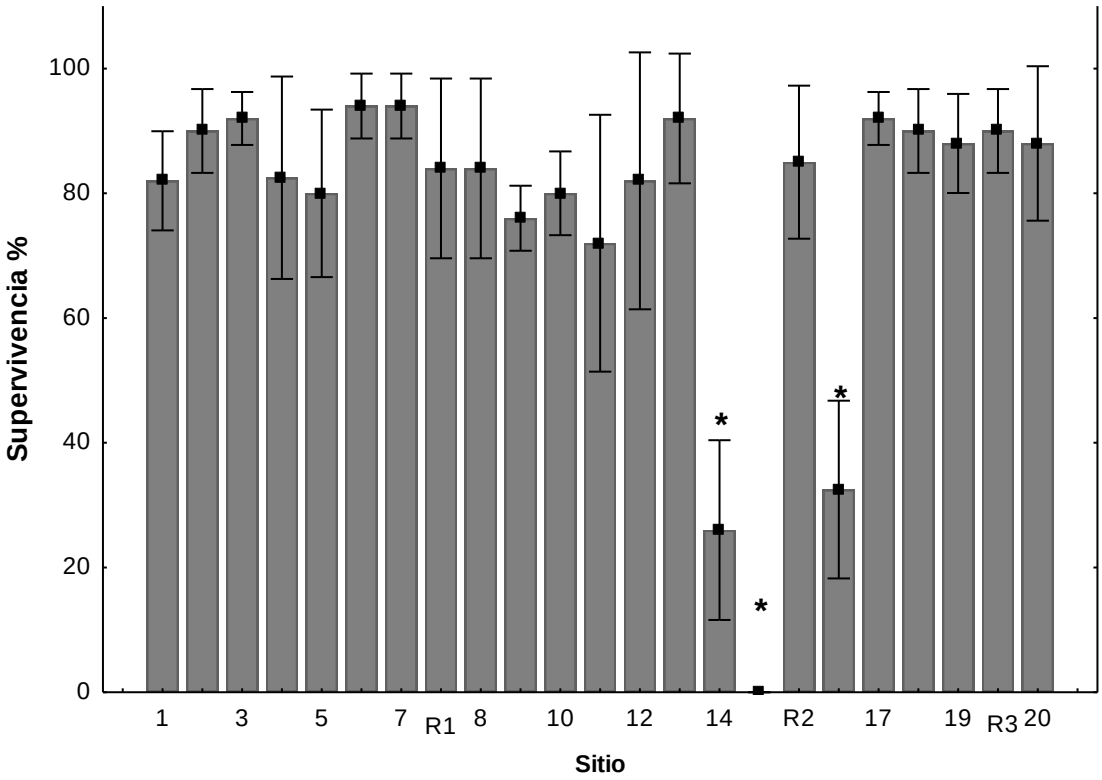

Figura 2. Valores promedio y desvío estándar del porcentaje de supervivencia de *H. curvispina* luego de 28 días de exposición a los sedimentos del área de estudio. * indica diferencias significativas con el grupo control (p<0,05).

Figure 2. Mean and standard deviation of *H. curvispina* survival (%) after being exposed for 28 days to sediments from the study area. *indicate significant differences respect to control group (p<0,05).

Desde el año 2004 hasta el 2011 se han realizado monitoreos de la calidad de las aguas, sedimentos y biota para la caracterización ambiental en tramos específicos de los ríos Paraná, Paraguay y sus afluentes, con estaciones de muestreos desde el límite con la República del Paraguay hasta el Río Reconquista (SMAyDS, 2007, Bernasconi *et al.*, 2010; Riglos *et al.*, 2010; Ronco *et al.*, 2011). Este trabajo presenta la primer caracterización ecotoxicológica de los sedimentos incluido en dicho programa, en el marco de la quinta campaña. La toxicidad observada en *H. curvispina* expuestas a los

sedimentos de los ríos San Lorenzo y Saladillo y el Arroyo Pavón son consistentes con la presencia de metales pesados como zinc, cobre, cadmio, plomo y mercurio en muestras obtenidas en campañas anteriores (Bernasconi *et al.*, 2010). A su vez, dichos sitios contienen concentraciones elevadas de sulfuros y materia orgánica en relación a los sedimentos del resto de las estaciones de muestreo (Riglos *et al.*, 2010), lo que podría influir en la toxicidad observada en la especie prueba. Cabe destacar que las muestras de las estaciones R1, R2 y R3 corresponden al curso principal del río Paraná. A pesar de encontrarse las estaciones R2 y R3 en zonas de elevado impacto antrópico, no se espera que los sedimentos puedan contener elevada carga de contaminantes, ya que el caudal del cauce principal es muy elevado, proporcionando una inmediata dilución y transporte de potenciales cargas contaminantes aportadas por afluentes. Ello resultó consistente con la ausencia de efectos subletales observada en organismos expuestos a estas muestras.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el monitoreo de efectos biológicos asociado a contaminantes en sedimentos de la cuenca estudiada se relacionan con los sitios en los cuales se ha detectado contaminación química. Los resultados demostraron que la herramienta bioanalítica es apta para la evaluación de efectos letales y subletales en los cuerpos de agua estudiados y brinda resultados confiables. Los altos niveles de toxicidad observados en *H. curvispina* son muy importantes si se tiene en cuenta que los anfípodos forman parte de la fauna bentónica de ríos y arroyos de nuestra región y constituyen un eslabón fundamental en las redes tróficas. Podemos concluir que se

asocia elevada peligrosidad para la biota acuática, principalmente en ríos y arroyos de la cuenca media e inferior donde prevalecen actividades urbano-industriales.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó con financiamiento de PIT-AP 2010 de la Universidad Nacional de la Plata y Prefectura Naval Argentina. Los autores agradecen a la Prefectura Naval Argentina por la realización de los muestreos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AA, AGOSBA, ILPLA, SHN. 1997. Calidad de las aguas de la franja costera sur del Río de la Plata (San Fernando-Magdalena), Consejo Permanente para el monitoreo de las Aguas de la Franja Costera Sur del Río de la Plata, Buenos Aires: 119 p

- Bernasconi C, Amoedo P, Almada PS & Apartín C. 2010. Monitoreo de los principales afluentes del Río Paraná. Cadmio, cobre, cromo, níquel, plomo y zinc en aguas, sedimento y biota. [Resumen] *III Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC)*, Santa Fe, Argentina.

- Burton GA. 2002. Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*, 65-75

- Cataldo D, Colombo JC, Boltovskoy D, Bilos C & Landoni P. 2001. Environmental

– toxicity assessment in the Paraná river delta (Argentina): simultaneous evaluation of
– selected pollutants and mortality rates of *Corbicula fluminea* (Bivalvia) early
– juveniles. *Environmental Pollution*, 112:379- 389

– Colombo JC, Kahlil MF, Arnac M, Horth AC & Catoggio JA. 1990. Distribution of chlorinated pesticides and individual polychlorinated biphenils in biotic and abiotic compartments of the Río de la Plata, Argentina. *Environmental Science Technology*, 24: 498-505

– Convenio INA-SOPyC - DNRH. 1999. Diseño de una Red de Monitoreo de Calidad de agua y Sedimentos para el Río Matanza-Riachuelo. 2 TOMOS. Como Anexo figura "Evaluación de la Cuenca Matanza Riachuelo a partir del estudio de la comunidad bentónica (macroinvertebrados-diatomeas)" Convenio INCYTH_CTUA/ILPLA.

– Hill MK. 2010. *Understanding environmental pollution*. Cambridge University Press: 562 p

– Kreimer ED, Palacios DE & Ronco AE. 1996. A proposal for dredging contaminated sediments at the Dock Sud Port, Argentina. *Proceedings of the International Symposium on Coastal Ocean Space Utilization*, COSU'96, Buenos Aires, 435-445

– OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2004. *Sediment-Water Chironomid toxicity test using spiked sediment.* Guideline for testing of chemicals No. 218, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris

– Peluso ML, Giusto A, Bulus Rossini G, Ferrari L, Salibián A & Ronco A. 2011. *Hyalella curvispina* Shoemaker (Amphipoda) as a test organism in laboratory toxicity testing of environmental samples. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20(2): 372-376

- Peluso ML, Silvestro A, Salibián A & Ronco A. 2010. Biodisponibilidad del mercurio en sedimentos. [Resumen] *III Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC),* Santa Fe, Argentina

- Riglos C, Abelando MI & Apartín C. 2010. Monitoreo de los principales afluentes del Río Paraná. Análisis de nutrientes. [Resumen] *III Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC),* Santa Fe, Argentina.

- Ronco AE, Sobrero MC, Alzuet PR, Bulus Rossini G & Dutka B.1995. Screening for sediment toxicity in the Río Santiago basin: A base line study. *Environmental Toxicology and Water Quality,* 10 (1): 35-39

- Ronco A, Peluso ML, Jurado M, Bulus Rossini G & Salibián A. 2008. Screening of sediment pollution in tributaries from the southwestern coast of the Río de la Plata estuary. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 15(1): 129-142

- Ronco A, Almada A, Apartin C, Marino D, Abelando M, Bernasconi C, Primost J, Santillán JM, Amoedo P & Bulus Rossini G. 2011. Monitoreo ambiental de los principales afluentes de los Ríos Paraná y Paraguay. *Actas III Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable*, UNLP, La Plata, Argentina.

- Salibian A. 2006. Ecological assessment of the highly polluted Reconquista River of Argentina. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 185: 35-65

- SMAyDS, OPS, PNA, UNLP. 2007. Caracterización Sanitaria y Ambiental de las aguas en tramos específicos de los Ríos Paraná y Paraguay y sus afluentes. Informe Técnico, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Organización Panamericana de la Salud, Prefectura Naval Argentina, Universidad Nacional de La Plata: 90 p

- Sprovieri M, Feo ML, Prevedello L, Manta DS, Sammartino S, Tamburrino S & Marsella E. 2007. Heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls in surface sediments of the Naples harbour (southern Italy). *Chemosphere*, 67(5): 998-1009

- USEPA (Environmental Protection Agency).1998. *Contaminated sediment management strategy*. EPA 823-R-98-001. Office of Water, Washington, DC.

- Villar C, Stripeikis J, D'huicque L, Tudino M & Bonetto C. 2002. Concentration and transport of particulate nutrients and metals in the Lower Paraná River during extreme flooding. *Archiv fur Hydrobiologie*, 153(2): 273-286

- Walker CH, Hopkin SP, Sidly RM & Peakall DB. 2006. *Principles of Ecotoxicology*. Taylor & Francis: 315 p

- Wenning RJ, Ingersoll CG, Batley G & Moore DW. 2004. Use of Sediment Quality Guidelines (SQGs) and Related Tools for the Assessment of Contaminated Sediments, *SETAC Press (Society of Environmental Toxicology and Chemistry*): Pensacola, FL.

- Zar J.H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, New York: 944 p