



## ANÁLISIS DE UN BIORREACTOR POR LOTE CON UN CULTIVO PURO DE *Desulfovibrio alaskensis* 6SR USANDO EL MODELO DE HALDANE-LEVENSPIEL

Juan Figueroa Estrada<sup>a</sup>, Pablo López Pérez<sup>b</sup>, Vicente Peña Caballero<sup>b</sup>, Rigel Gómez Acata<sup>b</sup>, Ricardo Aguilar López<sup>b</sup>, Isabel Neria González<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> División de Química y Bioquímica, TESE, Ecatepec, Edo. de México, CP 55120.

<sup>b</sup> Departamento de Biotecnología y Bioingeniería, CINVESTAV-IPN, D.F. México. E-mail: ibineria@hotmail.com.  
Palabras clave: *Desulfovibrio alaskensis*, inhibición por producto, Haldane-Levenspiel.

**Introducción.** El estudio del comportamiento cinético de un bioproceso permite predecir el comportamiento de los tipos de biorreactores bajo diferentes condiciones de operación, en donde generalmente se utilizan modelos cinéticos no estructurados<sup>(1)</sup>. Además, de que pueden ser empleado en el diseño, optimización, monitoreo y control de procesos<sup>(2)</sup>.

El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento cinético de un sistema sulfato-reductor a diferentes concentraciones de sulfato con el modelo de Haldane-Levenspiel y evaluar las condiciones óptimas de operación.

### Metodología.

*Desulfovibrio alaskensis* 6SR se creció en medio Postgate C, incubado a 37 °C. La biomasa ( $X$ ), se cuantificó por peso seco; el sulfato ( $S$ ), en base a NOM-AA-74-1981; el sulfuro ( $P$ ), por el método de Ralf Cord-Ruwish, el exopolisacárido ( $EPS$ ) se extrajo combinando una filtración y centrifugación. Los parámetros cinéticos se estimaron usando el modelo de Haldane-Levenspiel<sup>(3,4)</sup> (Ec. 1). Los balances de materia se presentan en las ecuaciones 2-6, donde se propone un modelo para la producción del  $EPS$  (Ec.6).

$$\mu = \left[ \frac{\mu_m S}{K_S + S + S^2 K_i} \right] \left[ 1 - \frac{P}{K_p} \right]^m \quad (1) \quad \frac{dX}{dt} = \mu X - \mu_d X \quad (2)$$

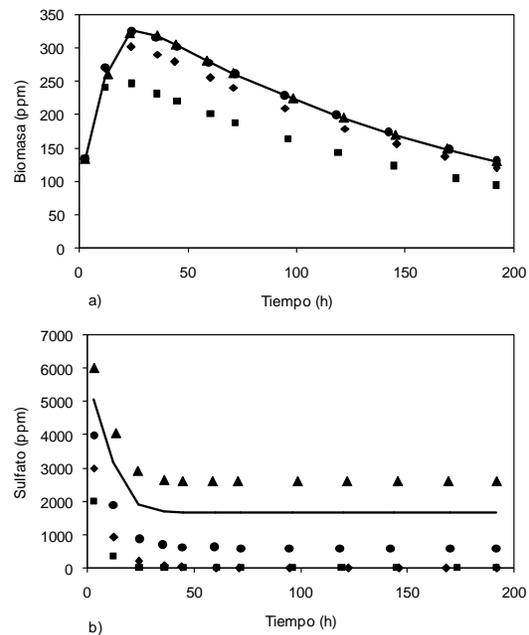
$$\frac{dS}{dt} = (-Y_{S/X}) (\mu X) \quad (3) \quad \frac{dP}{dt} = (Y_{P/X}) (\mu X) \quad (4)$$

$$\frac{dX_d}{dt} = \mu_d X \quad (5) \quad \frac{dEPS}{dt} = K_{EPS} X^{n_{EPS}} X_d \quad (6)$$

Donde:  $\mu_{max}$  es la velocidad máxima de crecimiento,  $K_S$  es la constante de afinidad por el sustrato,  $K_i$  es una constante de inhibición,  $K_p$  es la concentración producto inhibitoria,  $m$  es el orden de reacción,  $Y_{S/X}$  y  $Y_{P/X}$  son los rendimientos sustrato-biomasa y producto-biomasa respectivamente,  $X_d$  es la concentración de biomasa muerta,  $\mu_d$  es la velocidad de muerte,  $K_{EPS}$  es una constante para el  $EPS$  y  $\epsilon$  es un término exponencial del  $EPS$ . Los parámetros cinéticos se estimaron con una regresión no lineal multivariable. El modelo y los parámetros cinéticos fueron validados por simulación. Asimismo, el comportamiento dinámico del crecimiento fue analizado a diferentes concentraciones de sulfato (Fig. 1). El análisis matemático se realizó con el programa POLYMATH 6.0 Professional ®.

**Resultados.** Los valores estimados de los parámetros cinéticos son los siguientes:  $\mu_{max} = 0.39 \text{ h}^{-1}$ ,  $K_S = 2227.03 \text{ ppm}$ ,  $K_i = 9850.19 \text{ ppm}$ ,  $K_p = 554.19 \text{ ppm}$ ,  $m = 1$ ,  $K_{EPS} =$

$9.78 \times 10^{-7} \text{ ppm}$  y  $\epsilon = 2$ . El coeficiente de correlación global entre los datos experimentales y estimados fue de 0.94.



**Fig. 1.** Simulaciones a diferentes concentraciones de sustrato. a) Simulación de biomasa, b) Simulación de sulfato. Los símbolos representan las concentraciones iniciales de sulfato: (■) 2000, (♦) 3000, (●) 4000 y (▲) 6000 ppm, la línea continua corresponde a la concentración inicial de 5000 ppm.

### Conclusiones.

La cinética de crecimiento de *D. alaskensis* presenta un efecto inhibitorio ajustándose al modelo propuesto de Haldane-Levenspiel. Las simulaciones demostraron que la mejor concentración inicial de sulfato es de 4000 ppm, ya que a esta concentración se consume todo el sustrato obteniéndose prácticamente la máxima concentración celular (Fig. 1).

**Agradecimiento.** JCFE agradece a CONACyT por la beca de posgrado otorgada así como a la División de Ingeniería Química y Bioquímica del TESE.

### Bibliografía.

1. Arellano M, Herrera E, Díaz D, Moran A, Ramírez J, (2007). *Inter. J. Mathe. Comp. Sim.* vol (1): 1-6.
2. Neria M, Domínguez A, Torres J, Maya R, Aguilar R, (2009). *Chem. Biochem. Eng.* vol (2): 179-185.
3. Haldane, (1930) *Enzymes*, Longmans London.
4. Levenspiel, (1980). *Biotechnol and Bioeng.* vol (22): 1671-1687.