

# ADSORCIÓN DE CONTAMINANTES EN SEDIMENTOS DEL HOLOCENO DE LA REGIÓN DE LA PLATA

## ADSORPTION OF CONTAMINANTS IN HOLOCENE SEDIMENTS OF LA PLATA REGION

*J.C. Bidegain<sup>1</sup>, S. Jurado<sup>2</sup>*

*1.- Investigador Independiente CIC-LEMIT. [jcbidega@yahoo.com.ar](mailto:jcbidega@yahoo.com.ar)*

*2.- CIC-LEMIT*

75

### RESUMEN

Técnicas geológicas, geoquímicas y geofísicas fueron aplicadas a los fines de determinar la presencia y concentración de metales pesados en sedimentos de los cursos de agua de la región de La Plata. Estos arroyos, que atraviesan el casco urbano, han sido entubados en su gran mayoría, empero en los sectores bajos y en la planicie costera corren a cielo abierto por canales. Con el crecimiento urbanístico y poblacional, los cursos de agua son también receptores de desechos urbanos, industriales y agropecuarios. Interpretamos que las arcillas de los sedimentos de la región retienen con mayor facilidad (adsorción) los contaminantes, que si estos materiales fueran de granulometría gruesa. A partir de este supuesto se realizó la investigación procurando establecer la relación existente entre los distintos parámetros utilizados, los metales pesados, la variación del contenido en materia orgánica y la concentración de óxidos de hierro. Esto último debido particularmente a que óxidos y oxyhidróxidos de hierro, en asociación con arcillas esmectitas, coadyuvan en el proceso de adsorción de contaminantes. El área de estudio se ubica en 34° 50' y 35° 2' Lat. S, 57° 45' y 58° 5' Long. W.

**Palabras claves:** *La Plata, sedimentos, contaminantes, metales pesados.*

## ABSTRACT

Geological, geochemical and geophysical techniques were applied for the purposes of determining the presence and concentration of heavy metals in streams sediments of La Plata region. These streams, passing through the town, have been tunned in its vast majority, but in low areas as on the coastal plain they run in open channels. With the population and urban growth, water courses are also recipients of urban, industrial and agricultural wastes. We interpret that clay minerals of the sediments of the streams retain more easily (adsorption) pollutants than sediments of coarse grain size. From this assumption a research trying to establish the relationship between the parameters used, heavy metals and variation of the organic matter was performed. The concentration of total iron oxides was also taken into account considering that iron oxides and oxyhydroxides assist in the process of adsorption of contaminants in association with smectite clays. The area of study is located between 34° 50' - 35° 2' Lat. S and 57° 45' - 58° 5' Long. W.

**Keywords:** *La Plata, sediments, contaminants, heavy metals.*

## INTRODUCCIÓN

A fines de la primera mitad del siglo XX el proceso de industrialización argentino generó la concentración de la población en torno de los centros urbanos, particularmente en la provincia de Buenos Aires, donde según la Comisión Nacional de Política Ambiental (CONAPA) [1], en el informe de 1993, el 70% de los habitantes se encuentra en la pampa húmeda y la mitad en el área metropolitana.

La región de La Plata, objeto de esta investigación, si bien no presenta los grados de impacto ambiental de otras partes del mundo, evidencia niveles de deterioro que es necesario evaluar para mejorar las condiciones ambientales y para prevenir catástrofes. En la ciudad de La Plata existen problemas estructurales relacionados con el diseño de la arquitectura fundacional. Este es un aspecto generador de fenómenos de impacto, en virtud de que el diseño urbanístico se impuso al paisaje sin tener en cuenta las geoformas del terreno. Los cursos de agua (arroyos) se adaptaron a dicho modelo con una lógica inversa a la sustentabilidad ambiental. Por tal razón se realizaron entubamientos de los arroyos que acompañan el trazado de la cuadrícula, reduciéndose la capacidad de escurrimiento superficial de los principales arroyos que corren

por el casco urbano y por los barrios periféricos. Actualmente, con el incremento notable del espacio construido se realizan inversiones de relieve por construcción de viviendas de distinto tipo, obras viales y emplazamiento de complejos barriales en la planicie de inundación de los arroyos que modifican el paisaje original y dificultan el drenaje de las aguas pluviales.

La conformación natural de la red hídrica regional; como es la orientación NO-SE del estuario del Plata; incide en una variedad de actividades y emprendimientos productivos a nivel local y es factor de riesgo al momento de planificación urbana. El efecto de la sudestada sobre el Río de La Plata, que a su vez impide el normal escurrimiento de las aguas de los arroyos -favorecida por dicha orientación del estuario- genera inundaciones ribereñas. Por ello, la región La Plata - Berisso - Ensenada, debería tomarse en forma integrada como un "cuerpo ambiental sensible" a los cambios climáticos estacionales, sobretudo a los cambios climáticos de mayor duración como es el efecto El Niño. En este contexto, los emplazamientos industriales en zonas bajas, el volcado de contaminantes a los arroyos y el emplazamiento del CEAMSE en la planicie costera son factores que contribuyen al deterioro

del ambiente en una zona de alta sensibilidad a los cambios mencionados.

En nuestra región fueron reconocidos dos ambientes geomorfológicos con relieve y génesis diferentes [2]: la “Planicie costera” y la “Zona interior”, (Figura 1). El límite entre ambas zonas coincide aproximadamente con el denominado “escalón costero” formado por los depósitos conchiles de la última ingresión marina y es por donde se realizó el trazado de la calle 122 y la ruta Provincial N° 11.

La Planicie costera comprende una faja de 5 a 8 km de ancho dispuesta de forma paralela a la línea de ribera. Está constituida por sedimentos continentales y marinos del Holoceno de naturaleza limo arcillosos, con alturas que se encuentran debajo de los 5 m s.n.m.

La Zona interior está formada por sedimentos continentales del Pleistoceno y se caracteriza por su relieve suave ondulado, con altura entre 5 y 30 m s.n.m.; las cotas más bajas corresponden a las cuencas de los arroyos en estudio. Los arroyos considerados para determinación de la concentración en metales pesados fueron el Rodríguez, Del Gato y El Pescado.

La relevancia de la determinación y cuantificación de los contaminantes sólidos como en este caso (Pb, Zn, Cu, Ni, etc.), está relacionada con la calidad del agua y los alimentos. Los metales pueden ser incorporados a la cadena trófica y luego ser muy perjudiciales para el ser humano.

En este contexto, cabe mencionar que la ciudad de La Plata se abastece en un 60% de agua subterránea, cubriendo el servicio de agua potable con pozos que captan del Acuífero Puelche [3], el 40% de agua potable restante lo aporta la planta potabilizadora, que toma el agua del Río de la Plata.

Las arenas Puelches que son portadoras de uno de los acuíferos mas importantes del mundo, están cubiertas por un manto de sedimentos de naturaleza fundamentalmente eólica (loess) en espesores que oscilan entre 30 y 40 metros, son los sedimentos limo areno- arcillosos (Pampeanos y Post Pampeanos), que se exponen en todas las canteras de los alrededores de la ciudad y se explotan con distintos fines. El acuífero Puelche está parcialmente confinado y existe una interconexión con las aguas del Pampeano y Post Pampeano. Varela et al. [4] consideran que las aguas del Post Pampeano, Pampeano y Puelche presentan una continuidad hidráulica, a pesar de diferencias verticales de permeabilidad. Por otra parte, los mismos autores consideran que existe una recarga de las Arenas Puelches de forma autóctona, indirecta, a través del acuífero Pampeano, mediante filtración vertical descendente. Estas características geológicas e hidrogeológicas son de fundamental importancia a los fines de prever problemáticas de riesgo ambiental por el mal manejo de suelos y subsuelo con el crecimiento urbano (derrumbes, sistema de distribución de agua, red cloacal, contaminantes de pozos ciegos, contaminantes industriales, agroquímicos).

El estuario del Plata, que aporta el 40% del agua de consumo de la región, también recibe la descarga de todos los arroyos interiores y el canal séptico de Berisso con un volumen que supera los 100.00

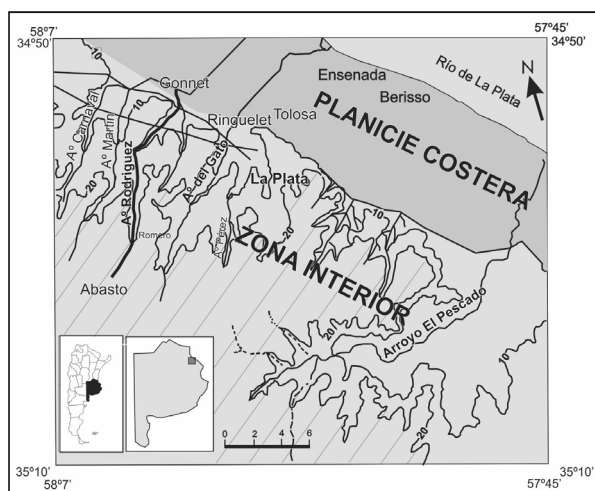


Figura 1: Ambientes geomorfológicos de la región.

m<sup>3</sup>/día. Por todo ello, es evidente que la potencial filtración de contaminantes a la zona de recarga de los acuíferos o el aporte de ellos a la zona de toma del río de La Plata constituyen factores de riesgo que es necesario controlar y monitorear.

El objetivo principal de la investigación es hacer un diagnóstico del estado de contaminación con metales pesados en arroyos y canales. Se cuantificaron los tenores de los metales y los resultados se analizaron estadísticamente. Los datos se compararon con los valores de referencia de Frink [5], que son promedios de contenidos en ambientes naturales (de 19 ppm para el Pb, 49 ppm para el Cu y 100 ppm para el Zn etc.).

Desafortunadamente, la Provincia de Buenos Aires no tiene reglamentados niveles guía de los metales en estudio, por tal motivo, los valores se compararon con la legislación nacional.

Los metales pesados, al ser incorporados al sedimento pueden tener diferentes destinos:

1. quedar retenidos en el sedimento (adsorción, complejación y precipitación)
2. ser disueltos en la solución del mismo
3. ser absorbidos por las plantas e incorporarse a la cadena trófica
4. movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas.

Los factores del suelo que influyen en la acumulación y disponibilidad de los metales pesados son: el pH, la textura, la estructura, las arcillas, la materia orgánica, la capacidad de intercambio, las condiciones redox, la presencia de óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, los carbonatos y la salinidad. Otros factores que coadyuvan son el área específica, las proporciones de los tipos de arcillas, óxidos e hidróxidos de aluminio y procesos hidráulicos relacionados [6]. Cabe señalar que las concentraciones de metales pesados que se determinan en los sedimentos son indicativas de grado pero no implican (mecánicamente) que por ello penetren en un organismo. En todos los casos intervienen una serie de factores tales

como biodisponibilidad, la bioacumulación y la bioconcentración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitios de muestreo y técnicas de campo

Los sedimentos de los arroyos se muestrearon en cabecera y curso medio, hasta el límite con la Planicie costera (Camino Centenario) y en algunos de ellos también se obtuvieron testigos en la planicie costera. Los sitios de muestreo se escogieron teniendo en cuenta los usos del suelo de las distintas zonas que se numeraron a partir de cabeceras.

Para el muestreo se utilizaron tubos de PVC de 1,5 pulgadas de diámetro y de 1 metro de longitud con el fin de obtener material no disturbado de la columna de sedimentos. Los tubos de PVC se utilizaron con el objeto de eliminar alguna contribución metálica que pudiera aportarse por la herramienta de trabajo. Un tapón de plástico fue adicionado al tubo luego de hincarlo en el sedimento para hacer vacío, con el propósito de que el sedimento se conserve en el tubo y no sea barrido por el agua al retirar el mismo. El hincado se realizó con una masa y una estaca de madera. Con este método se obtuvieron buenos resultados en la mayoría de los sitios muestreados. Los tubos de PVC se cortaron longitudinalmente antes del hincado y se unieron por medio de cinta adhesiva; a los dos días de la extracción se cortaron en dos mitades iguales mediante una tanza. Este procedimiento se encontró apropiado debido a que a los 2 días el sedimento ha perdido una parte apreciable de agua.

### Tratamiento de las muestras

Los testigos obtenidos se describieron megascópicamente, consignándose: color, textura, estructuras, presencia de rasgos antrópicos [7]. A partir de las diferencias observadas se realizaron divisiones en capas que se numeraron desde la más superficial a la más profunda como Capa 1,

Capa 2, etc. La composición granulométrica de las muestras se determinó mediante el método de Bouyoucos [8,9]. En el laboratorio también se efectuó la medición de susceptibilidad volumétrica con equipo MS2 de la empresa Bartington (Inglaterra) a los fines de obtener información de la distribución vertical de los óxidos de hierro.

Las muestras para análisis granulométricos y para determinación de metales pesados se tomaron a partir de la determinación macroscópica de las diferencias litológicas y de los valores de susceptibilidad magnética. Las muestras se secaron a 60°C durante un día para evitar la destrucción de arcillas por elevadas temperaturas, se molieron en mortero de cerámica y tamizaron mediante tamiz 45 IRAM 1501(0,354 mm de abertura). A los fines del tratamiento químico se pesaron 2 a 10 g de cada muestra.

Los análisis químicos consistieron en determinar presencia y concentración de metales pesados tales como plomo, cobre, cinc, cromo, níquel, hierro y manganeso; también se analizó el contenido en materia orgánica y el pH. La técnica analítica que se utilizó fue por espectrometría de absorción atómica, con previa digestión ácida total en  $\text{HNO}_3$  -  $\text{H}_2\text{O}_2$  [10] y luego el digerido se refluye con  $\text{HNO}_3$  y  $\text{HCl}$  con un nivel de detección de 1 ppm. El método utilizado para determinar materia orgánica fue por volumetría [11], con un límite de detección de 0,1%.

Las muestras seleccionadas por su alto contenido en metales pesados se analizaron mediante técnicas complementarias tales como Difracción de Rayos X y EDAX.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### Arroyo Rodríguez

El arroyo Rodríguez tiene una cuenca hidrográfica de 65 km<sup>2</sup>, su longitud es de 20 km, su ancho varía de 1 a 6 metros y la profundidad fluctúa entre 0,4 y

2 metros [12]. Tiene sus nacientes en la localidad de Abasto (Partido de La Plata) a 35° de latitud S y 58° de longitud O; el curso atraviesa las localidades de Gorina y City Bell y luego es canalizado hacia el Río de la Plata junto con los arroyos Carnaval y Martín.

Este arroyo fue uno de los más intensamente analizados de la zona en virtud de que no existen estudios previos como para efectuar análisis comparativos. Por tal razón, se extrajeron 3 y 4 testigos de pvc por cada sitio. En la Figura 2 se indican los sitios de muestreo a lo largo del perfil del arroyo Rodríguez, las cotas de los mismos y los tenores máximos de los metales pesados de cada lugar.

Se constataron diferencias en el ancho del cauce y la profundidad de los sedimentos detríticos del fondo. Esto último condicionó el largo de los testigos obteniéndose testigos de distinta longitud. En la zona 1 correspondiente a las nacientes y en torno a los 20 m s.n.m., se observa que los tenores de Pb y Cr superan los valores de referencia (testigo R1). Teniendo en cuenta que el uso del suelo en las nacientes es agropecuario y que en la información oficial entregada por la Dirección de Planeamiento, Control y Preservación de los Recursos (ABSA) no se mencionan industrias que puedan elevar los tenores de los metales mencionados, se desconoce la fuente de aporte. Empero, a lo largo del arroyo Rodríguez, hay numerosas industrias (plástica, embotelladora, química, matadero y frigorífico), que originan productos que aportan metales y materia orgánica al sistema, por ello no se descartan las descargas clandestinas.

El uso del suelo en la zona 2 (R2) es agropecuario igual que en la zona 1. El relevamiento de establecimientos que pueden aportar desechos a los arroyos reveló la existencia de dos tipos de fuentes de aportes: el Frigorífico Gorina y el Establecimiento Penal de Bajo Costo. Los análisis químicos indicaron que el mayor contenido de materia orgánica es de 1,2%, las concentraciones

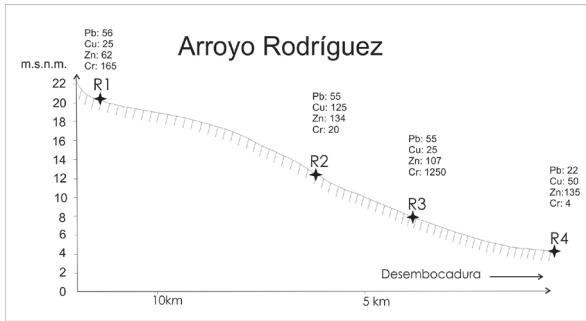


Figura 2: Perfil Arrollo Rodríguez con concentraciones.

de Mn, Pb, Cu y Zn superan los valores de referencia aunque el Cr esta por debajo del valor máximo (29 ppm). Cabe mencionar que los tenores de Mn y Cu son los mayores registrados a lo largo de todo el arroyo. El Mn y el Cu, como se indica más arriba, se encuentran en altas concentraciones hasta los niveles inferiores de los testigos extraídos, se desconocen los niveles de contaminación en sedimentos más profundos. Posiblemente las elevadas concentraciones de los metales mencionados se deban a industrias que no se encuentran en la información pública disponible.

En la zona 3 el uso del suelo es agrícola intensivo, las altas concentraciones en Pb, Zn y Cr exceden los valores de referencia, el cromo lo hace en acceso (R3). El Cr se presentó en altas concentraciones en muestras superficiales, al igual que el Pb y el notable incremento del mismo podría estar relacionado con la existencia de una fábrica de cojinetes, ya que no hay otra fuente registrada en la zona que aporte estos metales. El incremento del Zn puede también deberse al uso industrial aunque según Santa Olalla Mañas et al. [13], el uso agrícola intensivo del suelo genera incrementos en Zn. Este metal se utiliza en reactivos químicos y forma parte de los componentes de fertilizantes y plaguicidas.

En la zona 4, donde el uso del suelo es urbano y suburbano se extrajeron 4 testigos, en tres de ellos los tenores de metales no solo no superan los valores de Frink sino que son los más bajos de todo

el cauce del arroyo, empero, en uno de los testigos (indicado en la Imagen 2 como R4) se superan los valores de referencia en Pb, Cu y Zn.

Los análisis de Rx del material menor a  $62\mu$  evidencian la presencia de diferentes tipos de arcillas. Se determinó el predominio de illita hacia cabeceras (80%), aunque en los sectores hacia desembocadura se pudo constatar el incremento de arcillas esmectíticas (illita 25% y esmectita 48%). En algunos sitios en donde se constatan esos incrementos también se obtuvieron altos contenidos en metales pesados, por lo cual se interpreta que estos minerales de arcillas actúan como adsorbentes.

### Arroyo Del Gato

En la Figura 3 se representa el perfil longitudinal esquemático del A° del Gato desde cabecera en Lisandro Olmos hasta el curso inferior, con una longitud de 25 km. La cuenca tiene una superficie de 89 km<sup>2</sup>. Se extrajeron 6 testigos de sedimentos para los análisis propuestos a lo largo del todo el curso del arroyo. La zona 1, cabecera y sectores superiores del curso medio del arroyo, es de uso urbano y suburbano al igual que la zona 2, con mayor densidad de población. Del análisis de los resultados se observa que, a diferencia del arroyo Rodríguez, la concentración de los metales, aumenta hacia desembocadura, con marcado incremento en la Planicie costera.

En G1, zona próxima a cabeceras, la concentración de Pb supera el valor de referencia en la capa menos superficial, en G2, el Pb supera el valor de referencia en la capa superficial. Es posible estimar que dicho incremento podría estar generado por una empresa metalúrgica (Ferricor). En G3 y en G4 (Figura 3), el Pb y el Zn superan los valores de referencia en la naturaleza, aunque a distintos niveles del testigo obtenido. Estimamos que una posible fuente son las empresas metalúrgicas de la zona (ej. Cromoduro). Los contenidos en materia orgánica se incrementan desde cabecera hacia Planicie costera. Los valores máximos en cabecera



y sectores medios no superan el 2% en tanto en la planicie costera alcanzan valores de 7,72%. El incremento hacia desembocadura es similar al del arroyo Rodríguez aunque en el arroyo Del Gato la concentración urbana e industrial es mayor. A estos factores hay que adicionar el efecto contaminante del CEAMSE que fue emplazado en una zona muy sensible desde el punto de vista del equilibrio ambiental.

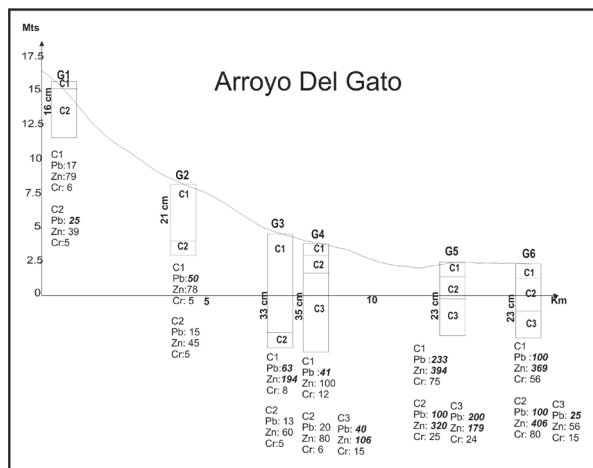


Figura 3: Perfil Arrollo del Gato.

El testigo G5 fue extraído del arroyo del Gato y camino a Punta Lara a escasos 100 m del canal de lixiviado del CEAMSE. El Pb y el Zn se incrementan notablemente y exceden el valor de referencia en condiciones naturales, en una de las capas analizadas se determinaron concentraciones de Pb que exceden 12 veces dicho valor (233 ppm). El testigo G6 fue extraído en la intersección del camino A. Brown y el arroyo del Gato (El Zanjón). Los tenores de Pb y Zn también son elevados, la concentración de Zn es la más elevada de todo el arroyo. Este comportamiento local podría estar relacionado con el aporte de la empresa SIDERAR, alguna otra empresa o volcados clandestinos ya que el aumento de Zn no estaría generado desde el CEAMSE. El fundamento de tal aseveración es que la materia orgánica en la zona del CEAMSE, que es elevada (> 7%), más el carácter adsorbente de las arcillas esmectíticas, actuarían como freno en la distribución, provocando una disminución a

medida que nos alejamos del centro de impacto, es decir hacia desembocadura. Por ello estimamos que los valores más elevados de Zn en G6 responden a otras fuentes de aporte.

### Arroyo El Pescado

En la Figura 4 se indica el perfil longitudinal esquemático del Arroyo El Pescado desde cabecera hasta el curso inferior en la planicie costera. Las nacientes de este arroyo están en Arana la longitud total es de unos 40 km y la cuenca es la más extensa de todas las de la zona ocupando una superficie que supera los 400 km<sup>2</sup>.

Se puede observar que las mayores concentraciones de Pb y Zn se encuentran en la zona del puente de Ignacio Correas con diferencias marcadas entre uno y otro lado del puente. En la Zona 1 próxima a cabecera, de uso agropecuario extensivo, se estudió un testigo (P1) que se dividió en dos capas sobre la base de diferencias en color y textura. En ambas capas, el Pb supera los valores de referencia, aunque las concentraciones de Zn son menores que en otras zonas. El contenido de materia orgánica es considerablemente más elevado que en el resto de los arroyos. Esto último estaría relacionado con descargas de camiones atmosféricos. El testigo P2 es de mayor longitud que el P1 y a partir de las diferencias de color y textura se diferenciaron 4 capas. Del análisis geoquímico surge que

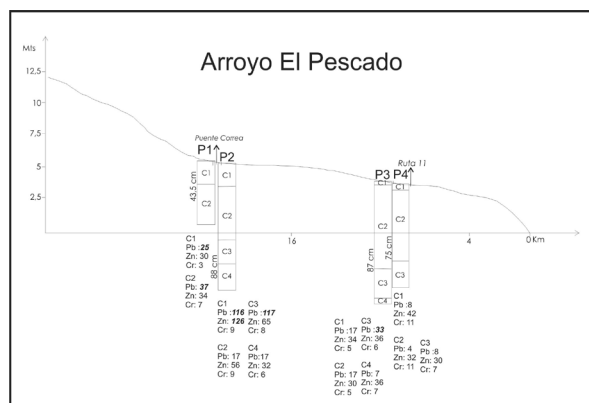


Figura 4: Perfil Arrollo El Pescado.

existen dos capas discontinuas de incremento de la contaminación (capas 1 y 3) en las que el contenido en Pb y Zn supera los valores de referencia de Flink. Las causas de este fenómeno son desconocidas aunque tentativamente se puede sugerir la existencia de dos períodos distintos de vuelco clandestino o distintos momentos de dragado del cauce del arroyo.

Paralelamente al análisis de los testigos de sedimentos de los arroyos se analizaron muestras de suelos aledaños que también arrojaron incrementos en Pb que superan los valores de referencia. Aguas abajo se analizaron dos testigos en las proximidades de la Ruta 11 (P3 y P4). En ambos testigos se comprueba que salvo en la capa profunda (C3) en donde el Pb se incrementa, no se superan los valores de referencia. Dicho incremento se podría corresponder con el mismo obtenido en la capa profunda de Ignacio Correas. La caída de las concentraciones (Figura 3) hacia desembocadura en este arroyo sería resultado de la acción complejante (quelatos) de la materia orgánica y el carácter adsorbente de las arcillas esmectíticas aguas arriba. Ambos factores podrían haber generado la caída significativa de los tenores de concentración en el tramo comprendido entre el puente Ignacio Correas y la R11. Además, a diferencia de lo que ocurre con los otros dos arroyos estudiados, en el A° El Pescado no hay un aumento poblacional tan significativo ni emplazamiento de industrias en las proximidades de la ruta 11 como para generar concentraciones elevadas de metales pesados, salvo por vertidos clandestinos.

## DISCUSIÓN

El cambio de modelo o paradigma ambiental implica cambios en el discurso y en la forma de hacer, implica por lo tanto a todas las disciplinas y factores sociales que inciden en la problemática ambiental. La interdisciplina entre las llamadas ciencias “duras” y entre las ciencias naturales y sociales está comprometida, como sus actores, en la salvación del ambiente humano. Esto es así pues la problemática ambiental no es una

mera problemática de solución exclusivamente tecnológica, es una problemática social. El cambio es también de discurso, ya que en las palabras se refleja nuestra comprensión del mundo y nuestra subjetividad. En este contexto sugerimos hablar de bienes comunes, o bienes de toda la comunidad (agua, suelo etc.) ya que el concepto de Recursos Naturales solo ha posibilitado el acceso privilegiado al llamado recurso.

El cambio en el decir, debe necesariamente acompañar al cambio en la forma de hacer, no solo de los que son responsables de diseñar políticas ambientales sino de todos los actores sociales, fundamentalmente de los intelectuales y técnicos. La cuantificación de un grado de contaminación es un aspecto técnico fundamental, siempre que los datos no se alteren en función de ciertos intereses sectoriales. Cuando la determinación y la cuantificación se expresan en datos verdaderos, estamos en buen camino. No obstante la solución no se agota en ello y es necesario encarar políticas de remediación.

En este sentido es importante aunar esfuerzos para reducir los factores de riesgo ambiental que se manifiestan en nuestra región (metales pesados, vertidos cloacales, fertilizantes, contaminación aérea). Por ello, cabe destacar la investigación que apunta al desarrollo de la metanización de los residuos cloacales ( $> 100.000 \text{ m}^3/\text{día}$ ), del canal séptico de Berisso [14]. Según dicho trabajo, una planta de metano de estas características cumple una doble función. Por un lado permitirá generar energía para varios miles de viviendas, por el otro, al mejorar la calidad del agua del estuario del Plata, mejorará la calidad del agua que bebemos. Además una planta de tales características también proveerá un sustrato sólido útil como abono. En ese contexto - teniendo en cuenta lo mencionado más arriba, respecto a la incorporación de metales a la cadena trófica – es necesario eliminar previamente el exceso de metales contaminantes que puedan incorporarse al sistema.



## CONCLUSIONES

Del análisis de los datos surge que no sólo en muestras superficiales de los testigos, se hallan las mayores concentraciones de metales pesados, sino también en muestras profundas, posiblemente debido al efecto del dragado o al volcado en distintos momentos.

En las muestras analizadas, se observa que algunos sitios presentan altos tenores de metales que exceden los valores de referencia en la naturaleza de Frink, op cit.

Con el fin de evaluar el estado relativo de contaminación de los arroyos analizados se establecieron comparaciones con registros de concentración de metales pesados de sedimentos de otros cursos de agua de la provincia y del país. En una primera aproximación constatamos que en el Río Matanza la concentración de Pb resulta unas 16 veces superior a las obtenidas en la zona de La Plata, la de Cu 9 veces y la de Cr 2 veces. El Río Gualaguaychú, que fue tomado como ejemplo de sedimentos en zona de baja actividad industrial, presenta valores que se aproximan a los del arroyo Rodríguez. Se demuestra que la metodología empleada es apropiada a los fines de determinar la presencia y concentración de metales pesados en sedimentos. La misma permite estimar los factores que coadyuvan en el incremento de los metales como así también la posible procedencia.

## REFERENCIAS

- 1.- CONAPA. (1993). El Estado de las Cosas. Elementos de Política Ambiental, Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, pp.77-75.
- 2.- Fidalgo, F.y Martínez, O.R.. (1983). Algunas características geomorfológicas dentro del Partido de La Plata (Provincia de Buenos Aires) RAGA XXXVIII (2), pp.263-279.
- 3.- Auge, M. y Canteau, R. (2004). Aprovechamiento conjunto de aguas subterráneas y superficiales para el abastecimiento de la ciudad de La Plata, Argentina. 33º Congreso Internacional de Hidrogeología. Sacatecas, México. CD-R.

- 4.- Varela, L., Laurencena, P. Kruse, E. Deluchi, M. y Rojo, A. (2002). Reconocimiento de la relación aguas superficiales-aguas subterráneas en el arroyo del Gato, Provincia de Buenos Aires. *Groundwater and human development*: pp.547-552.
- 5.- Frink, C.R.(1996). A perspective on metals in soil. *Journal of Soil Contamination*, 5(4), pp.329-359.
- 6.- Soldi, Y., Juracic, M., Prohic, E. y Pravdic, V. (1994). Particulares and the environmental capacity for trace metals. A small river as a model for land-sea transfer system: The Rasa River estuary, *The Science of the Total Environment*, 155, pp.173-185.
- 7.- Schoeneberg, P. J.; Wysocki, E. C.; Benham, E. C. y Broderson, W. D. 1998. *Field Book for describing and sampling soils*. Traducción al español por el Instituto de suelos. Centro de recursos naturales. Instituto nacional de tecnología agropecuaria.
- 8.- Bouyoucos, G.J. (1936). Direction for making mechanical análisis of soils by hydrometer method. *Soil Sci.* 42, pp.225-229.
- 9.- Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size análisis of soil. *Agron. J.* 54, pp.464-465.
- 10.- Environmental Protection Agency, EPA SW 846, (1986). Method 3050 Acid digestion of sediments, sludges and soil. Chapter 3: Metallic analytes, volume one, section A, Part 1 of Test methods for evaluating solid waste, Washington D.C.
- 11.- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, pp.29-38.
- 12.- Modenutti, B.E. (1986). Caracterización y variación espacial del zooplancton del arroyo Rodríguez (Provincia de Buenos Aires). *Anales del Instituto de Ciencias del mar y Limnología*.
- 13.- Santa Olalla Mañas, M., Balairón Ruiz, L. y de Santa Olalla, F.J.M.(2001). *Agricultura y desertificación*. Publicado por Mundi-Prensa Libros, 341 p.
- 14.- Camougrand, P. (2011). Potencial de metalización de los efluentes urbanos de La Plata. Artículo publicado por Maldonado N. en el diario *El Día de La Plata*, 27-11-2011.