



**UNSAM**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**  
**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE ACIDIFICACIÓN, LIBERACIÓN DE  
METALES Y POSIBILIDADES DE REMEDIACIÓN DE SEDIMENTOS DEL  
RÍO RECONQUISTA**

**Trabajo de Tesis para optar por el título de  
Doctora en Ciencia y Tecnología Mención Química**

**Por: Lic. Natalia F. Porzionato**

**Director de Tesis: Dr. Gustavo A. Curutchet**

**Co-director: Dr. Roberto J. Candal**

**Lugar de Trabajo: Escuela de Ciencia y Tecnología e Instituto de Investigación e  
Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín.**

**- 2016-**

## RESUMEN

El Río Reconquista se encuentra ubicado al norte de la provincia de Buenos Aires y atraviesa 18 distritos del Gran Buenos Aires, un área densamente poblada que rodea la capital. A lo largo de 82 Km de recorrido, recibe numerosos canales tributarios que atraviesan barrios densamente poblados y gravemente deteriorados ambientalmente, e incorporan descargas domésticas e industriales a sus aguas. De esta forma, el Río Reconquista representa el segundo río con mayor contaminación de la Argentina y es reconocido mundialmente como uno de los emblemas de los problemas ambientales del país.

El canal José León Suárez es uno de los tributarios del Río Reconquista. Si bien es originado en la confluencia de varios canales pluviales, arrastra desde aguas arriba grandes niveles de contaminación como consecuencia de descargas irregulares. Sin embargo, como se demuestra en esta Tesis, llegan al Río Reconquista ubicado 5 km aguas abajo, niveles bajos de contaminación orgánica (DQO menor a  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) debido a una muy alta capacidad de autodepuración. Más aún, dicha tasa de autodepuración supera la velocidad de degradación de materia orgánica por oxidación esperable en cursos de agua de estas características y es debida principalmente a los procesos muy rápidos de sedimentación y adsorción de materia orgánica que, junto con otros contaminantes, se incorporan a los sedimentos. Este hecho deriva en la generación de una alta demanda béntica de oxígeno, condición adecuada para la formación biocatalizada de sulfuros por metabolismo de bacterias reductoras de sulfato (BRS). En estas condiciones de bajo potencial redox, la mayoría de los metales pesados tienden a precipitar como sulfuros e hidróxidos de baja solubilidad o resultan adsorbidos sobre diferentes componentes minerales del sedimento. En esta Tesis se han detectado niveles muy elevados de materia orgánica en los sedimentos del Canal José León Suárez en un rango de 11-30% p/p y niveles de sulfuros volátiles en ácido (SVA) del orden de los  $70\text{-}700 \text{ mg Kg}^{-1}$ . Estos importantes contenidos de materia orgánica y SVA contribuyen a la incorporación a los sedimentos de grandes concentraciones de metales:  $247 \text{ mg Cu Kg}^{-1}$ ,  $118 \text{ mg Cr Kg}^{-1}$  y  $980 \text{ mg Zn Kg}^{-1}$ .

Cuando ocurren cambios en las condiciones de potencial redox del sistema (por ejemplo por dragado o sequías), los componentes reducidos del sedimento tales como sulfuros tienden a ser oxidados debido a procesos biocatalizados por bacterias oxidantes del azufre. Se ha determinado en esta Tesis la presencia de este tipo de bacterias en los sedimentos estudiados y las mismas se han caracterizado e identificado. Esto podría resultar en un impacto directo sobre el ambiente por efecto de acidificación de sedimento y posterior liberación de metales pesados en la columna de agua siendo un proceso análogo a los observados en drenaje ácido de minas, pero con características diferenciales dada su diferente granulometría, reactividad de sulfuros, velocidad de difusión de oxígeno. Por este motivo, para estudiar y comprender los drenajes ácidos en sedimentos se necesitan modelos de predicción y experimentos diferentes a los utilizados para estudiar estos procesos en minas.

En esta Tesis se han estudiado los procesos de depuración de aguas e incorporación de contaminantes a los sedimentos en el sistema del canal José León Suárez. Se estudió la distribución y especiación de contaminantes metálicos en sedimentos del canal José León

Suárez y se comparó con estudios de sedimentos del cauce principal del río Reconquista y de un canal vecino (canal Hidalgo) con características de contaminación diferente, y su afectación en caso de cambios en el potencial redox del entorno. Siendo la principal componente de los procesos mencionados de naturaleza biocatalizada, se estudiaron los microcosmos presentes en los sedimentos anaeróbicos y se aislaron microorganismos autóctonos con potencialidad en biorremediación. Finalmente se utilizó el conocimiento en los procesos de oxidación de sulfuros en el desarrollo de una metodología sencilla y eficiente para realizar la remediación de los sedimentos estudiados.

Los estudios de predicción de drenaje ácido se realizaron de manera intensiva a través de ensayos estáticos y dinámicos de oxidación de sedimentos anaeróbicos por resuspensión y desecación. Se aplicó el Método de predicción de drenaje ácido de Kersten y Förstner (KyF, 1991) basado en la extracción secuencial BCR. Se concluyó que en algunos casos el método estático de KyF no es suficiente para predecir la posibilidad de drenaje ácido y que es necesario aplicar ensayos cinéticos como el de resuspensión en modo *batch*, en el cual se consideran las velocidades de oxidación de sulfuros, acidificación de sedimentos y lixiviación de metales mediadas por bacterias azufre oxidantes. En efecto, los sedimentos pertenecientes al Canal J.L. Suárez y Río Reconquista presentaron potencial de acidificación y lixiviación de metales.

Es por esto que considerar tanto la remoción de metales pesados desde sedimentos contaminados como un manejo de sedimentos más seguro debe ser motivo de prioridad debido al riesgo de liberación de metales pesados a las aguas subterráneas o de su ingreso a la cadena alimentaria.

Por la misma hipótesis de que los mismos procesos de oxidación/acidificación de sedimentos pueden producir serios impactos ambientales bajo condiciones no controladas, surge la potencialidad de permitir la recuperación de metales valiosos desde sedimentos contaminados en condiciones controladas. Las características específicas de cada sedimento son determinantes en las cinéticas y eficiencias de extracción del metal pesado por biolixiviación. Esto, en conjunto con la creciente necesidad de desarrollar una estrategia de remediación para el serio problema local de las áreas densamente pobladas, genera un fuerte interés en el estudio intensivo de remediación por lixiviación de este sedimento en particular.

En esta Tesis también ha sido estudiado el uso potencial de biolixiviación como herramienta de lixiviación de metales pesados, tanto en sistemas agitados como en sistemas de biopilas. Se ha logrado obtener una eficiencia de lixiviación de 71% de lixiviación del Zn inicial, eficiencia muy alta para este tipo de tecnología de bajo costo.

Así, el principal objetivo de esta Tesis es estudiar los procesos que involucran la incorporación de contaminantes a los sedimentos, la reducción de sulfatos y oxidación de compuestos reducidos de azufre de los que depende la movilización o inmovilización de metales y la acidificación del sistema de acidificación y aprovechar esos procesos para diseñar estrategias de remediación por biolixiviación en biopilas con posible recuperación de metales valiosos.