



Universidad
de Guanajuato



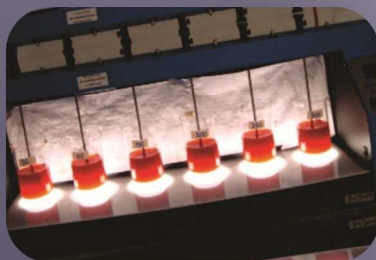
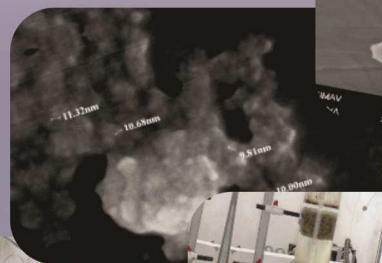
Aplicaciones en

Bioingeniería

Ambiental

SIBA, el ambiente de discusión y de intercambio de conocimiento entre expertos, profesores y estudiantes, en el área de procesos aplicados en la ingeniería Ambiental.

- Metodologías Innovadoras aplicadas a Bioprocesos
- Tratamiento de Residuos
- Tecnologías Anaerobias y Aerobias
- Energía
- Bioprocesos
- Nanotecnología
- Bioremediación
- Biotecnología
- Tratamiento de Agua



Cuerpo Académico "Gestión Ambiental"

Arodí Bernal Martínez
Germán Cuevas Rodríguez
Sergio Antonio Silva Muñoz
Elcia Margareth Souza Brito

Departamento de Ingeniería Civil
División de Ingenierías
Campus Guanajuato



“APLICACIONES EN BIOINGENIERÍA AMBIENTAL”

ISBN: 978-607-441-276-5



9 786074 412765

DR. © 2013 Universidad de Guanajuato

Memorias del Primer Simposio Internacional de Bioingeniería Ambiental,
organizado por el Cuerpo Académico de Gestión Ambiental
Guanajuato, Guanajuato, México
4 al 6 de Septiembre del 2013

“APLICACIONES EN BIOINGENIERÍA AMBIENTAL”
Primera edición 2013

D.R. © 2013, Universidad de Guanajuato
Lascuráin de Retana 5, Zona Centro
Guanajuato, Gto., C.P. 36000

Edición: Cuerpo Académico “Gestión Ambiental”
Arodí Bernal Martínez
Germán Cuevas Rodríguez
Sergio Antonio Silva Muñoz
Elcia Margareth Souza Brito

ISBN: 978-607-441-276-5

EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE CROMO HEXAVALENTE PROCEDENTE DE UN LIXIVIADO INDUSTRIAL EN SISTEMAS ANAEROBIOS DISCONTINUOS

Alba América Moreno González¹, Germán Cuevas Rodríguez², Elcia Margareth Souza Brito³, Arodí Bernal Martínez⁴

¹Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, americamorenog4343@gmail.com, ²Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, german28@ugto.mx, ³Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, ⁴Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México, arodiberna@ugto.mx

RESUMEN

El empleo de sistemas anaerobios, es una alternativa para la reducción de cromo hexavalente (Cr VI) en lixiviados procedentes de la industria química. En trabajos anteriores se utilizaron diferentes fuentes de carbono natural: agua residual (AR), suero lácteo (S) y una mezcla de (S+AR), con diferentes concentraciones de cromo desde 50 a 500mg Cr (VI)/L, se observaron que los mejores porcentajes de reducción se presentaron para (S+AR), los resultados obtenidos de este estudio permitieron generar las condiciones de operación para la utilización de reactores discontinuos. Se implementaron reactores discontinuos con dos composiciones diferentes de las fuentes de carbono antes mencionadas (30:70 y 50:50 v/v) sobre los cuales se evaluó la reducción de 250 mg Cr(VI)/L procedente del lixiviado de la industria química. La reducción del metal en ambos casos se llevó a cabo en un 100%, aunque la relación 50:50 presentó el tiempo más corto (4 días), el uso de efluentes residuales en mezcla pueden ser utilizados como fuentes de carbono para reactores biológicos anaerobios generando una alternativa viable para el tratamiento de este tipo de residuos industriales y evitar su migración al medio ambiente.

Palabras clave: Tecnología anaeróbica, cromo hexavalente, consorcio, reactor anaerobio, reducción, lixiviado.

INTRODUCCIÓN

Entre los metales pesados de gran interés ambiental se encuentra el cromo (potencial carcinógeno y mutagénico) [1], de uso común en la industria de manufactura, que posteriormente generan residuos que sin un tratamiento adecuado tienden a almacenar. En los vertimientos industriales se llevan a cabo interacciones bioquímicas y se desarrollan poblaciones microbianas que metabolizan sustancias orgánicas e inorgánicas, interviniendo drásticamente de esta manera en la disolución o precipitación de los metales, a su vez, las condiciones geoquímicas determinan la viabilidad, actividad y crecimiento microbiano [2],[3]. El Cr (VI) predomina bajo condiciones fuertemente oxidantes y el Cr(III) bajo condiciones reductoras, por lo que el empleo de sistemas anaerobios, es una alternativa para la reducción de Cr(VI) [3], numerosos estudios han revelado que existen factores que afectan la reducción microbiológica de Cr (VI), en reactores biológicos como son el pH, la temperatura, la concentración inicial de Cr(VI), el potencial oxido-reducción y la fuente de carbono [5,6,], hoy en día existen simuladores de reducción para el metal, pero estos no pueden considerar todas las variables antes mencionadas [7]; es necesario tener en cuenta que las condiciones cambian dependiendo del tipo de microorganismo y la matriz de cromo que se requiere reducir [8]. Sin embargo, se sabe que el Cr(VI) en presencia de material orgánico consigue ser reducido a Cr(III) debido a la donación de electrones [8], existen compuestos de carbono que se consideran excelentes donadores de electrones, entre ellos la lactosa, la glucosa entre otros [5,8], éstos compuestos en forma sintética son caros, pero pueden encontrarse en menor pureza en fuentes de carbono naturales que muchas veces son desechadas como efluentes residuales [9], desperdiciando su potencial composición de carbono. El objetivo de este trabajo fue encontrar la mejor proporción de

diferentes fuentes de carbono naturales en reactores anaerobios discontinuos, para evaluar la reducción de Cr(VI), en presencia de un consorcio microbiano, con la finalidad de generar las condiciones necesarias para posteriormente, implementar sistemas anaerobios de flujo continuo a escala piloto.

METODOLOGÍA

Muestreo y Caracterización de lixiviados

Los lixiviados ricos en cromo que se manejaron en este estudio fueron muestreados de una industria química del municipio de León, Guanajuato; dichos lixiviados fueron caracterizados fisicoquímicamente y se analizó el contenido de metales en un laboratorio certificado.

Pruebas de en batch con fuentes de carbono naturales

Se evaluó la reducción de Cr(VI) por el consorcio, utilizando diferentes fuentes de carbono (agua residual estéril (AR), una mezcla al 10% en volumen de suero estéril y agua residual estéril (SR) y suero de leche estéril (SE) y varias concentraciones de Cr(VI) (200, 300, 400 y 500 mg/L) procedentes del lixiviado. Las pruebas se realizaron en botellas serológicas de 100 mL con un volumen útil de 50 mL de medio y se inocularon con 5 ml de consorcio. Las condiciones bajo las cuales se trabajó fueron: temperatura ambiente ($25\pm 2^\circ\text{C}$), agitación constante a 120 rpm y completa anaerobiosis, la cual se logró empleando un agente antioxidante (diatonta 100mM). Estas pruebas se monitorearon diariamente por un período de 10 días, donde los parámetros analizados fueron la concentración de Cr(VI) y el pH.

Implementación de los reactores discontinuos

Se implementaron dos reactores con capacidad de 2L, con un volumen útil de 1 L. Cada uno de los reactores fueron alimentados con S+AR, como fuente de carbono, pero con diferente proporción de ésta (el primer reactor con la relación 30:70 y el segundo 50:50 v/v). Ambos fueron mantenidos con una agitación constante de 90 rpm, temperatura ambiente y una atmósfera anaerobia (adición del indicador resarzurina y diatonta 100mM). Los reactores fueron inoculados con 20 mL de microorganismos proliferados en un sistema de reducción de cromo (primera etapa), los cuales inicialmente fueron muestreados del lago de Parangueo. La inyección del lixiviado se realizó de forma discontinua y con 250 mg/L de Cr (VI). En la tabla 1, se muestran las condiciones a las cuales se llevaron a cabo las pruebas.

Tabla 1. Condiciones de operación de los sistemas.

| Reactor | Fuente decarbono | RelaciónS+AR | mg/L Cr (VI) |
|---------|------------------|--------------|--------------|
| 1 | S+ AR | 30:70 | 250 |
| 2 | | 50:50 | |

En los sistemas las determinaciones de Cr(VI) se realizaron diariamente de acuerdo al método colorimétrico [4] y el pH. Posteriormente, a la reducción completa de la concentración de Cr(VI), se procedió a la purga en el sistema, al recambio de fuente de carbono, y a la reinyección de 250 mg/L de Cr(VI). Esta prueba se realizó por un periodo de 40 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El lixiviado con el cual se trabajó presentaba un valor de pH de 14 y 14178 mg /L de Cr (VI). En la tabla 2, muestra los porcentajes de remoción obtenidos en las pruebas batch utilizando AR y S+AR (10:90 v/v) en un periodo de 10 días. La fuente de carbono que presentó mejores remociones fue (S+AR). Cabe señalar que los porcentajes de reducción se ven disminuidos conforme aumenta la concentración inicial del metal desde 200 a 500 mg/L. Para lograr la reducción total en las pruebas S+AR de 400 y 500mg/L de cromo (VI) se requirieron 12 y 19 días respectivamente, mientras que para las pruebas de AR no se alcanzó una reducción total del Cr(VI), esto nos indica que el AR no presenta en su composición los suficientes compuestos, que puedan emplearse como donadores de electrones [8], sin embargo cuando los efluentes se

combinan S+AR, su potencial de reducción es mayor, el cual es sumado a la actividad microbiana dentro de los sistemas batch.

Tabla 2. Porcentajes de reducción de Cr (VI) en los sistemas en batch con diferentes fuentes de carbono.

| mg Cr (VI)/L | Fuente de carbono | % reducción (tiempo) |
|--------------|-------------------|----------------------|
| 300 | AR | 12.4±1.5 (10 d) |
| 400 | AR | 25.2±0.1 (10 d) |
| 500 | AR | 32.5±0.7 (10 d) |
| 300 | S+AR | 100±0.2 (6 d) |
| 400 | S+AR | 96.6±0.1 (12 d) |
| 500 | S+AR | 55±0.7 (19 d) |

A continuación, en la figura 1 se muestran los resultados obtenidos durante la experimentación del reactor discontinuo con proporción de 30:70 y con inyección de 250 mg/L de Cr (VI). El sistema se mantuvo por un periodo de 40 días. Durante los cuales se llevaron a cabo 4 ciclos de reinyecciones. El tiempo de reducción de cromo en el sistema fue de 10±1.5 días. Este mismo comportamiento se repite, cuando se realizaron las otras tres inyecciones sucesivas. En cuanto al pH, este va incrementando, conforme a las reinyecciones de 4.86 a 7.95. En el reactor control sólo se alcanzó una remoción de 65% en cada ciclo.

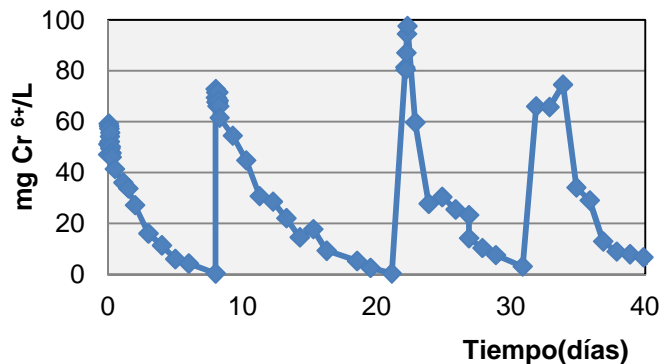


Figura 1. Reducción de cromo (VI) en el reactor discontinuo empleando como fuente de carbono S+AR (30:70 v/v) e inyecciones de 250 mg/L de Cr (VI).

En la figura 2, se presenta el comportamiento del reactor alimentado con la mezcla S+AR (50:50 v/v) con diferentes reinyecciones de Cr(VI) en el medio, cada pico corresponde a la reinyección de 250 mg Cr (VI)/L. Se puede observar que el tiempo en el cual se realiza la reducción total del Cr (VI) fue de no más de 3 días. Después de la quinta reinyección, la reducción se llevó a cabo en 3 días en comparación con las primeras reinyecciones, esta se llevo a cabo en 2 días. La mejor proporción de sustrato fue esta última, posiblemente debido a que presenta mayor cantidad de lactato, fuente de carbono que se ha demostrado, es muy útil para la reducción de Cr(VI) [5,8,9]. En cuanto al comportamiento del pH en el sistema, se observó que se mantuvo oscilando entre 4-4.5, sin tener un efecto notorio en comparación del reactor con proporción 30:70.

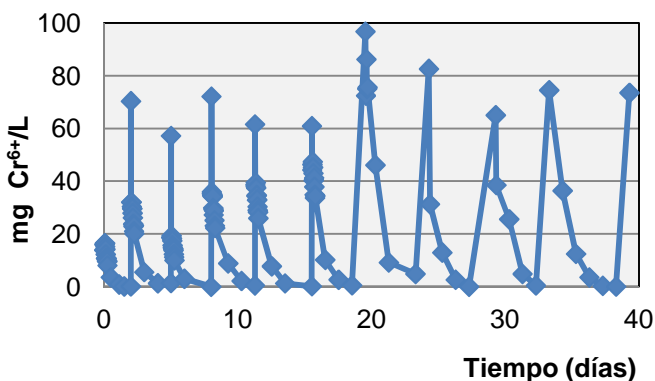


Figura 2. Comportamiento de la reducción de cromo (VI) en el reactor discontinuo empleando como fuente de carbono S+AR (50:50 v/v) e inyecciones de 250 mg/L de Cr (VI).

CONCLUSIONES

Con este estudio se concluye que existen efluentes residuales que pueden implementarse para la reducción de Cr(VI) en reactores anaerobios. Debido a que no todas las fuentes de carbono presentan un potencial elevado para la reducción (AR) y no son muy disponibles (S), se considera conveniente el uso de mezclas, ya que presentan mayor porcentaje de reducción en los sistemas batch, (S+AR para 300 mg Cr(VI)/L, reducción de 100% en 6 días, mientras AR para misma concentración en 10 días alcanzó sólo un 12.5% de reducción. La mejor composición de mezcla de fuentes de carbono naturales estudiada en reactores discontinuos de (S+AR), fue 50:50, generando un tiempo de reducción total de 3 días para 250 mg/L de cromo (VI). Mientras que la mezcla 30:70, requirió mayor tiempo (10 días). La capacidad de reducción en los sistemas no se pierde con las reinyecciones sucesivas a pesar del incremento del pH, esta se llevó a cabo en el mismo tiempo. Estos estudios generan condiciones para implementar un posterior escalamiento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Apoyo a la Investigación y posgrado de la Universidad de Guanajuato, por el financiamiento otorgado para el proyecto "Biotransformación anaerobia de Cr (VI) en reactores de lecho fijo y biomasa suspendida".

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Acosta I., Cárdenas J., Alvarado D. and Moctezuma M. (2008). Remoción de cromo (VI) en solución acuosa por biomasa celular de *Paecilomyces* sp. *Información Tecnológica*. 19 (1): 69-74.
- [2] Warren, L.A. (2005). Biofilms and metal geochemistry: the relevance of microorganism induced geochemical transformations. En: SGM symposium 65: Micro-organisms and Earth systems-advances in geomicrobiology. Editors G.M.Gadd, K.T. Semple & H.M. Lappin-Scott. Cambridge University Press. p. 11-2.
- [3] Vullo, D.L. (2003). Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. *Revista Química Viva* 2(3).
- [4] NMX-AA-044-SCFI-2001 Análisis de aguas, determinación de cromo hexavalente en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas, método de prueba.
- [5] M. Michailides, A.G. Tekerlekopoulou, C. S. Akratos, and D.V Vayenas (2012) "A kinetic study of biological cr(vi) reduction in drawfill reactors". Memoria del congreso *Protection and restoration of the environment XI. Wastewater treatment and management, thessaloniki, Greece. Julio 2012*.
- [6] Tekerlekopoulou A., G. Tsimis, E. Dermou, S. Siozios, K. Bourtzis and D.V. Vayenas (2010) 'The effect of carbon source on microbial community structure and Cr(VI) reduction rate' *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 107, pp.478-487.
- [7] Nkhalambayasi-Chirwa E.M. and Y.T. Wang (2004) 'Modeling hexavalent chromium removal in a *Bacillus* sp. fixed-film bioreactor' *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. 87, pp.874-883.
- [8] Ferro Orozco A.M., E.M. Contreras and N.E. Zaritzky (2010) 'Cr(VI) reduction capacity of activated sludge as affected by nitrogen and carbon sources, microbial acclimation and cell multiplication' *Journal of Hazardous Material*,

Vol. 176, pp.657-665]

[8] Cuevas Rodríguez G., Rodríguez Díaz F., Bernal Martínez A., Souza Brito E.M., Gutiérrez Corona J. F., Reyna López G. E. (2011). Hacia la búsqueda de una simbiosis industrial para la reducción de Cr VI presente en lixiviados de RP. Memorias VI Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad 2011. Agentes de la Innovación: hacia una economía sostenible en I+D+I. Ecología Industrial e Innovación. Agosto (2010).