

Grinberg, Silvia; Porzionato, Natalia; Bussi, Eliana; Gutiérrez, Ricardo; Curutchet, Gustavo. "Agua y sedimentos: testigos clave de una contaminación anunciada"

RESUMEN

Este trabajo propone debatir las tensiones involucradas en procesos de contaminación y autodepuración de la urbe metropolitana atendiendo al estudio de arroyos que la atraviesan, entubados gran parte de su recorrido y que salen a cielo abierto en aquellos espacios urbanos que concentran altos niveles de pobreza y contaminación ambiental. Se trata de zonas urbano-periféricas, hasta fines del siglo XX humedales y campos que se transformaron en espacios densamente poblados y escasamente urbanizados. El barrio Cárcova, donde se realiza este trabajo, está ubicado en el área José León Suárez, partido de General San Martín. El barrio está atravesado por un tramo del canal José León Suárez. Este canal arrastra, desde aguas arriba, una carga de contaminantes producto de descargas cloacales e industriales y, recibe el barrio los aportes de los desagües domésticos. Contrariando las hipótesis que señalan que estos barrios son los principales productores de contaminación de la urbe, se propone aquí que justamente ocurre lo contrario: en el trayecto en que el canal discurre por el barrio, el agua se limpia y los sedimentos acumulan los contaminantes. En otras palabras, los cursos de agua que portan altas cargas contaminantes atraviesan estos barrios que ofician como plantas depuradoras de la metrópolis. En este trabajo se ha efectuado un estudio de los diferentes aportes de carga orgánica contaminante al agua del canal en el tramo en estudio, su atenuación a lo largo del canal y la incorporación de contaminantes a los sedimentos. Se encontró una gran capacidad de autodepuración del agua superficial, fundamentalmente a partir de procesos de sedimentación y adsorción. De esta manera, la carga contaminante queda acumulada los sedimentos, donde se estabiliza lentamente a partir de procesos anaeróbicos. Se estudiaron, además, los riesgos implicados en el manejo de los sedimentos y la utilización de los mismos procesos estudiados en posibles herramientas de remediación mediante su aplicación en condiciones controladas.

Palabras clave: *Contaminación ambiental; estudios transdisciplinarios; remediación.*

ABSTRACT

This article discusses the tensions involving the processes of contamination and self-purification that take place in metropolitan areas, focusing on the study of the streams that flow through them; such streams are mostly tubed throughout their length, but emerge over the land surface in urban areas with high levels of poverty and pollution. These places are located on the urban periphery and, until the end of the 20th century, they used to be wetlands or fields that became densely populated but little urbanized areas. This study was carried out in the territory of José León Suárez, specifically in La Cárcova, a neighborhood in the district of San Martín. Part of the José León Suárez channel runs through this neighborhood; the chan-

Agua y sedimentos: testigos clave de una contaminación anunciada

Silvia Grinberg¹
Natalia Porzionato²
Eliana Bussi³
Luciano Mantiñan⁴
Ricardo Gutiérrez⁵
Gustavo Curutchet⁶



1. Introducción

La contaminación de arroyos y ríos ubicados a la vera de las ciudades han sido, desde el siglo XVI, una cuestión clave de los procesos de urbanización, que muy rápidamente devinieron en contaminación. Los casos de ríos que atraviesan urbes europeas, como el Támesis, el Sena y otros, son los más conocidos y datan la preocupación por la contaminación de sus aguas hacia el XV, al calor del crecimiento de la población que llegaba a vivir en su seno. La ciudad de Buenos Aires no constituye excepción alguna. Muy tempranamente la contaminación del hoy “emblemático” Riachuelo no se haría esperar: una vez instalados los primeros saladeros en la ciudad, la cuestión comenzaría a ser tibia preocupación.⁷ En 1822, Bernardino Rivadavia sanciona un decreto mediante el cual envía “al otro lado del Riachuelo” a los saladeros, fábricas de vela y depósitos de cueros, por los olores que emitían.

1 CEDESI, Escuela de Humanidades, Argentina grinberg.silvia@gmail.com.

2 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, UNSAM, Argentina.

3 CEDESI, Escuela de Humanidades, Argentina.

4 CEDESI, Escuela de Humanidades, Argentina.

5 Escuela de Política y Gobierno, Argentina.

6 Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental y Escuela de Ciencia y Tecnología, UNSAM, Argentina gcurut@gmail.com.

7 Informe cuenca Matanza-Riachuelo defensoría de *La Nación*, 2003 (disponible en <http://www.dpn.gob.ar/documentos/riachuelo.pdf>, 5/08/2016).

La preocupación aquí era por la contaminación del aire y no del agua. En 1871 se sanciona la Ley N° 752 de canalización y limpieza del Riachuelo Barracas. Si estos procesos son comunes a la urbe, no lo son las formas en que se han dado respuesta a esos. De hecho es posible identificar diversas, y en algunos casos también contrapuestas, respuestas; tanto como las metrópolis europeas consiguieron modos de saneamiento de sus aguas, las grandes metrópolis del sur global lograron crecer al calor de sus ríos contaminados, donde suelen concentrarse los asentamientos precarios (Grinberg, 2015). Así, cinco siglos después nos encontramos en las metrópolis, aunque no solo pero sí especialmente, del sur global, con procesos similares y cada vez más desencantados, que aún en el presente no han conseguido respuestas muy diferentes a las de antaño. Pero también, y por ello más grave, los efectos de aquellas decisiones que afectan la vida contemporánea, en especial de los barrios más empobrecidos que suelen asentarse a la vera de los ríos y arroyos contaminados, como es el caso del asentamiento en estudio

Así, y en especial en la región metropolitana de Buenos Aires, el entubamiento de arroyos ha sido, y, sigue siendo, una de las prácticas más habituales. Esta práctica del tratamiento de los ríos, consistente básicamente en taparlos construyendo sobre la llanura de inundación, ha generado un sinnúmero de consecuencias entre las que se cuentan las inundaciones, que si bien no obedecen *strictu sensu* a ellas, sí están vinculadas. Algo similar ha ocurrido con la rectificación de ríos que limitan la capacidad de depuración que tienen o tenían los cauces naturales, al disminuir drásticamente el tiempo de tránsito de las aguas. Estas prácticas que otrora involucraban arrojar la contaminación hacia afuera, en las sociedades contemporáneas nos dejan habitando en ciudades rodeadas por un afuera que ya está dentro.

De hecho, ese afuera, aquellas periferias urbanas que en el siglo XIX se pensaban acechando las ciudades, actualmente presentan un panorama bastante más complejo. Por un lado, permanecen y se pueblan a diario, especialmente en las llanuras de inundación de ríos y arroyos de los barrios más empobrecidos de la metrópolis. Las marcas de lugar de este poblamiento pueden rastrearse como palimpsestos hacia el siglo XIX. En el presente se agudizan en virtud de diversos aspectos que pueden sintetizarse en: acelerados crecimientos de la urbe que, desde el fines del siglo pasado, han generado procesos que involucran cada vez mayor precarización, hacinamiento y degradación ambiental

de aquellos espacios urbanos que caracterizan las metrópolis del sur global, donde pobreza y ambiente se combinan trágicamente. Seguidamente, en esas periferias de las regiones metropolitanas se han ido instalando y urbanizando, en forma paralela, barrios privados que no dejan de tener diversos vasos comunicantes con estas otras urbanizaciones prácticamente opuestas. Levantamiento de cotas, redireccionamiento de cauces asociadas a las urbanizaciones o barrios llamados privados, entre otras, funcionan como represas que protegen a unos y fragilizan a otros. En ambos casos comparten una geografía donde, para ambos lados, aquello que constituía las decimonónicas aguas afuera, en el siglo XXI se volvió aguas dentro generando nuevos problemas, aunque no siempre nuevas respuestas.

El entubamiento de arroyos sigue siendo una de las respuestas de la ingeniería sanitaria urbana más comunes que si bien parece constituirse en la solución más sencilla, trae consigo diversos efectos que, en general, se traducen, como se discute más adelante a través de los resultados de la presente investigación, en aumento de la contaminación tanto de los barrios de los arroyos que se entuban como de los ríos a los que esas aguas entubadas llegan.



Imagen 1. Fuente: Fotografía tomada en trabajo en terreno.

Es en este marco que este trabajo se propone debatir estas prácticas a través del estudio de las tensiones involucradas en procesos de contaminación y autodepuración en el espacio urbano, atendiendo especialmente al análisis de arroyos

que atraviesan la urbe metropolitana, entubados en gran parte de su recorrido y salen a cielo abierto en aquellos espacios urbanos que concentran altos niveles de pobreza y contaminación ambiental. Se trata de zonas urbano-periféricas, hasta los años sesenta del siglo XX humedales o campos que se transformaron en espacios densamente poblados y escasamente urbanizados. El barrio Cárcova, donde se realiza este trabajo, se encuentra ubicado en la localidad de José León Suárez, del partido de General San Martín, y es atravesado por un tramo del canal José León Suárez. Este canal se forma a partir de un colector pluvial que, tal como puede observarse en la imagen 1, sale a cielo abierto exactamente en la entrada del barrio y arrastra desde aguas arriba una carga de contaminantes, producto de descargas cloacales e industriales y, seguidamente, recibe en el barrio los aportes de los desagües domésticos.



Figura 1. Localización del área en estudio ($34^{\circ}31'19.4''\text{S}$, $58^{\circ}35'28.0''\text{W}$). Imagen obtenida desde *Google Maps*.

Contrariando las hipótesis señaladas de que estos barrios son los principales productores de contaminación de la urbe, se propone, a través de resultados de investigación, que justamente ocurre lo contrario: en el trayecto en que el canal discurre por el barrio, el agua se limpia y los sedimentos son los que acumulan los contaminantes. De forma tal que los cursos de agua que atraviesan estos barrios ofician como plantas depuradoras de la metrópolis.

En el trabajo de investigación que da origen al presente artículo, se ha efectuado un estudio de los diferentes aportes

de carga orgánica contaminante al agua del canal en el tramo en estudio, su atenuación a lo largo del canal y la incorporación de contaminantes a los sedimentos. Se encontró una gran capacidad de autodepuración del agua superficial, fundamentalmente a partir de procesos de sedimentación y adsorción. De esta manera, la carga contaminante queda acumulada en los sedimentos donde se estabiliza lentamente a partir de procesos anaeróbicos. Se estudiaron, además, los riesgos implicados en el manejo de los sedimentos y la utilización de los mismos procesos estudiados en posibles herramientas de remediación mediante su aplicación en condiciones controladas.

El desarrollo de este estudio se realiza desde una perspectiva transdisciplinar y procura ser un modo de acercarse al estudio de estas dinámicas desde una mirada integral de las dinámicas socioambientales y urbanas, y entendemos que contribuye tanto a la comprensión de estos procesos como al diseño de estrategias urbano-ambientales que vayan más allá del tirar afuera aquello que ya está dentro.

2. Métodos y desarrollo experimental

Tal como se ha señalado, y el título del capítulo así lo expresa, la investigación cuyos resultados se discuten aquí es resultado de un trabajo transdisciplinar. Ello como una perspectiva clave para el estudio de procesos complejos como los que aquí se estudian, donde la vida natural, en este caso de los cursos de agua, es indisociable de los procesos sociales más amplios que involucran la urbanización de la vida. En las siguientes páginas se discuten específicamente los resultados del muestreo realizado en las aguas del arroyo devenido “zanjón”, tal como lo llaman en el barrio; nombre claramente asociado con la contaminación que ese arroyo trae consigo.

2.1. Zona de estudio y puntos de muestreo

Se tomaron muestras de agua en varios puntos a lo largo del canal, desde su salida a cielo abierto (ver fig. 2; punto 1) hasta su intersección con el puente del Camino Buen Ayre (ver fig. 2; punto 12). Solo en los puntos de muestreo 8, 11 y 12 se tomaron muestras de sedimentos.



Figura 2. Ampliación de sitio en estudio. Entre los puntos 11 y 12 se observa el aporte de otro canal proveniente de un barrio vecino (Barrio Curita). Imagen obtenida desde Google Maps.

2.2. Caracterización de la contaminación en aguas y sedimentos

Las muestras de agua se tomaron en frascos estériles de polipropileno de 100 ml. Se analizaron dentro de las 4 horas posteriores a la toma de muestra. Sobre las muestras de agua se determinó pH, turbidez por espectrofotometría visible (620 nm), DQO [1] y recuento de número de bacterias coliformes por dilución en placa agar en medios DEV y EMB. Las muestras se dividieron en tres alícuotas para estimar la contribución del material particulado: una fracción total con todo el contenido de sólidos suspendidos, una fracción filtrada por filtro de papel Whatmann 41 (fracción con material coloidal) y otra centrifugada a 10.000 g por 10 minutos (fracción sin material coloidal).

Las muestras de sedimentos se colectaron y almacenaron en frascos de polietileno a 4 °C. Se conservó la humedad inicial de las muestras con el fin de conservar las condiciones redox iniciales lo más inalteradas posible.

Se determinó humedad relativa por gravimetría y el contenido de materia orgánica oxidable por el método de Walkley Black [2]. Para determinar el contenido de sulfuros solubles en ácido tipo MS (M denota metal bivalente como Fe(II) o Zn(II)) se realizó el ensayo de purga y trampa para sulfuros volátiles en ácido, seguido por conversión a azul de metileno [3, 4]. Previamente, se realizó una determinación estimativa de la cantidad de carbonatos en la muestra por medio de KemessFiss Rating [5]. Se realizó la extracción secuencial de metales estándar recomendada por la Comunidad Boreau de Referencia, usualmente conocida como extracción BCR [6], para determinar la concentración y

distribución de los metales en los distintos componentes del sedimento (Fracción 1: asociada a carbonatos y silicatos; Fracción 2: asociada a óxidos de Mn y Fe; Fracción 3: asociada a sulfuros y materia orgánica; Fracción 4: residual). Se llevó a cabo la determinación de la concentración de Cu, Zn y Fe por Espectrometría de Absorción Atómica (EAA).

Además, se determinó el riesgo de acidificación y liberación de metales *in situ* siguiendo la metodología propuesta por Kersten y Förstner [7].

3. Resultados y discusión

5.1. Parámetros típicos de contaminación cloacal

En la tabla 3 se muestran resultados de parámetros indicadores de contaminación, como la carga orgánica (Demanda Química Orgánica, DQO), el pH, la turbidez y las bacterias coliformes presentes en las aguas analizadas. Los puntos 6, 8 y 11 (marcados en verde) no son tomados del cauce del arroyo, sino de descargas que provienen del barrio (6 y 8) y de una laguna formada por descargas clandestinas (11). Esa laguna no comunica con el canal, salvo tras lluvias intensas. El punto es el lugar donde el arroyo abandona el barrio.

SITIO	PH	TURBIDEZ	DQO (MG/L)	RECuento COLIFORMES (UFC/ML)
1	7,92	0,297	200,2	10 E+12
2	7,67	0,038	<50	nd
3	7,79	0,044	<50	nd
4	7,84	0,06	48	nd
5	7,72	0,02	<50	nd
6	7,49	0,132	172,4	nd
7	7,82	0,027	<50	5,5E+04
8	7,54	0,085	59,1	1,8E+08
9	7,58	0,022	<50	nd
10	7,71	0,016	<50	1,8E+08
11	7,81	0,479	<50	2,8E+05
12	7,83	0,055	99,11	1,36E+05

Tabla 3. Parámetros analizados en aguas tomadas en los puntos 1-12 ubicados anteriormente en el mapa.

En general, al observar la tabla 3, se ve que el agua entra con mayor carga contaminante de lo que sale, y que la carga está relacionada con material particulado. Se observa, además, que el arroyo entra al barrio con una carga orgánica (DQO) de 200 mg/l y una población de coliformes en el orden de 10^{12} unidades formadoras de colonias/ml (UFC) lo cual denota contaminación fecal. El conducto pluvial que discurre debajo de avenida Italia en las zonas urbanizadas de José León Suarez se encuentra “pinchado” con efluentes cloacales y, como se verá más adelante y según se ha constatado en trabajos anteriores [8, 9] también industriales. Esta cuestión es clave, por lo menos en dos direcciones. En primer lugar, porque es la ausencia de obra pública, de redes cloacales en los barrios empobrecidos, aquello que determina que la población viva entre las aguas negras así como que el destino final de esas aguas sea el arroyo. Esto en sí es una completa cuestión que convive diariamente en la vida urbana y que hace décadas no recibe respuesta alguna. Seguidamente, porque es también la ausencia de control por parte de las agencias oficiales aquello que permite que las industrias arrojen sus aguas a los arroyos produciendo una contaminación que luego, cuando los canales salen a cielo abierto, no pueden más que indignar al lector atento. Así, estos barrios quedan atrapados entre la contaminación industrial de los arroyos y la ausencia de redes cloacales. En este proceso, como lo indican los datos a continuación, las aguas se depuran con costos ambientales altísimos para la población local.

Tanto la carga orgánica como la población de enterobacterias disminuyen rápidamente en menos de 100 metros a lo largo del zanjón en el barrio hasta valores menores a 50 mg/l para la carga orgánica y 104 UFC/ml para los coliformes. En este tramo del arroyo es donde se comienza a observar una abundante acumulación de sedimentos en el cauce. La carga introducida al arroyo por las descargas barriales (menores en concentración a la carga original con la que el arroyo entra al barrio y de muy bajo caudal) no alcanzan a aumentar nuevamente la carga del canal, tanto por un gran efecto de dilución como por los mismos fenómenos de estabilización antes observados. Puede observarse en el punto 12, que la carga orgánica vuelve a aumentar, siendo atribuible a la confluencia del canal proveniente de Villa Curita, marcado en la figura 1.

En otros trabajos [10] ya habíamos comentado la alta velocidad de autodepuración de las aguas de este arroyo, sin

embargo los datos obtenidos en este nuevo aporte muestran que la velocidad es aún mayor de lo comentado en ese trabajo y solo atribuible a mecanismos físico-químicos de precipitación y adsorción.

El agua sale del barrio (punto 10) con una carga orgánica muy baja y con una concentración de coliformes 8 órdenes de magnitud (108) menor que a la entrada. Sin embargo, el oxígeno disuelto en el agua a lo largo de todo el tramo fue inferior a 2 mg/l a 20 °C (saturación de 25%), y en algunos puntos, cercano a cero. Este efecto, que puede parecer sorprendente en una primer lectura, está relacionado con una gran demanda bentónica de oxígeno generada por los sedimentos del canal que, con características fuertemente reductoras, consumen el oxígeno disuelto, estableciéndose reacciones anaeróbicas que estabilizan el exceso de materia orgánica. En la tabla 4 se muestra la contribución del material coloidal arrastrado por el agua a la carga orgánica del sistema.

MUESTRAS DE SEDIMENTO	DQO AGUA SUPERFICIAL (CENTRIFUGADA)	DQO AGUA CON SEDIMENTO SUSPENDIDO	DQO AGUA FILTRADA
1	<50	395	200
8	<50	550	59
11	<50	3212	<50
12	<50	99	<50

Tabla 4. Valores de DQO (mg/L) en agua superficial de la columna de sedimento, agua con sedimento en suspensión y luego del filtrado de la misma.

La altísima tasa de depuración observada en el canal puede ser atribuida, en parte, a la rápida sedimentación y adsorción del material particulado transportado por el agua en los sedimentos del canal. En las zonas de alta velocidad de corriente como en la salida del canal a cielo abierto (como sería el caso en un entubamiento) esta sedimentación no ocurre, y se transportan los contaminantes aguas abajo.

5.2. Análisis de los sedimentos

En la tabla 5 se muestran parámetros obtenidos en el análisis de sedimentos de los puntos 8, 10, 11 y 12.

	pH	% HUMEDAD	% MATERIA ORGÁNICA	SVA (mg/kg)	Zn (mg/kg)
8	7,69	54,33	13	81	218
10	7,8	55,27	50	292,8	ND
11	8,13	30,88	> 80	152	801
12	6,78	41,73	12	685	339

Tabla 5. Parámetros obtenidos en el análisis de sedimentos de los puntos 8, 10, 11 y 12. SVA = sulfuros volátiles en ácido.

La altísima concentración de materia orgánica y sulfuros en el sedimento son claros indicios de que la contaminación orgánica se incorpora rápidamente a los mismos, tal como se desprende de los datos de las aguas. Esta alta concentración de materia orgánica se estabiliza por reacciones biocatalizadas. Al disminuir la concentración de oxígeno disuelto, los microorganismos anaeróbicos comienzan a generar sulfuros que dan al entorno su olor característico.

Asimismo, se determinó [11] que un cambio en las condiciones redox de los sedimentos, tal como el producido por un dragado inadecuado, puede generar drenaje ácido y liberación de metales a la columna de agua, por lo que se deben realizar análisis certeros antes de emprender cualquier acción que involucre, por ejemplo, el dragado de arroyos y ríos. Esto, nuevamente, se vuelve clave en tanto el dragado constituye una acción frecuente de la política pública cuando se trata de dar respuesta a los reclamos de limpieza de estas aguas. De forma tal que no solo la población queda viviendo entre aguas con altos niveles de contaminación, sino que frente a sus constantes reclamos, la respuesta que obtienen contribuye a profundizar los peligros asociados a la contaminación.

5.3. Parámetros de contaminación industrial: metales pesados en sedimentos

Es muy difícil determinar contaminación proveniente de industrias en aguas. Un buen marcador, como son los metales pesados, generalmente no se detecta debido en parte a su baja solubilidad en condiciones de pH neutro y a que las descargas irregulares suelen no ser continuas, sino aleatorias y a horarios inesperados, con el fin de ocultarlas. Sin embargo, la rápida incorporación y acumulación de metales y otros contaminantes

recalcitrantes en los sedimentos dejan escrita en ellos la historia de las descargas en un gran lapso de tiempo. En la tabla 6, los resultados de la concentración de metales encontrada en el canal en estudio se muestran como ejemplo en el punto 10 de muestreo.

CADMIO (mg/kg)	CROMO (mg/kg)	COBRE (mg/kg)	ZINC (mg/kg)
11,4	60,4	220	1468

Tabla 6. Contenido de metales pesados en los sedimentos del canal.

Todos los valores son, según la Nueva Lista Holandesa (2006), Environment Canada (2002), EPA (1997) y el Instituto Nacional del Agua, valores de contaminación que se encuentran por encima del valor de referencia o sobre el rango de efectos bajos, en algunos casos ya sobrepasando el nivel de intervención y/o indicando una significativa preocupación a nivel toxicológico. Para algunos (zinc y cadmio) se encuentran por encima del umbral de efecto alto, indicando efectivamente la probabilidad de que ocurran efectos ecológicos adversos sobre microorganismos bénticos. Para el caso de los 4 metales estudiados, el nivel de contaminación es “muy contaminado”, según los niveles guía utilizados por el INA para estudios de sedimentos sobre la hidro vía Paraguay-Paraná.

Estos resultados muestran una clara contaminación de origen industrial que ingresa a los sedimentos del barrio desde aguas arriba a lo largo del colector pluvial “pinchado” por descargas clandestinas. No se detectaron metales en los sedimentos de los canales de desagüe que surcan el barrio llevando las descargas domiciliarias al canal (muestras 6, 8).

La concentración de metales de los sedimentos disminuye a medida que el canal se aleja del barrio. De esta manera, se puede suponer que el afluente que recibe el canal entre los puntos de muestreo 10 y 12, si bien arrastra alta carga orgánica (ver tabla 3), no arrastra metales pesados que provendrían, entonces, exclusivamente de aguas arriba por el colector “pluvial” por avenida Italia.

5.4. Potencialidades de remediación

Como se comentó más arriba, los procesos de estabilización de materia orgánica se basan en procesos de adsorción, sedimentación

y formación de especies insolubles como sulfuros e hidróxidos de metales pesados. De esta manera, los contaminantes se acumulan en los sedimentos.

Muchas de las reacciones involucradas en estos procesos son biocatalizadas, y en condiciones controladas pueden ser utilizados para la remediación de los sedimentos. Candal *et al.* (2012) [12] aislaron especies microbianas (*Actinobacter*, *Rahne-lla*) del arroyo con alta capacidad de biosorción y biodegradación de colorantes también detectados en el canal (Curutchet *et al.*, 2012).

Porzionato *et al.* (2013) [8] aislaron especies microbianas sulfato-reductoras y azufre-oxidantes que, utilizadas sobre sedimentos aislados, pueden remediar la contaminación por metales pesados por un proceso de biolixiviación [12].

De esta manera, queda como resultado, a la vez que como nuevos trabajos necesarios de realizar, la posibilidad de diseñar alternativas de mitigación que involucren tareas de mantenimiento en el canal, tales como parquización de sus orillas, retiro de residuos e implementación de medidas de seguridad, etc. Sería posible permitir que el canal continúe su función como virtual planta depuradora de aguas mientras se procede al tratamiento de los sedimentos donde se acumula la contaminación en condiciones controladas. Este tratamiento se puede realizar estimulando los procesos biocatalizados por microorganismos autóctonos y puede, inclusive, recuperar metales de valor que reclaman nuevos trabajos en terreno y en laboratorio.

6. Conclusiones

Como hemos señalado al comienzo de este trabajo, la contaminación de arroyos y ríos en las urbes no es algo nuevo, y muchas de las formas de acción/inacción desplegadas nos han dejado viviendo en una ciudad en donde vivir a la vera del agua se vuelve cada vez más peligroso. Las prácticas de dragado, que muchas veces suelen ponerse en marcha como modos de aliviar la contaminación (8, 9), no hacen más que despertar la contaminación que “duerme” en los sedimentos, contribuyendo a empeorar aquello que se espera remediar. Asimismo, acciones como las de entubamiento y construcción sobre las aguas han tenido y tienen efectos directos sobre el habitar y el transitar la ciudad sobre esos canales cubiertos, así como

en aquellos espacios urbanos otrora periféricos que en el siglo XXI, cual cinta de Moebius, quedaron dentro de las metrópolis. Uno de los efectos más claros está asociado a las permanentes inundaciones que no solo afectan al barrio en cuestión, sino a la cuenca del Reconquista.⁸

Diversas cuestiones surgen como conclusión del trabajo realizado. Importa aquí resaltar algunas. Por un lado, el estudio del arroyo expresa y permite dar cuenta de la posición geopolítica de los barrios que condensan escasa urbanización y consecuente degradación ambiental. Posición que en el comportamiento del arroyo se traduce en una alta carga contaminante que llega al barrio por esas aguas entubadas y que ese arroyo a cielo abierto se encarga de depurar, dejando en la memoria de los sedimentos esa carga contaminante en el barrio. De forma tal que el agua se limpia y la contaminación queda. En otras palabras en su fase acuosa, el río consigue depurarse sino totalmente, en un grado importante, pero en sus sedimentos, y por tanto en el río, quedan las marcas. En la vera de estos ríos o arroyos, como tantos otros del sur global, suelen asentarse las poblaciones más empobrecidas que, como se señaló a lo largo del trabajo, viven afectadas por una contaminación que, de un modo muy relativo, contribuyen a producir. De manera que este proceso, en sí, permite mostrar cómo los cauces de ríos y arroyos a cielo abierto y sin rectificación alguna cumplen una función clave en la depuración de la contaminación; depuración que a través de los procesos biocatalizados, mencionados más arriba, pueden permitir generar procesos de mitigación de la contaminación y mejoramiento, desde ya, de las condiciones de vida de la población.

8 Ver informe del Reconquista (disponible en http://www.cuencareconquista.com.ar/documentos/informe_reconquista.pdf 18/08/2017).

Bibliografía

[1] *Method 5220 D, Closed Reflux, Colorimetric Method* in Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association (1995).

[2] **Gelman, F.** (2012). "Application of the Walkley–Black titration for the organic carbon quantification in organic rich sedimentary rocks", *Fuel* 96, pp. 698-610.

[3] **Morse, J. W. et al.** (1987). "The chemistry of hydrogen sulphide and iron sulphide systems in natural waters", *Earth Science Review* 24, pp. 1-42.

[4] **Tabatabai, M. A.** (1982). "Sulphur", en Page, A. L. y Tabatabai, M. A. (eds.): *Methods of soil analysis*. Part 2. Madison, American Society of Agronomy Inc., pp. 501-534.

[5] **Di Nanno, M. P.** (2003). *Acidificación por oxidación del azufre: aspectos microbiológicos y geoquímicos del ciclo en rocas y sedimentos*, tesis de Maestría área Ciencias del Suelo, Universidad de Buenos Aires, Escuela para Graduados Alberto Soriano, Buenos Aires, Argentina.

[6] **Ure, A. M.** (1993). "Single extraction schemes for soil analysis and related applications", *The science of the total environment* 178, pp. 3-10.

[7] **Kersten, M. y Förstner, U.** (1991). "Geochemical characterization of the potential trace metal mobility in cohesive sediments", *Geo-Marine Letters* 11, pp. 184-187.

[8] **Porzionato, N. et al.** (2013). "Acid drainage and metal bioleaching by redox potential changes in heavy polluted fluvial sediments", *Advanced Materials Research* 825, pp. 496-499.

[9] **Porzionato, N.; Candal, R. y Curutchet, G.** (2014). "Biocatalyzed acidification and metal leaching processes in sediments of polluted urban streams", *International Journal of Environment and Health* 7, pp. 3-14.

[10] **Curutchet, G.; Grinberg, S. Y Gutiérrez, R.** (2012). "Degradación

ambiental y periferia urbana: un estudio transdisciplinario sobre la contaminación en la Región Metropolitana de Buenos Aires”, *Ambiente & Sociedade*, v. 15, n. 2, pp. 173-193.

[11] **Candal, R. et al.** (2012). “Alternative treatment of recalcitrant organic contaminants by a combination of biosorption, biological oxidation and advanced oxidation technologies”, en Puzyn, T. y Mostrag-Szlichtyng, A. (eds.): *Organic Pollutants: Ten Years After the Stockholm Convention-Environmental and Analytical Update*, chapter 19. Poland, InTech.

[12] **Porzionato, N.; Candal, R. y Curutchet, G.** (2014). “Biolixiviación de metales de sedimentos anaeróbicos del Río Reconquista (Argentina) como estrategia potencial de remediación”, en: 4- *International Symposium on Environmental Biotechnology and Engineering*, México DF, septiembre.