



## EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN COD/SULFATO PARA MAXIMIZAR LA FORMACIÓN BIOLÓGICA DE SULFURO Y PRECIPITAR METALES PESADOS

Juan Antonio Velasco<sup>1</sup> y Sergio Revah<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental; <sup>2</sup> Departamento de Procesos y Tecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa. c/o UAM-I, Av. San Rafael Atlitxco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa 09340, D.F. Tel. 5613 3787; Fax: 5613 3821; e-mail: [jvelasco@ine.gob.mx](mailto:jvelasco@ine.gob.mx)

*Palabras clave: bacterias sulfato reductoras, sulfuro, plomo, etanol, oxidación parcial*

**Introducción.** El empleo de bacterias sulfato reductoras (BSR) para precipitar metales pesados (Cu, Fe, Ni, Zn, etc) ha sido estudiado (1). La remoción de estos metales depende en gran medida de la velocidad de producción de sulfuro, la cual esta en función principalmente de la carga de sulfato y materia orgánica (i.e. relación DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Las especies de BSR se clasifican en dos tipos: (I) las capaces de oxidar solo parcialmente la materia orgánica, y (II) las que oxidan totalmente la materia orgánica hasta CO<sub>2</sub> (2). Ambas especies de BSR pueden producir sulfuro, sin embargo, existe poca información acerca de la relación DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> adecuada para remover metales pesados de efluentes contaminados. El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes relaciones DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, con la finalidad de remover eficientemente plomo soluble de efluentes.

**Metodología.** Se empleo un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) de 5 L, inoculado con un consorcio de BSR que oxidan parcialmente el etanol en acetato (tipo I). El reactor se operó en continuo (TRH de 4 días), a un pH 7 y 30 °C. Las relaciones DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> evaluadas fueron: 0.667, 1.0, 1.5, 2 y 2.5. La relaciones se establecieron fijando la concentración de sulfato (1500 mg/L) y variando la concentración de etanol en el medio mineral (475, 720, 1080, 1440 y 1800 mg/L), durante 142 días. Posteriormente se estableció una relación DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> de 1.5 para evaluar la precipitación de plomo soluble (5 a 50 mg/L.d), en el sistema durante 380 días. Las concentraciones de sulfato y sulfuro se determinaron mediante un espectrofotómetro (Lambda II, Perkin Elmer), de acuerdo a los métodos de Cord Ruwisch (1985) y EPA 9038, respectivamente. Las concentraciones de etanol y acetato se determinaron por cromatografía de gases (Hewlett Packard 5890), equipado con una columna capilar y un detector de flama. La concentración de plomo soluble se determinó por absorción atómica (SpectrAA-200, Varian) de acuerdo al método EPA 7420.

**Resultados y discusión.** Durante la evaluación de las relaciones DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, se observó que la menor producción de sulfuro se obtuvo con la relación de 0.667; con una conversión de sulfato del 38.2%. Mientras que la máxima producción de sulfuro (470 mg/L), se observó en la relación de 2.5; con un consumo de sulfato del 94.1% (Tabla 1). Estos resultados indican que globalmente las especies de BSR presentes no son capaces de reducir totalmente el sulfato a sulfuro en la relación DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> estequiométrica (0.667). Por lo que estas especies de BSR (tipo I) requieren una mayor cantidad de etanol para obtener la máxima producción de sulfuro. Por otra parte, Kaksonen (3), indica

que una relación DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> de 0.667, es adecuada para producir hasta 350 mg/L de sulfuro; con una conversión del 70% de sulfato, cuando se tienen un consorcio de BSR capaces de oxidar totalmente el etanol hasta CO<sub>2</sub> (tipo II), es decir, sin observar una acumulación de acetato.

Tabla 1. Consumo de sulfato y etanol, y producción de sulfuro y acetato en función de la relación (DQO/sulfato).

Relación COD/SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Consumo (%)		Producción (mg/L)	
	sulfato	etanol	sulfuro	acetato
0.667	38.2 ± 1.3	99.8 ± 0.2	145 ± 10	504 ± 24
1.0	54.6 ± 2.1	99.6 ± 0.1	205 ± 7	732 ± 35
1.5	71.6 ± 1.6	98.4 ± 0.1	315 ± 9	1147 ± 31
2.0	86.5 ± 1.0	91.3 ± 1.0	403 ± 6	1421 ± 42
2.5	94.1 ± 1.2	83.7 ± 1.6	470 ± 7	1655 ± 65

De acuerdo con nuestros resultados (Tabla 1), se puede deducir que la conversión del etanol en acetato, se mantuvo constante (85.9% ± 2.8), independientemente de la relación DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> evaluada (Tabla 1), por lo que siempre se observó una acumulación de acetato en el sistema.

Con respecto a la eficiencia de remoción de plomo soluble, esta se mantuvo alrededor de 94% independientemente de su concentración entrada (hasta 50 mg/L.d), dado a un exceso de sulfuro. Durante el periodo de evaluación del sistema con plomo soluble, no se observó inhibición de la actividad de las BSR por este metal. De acuerdo con las concentraciones de sulfuro obtenidas (tabla 1), se puede establecer que una relación de 0.667, puede ser suficiente para remover metales de lixiviados de rellenos sanitarios con concentraciones menores de 10 ppm; mientras que relaciones mayores de 1.5, pueden ser utilizadas para remover metales de drenajes ácidos con concentraciones menores de 1000 ppm.

**Conclusiones.** La relación DQO/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> requerida para obtener la suficiente producción de sulfuro y precipitar metales pesados se debe establecer de acuerdo a la capacidad de las especies de BSR para oxidar la materia orgánica.

### Bibliografía

1. El Bayoumy, M. A; Bewtra, J. K; Biswas, N. 1999. J. Environ. Eng. 125(6) 532-539.
2. Brock: biología de los microorganismos, 8ª Edición, Prentice Hall Iberia, Madrid, 1999.
3. Kaksonen, A. H; Franzmann, P. D; Puhakka, J.A. 2003. Biodegradation. 14: 207-217