

Una mirada a la biorremediación de metales pesados

Bioprocesos

En nuestro conocimiento cotidiano, sin duda tenemos incorporado el concepto de *bioprocesos*, aunque no conozcamos el término académico. Podemos decir que son aquellos procesos en los que se utilizan microorganismos¹ para generar productos o servicios, algunos indispensables en nuestra vida diaria. Ejemplos de ellos son el yogurt, el kéfir y otros probióticos, el pan, los quesos, los antibióticos y las vacunas, el compostaje generado en el fondo de la casa con residuos orgánicos caseros para nutrir las plantas del propio jardín, y el tratamiento de efluentes, entre otros. Ciertos microorganismos, a partir de una fuente de carbono y energía (sustancias orgánicas), producen su propia biomasa y otros productos. Como ejemplo de ello, también podemos pensar en la levadura de cerveza, que agregada a la harina genera el dióxido de carbono que leva el pan.

Biorremediación de metales pesados

Se denomina *biorremediación* a la utilización de microorganismos o enzimas derivadas de ellos, para recuperar un ambiente contaminado. Los *metales pesados* son elementos químicos de alta densidad. Varios de ellos son tóxicos para los seres vivos y además son bioacumulativos (no pueden ser eliminados de las células). Entre ellos podemos nombrar el plomo, el arsénico, el cromo, el mercurio y el cobre. Es raro pensar en interacciones entre microorganismos y metales, pero afortunadamente también existen muchos microorganismos capaces de desarrollar procesos útiles para la remediación de metales pesados y su recupera-



Autor **Gustavo Curutchet**

Bioquímico y Doctor en Ciencias Exactas (UNLP)

Investigador Principal (CONICET)

Profesor Asociado en ECyT y IIIA (UNSAM)

Desarrolla investigación y transferencia en bioprocesos aplicados a la remediación ambiental y tratamiento de efluentes y residuos

Papá de Lara, Eugenia y Manu

Vegetariano y amigo de todo lo que crece y tiene vida



ETAPAS DEL PROCESO DE BIORREMEDIACIÓN

- 1- Toma de muestras de sedimentos de orilla y cauce de río contaminado.
- 2 - Sedimento con metales pesados no apto para reutilización.
- 3- Proceso de biorremediación (combinación de biolixiviación y bioprecipitación) realizado en laboratorio mediante microorganismos nativos del río a remediar.
- 4- Sedimento biorremediado, sin metales pesados, con estructura tipo "suelo" reutilizable.

ción como insumo valioso. También podemos nombrar el ejemplo de las "bacterias mineras"², nombre que le dio Isaac Asimov³, allá por los años 70. Estos microorganismos obtienen su alimento (carbono) del dióxido de carbono atmosférico y su energía de la oxidación⁴ de algunos compuestos de azufre o hierro. Los productos generados en estas oxidaciones pueden interactuar con metales contenidos en residuos, sedimentos o minerales. A diferencia de los compuestos orgánicos, que pueden ser degradados hasta con-

vertirlos en dióxido de carbono, los metales no se pueden degradar, lo que termina generando contaminación en el medio. Pero en cambio es posible “pasarlos de un compartimiento a otro”, realizando concentración y separación de los metales hasta el grado de ser posteriormente recuperados y reutilizados. Para ello se emplean procesos como la *biolixiviación* (reacción de disolución de algunos compuestos sólidos) y el proceso inverso, como es la *bioprecipitación* (reacción de precipitación, que convierte en sólidos algunos componentes disueltos en líquido). La biolixiviación es usada desde hace décadas para la extracción de metales, como en el caso de la minería del uranio. Los metales extraídos (o lixiviados) pasan de ser compuestos sólidos a ser solución, y luego pueden ser recuperados mediante diferentes técnicas. El proceso de bioprecipitación se usa en la descontaminación de efluentes industriales, donde bacterias reductoras de sulfato en condiciones anaeróbicas⁵ producen transformaciones que hacen precipitar a los metales presentes en una solución, y luego pueden ser recuperados. La combinación de procesos de bioprecipitación y biolixiviación es una manera interesante y potencialmente apta para tratar efluentes y residuos contaminados con metales pesados, permitiendo la recuperación del metal valioso y cerrando el ciclo de manera ambientalmente amigable. Este tipo de recuperación también reduciría la necesidad de extraer metales a través de la minería.

Biorremediación de ríos y arroyos

Un ejemplo de la actividad “in situ” de los microorganismos que aquí estudiamos es el tratamiento de los sedimentos contaminados de ríos y arroyos. Cuando cruzamos un curso de agua fuertemente contaminado, sentimos generalmente un olor desagradable, como de “huevo podrido”. Esto es debido a la presencia de *sulfuro de hidrógeno*, que se genera naturalmente en todo proceso anaeróbico de descomposición⁶ de materia orgánica. Incluso la más inocente sustancia, como es el azúcar de mesa, produce una alteración en los procesos de un ecosistema⁷. Esta condición ambientalmente desagradable aporta la ventaja de hacer precipitar los metales pesados, acumulándolos

“dormidos” en los sedimentos del río, reduciendo considerablemente su impacto en el ecosistema acuático y las fuentes de agua para consumo. Pero la biolixiviación, tan útil en *sistemas controlados*, pasa a ser ambientalmente desfavorable en un *sistema descontrolado*, como podría ser luego de un dragado mal realizado. Los movimientos que genera el dragado incorporan oxígeno al agua, lo que hace que “las bacterias mineras despierten a los metales” liberándolos al agua, generando la consecuente contaminación en el medio. Por ello, los dragados de cursos de agua contaminados deben planificarse, previendo un proceso anterior de remediación que trate los sedimentos (por ejemplo, por medio de biolixiviación), en condiciones controladas del agua y de los efluentes vertidos.

REFERENCIAS

- 1 Son organismos unicelulares, como bacterias, arqueas, hongos microscópicos y microalgas.
- 2 Entre ellas podemos nombrar la *Acidithiobacillus*, la *Sulfolobus* y la *Leptospirillum*.
- 3 Isaac Asimov (1920-1992), famoso escritor de ciencia ficción, divulgador científico y profesor de bioquímica en la Universidad de Boston (EE.UU.).
- 4 Las reacciones químicas de oxidación, entre ellas las que conocemos como “combustión”, son importantes para la generación de energía química. Su nombre se debe a que la sustancia se combina con oxígeno para producir sustancias simples, como dióxido de carbono y agua.
- 5 Condición de ausencia de oxígeno. Se puede decir que las bacterias anaeróbicas “respiran” utilizando otras sustancias diferentes del oxígeno, como sulfatos y nitratos, entre otras.
- 6 La descomposición es la transformación de sustancias complejas (incluso organismos) en sustancias más simples. La putrefacción es uno de los procesos naturales de descomposición. Se produce por medio de microorganismos que transforman los materiales orgánicos en varios pasos, dependiendo de factores como la disponibilidad de oxígeno. La descomposición es importante porque recicla elementos como el nitrógeno, el fósforo y el azufre que están ligados a materia muerta, convirtiéndolos a formas utilizables por las plantas.
- 7 Inicialmente la materia orgánica es consumida por microorganismos aeróbicos, que conjuntamente consumen oxígeno. Como el oxígeno se disuelve lentamente en el agua, el sistema lleva a condición de anaerobiosis y allí el exceso de materia orgánica es oxidado por bacterias anaeróbicas reductoras de sulfato, que como producto final, generan el maloliente sulfuro de hidrógeno.

ABREVIATURAS

- CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
ECyT: Escuela de Ciencia y Tecnología
IIIA: Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental
UNLP: Universidad Nacional de La Plata
UNSAM: Universidad Nacional de San Martín