



Caracterización Ambiental del Arroyo Sarandí. Una interpolación espacial

Scarano, Alejo C.**, **Iannuzzi, Georgina***** y **Riesgo, Mariana******

Resumen

El arroyo Sarandí atraviesa a lo largo de su trayecto zonas de densos asentamientos poblacionales e industriales. Durante su recorrido recibe numerosos vertidos industriales que previo a su vuelco poseen escaso o nulo tratamiento. Debido a estas continuas descargas de efluentes provenientes de diversas industrias ubicadas en zonas alejadas, posee en su lecho diversos metales pesados tales como cromo, zinc, cobre, plomo y níquel. Dependiendo de su concentración, estos metales poseen efectos nocivos sobre la salud y el ecosistema. Dentro de este contexto, para determinar su estado actual ambiental se tomaron 17 muestras de sedimentos en tres sitios y de vegetación en la zona de Sargento Ponce, durante un lapso de ocho meses. Los sitios de muestreo se ubicaron de forma equidistante en la intersección del arroyo con las calles Heredia, La Blanqueada y Sargento Ponce. Las muestras se analizaron mediante absorción atómica de llama acetileno para la detección de cromo, zinc, cobre, plomo y níquel en el laboratorio Ambiental de la Municipalidad de Avellaneda. Se analizaron los valores en un entorno GIS para evaluar su distribución espacial, interpolando los valores obtenidos mediante IDW (*Inverse Distance Weighted*). A través de esta técnica se realizaron mapas temáticos con la distribución de los metales pesados en el tramo de arroyo analizado, incluyendo predicciones de concentraciones de estos metales en zonas donde el arroyo se encuentra entubado. Los resultados indican que, en general, las mayores concentraciones de metales se encuentran en el tramo comprendido entre las calles Heredia y La Blanqueada, variando el patrón de distribución de concentraciones según el metal entre La Blanqueada y la desembocadura del arroyo. El cromo es el metal que posee mayor promedio de concentración en los sedimentos. También se obtuvieron altos valores de concentración de zinc en todo el trayecto del arroyo, y en menor concentración los metales cobre, níquel y plomo.

Palabras clave: Metales pesados - Arroyo Sarandí – Sedimentos - GIS.

* Recibido 9/9/16. Aceptado 14/9/16.

**Doctor en Ciencias Naturales (UNLP), docente Investigador (UNDAV), Investigador (CONICET).

***Lic. en Biotecnología (UNQUI), Docente Investigador (UNDAV), Técnica (Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo, Acumar).

****Licenciada en Química (UNLP), docente Investigador (UNDAV), Técnica Acumar.

Abstract

The Sarandi stream traverses along areas of dense population and industrial settlements. During his path receives numerous industrial discharges, that have little or no treatment. Because of these continuous discharges of effluents from industries in surrounding areas, the Sarandi stream has various heavy metals such as chromium, zinc, copper, lead and nickel. Depending on its concentration, these metals have harmful effects on health and the ecosystem. In this context, to determine the current environmental status of Sarandi stream, 17 sediment samples were taken at three sites over a period of 8 months. The sampling sites were located equidistantly at the intersection of the stream with Heredia, La Blanqueada and Sargento Ponce streets. The samples were analyzed by atomic absorption for detection of chromium, zinc, copper, lead and nickel in the Environmental Laboratory of the Municipality of Avellaneda. Obtained values were analyzed in a GIS environment to assess their spatial distribution, interpolating the obtained values by IDW (Inverse Distance Weighted). Through this technique, thematic maps were rendered with the distribution of heavy metals in the section of stream analyzed, including predictions of concentrations of these metals in areas where the stream is tubed. The results indicate that the highest concentrations of metals are in the section between Heredia and La Blanqueada streets, varying the pattern of distribution of concentrations between La Blanqueada and the stream mouth. Chromium is the metal that has higher average concentration in sediments. Also high zinc concentration values were obtained throughout the course of the stream, but copper, nickel and lead has a lower concentrations.

Key words: Heavy metals - Sarandi stream – Sediment - GIS.

Resumo

O fluxo de Sarandi atravessa áreas de densa população e assentamentos industriais. Durante sua turnê recebe inúmeras descargas industriais, que, antes da descarga têm pouco ou nenhum tratamento. Devido a estas descargas contínuas de efluentes de diversas indústrias em áreas circunvizinhas, o córrego Sarandi tem em seu leito diversos metais pesados como cromo, zinco, cobre, chumbo e níquel. Dependendo da concentração, estes metais têm efeitos nocivos para a saúde e para o ecossistema. Dentro deste contexto, para determinar o estado ambiental actual das Sarandi fluxo foram tomadas 17 amostras de sedimentos em três locais, e vegetação na área de Sgt. Ponce, ao longo de um período de 8 meses. Os sítios de amostragem foram localizados de forma equidistante na interseção do fluxo com as ruas Heredia, La Blanqueada e Sargento Ponce. As amostras foram analisadas por absorção atômica do chama acetileno para a detecção de cromo, zinco, cobre, chumbo e níquel no Laboratório Ambiental do Município de Avellaneda. Os valores foram analisados em um ambiente GIS para avaliar a sua distribuição espacial, interpolando os valores obtidos pela IDW (Distância Inverse ponderada). Através desta técnica foram feitos mapas temáticos com a distribuição de metais pesados, incluindo previsões de con-

concentrações destes metais em áreas onde o fluxo é entubado. Os resultados indicam que, em geral, as maiores concentrações de metais estão incluídas na seção de rio entre as ruas Heredia e La caídas, variando o padrão de distribuição de acordo com as concentrações de metais entre La Blanqueada ea foz do riacho. O cromo é um metal que tem concentração média mais elevada nos sedimentos. Os valores de concentração elevada de zinco também foram obtidos ao longo do curso da corrente, e em concentrações mais baixas de metais de cobre, níquel e chumbo.

Palavras-chave: Metais pesados – Córrego – Sedimentos - GIS:

Introducción

El arroyo Sarandí se extiende desde la localidad de Longchamps (partido de Almirante Brown, provincia de Buenos Aires) hasta su desembocadura en el Río de La Plata, en el partido de Avellaneda. A pesar de estar entubado aproximadamente el 80% de su trayecto (Speltini et al, 2011), en su tramo final se encuentra parcialmente a cielo abierto (6 km aproximadamente, figura 1). Este arroyo de llanura atraviesa zonas de densos asentamientos poblacionales e industriales que durante años, y a lo largo de todo su recorrido, recibe numerosos vertidos industriales que, previo a su vuelco, poseen escaso o nulo tratamiento, y vertidos domiciliarios cuyos desagües no se encuentran vinculados a la red cloacal. Además, ha servido como vertedero para parte de los residuos sólidos urbanos de los asentamientos poblacionales cercanos. Como consecuencia de estos continuos aportes, algunos contaminantes se han ido depositando y acumulando en el lecho del arroyo Sarandí, sirviendo éste como una especie de reservorio de sustancias tóxicas.

Un tipo de contaminante que resulta relevante estudiar debido a los riesgos que representa para la salud, son los metales pesados, como el cromo, plomo, níquel, zinc y cobre. Estos compuestos son persistentes y de difícil degradación; pueden acumularse en los seres vivos y, dependiendo de su concentración y el estado de oxidación, pueden causar diversos efectos nocivos sobre la salud y el ecosistema (Clijsters y F.Van Assche, 1985; Fernandes y Henriques, 1991; Duruibe et al., 2007; Khan et al., 2008; Alloway, 2013). El término “metal pesado” se ha utilizado durante muchos años y se reconoce generalmente como el grupo de los metales y metaloides de masa atómica relativamente alta, pero actualmente se aplica a un amplio rango de metales y metaloides que resultan tóxicos para los seres vivos y perjudiciales para el ambiente (Alloway, 2013).

Debido a la complejidad ambiental que presenta el arroyo Sarandí, el mapeo y análisis de la distribución espacial de los principales contaminantes, en este caso de los metales pesados, es una herramienta fundamental para lograr una evaluación global de las características ambientales del arroyo.

En el marco del proyecto “Estudio de factibilidad de aplicación de técnicas de biorremediación para la mitigación de la contaminación por metales pesados en el arroyo Sarandí”, llevado a cabo a través de la convocatoria UndavCyT 2012, se realizó una caracterización ambiental detallada y exhaustiva de los sedimentos y del cuerpo de agua del arroyo, así como de la vegetación aledaña, para obtener una información precisa de las zonas de mayor concentración de contaminantes y realizar una caracterización,

evaluando además la factibilidad de aplicación de estrategias de biorremediación para el tratamiento y atenuación de la contaminación por metales pesados en el arroyo Sarandí.

Material y métodos

Dentro de este contexto, para determinar el estado actual ambiental del arroyo Sarandí se tomaron 17 muestras de sedimentos superficiales en tres sitios a lo largo del arroyo (las muestras fueron tomadas con un límite de profundidad de 10 cm), durante un lapso aproximado de ocho meses. Para cada muestra se registró su ubicación (coordenadas latitud-longitud) mediante la utilización de un GPS. Los sitios de muestreo se ubican de forma equidistante en la intersección del cauce del arroyo con las calles Heredia, La Blanqueada y Sargento Ponce de la localidad de Avellaneda. La distancia entre los puntos extremos de muestreo abarcan casi la totalidad del arroyo Sarandí que no se encuentra entubado (salvo un segmento de 2.1 km entre las calles Heredia y La Blanqueada), con una longitud total entre puntos extremos de 5.4 km, y una distancia entre puntos de 2.6 km (entre las calles Heredia y La Blanqueada) y de 2.8 km (entre las calles La Blanqueada y Sargento Ponce). La elección de los sitios de muestreo se basó, principalmente, en la posibilidad de acceso al arroyo.

Las muestras se analizaron mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama empleando aire-acetileno para la detección de cromo, plomo, níquel, zinc y cobre en el laboratorio Ambiental de la Municipalidad de Avellaneda. Se utilizó la metodología propuesta por el *Standard Methods* (APHA AWWA de. 20, 2001, sección 3030-B-E y 3111-B-S). La espectrofotometría de absorción atómica se basa en el principio de que los átomos libres absorben la luz a longitudes de onda características del elemento que se desea estudiar. La muestra se atomiza en la trayectoria del haz luminoso del instrumento, mediante la utilización de una llama laminar formada por una mezcla de acetileno y aire a temperaturas de hasta 2600° C. La cantidad de luz absorbida se puede correlacionar de manera lineal con la concentración en la muestra. Para realizar una determinación mediante espectrometría de absorción atómica, es necesario procesar primero la muestra. Las muestras recolectadas se secaron a 103° C hasta peso constante o cuando la variación entre una pesada y la siguiente no varió en más de un 4%. Luego se calcinaron las muestras con un alto contenido de materia orgánica, en mufla a 550° C a peso constante. Se homogeneizaron las cenizas obtenidas y se acidificaron empleando ácido nítrico, para posteriormente enfriar y diluir las muestras. En caso de presencia de sólidos suspendidos se procedió a filtrar la muestra con una membrana de policarbonato o acetato de celulosa. Para la medición de la absorbencia se utilizaron patrones sometidos al mismo proceso de digestión que las muestras, preparados a partir de soluciones de reserva de 1000 mg/L y calibrados dentro del intervalo de trabajo del método. Se midió en cada corrida la recta completa, al finalizar la misma se chequea el blanco y se valida pasando un patrón externo.

Los diferentes valores de concentraciones de metales pesados obtenidos de las muestras procesadas por espectrofotometría de absorción atómica y la información espacial de cada muestra (latitud-longitud), se volcaron en un entorno GIS (QGIS, 2015) para evaluar su distribución espacial, realizando una interpolación de estos valores mediante

IDW (*Inverse Distance Weighted*) (Shepard, 1968; Lu y Wong, 2008; Xie *et al.*, 2011; Rogozan y Micle, 2013). En general, este método se basa en que los valores de un atributo común de cualquier par de puntos se relacionan entre sí, pero su similitud es inversamente proporcional a la distancia entre sus ubicaciones. A través de esta técnica se realizaron mapas temáticos con los patrones de distribución de los metales pesados en el tramo de arroyo analizado, incluyendo predicciones de las concentraciones de estos metales en zonas donde no se tomaron muestras (e.g. en el segmento donde el arroyo se encuentra entubado entre las calles Crisólogo Larralde y Baradero de Avellaneda). Para determinar los tipos de comunidades vegetales y la composición específica de las mismas de cada margen del arroyo se fotografiaron e identificaron las especies vegetales presentes en el área de estudio, y se confeccionó un herbario con aquellas especies que no pudieron ser identificadas en el campo para su posterior determinación en laboratorio. Se siguió el criterio de estatus de referencia (endémica, nativa o naturalizada). Para las determinaciones de la plantas estudiadas se utilizó Cabrera *et al.* (1965, 1967, 1968, 1970, 1978 y 2000). La actualización sistemática sigue los criterios de la base de datos de Darwinion.

Resultados

Los resultados indican que en general las mayores concentraciones de metales en los sedimentos se encuentran en el tramo del arroyo comprendido entre las calles Heredia y La Blanqueada, variando el patrón de distribución de concentraciones según el metal entre la zona de La Blanqueada y la desembocadura del arroyo en el estuario del Río de La Plata. El cromo (figura 2) es el metal que posee mayor promedio de concentración en los sedimentos de la zona Heredia (~ 4195 mg/kg). También se obtuvieron altos valores promedio de concentración de zinc (figura 3) ~1099 mg/Kg, pero con máximos en la zona de Heredia. El plomo (figura 4) muestra concentraciones moderadas en la zona de Heredia, mientras que los metales cobre y níquel presentan las menores concentraciones en todo el trayecto del arroyo.

Como resultado del relevamiento de la vegetación en los márgenes del arroyo Sarandí, se pudieron constatar un total de 53 especies de plantas (de las cuales 29 fueron nativas, 3 cosmopolitas y 21 exóticas). Se tomaron muestras de vegetación para analizar el contenido de metales pesados en las plantas que se encontraron en los márgenes inundables del arroyo Sarandí. Solamente nueve especies de plantas son resistentes a las condiciones del arroyo y están en contacto con los sedimentos contaminados (figura 5). El resto de las especies encontradas nunca entran en contacto con el agua o sedimentos del arroyo. En la Tabla 3, puede observarse que la capacidad de acumulación de metales pesados de las especies analizadas es relativamente baja. Las mayores concentraciones de acumulación de metales pesados en sedimentos se encontraron en la zona de la intersección del arroyo Sarandí con la calle Heredia, zona donde se observó un escaso crecimiento de vegetación, probablemente debido al efecto ecotóxico de los metales pesados sobre ellas. En línea con esta misma observación, se ha notado además que todas las especies acumulan zinc, pero no así plomo ni cromo.

Discusión y conclusiones

Es posible realizar una comparación de los resultados con los niveles guía establecidos en la legislación nacional e internacional y referenciar así los valores de concentraciones de metales pesados encontrados en el sedimento. Un nivel guía es un valor numérico o enunciado narrativo establecido para los cuerpos receptores como guía general para la protección, mantenimiento y mejora de usos específicos del agua, aire y suelo. A partir de un nivel de referencia de suelos no contaminados, basado en criterios de ecotoxicidad, se establecen los niveles mínimos de protección y un nivel para el cual los riesgos se consideran que van a ser insignificantes. Pasados estos umbrales, la agresión a los seres vivos (personas, fauna y flora) es peligrosa, indicativa de estados subletales y letales de toxicidad. La Ley 24051 de Residuos Peligrosos en la Tabla 9 del Anexo II del Decreto Reglamentario 831/93 establece los "Niveles guía de calidad de suelo" para "Uso Residencial e Industrial". Si bien los sedimentos de arroyo Sarandí no se corresponden con la definición de "suelo", la comparación de los resultados obtenidos con estos valores nos permite magnificar el grado de contaminación del arroyo.

Dentro de las observaciones más destacadas, se puede mencionar que las concentraciones encontradas de cromo total superan casi 17 veces lo recomendado en la legislación nacional para uso residencial y más de cinco veces lo recomendado para uso industrial. El resto de los parámetros se encuentran dentro de lo recomendado, considerando el uso más restrictivo, excepto el cobre y el zinc (Tabla 1).

Internacionalmente, existen normativas que establecen niveles guía de calidad para sedimentos de cuerpos de agua, lo que se ajusta más específicamente al caso bajo estudio. Canadá ha reglamentado los Valores Guías de Calidad Ambiental para sedimentos de cuerpos de agua continental, para la protección de la salud y el medio ambiente (Tabla 2). De acuerdo con los valores establecidos por las autoridades canadienses, todas las concentraciones de metales pesados medidas en el sedimento del arroyo Sarandí superan lo establecido en los niveles guía para uso residencial. La concentración de cromo supera más de 65 veces la recomendada para uso residencial y casi 48 veces la indicada para uso industrial. El contenido total de metales pesados que actualmente se encuentran confinados en los sedimentos del arroyo Sarandí pone en evidencia que se trata de un curso de agua altamente contaminado, donde los riesgos para la salud de las personas y la integridad del medio ambiente son significativos.

Espacialmente, se puede concluir que las concentraciones de metales más altas se encontraron en el tramo del arroyo comprendido entre las calles Heredia y La Blanqueada, en coincidencia con la zona más industrializada del partido, donde predominan las industrias del cuero (curtiembres), lo que podría explicar por ejemplo, el origen de las altas concentraciones de cromo encontradas. Debe tenerse en cuenta sobre esta cuestión, que el arroyo ingresa al partido de Avellaneda ya entubado, habiendo atravesado previamente densos conglomerados urbanos e industriales, no contándose con información sobre los aportes de los mismos. Por otro lado, al encontrarse este tramo alejado de la desembocadura, las mareas y vientos prácticamente no posee ningún efecto sobre el caudal del curso.

El primer e ineludible paso hacia la remediación es dejar de aportar al arroyo Sarandí efluentes contaminados. No existe estrategia de intervención exitosa para la remediación de sitios contaminados si primero no cesan los vertidos industriales y domiciliarios

con parámetros fuera de lo establecido por la legislación local.

Actualmente, se encuentran disponibles tecnologías de remediación muy eficientes, pero en general y como es de esperarse, las tecnologías más eficientes son las más costosas, por lo que muchas veces son inaplicables, sobre todo para economías en desarrollo donde aún las cuestiones ambientales no son reconocidas como inversión, sino como un gasto.

Hace algunos años han surgido varias técnicas basadas en la "Biorremediación", que es un proceso por el cual se restauran sitios contaminados (a partir de la eliminación o neutralización de sustancias tóxicas), utilizando seres vivos (plantas, microorganismos). Un tipo particular de biorremediación es la "Fitoextracción" en la que se utilizan plantas para concentrar contaminantes en sus órganos. Esta técnica resulta interesante ya que es económica, puede realizarse *in situ* sin necesidad de remover grandes cantidades de sedimentos y es considerada totalmente amigable con el ambiente. Estas técnicas se basan en tres pilares principales, la identificación de los organismos utilizar, el tipo de contaminante a tratar y las condiciones químicas y geológicas del sitio contaminado. A pesar de lo atractivo de estas técnicas, es importante remarcar la importancia del tratamiento de los efluentes contaminados para que no superen los límites establecidos en las reglamentaciones vigentes (municipales, provinciales, nacionales o internacionales), ya que no importa qué técnica de remediación se aplique, su éxito está directamente vinculado a la disminución o cese de los aportes contaminantes al sitio a tratar.

Bibliografía

- Alloway, B.J. (2013): *Heavy Metals in Soils*. Springer.
- APHA, AWWA, WEF (2000): *Standard methods for the examination of water and wastewater*, vol. 20.
- Clijsters, H., y Van Assche F. (1985): "Inhibition of photosynthesis by heavy metals", *Photosynth Res.* 7:31-40
- Davis, H.T. et al. (2009): "Identifying natural and anthropogenic sources of metals in urban and rural soils using GIS-based data, PCA, and spatial interpolation", *Environ. Pollut.* 157:2378-2385
- Duruibe, J.O. et al. (2007): "Heavy metal pollution and human biotoxic effects", *International Journal of Physical Sciences* 2:112-118.
- Facchinelli, A., Sacchi, E., Mallen, L. (2001): "Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils", *Environ. Pollut.* 114: 313-324.
- Fernandes, J.C., Henriques, F.S. (1991): "Biochemical, physiological and structural effects of excess copper in plants", *Bot Rev.* 57:247-273
- Khan S. et al. (2008): "Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing", China. *Environ. Pollut.* 152:686-92.
- LU, George Y.; WONG, David W. (2008): "An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique", *Computers & Geosciences.* 34(9):1044-1055.
- Rogozan, G. C., y Micle, V. (2013): "Using the Inverse Distance Weighting Method to Develop the Maps for Mobility of Heavy Metals in Topsoil", *ProEnvironment/Pro-Mediu.* 6(13):77-81.

- Shepard, D. (1968): "A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data", *Proceedings of the 1968 ACM National Conference*. pp. 517–524. doi:10.1145/800186.810616.
- Speltini, C. et al. (2011): "Caracterización Ambiental del Arroyo Sarandí", *Ciencia* 6(21):107-119
- Xie, Y.F. et al. (2011): "Spatial distribution of soil heavy metal pollution: estimated by different interpolation methods: accuracy and uncertainty analysis", *Chemosphere* 82: 468-476.
- Zhang, C. (2006): "Using multivariate analyses and GIS to identify pollutants and their spatial patterns in urban soils in Galway", Ireland. *Environmental Pollution* 142:501–511.

Contaminante	Valores promedio sedimento arroyo Sarandí (mg/Kg). Zona Heredia	Ley 24051, Decreto reglamentario 831/93 Anexo II, tabla 9 – Niveles guía de calidad de suelo	
		Uso Residencial (mg/Kg)	Uso Industrial (mg/Kg)
Cromo	4195	250	800
Cobre	205	100	500
Níquel	55	100	500
Plomo	220	500	1000
Zinc	1099	500	1500

Tabla 1 – Concentración de contaminante en el sedimentos del arroyo Sarandí vs legislación nacional

Contaminante	Valores promedio sedimento arroyo Sarandí (mg/Kg). Zona Heredia	Valores Guías de Calidad Ambiental canadiense – sedimentos de cuerpos de agua continental	
		Uso Residencial (mg/Kg)	Uso Industrial (mg/Kg)
Cromo	4195	64	87
Cobre	205	63	91
Níquel	55	45	89
Plomo	220	140	600
Zinc	1099	200	360

Tabla 2 - Concentración de contaminante en el sedimentos del arroyo Sarandí vs legislación canadiense

Mg/kg de peso seco				
Cromo	Plomo	Zinc	Cobre	Especie
0,000	0,000	9,552	0,000	<i>Schoenoplectus californicus</i>
0,000	0,000	41,450	5,719	<i>Ricino</i>
0,000	0,000	69,801	1,467	<i>Manihot grahamii</i>
4,300	0,900	46,388	3,670	<i>Eryngium</i>

7,848	0,000	39,478	0,000	<i>Sagitaria</i>
14,562	0,000	38,625	6,138	<i>Echinochloa polystachya</i>
0,000	11,492	32,200	8,305	<i>Xanthium cavanillesii</i>
5,00	0,00	8,03	7,43	<i>Alocasia macrorrhizos</i>
	0,68	7,50	9,38	<i>Echinochloa polystachya</i>

Tabla 3. Concentración total de metales pesados en las especies vegetales de los márgenes del arroyo Sarandí

Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo en el arroyo Sarandí.



Figura 2. Distribución de la concentración promedio de cromo en los sedimentos del arroyo Sarandí.



Figura 3. Distribución de la concentración promedio de zinc en los sedimentos del arroyo Sarandí.



Figura 4. Distribución de la concentración promedio de plomo en los sedimentos del arroyo Sarandí.



Figura 5. Esquema del perfil del cauce del arroyo Sarandí en el tramo de Sgto. Ponce.

