

## RESISTENCIA Y BIODEGRADABILIDAD COMO COMPLEMENTO DE ESTUDIOS DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

María Susana Fortunato<sup>1</sup>, Ana Julieta González<sup>1</sup>, Sabina Baroni<sup>1</sup>, Natalia Gorino<sup>1</sup>, Javier  
Laurino Soulé<sup>1</sup>, Carlos Gómez<sup>2</sup>, Alfredo Gallego<sup>1</sup>, Sonia Edith Korol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Cátedra de Salud Pública e Higiene Ambiental. Junín 956 4° Piso.  
CABA-Argentina.

<sup>2</sup>Instituto Nacional del Agua, Centro de Tecnología del Uso del Agua. Ezeiza-Buenos Aires-Argentina.

mfortunato@ffyb.uba.ar Tel: 011 5287-443

### Introducción

La exposición de las comunidades bacterianas autóctonas a compuestos tóxicos y persistentes en los cursos de agua superficial puede dar lugar a procesos de adaptación, como la resistencia a dichos compuestos y la capacidad de biodegradación que posibilitan su supervivencia. Estos procesos de adaptación tienen lugar para distintos grupos de contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos y ocurren en cursos de agua contaminados. Sin embargo, también es posible hallar microorganismos resistentes o degradadores en ambientes prístinos o escasamente contaminados.

La selección de microorganismos biodegradadores ha sido ampliamente documentada para compuestos como los clorofenoles y biocidas tales como desinfectantes y antibióticos. (Baghapour, 2014). En el caso de los metales pesados, en los que la biodegradación no es una alternativa posible, las comunidades microbianas presentes pueden llevar a cabo una transformación de los metales a especies menos tóxicas o solubles (Lovley and Coates, 1997; Malik, 2004).

La determinación de las concentraciones ambientales de los contaminantes es el modo directo de establecer su presencia en el ambiente. En muchos casos, como por ejemplo para desinfectantes y antibióticos, la cuantificación no es sencilla ya que las técnicas suelen ser laboriosas y de alto costo, debido a las bajas concentraciones ambientales y a la complejidad de la matriz. (Murray, 2010)

Las concentraciones ambientales de los compuestos pueden disminuir por procesos abióticos como hidrólisis, fotólisis u oxidación o procesos bióticos de acuerdo a la capacidad de remoción que presenten las comunidades degradadoras (Mansour, 1994). Por otra parte la relación causal entre la exposición a una sustancia y la manifestación de los mecanismos de biodegradación o resistencia no siempre es unívoca. Por ejemplo un compuesto determinado puede seleccionar comunidades degradadoras de otros compuestos relacionados. Del mismo modo un compuesto tóxico puede seleccionar poblaciones resistentes a otros.

La capacidad de biodegradación y la resistencia microbiana a compuestos tóxicos ofrecen información adicional referente al impacto de estos compuestos

sobre las comunidades bacterianas autóctonas, por lo que el estudio de estos procesos puede ser utilizado como un complemento importante de la caracterización química y microbiológica de las aguas superficiales.

### Objetivo

El objetivo de este trabajo fue estudiar los procesos de adaptación tales como la capacidad de biodegradación y resistencia a diferentes compuestos tóxicos, en las comunidades bacterianas autóctonas de las cuencas del Río Reconquista, Matanza-Riachuelo y del Río de la Plata, y su relación con el grado de contaminación; así como también determinar la utilidad del estudio de estos procesos en la caracterización de cursos de agua contaminados.

### Materiales y Métodos

Se estudiaron los siguientes grupos de contaminantes: metales pesados (Cr VI, Cd, Cu, Pb y Zn), clorofenoles [2-clorofenol (2-CP), 3-clorofenol (3-CP) y 4-clorofenol (4-CP), 2,4-diclorofenol (2,4-DCP) y 2,4,6-triclorofenol (2,4,6-TCP)] y contaminantes emergentes tales como antibióticos [amoxicilina (AMX), cefotaxima (CTX), tobramicina (TOB), tetraciclina (T), cloranfenicol (C), ciprofloxacina (CIP), claritromicina (CLTR) y piperazilina-tazobactam (TZP)] y desinfectantes [cloruro de benzalconio (CBA), triclosán (TC) y clorhexidina (CHX)]. Se seleccionaron 18 puntos de muestreo distribuidos en las regiones alta, media y baja de las cuencas del Río Reconquista y Matanza-Riachuelo, y en el área costera del Río de la Plata. Estas regiones se caracterizan por diferentes grados de contaminación, según las actividades que se desarrollan en sus alrededores: agrícolas, urbanas o industriales. En cada punto se evaluó la resistencia de las comunidades microbianas autóctonas a metales pesados y la biodegradabilidad de los contaminantes orgánicos en estudio. La resistencia a metales se estimó determinando la concentración inhibitoria mínima (CIM) de cada metal frente a las comunidades expuestas. Este ensayo se realizó en caldo nutritivo adicionado con concentraciones crecientes de metal (4 a 1000 mg L<sup>-1</sup>). La biodegradabilidad de los compuestos orgánicos fue evaluada mediante el consumo de oxígeno a través de un método

respirométrico, durante 10 días a 20 °C. Para ello, las muestras de agua de río fueron adicionadas con 20 mgL<sup>-1</sup> de los compuestos en estudio y se utilizó como control agua de río. Además se realizó la caracterización bacteriológica y química de los sitios de muestreo determinando los recuentos de *Escherichia coli* y Enterococos, la concentración de metales pesados, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

### Evaluación de Resultados

Los resultados de la caracterización bacteriológica de las muestras extraídas en las cuencas Matanza-Riachuelo y del Río Reconquista demostraron un mayor grado de contaminación fecal en las regiones media y baja, como consecuencia de su mayor desarrollo urbano y densidad poblacional. Los valores de DQO y DBO mostraron una tendencia similar, incrementándose hacia las regiones media y baja de las cuencas. En cuanto al Río de la Plata, los valores de los indicadores de contaminación fecal, así como la DQO y la DBO, fueron menores que en las cuencas Matanza-Riachuelo y del Río Reconquista y no se observaron variaciones significativas entre los distintos sitios de muestreo.

Los resultados de concentración inhibitoria mínima demostraron una elevada resistencia de las comunidades bacterianas autóctonas a todos los metales estudiados y en todos los puntos de muestreo. (CIM=250-1000 mg L<sup>-1</sup>). Los valores de CIM fueron muy elevados incluso para las comunidades de la región alta de las cuencas, donde el impacto de la actividad industrial es escaso y donde, efectivamente, las concentraciones de metales fueron menores que en las cuencas media y baja. Esto resulta particularmente notorio en el caso del cadmio, que prácticamente no fue detectado en ningún punto, y a pesar de ello las comunidades bacterianas presentaron alta resistencia a este metal. Ensayos con cepas individuales aisladas de la cuenca Matanza-Riachuelo confirmaron además la existencia de resistencia cruzada, es decir que las cepas resistentes a un metal también fueron resistentes a los demás metales estudiados.

En el caso de los clorofenoles, la biodegradabilidad obtenida fue alta a pesar de las condiciones restrictivas del ensayo (sin adaptación y con un tiempo de duración de sólo 10 días). El compuesto más frecuentemente biodegradado fue 2,4-DCP, seguido de 2,4,6-TCP, 4-CP, 3-CP y 2-CP.

Con respecto a los desinfectantes, el CBA fue el compuesto más biodegradable, seguido de TC y CHX para los cuales la biodegradabilidad fue mucho menor. Asimismo CHX fue el desinfectante que mostró un mayor efecto inhibitorio sobre las comunidades bacterianas de los distintos sitios.

En lo referente a los antibióticos, sólo se evidenció biodegradabilidad para AMX y C en las muestras

pertenecientes a un sólo sitio de muestreo. En la mayoría de los casos predominó el efecto inhibitorio, siendo la CLTR y la T los antibióticos que ejercieron dicho efecto en mayor proporción.

En adición a estos resultados, es interesante destacar que las comunidades microbianas autóctonas fueron resistentes a varios de los antibióticos y desinfectantes ensayados, siendo esta resistencia más marcada en las muestras pertenecientes al Río de la Plata.

Tanto para los clorofenoles como para los desinfectantes y antibióticos, la capacidad de degradación y la resistencia de los microorganismos autóctonos no pudieron correlacionarse con la contaminación fecal ni con los valores de DQO-DBO.

### Conclusiones

Para todos los compuestos ensayados los microorganismos autóctonos mostraron una elevada resistencia a las concentraciones empleadas en los ensayos. Si bien varios compuestos mostraron un efecto inhibitorio para las comunidades bacterianas, en la mayoría de los sitios de muestreo predominaron los procesos de resistencia microbiana y biodegradabilidad. Estos resultados no se correlacionaron con los parámetros químicos y microbiológicos habitualmente utilizados para caracterizar un agua superficial. Teniendo en cuenta estos resultados, la resistencia a compuestos tóxicos y la capacidad de degradación de las comunidades microbianas autóctonas, pueden proponerse como estudios complementarios para establecer el grado de contaminación de los cursos de agua.

### Referencias

- Baghapour, M. A.; Shirdarreh, M. R.; Faramarzian, M. (2014) "Degradation of amoxicillin by bacterial consortium in a submerged biological aerated filter: volumetric removal modeling". *Journal of Health Science Surveillance System*. Vol. 2, No 1. January 2014, pp. 15-25.
- Lovley, D. R.; Coates, J. D. (1997). "Bioremediation of metal contamination". *Current Opinion in Biotechnology*. Vol. 8, No 3. July 1997, pp. 285-289.
- Malik, A. (2004). "Metal bioremediation through growing cells". *Environment International*. Vol. 30, No 2. April 2004, pp. 261-278.
- Mansour, M.; Feicht, E.A. (1994) "Transformation of chemical contaminants by biotic and abiotic processes in water and soil". *Chemosphere*. Vol.28, No 2. January 1994, pp. 323-332.
- Murray, K.E.; Thomas, S.M.; Bodour, A.A. (2010) "Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment" *Environmental Pollution*. Vol.158. December 2010, pp. 3462-3471.