



## DEGRADACIÓN DE ALTAS CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN UN BIORREACTOR DISCONTINUO CON ALIMENTACIÓN ÓPTIMAMENTE CONTROLADA

Iván Moreno<sup>1</sup>, Manuel J. Betancur<sup>2</sup>, Jaime Pérez<sup>1</sup>, Leonardo Jiménez<sup>2</sup>, Jaime A. Moreno<sup>2</sup> y Germán Buitrón<sup>1\*</sup>  
Coordinaciones de Bioprocesos Ambientales<sup>1</sup> y Automatización<sup>2</sup>, Instituto de Ingeniería, UNAM.  
Ciudad Universitaria, 04510. México D.F. \*[gbm@pumas.iingen.unam.mx](mailto:gbm@pumas.iingen.unam.mx)

*Palabras clave: control óptimo, fenoles, proceso discontinuo*

**Introducción.** Las aguas residuales industriales son difíciles de degradar por métodos biológicos debido a que contienen compuestos tóxicos que producen inhibición de los microorganismos. Este problema se acrecienta debido a incrementos repentinos del compuesto tóxico (picos de concentración) lo que ocasiona bajas eficiencias de remoción. Para evitar estos problemas Betancur *et al.* (1), desarrollaron matemáticamente una estrategia para el control del flujo de alimentación en reactores discontinuos (SBR) llamada *Event Driven Time Optimal Control* (EDTOC).

El objetivo de este trabajo es evaluar la aplicación de la estrategia EDTOC para biodegradar en un SBR aguas residuales con altas concentraciones de compuestos fenólicos.

**Metodología.** Se empleó un SBR aerobio instrumentado y acoplado a una PC, con una capacidad de 7 L. El inóculo se obtuvo de una planta de tratamiento de aguas municipales (2 gSSV/L). Se evaluaron dos tipos de aguas inhibitorias: A) agua sintética conteniendo 4-clorofenol (4CF) y B) una mezcla de aguas residuales municipales (310 ± 20 mg DQO/L) y fenol (ARF). Para los dos casos, se estudiaron concentraciones iniciales de fenoles entre 350 mg/L y 7000 mg/L. Se realizaron cinéticas de degradación de fenoles, carbono orgánico disuelto (COD) y demanda química de oxígeno (DQO). Todos los experimentos se realizaron con la biomasa aclimatada a degradar el sustrato evaluado.

**Resultados y discusión.** La estrategia EDTOC controla el flujo de alimentación de tal manera que se obtenga la máxima velocidad de degradación. Se ha observado que para los compuestos inhibitorios que siguen una ley tipo Haldane dicha velocidad se obtiene a una concentración crítica llamada  $S^*$ , arriba de la cual existe inhibición. Con la estrategia EDTOC el sustrato se mantiene cerca de  $S^*$ . Dado que es impráctico monitorear en línea la concentración de sustrato, se desarrolló una metodología para estimar ésta variable en línea por medio de un balance de masas entre el consumo de sustrato y el del oxígeno disuelto (OD) debido a la actividad microbiana. Los resultados mostraron que fue factible la implementación práctica de la estrategia. Se observaron eficiencias de degradación superiores a 99% como DQO y 100% como fenoles, incluso para 7000 mg/L de fenoles. Como comparación, cuando se utilizan métodos convencionales, la concentración máxima de fenoles que puede ser degradada sin inhibición es de 150 mg/L. La figura 1 muestra la cinética de degradación de la mezcla de agua residual y 350 mg/L de fenol (1227 mgDQO/L en la mezcla). En ella es posible observar la manera como opera la estrategia. Cuando el sustrato se alimenta el OD disminuye debido a su consumo por los microorganismos para degradar

el sustrato (fig.1, punto 1), hasta que la concentración de sustrato comienza a ser inhibitorio. Cuando esto sucede el OD aumenta (punto 2), indicando que la velocidad de degradación es cercana a la máxima. En este momento el sistema de control detiene la bomba de alimentación, pues si una mayor cantidad de sustrato es alimentada comenzaría la inhibición. Una vez que el sustrato es degradado el OD comienza a incrementarse nuevamente (punto 3) con lo cual la bomba de alimentación se enciende. Este ciclo se repite hasta que se alcanza el volumen total del reactor. Al final del ciclo el OD tiende a la saturación debido a que el sustrato fue consumido totalmente. Obsérvese que la concentración de fenol en el seno de reactor no rebasa 130 mg/L, lo que indica que la  $S^*$  es cercana a este valor, independientemente de la concentración en el influente (350 mg/L). La tabla 1 muestra tiempos de degradación y la tasa específica de degradación de sustrato ( $q$ ) para los casos evaluados.

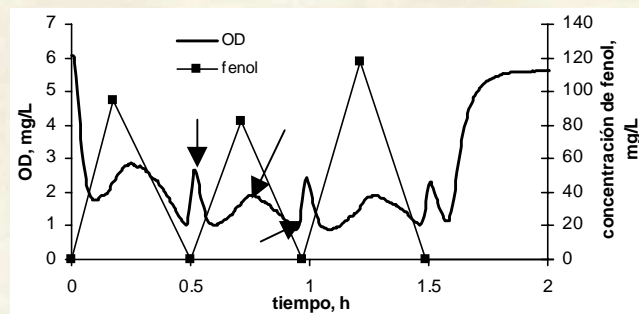


Figura 1. Degradación de ARF con 350 mg/L de fenol.

Tabla 1. Degradación de 4CF y ARF por la estrategia EDTOC

Caso	Concentración	Tiempo, h	$q$ , mgfenol/gSSV/h
ARF	350mg fenol/L	2 h	87.5
ARF	700 mg fenol/L	5 h	70.0
ARF	1500 mg fenol/L	12 h	62.5
ARF	3000 mg fenol/L	38 h	78.9
ARF	7000 mg fenol/L	48 h	72.9
4CF	350 mg 4CF/L	2 h	87.5
4CF	3000 mg 4CF/L	22 h	68.2
4CF	5000 mg 4CF/L	30 h	83.3
4CF	7000 mg 4CF/L	42 h	85.4

**Conclusiones.** Se encontró que es factible el empleo de una estrategia de EDTOC para la degradación de altas concentraciones de compuestos tóxicos. La estrategia es robusta, además de que no es necesario conocer la concentración de sustrato en el influente.

**Agradecimientos.** Proyecto financiado por el programa INCO de la Unión Europea (ICA4-CT-2002-10012).

### Referencias.

1. Betancur M.J., Moreno J., Buitrón G. (2004). Event-driven control for treating toxicants in aerobic sequencing batch bioreactors. *9th Symposium Computer Applications in Biotechnology*, 28-31/Marzo. Nancy, Francia.