

INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

R. Erazo Erazo, J. L. Cárdenas Ruiz y J.C. Woolcott Hurtado

Facultad de Química e Ingeniería Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

Se desarrolló un proceso de integración de los sistemas de fermentación de residuos sólidos orgánicos (RSO) en las instalaciones del relleno sanitario «La Vizcacha» del distrito de Puente Piedra-Lima. Se obtuvieron del proceso, como productos de valor agregado, 225 mL de etanol y 0,008 5 kWh de energía por cada kilogramo de residuo sólido urbano dispuesto en esta instalación.

Palabras claves: Fermentación, bioetanol, biogás, residuos sólidos

ABSTRACT

It has been developed a process of integration of fermentation systems of organical solid waste (OSW) in facilities of the «La Vizcacha» filling field, Puente Piedra District-Lima. We are obtained 225 mL ethanol and 0,008 5 kWh per kilogramm of urban solid waste.

Keywords: Fermentation, bioethanol, biogas, solid waste.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos orgánicos (RSO) tienen sus orígenes en diversas fuentes, tales como las actividades agroindustrial, forestal, agrícola, pesquera, industrial, urbano, etc.

La eliminación de estos residuos se realiza siguiendo tres alternativas fundamentales: digestión aerobia (compost), digestión anaeróbica (metano) e incineración. Al seleccionar la tecnología apropiada, deben tenerse en cuenta los aspectos económico, ambiental, jurídico, político, social, etc.

La tendencia moderna en el mundo en el tratamiento de los RSO es la metanización como fuente de energía, para lo cual la tecnología de gasificación es una solución apropiada por su elevado rendimiento y mínimo impacto ambiental frente a otros procesos.

La finalidad de este proyecto es estudiar la optimización de los sistemas de fermentación de los residuos sólidos orgánicos provenientes de la actividad urbana. Para esto, se identificarán las fracciones respectivas en los residuos sólidos urbanos que actualmente son dispuestos en los rellenos sanitarios a altos costos y sin la obtención de ningún producto de valor agregado.

SISTEMAS DE FERMENTACIÓN DE LOS RSO

Son sistemas con cultivos bacterianos libres, es decir, en suspensión. Están constituidos por biorreactores. Cuando estos biorreactores operan con agitación o burbujeo de aire, se habla de biorreactores de mezcla completa; cuando poseen una decantación externa, se

habla de fangos activados en procesos aeróbicos y de biorreactores de contacto en procesos anaerobios. Si la recirculación de la biomasa es interna, se trata de lagunas. Estos son los denominados biorreactores de primera generación.

Cuando la biomasa está concentrada en el medio, bien por fijación a un soporte, bien por un fenómeno natural de retención, es decir, la formación de gránulos por la aglomeración de fangos biológicos, se obtienen los denominados biorreactores de segunda generación dando lugar a los biorreactores de lecho de lodos activados, anaerobios de flujo ascendente (UASB), biorreactores de lecho fijo, tales como los contactores biológicos rotativos (CBR), filtro anaerobio, biorreactores de células inmovilizadas, y biorreactores de lecho fluidizado⁽¹⁾.

Biorreactor UASB

La capacidad de depuración radica en su alta capacidad de retención de fangos conformados por partículas que alcanzan tamaños medios de hasta 3 mm. Tiene algunos inconvenientes, como comportamientos hidrodinámicos del manto de fangos, que pueden originar volúmenes muertos o cortocircuitos, otro aspecto es su escasa estabilidad. Luego, son importantes los parámetros, la naturaleza y la cantidad del sustrato, la temperatura y el caudal de alimentación⁽²⁾.

Biorreactores de lecho fijo

La inmovilización de microorganismos sobre soportes inertes naturales o sintéticos permite incrementar, apreciablemente, la concentración de células y reducir el tiempo de retención hidráulico (TRH).

Los biorreactores de lecho fijo incluyen distintos tipos destacando los lechos bacterianos, los contactores biológicos rotativos aerobios y los filtros anaerobios⁽³⁾.

Biorreactores de lecho fluidizado

Los biorreactores de lecho fluidizado tienen una alta capacidad de retención de biomasa por su adhesión a los soportes; asimismo, permiten una alta recirculación incrementando el rendimiento del proceso. Son diseñados para procesos anaerobios y tienen una alta capacidad de transferencia de materia y requiere de un mínimo equipo y de operadores para mantener estos sistemas trifásicos gas-líquido-sólido. Un correcto diseño conduce a los biorreactores denominados RALF, reactores anaeróbicos de lecho fluidizado⁽⁴⁾.

Depuración con dos biorreactores y un sistema anaerobio-aerobio

Este sistema puede resultar el más eficaz para adaptación en el tratamiento de residuos orgánicos. Se trata de combinar los dos tipos de biorreactores, basado en estudios cinéticos e hidrodinámicos tanto anaerobios como aerobios⁽⁵⁾. Este sistema permite una significativa remoción de materia orgánica contaminada con un tiempo de retención hidráulica pequeño y su costo de operación también son apropiados.

METODOLOGÍA

Los residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario «La Vizcacha» del distrito de Puente Piedra fueron caracterizados conforme a la metodología apropiada⁽⁶⁾.

Para el presente trabajo se diseñó un sistema integral de fermentación consistente en un pretratamiento y esterilización de los RSO, seguido de una etapa de hidrólisis. La finalidad en esta fase del proceso es reducir el tamaño de los RSO y acondicionar, posteriormente, el sustrato mediante tratamiento térmico para la hidrólisis de la celulosa. Se optó por la hidrólisis ácida, por la facilidad técnica, así como por la disponibilidad del insumo. En el sistema de fermentación propiamente, primero, se adiciona levadura para

producir etanol en un tanque burbujeado de 5 litros de capacidad. Luego, se procede a la separación y recuperación del etanol, dejando el efluente para una segunda fase de digestión anaerobia para producir metano, tal como se observa en la figura N.º 1.

Durante todo el proceso se toman muestras a diferentes tiempos, a las cuales se les determina el grado de sacarificación, grado de etanol, así mismo se hacen mediciones de metano y dióxido de carbono producidos, aplicando los métodos de análisis estándares.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En la Tabla N.º 1 se observan los resultados del sistema de fermentación integrado de los RSO provenientes de los residuos sólidos urbanos dispuestos en el relleno sanitario «La Vizcacha» del distrito de Puente Piedra-Lima, en cuyas instalaciones se realizaron los trabajos experimentales.

Tabla N.º 1. Resultados promedios de fermentación integrado de los RSO.

Hidrólisis de celulosa a glucosa	45%
Fermentación alcohólica	4,5% v/v
Destilación alcohólica	225 mL de etanol /kg RSU
Fermentación metanogénica	0,008 5 kWh/kg RSU

La hidrólisis ácida de la celulosa de los RSO a glucosa se realizó a condiciones de presión atmosférica y siguiendo la bien conocida técnica para el efecto, obteniéndose una conversión del 45% en peso, para lo cual se utilizó una carga de 500 gramos de RSO correspondiente al 50% en peso aproximado del total de la composición de los RSU. Si bien

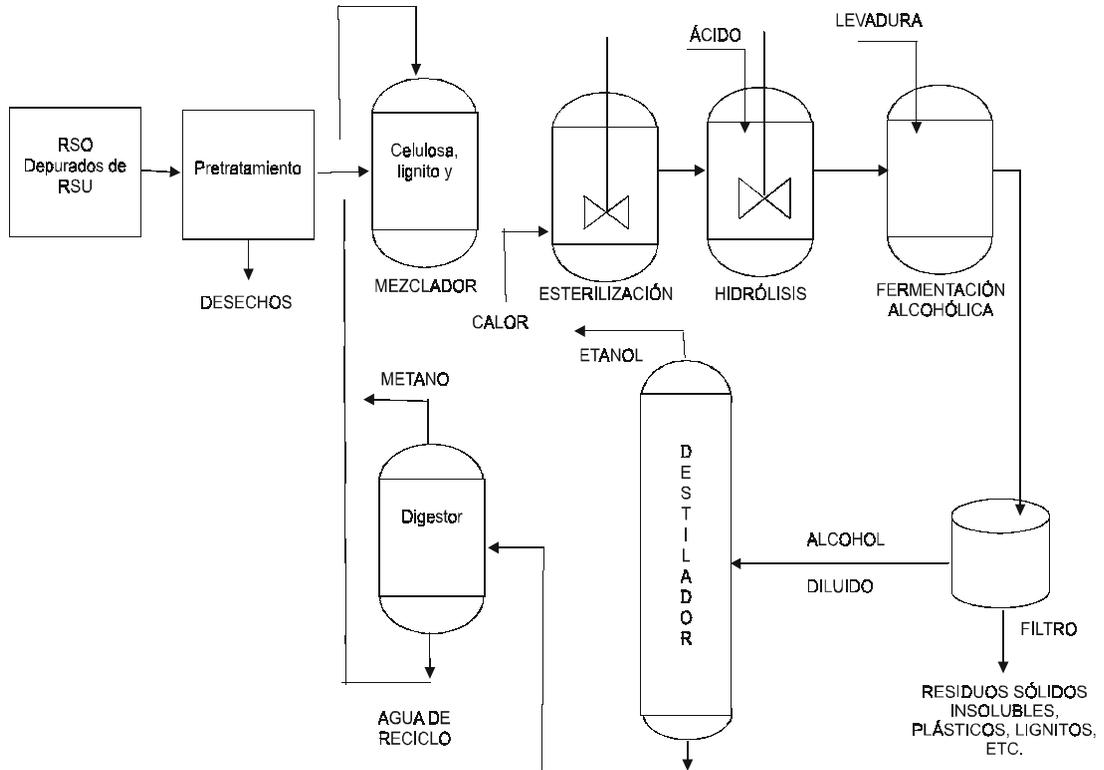


Figura N.º 1. Sistema de fermentación integrado de residuos sólidos orgánicos procedentes de residuos sólidos.

el rendimiento de conversión a glucosa es moderado, resulta un valor muy importante para la fermentación alcohólica, al cual debe seguir la fase metanogénica para inertizar el remanente de la carga orgánica biodegradable.

La fermentación alcohólica, que inicia a una concentración de 10% en peso de glucosa fermentescible y con una levadura del tipo *saccharomyces cerevisiae* a pH de 4,5 y temperatura ambiental de 25 °C, produce un 4,5% en volumen de alcohol, el cual se considera igualmente moderado por las condiciones y el tipo de levadura (no específica alcoholera), que pueden ser mejorado en la medida del uso de un inóculo apropiado. Sin embargo, este rendimiento expresado como 225 mL de etanol por kilogramo de RSU es bastante prometedor en el balance general económico (el etanol considerado como combustible).

Finalmente, la fracción de carga orgánica no transformada en etanol y que, aproximadamente, es el 55% en peso es sometida a una fermentación anaerobia con bacterias metanogénicas naturales procedentes de la planta de tratamiento de agua residual municipal de SEDAPAL ubicada en el kilómetro 39 de la Panamericana Norte, en el distrito de Ancón, Lima. Este inóculo bacteriano desarrolló una apropiada digestión del material orgánico residual no convertido a etanol, cuyo volumen de metano producido, aproximado, fue de 20 L/kg de RSO a condiciones ambientales, equivalen a 0,008 5 kWh/kg RSU. Por lo tanto, para las condiciones y ubicación geográfica de Lima, con áreas de terreno para cultivo cada vez menor, el alto costo de disposición final de los RSU en los rellenos sanitarios, la cada vez creciente demanda de combustible por el parque automotor, así como la constante demanda de energía doméstica, justifican este proceso y, por los rendimientos que se observan, se constituyen como una alternativa importante frente a uno de los grandes problemas ambientales como son los residuos sólidos urbanos (RSU).

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el proceso de fermentación integrado etanol-metano constituye la alternativa tecnológica, económica y ambiental más segura y eficiente para el tratamiento de los RSO provenientes de los RSU en la ciudad de Lima. El proceso es globalmente eficiente desde el punto de vista energético y los rendimientos de hidrólisis del 45%, así como los de fermentación alcohólica de 4,5%, pueden mejorarse procediendo por una hidrólisis enzimática y una levadura o bacteria alcoholera, respectivamente.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Superior de Investigación de la universidad Nacional Mayor de San Marcos, por el apoyo financiero al presente trabajo de investigación N.º 030702111 (2003).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Arnáiz y otros. «Eliminación biológica de contaminantes», Ingeniería Química Esp., abril, p. 159 (2002).
- [2] Elías Ana y otros. «Adaptación de lodos en reactores UASB», Rev. Ing. Quím. Española, junio (1995).
- [3] Gómez J. M. y D. Cantero. «Soporte para la inmovilización de un biocatalizador», Rev. Ing. Química Española, febrero (1999).
- [4] Hidalgo M. D. y P. A. García Encina. «Reactores biológicos de lecho fluidizado», Rev. Ing. Quím. Española, abril (2002).
- [5] Chávez H. D. C. y otros. «Depuración con dos reactores y un sistema anaerobio-aerobio», Ing. Química Esp., p. 406 (2002).
- [6] Tchobanoglous G., «Gestión integral de residuos sólidos», Edit. Mc Graw-Hill Inc., N. Y. (1997).