

### ANÁLISIS DE REGIONES DE OPERACION Y ESTABILIDAD PARA LA OPTIMIZACION DE PRODUCCION DE BIOETANOL.

P. A. López Pérez, R. Acevedo Gómez, F. A. Cuevas Ortiz y R. Aguilar López. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería CINVESTAV-IPN Av. Instituto Politécnico Nacional, No. 2508, C.P. 07360 San Pedro Zacatenco, DF. MEXICO. [pantlopez@prodiqy.net.mx](mailto:pantlopez@prodiqy.net.mx)

*Palabras clave: estabilidad, multiplicidad de puntos de equilibrio, bioetanol.*

**Introducción.** La producción de nuevas fuentes de energía como los biocombustibles, llevan al estudio de procesos eficientes, el bioetanol puede obtenerse de manera termoquímica o bioquímica (1) en cualquiera de las dos la presencia de perturbaciones internas o externas es la causa del desajuste y mal el desempeño del proceso causando serios problemas de estabilidad (2). El objetivo de este trabajo esta relacionado con el análisis de los estados de equilibrio que corresponden al funcionamiento óptimo, con regiones altas de concentración de bioetanol, determinando en cada caso condiciones de estabilidad en base al primer criterio de Lyapunov, limitando zonas de operación.

**Metodología.** El proceso esta descrito por un sistema de ecuaciones diferenciales no lineales con las siguientes variables: concentración de sustrato (S) mg/l, sustrato total (S) mg/l, células (C) mg/l, glucosa (G) mg/l, enzima (E) mg/l y bioetanol (B) mg/l, el sistema se resolvió con rutinas de MATLAB® obteniendo los puntos de equilibrio correspondientes a una concentración alta de bioetanol de los cuales se estudio la estabilidad en base al flujo (Q) m<sup>3</sup>/h y la condición inicial de sustrato.

**Resultados y discusión.** Se obtuvieron tres estados de equilibrio con una concentración de bioetanol alta, de los cuales dos son estables y uno es inestable.

Tabla 1. Estados de equilibrios de mayor concentración de bioetanol manipulando flujo de operación.

Sustrato	Puntos estacionarios [mg/l]					Flujo optimo (Q) m <sup>3</sup> /h
	Sus. Total	Enzima	Células	Glucosa	Bioetanol	
0.98	18.9	191.6	60.6	0.019	4.6	0.30
0.0231	0.21	378.6	201.7	1.35	10.5	0.30
4	0	132	167	0.192	10	0.30

Tabla 2. Análisis de valores propios de los puntos de equilibrio.

Sustrato	Valores de puntos de equilibrio					Estabilidad
	Sus. Total	Enzima	Células	Glucosa	Bioetanol	
0	-264.9	-22.9	-0.34	-0.4	-0.30	Estable
0	-133	-30.5	-0.4	-4.5	-0.50	Estable
0	528.9	-1.43	-0.34	-.4040	-0.30	Inestable

En la Fig.2 se observa que a un cambio en condiciones iniciales se obtienen diferentes puntos de equilibrio que corresponden a concentraciones diferentes de bioetanol.

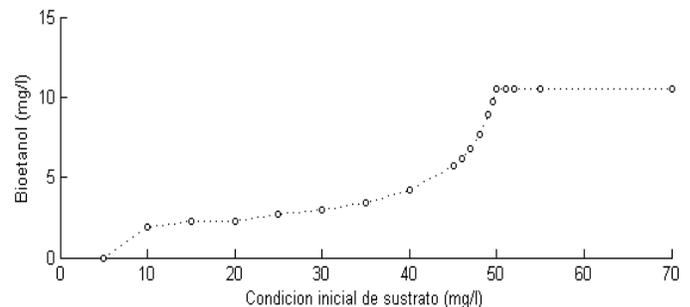


Fig. 1. Producción de bioetanol a diferentes condiciones iniciales de sustrato.

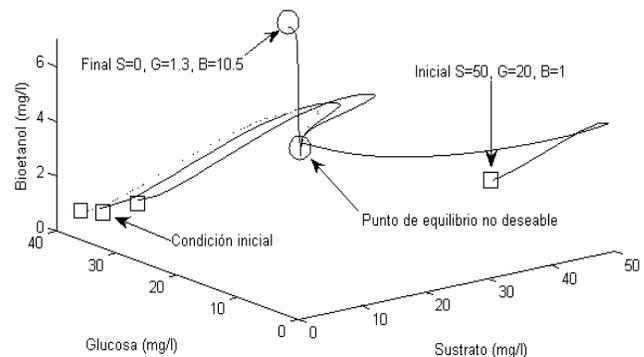


Fig. 2. Comportamiento del sistema a cambios en condiciones iniciales

**Conclusiones.** Se obtuvieron tres estados de equilibrio con una concentración de bioetanol de 4.6 mg/l, 10.5 mg/l (estables) y 10 mg/l (inestable), observando que a concentraciones iniciales de sustrato mayores a 50 mg/l la concentración de bioetanol permanece constante a un flujo de 0.30 m<sup>3</sup>/h con una relación de 0.50 g etanol/ g de glucosa.

**Agradecimiento.** Al Departamento de Biotecnología y Bioingeniería Zacatenco del CINVESTAV-IPN y al CONACYT por las becas otorgadas.

#### Bibliografía.

- Galbe M, Zacchi G (2002) A review of the production of ethanol from softwood. *Appl Microbiol Biotechnol* 59:618-628.
- Rivaldi, Juan Daniel; Sarrouh, Boutros F.; and da Silva, Silvio Silvério (2008) "An Evaluation of Different Bioreactor Configurations with Immobilized Yeast for Bioethanol Production," *International Journal of Chemical Reactor Engineering*. Vol. 6: A115.