

USO DE MICROORGANISMOS EN LA BIORREMEDIACIÓN DE AMBIENTES CONTAMINADOS POR METALES

Autor: Alejandro Fenollar Penadés

Universitat Autònoma de Barcelona, 4º curso Grado de Microbiología

Contacto e-mail: alejandro.fenollar@e-campus.uab.cat

INTRODUCCIÓN

La acumulación de **metales** es un gran **problema** a nivel tanto **ambiental** como de **salud humana** y son liberados en muchos casos por la acción del hombre (en residuos industriales, actividades mineras, etc.). En el caso de la salud humana, la afectación dependerá del metal; así, el cobre (Cu) principalmente afecta a los enzimas mientras que el mercurio (Hg) es altamente tóxico para el sistema nervioso e inmune y el arsénico (As) es cancerígeno y altamente tóxico. Entre los problemas medioambientales destaca la elevada toxicidad de muchos metales para los seres vivos, pero también el drenaje de minas ácidas, donde se produce ácido sulfúrico y las aguas acidificadas pueden atacar otros minerales presentes y liberar metales al medio (como el As).

Para su eliminación se puede usar la **biorremediación**. Esta consiste en el **uso de microorganismos** o enzimas para la recuperación de zonas contaminadas. A continuación se expondrán diferentes métodos de biorremediación aprovechando las características metabólicas y fisiológicas de los microorganismos.

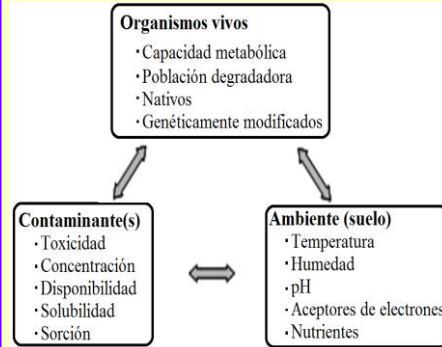


Figura 1. Factores que afectan a la biorremediación
Fuente: www.inw.gov.mx

MÉTODOS

La **biorremediación** puede ser tanto **intrínseca** (los microorganismos ya tienen la capacidad de metabolizar y eliminar los contaminantes) como **dirigida** (se incrementan las capacidades de los microorganismos para la eliminación de los contaminantes mediante modificaciones, en estos o en el ambiente, para incrementar la velocidad de eliminación) ⁽¹⁾. Los microorganismos pueden realizar diferentes procesos:

• **Movilizar metales:** permite la eliminación del contaminante.

• **Lixiviación de metales:** permite la solubilización de los metales des de matrices sólidas. Es consecuencia del metabolismo de bacterias autotróficas y acidófilas.

• **Inmovilización de metales:** permite la conversión *in situ* en formas insolubles y químicamente inertes. Útil para eliminar contaminantes en las aguas.

• **Biosorción:** captación microbiana de metales. Mediante la membrana celular o por compuestos producidos por las bacterias, y que pueden ser: **específicos**, si son producidos como respuestas a concentraciones elevadas de metales; **inespecíficos**, cuando son producidos por el metabolismo normal de las bacterias y que suelen ser sustancias poliméricas de sacáridos y proteínas.

• **Precipitación de metales por bacterias reductoras de sulfato (BRS):** son bacterias que pueden reducir sulfato y sulfito a sulfuro. Pueden reducir también otros metales oxidados de forma indirecta haciéndolos precipitar e inmovilizarlos. ⁽²⁾

APLICACIONES

Una de las principales aplicaciones del campo de la biorremediación es la restauración de los **drenajes de minas ácidas (DMA)**. Se originan por la oxidación de minerales sulfurosos (como la pirita) en presencia de bacterias, aire y agua. La oxidación bacteriana de minerales de sulfuro genera acidificación. Son las **BRS** (junto con bacterias reductoras de metales) las que **tienen la capacidad de revertir** las reacciones causantes del **DMA**. Del proceso de reducción de sulfato se obtienen sulfuro, y el sulfuro resultante, puede precipitar junto con metales de los DMA como son el Cd, Cu, Fe, etc. Este proceso causa un incremento del pH del agua y además atenúa la concentración de metales. ⁽³⁾

Eliminación de As:

El **As** es un metal **altamente tóxico** que es **liberado** en muchos casos como consecuencia de la **acidificación de las minas** y los **DMA**. Para su **eliminación** pueden usarse **bacterias presentes en los ambientes de los DMA**, como por ejemplo *Thiomonas sp.*, que es capaz de oxidar el arsenito (la forma más tóxica) a arsenato. Si se encuentra *Thiobacillus ferrooxidans*, se incrementará la tasa de oxidación del hierro (Fe) presente en los minerales, originando Fe férrico (Fe (III)) que favorece la oxidación de la arsenopirita (mineral de Fe, As y S). Parte del férrico reaccionará con el arsenito disuelto y precipitará como escolecita.

En la biooxidación de los compuestos de As, el As(III) se oxida a As(V) mediante la acción de *Acidithiobacillus* y por acción de *Thiomonas* el As(V) forma arseniato (AsO_4)³⁻ y el Fe (III), por mediación de *Thiomonas*, reacciona con el arseniato formando precipitados de Fe.

Así, la **eliminación biológica del As se puede dar mediante los siguientes métodos:**

• A través de la **oxidación directa** de la forma más tóxica de As, el arsenito a arsenato, usando *Thiomonas spp*

• Papel de las **BRS en la precipitación del As disuelto como sulfuro**. El sulfuro producido durante su crecimiento ayuda a la precipitación de los iones metálicos en forma de sulfuros metálicos.

• **Adsorción** del As a diferentes **minerales** por cambios en su estado de oxidación.

• **Adsorción a la pared de bacterias y compuestos poliméricos** de estas. ⁽⁴⁾

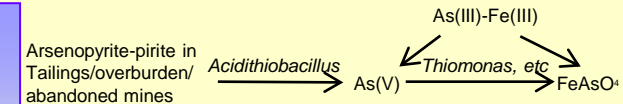


Figura 2. Diagrama de los procesos de la precipitación del As
Fuente: Natarajan K.A. 2008. *Microbial aspects of acid mine drain-age and its bioremediation*

REFERENCIAS

- 1.Madsen L. Eugene. 2008. *Environmental Microbiology: From gens to biogeochemistry*. 1ed. Blackwell Publishing. Cornwell University (p373-398)
- 2.Gadd M. Geoffrey. *Microbial interactions with metals/ radionuclides: the basis of bioremediation*. En: Keith-Roach J. Miranda and Livens R. Francis. *Interactions of microorganisms with radionuclides*. Elsevier Science Ltd. 2002. p179-195
- 3.Church D. Clinton, Wilkin T. Richard, Alpers N. Charles, Rye O. Robert and McCleskey R. Blaine. 2007. *Microbial sulfate reduction and metal attenuation in pH 4 acid mine wa-ter*. *Geochemical Transactions* 8:10
- 4.Natarajan K.A. 2008. *Microbial aspects of acid mine drain-age and its bioremediation*. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 18:1352-1360

CONCLUSIONES

•El uso de las **bacterias** presentes en el ambiente es una **herramienta útil, barata y ecológica** para el **tratamiento de ambientes contaminados** por metales.

•Se pueden eliminar los contaminantes **usando el mecanismo bacteriano más adecuado** para el tipo de contaminación.

•Es un campo en el que valdría la pena seguir investigando, ya que la **gran versatilidad metabólica de los microorganismos los hace útiles para muchas situaciones**.

Además, la relativa facilidad de **manipulación genética** de los microorganismos **podrían potenciar enormemente los métodos**, dando lugar a cepas más eficientes, resistentes a determinadas condiciones ambientales y más rápidas en su actuación.