



## PRODUCCIÓN BIOLÓGICA DE HIDRÓGENO EN PRESENCIA DE ALTAS CONCENTRACIONES DE FENOL

ANDRÉS MARTÍNEZ ARCE, GLORIA MORENO Y GERMÁN BUITRÓN  
UNIDAD ACADÉMICA JURQUILLA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA.

### INTRODUCCIÓN

Dada la inminente escasez de combustibles fósiles, resulta importante hallar una fuente alterna de energía que cumpla con las condiciones de ser limpia, eficiente y principalmente renovable, con la finalidad de satisfacer las necesidades presentes y futuras de la sociedad. El hidrógeno constituye una alternativa con la gran ventaja de poseer un alto poder calorífico ( $C_p = 120 \text{ MJ/kg}$ , el valor energético de 1kg de hidrógeno es equivalente al de 2.4 kg de metano) y como producto de su combustión solo se genera agua, eliminando así la emisión de gases de efecto invernadero generados por otros combustibles. Por ello, este gas está tomando gran importancia en el marco energético internacional. Una opción de creciente interés para la producción de hidrógeno es la vía fermentativa en donde las bacterias transforman los compuestos orgánicos (presentes en residuos orgánicos, líquidos o sólidos) en hidrógeno y ácidos grasos y algunas veces solventes.

La producción de hidrógeno se ha estudiado utilizando aguas residuales de fácil biodegradabilidad como los son las aguas de la industria azucarera y de almidones, industrias de fabricación de alcohol y en general aguas que surgen del procesamiento de alimentos como arroz, trigo, maíz, lácteos, etc (Yang et al 2007). Sin embargo, es interesante conocer la factibilidad de obtener hidrógeno a partir de aguas complejas o de carácter inhibitorio, como las de la industria química. En este estudio se empleó el fenol como modelo ya que es

un compuesto tóxico que se encuentra en muchos efluentes industriales como los provenientes de la industria farmacéutica, petroquímica y de plásticos, de la industria de procesamiento de papel y las fábricas de pesticidas (Alemzadeh et al 2002) entre otras. A nuestro conocimiento solo existe un trabajo en el que se determinó la producción de hidrógeno a partir de fenol y con una cepa pura de *Clostridium butyricum* (Tai et al 2010).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de hidrógeno a partir de fenol empleando un consorcio de microorganismos provenientes de una planta de tratamiento de aguas residuales.

### METODOLOGÍA

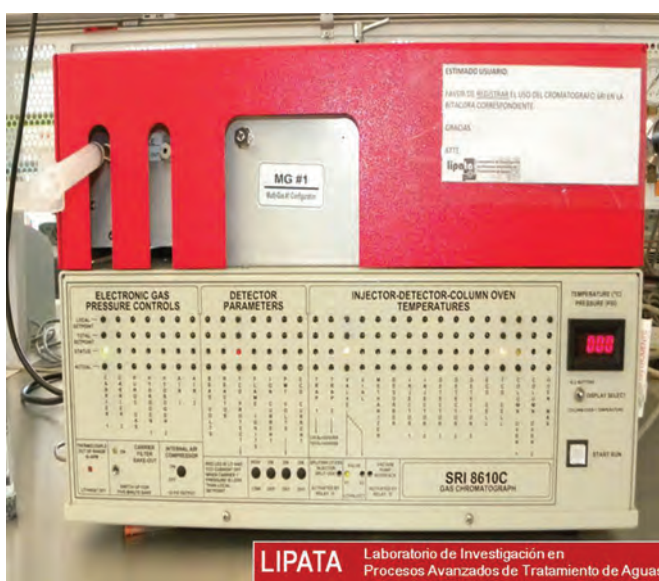
Se empleó lodo granular anaerobio procedente de una planta de tratamiento de una cervecera, al cual le fue aplicado un tratamiento térmico de  $104^\circ\text{C}$  por 24h, con la finalidad de seleccionar a las bacterias productoras de hidrógeno. Posteriormente, se pulverizó, homogeneizó y usó como inóculo ( $3.2 \text{ g/L}$ ) en un reactor de 2 L con glucosa como sustrato ( $1 \text{ g/L}$ ) y medio mineral (Mizuno et al 2000) para activar a los microorganismos y obtener un desempeño estable en cuanto a la producción de biogás.

Una vez alcanzado un comportamiento estable del reactor, se empleó licor mezclado del mismo como inóculo para llevar a



LIPATA Laboratorio de Investigación en Procesos Avanzados de Tratamiento de Aguas

Botellas.



Cromatógrafo.

LIPATA Laboratorio de Investigación en Procesos Avanzados de Tratamiento de Aguas

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que se produjo hidrógeno a pesar de las elevadas concentraciones de fenol evaluadas. Sin embargo, a medida que la concentración de fenol se incrementó, la cantidad de hidrógeno producida disminuyó, indicando inhibición. El porcentaje de hidrógeno en el gas fue de 36, 14.5 y 8.8% cuando se utilizaron 70, 100 y 200 mg fenol/L, respectivamente. En todas las pruebas el ácido acético fue el principal producto de fermentación, seguido del ácido propiónico y, finalmente en menor concentración, el ácido butírico. La concentración de etanol no fue significativa. Por otro lado, se encontró que el fenol se degradó entre 7 y 24%, para las concentraciones de 100 y 70 mg de fenol/L, respectivamente, por lo que se infiere que parte del hidrógeno proviene de la transformación de este compuesto. Finalmente, es necesario resaltar que en todos los casos la glucosa agregada fue degradada.

Los resultados demuestran la factibilidad de obtener hidrógeno a partir de aguas contaminadas con fenol empleando como inóculo un consorcio mixto pre-tratado térmicamente. Gracias a este estudio surge el interés de evaluar una estrategia de aclimatación de las bacterias productoras de hidrógeno para incrementar la degradación de fenol y la producción de hidrógeno en estudios posteriores.

Este proyecto fue realizado con fondos del CONACYT (proyecto 100298).

## BIBLIOGRAFÍA

Alemzadeh, F. Vossoughi, M. Houshmandi (2002) Phenol biodegradation by rotating biological contactor. *Biochemical Engineering Journal* (11) 19–23.

Yang P, R. Zhang, J.A McGarvey, J R. Benemann (2007) Biohydrogen production from cheese processing wastewater by anaerobic fermentation using mixed microbial communities. *International Journal of Hydrogen Energy* (32) 4761-4771.

Tai J, Sunil S. Adav, Ay Su, D. Lee (2010) Biological hydrogen production from phenol-containing wastewater using *Clostridium butyricum*, *International Journal of Hydrogen Energy* (24) 13345–13349.

Mizuno O, Dindsdale R, Hawkes FR, Hawkes DI, Noike T (2000) Enhancement of hydrogen production from glucose by nitrogen gas sparging. *Bioresource Technology* (73) 59-65. ❖



**LIPATA** Laboratorio de Investigación en  
Procesos Avanzados de Tratamiento de Aguas

Reactor.

cabo las pruebas de la influencia del fenol. La experimentación se hizo en botellas de 1L (sistema de control automático Oxitop) conservando una concentración de 2 gSSV/L. Cada botella tiene un sensor de presión en la tapa el cual lleva a cabo mediciones en línea de la presión del biogás generado en función del tiempo. El equipo cuenta con un sistema de adquisición, almacenamiento y transferencia de datos para su posterior manejo y análisis. Se evaluaron tres concentraciones de fenol (70, 100 y 200 mg/L) con glucosa como co-sustrato (700 mg/L) y un blanco (glucosa, 700 mg/L), con la finalidad de determinar la capacidad inhibitoria del fenol en la producción de hidrógeno.

Al inicio y al final de cada prueba se caracterizó la fase líquida de las botellas. Se determinó la concentración de glucosa, DQO, de fenol y AGV<sub>5</sub>s. Se determinó la composición del biogás generado a partir de un cromatógrafo de gases (Agilent Tech 6890N) provisto de un detector de conductividad térmica (TCD) y una columna capilar Agilent de 30m x 0.25 μ x 0.25 μm de fase estacionaria HP-5 MS (5% fenil metil siloxano). El gas acarreador empleado fue nitrógeno y los resultados obtenidos como unidades de área fueron interpolados con curvas patrón realizadas para cada gas analizado (hidrógeno, oxígeno, metano y dióxido de carbono).