

OBTENCIÓN DE ETANOL UTILIZANDO DESECHOS DOMÉSTICOS

Ethanol production using household waste

Pablo Lameda, Carlos Negrelli y Carlos Hidalgo

Núcleo Costa Oriental del Lago. Universidad del Zulia
Unidad de Investigación Estudiantil de la Costa Oriental del Lago.
Cabimas, Venezuela.
lamedaxs_253@hotmail.com

Resumen

Los esfuerzos por sustituir el petróleo por combustibles alternativos están ganando la atención en el mundo amenazado por el cambio climático, la declinación económica y la inestabilidad socio-política de importantes países productores de petróleo. Estos cambios traen como consecuencia la búsqueda de alternativas energéticas más viables y con menos impacto ambiental negativo. Tal es el caso de la producción de Bioetanol a partir de cultivos agrarios como el maíz y la caña de azúcar. En este sentido, la idea de producir etanol con desechos domésticos y parte de la basura orgánica generada en las poblaciones eleva la conciencia de las comunidades hacia la clasificación, ordenamiento, almacenamiento y recolección de estos desechos. El objetivo de este estudio fue comprobar la posibilidad de obtener etanol usando desechos sólidos domésticos a través del proceso de la fermentación. La investigación es de tipo experimental y diseño transversal. A través de un proceso de demostración en condiciones controladas, se obtuvo etanol a partir de la fermentación y destilación de desechos domésticos. En el estudio realizado se encontró que 8% de los desechos domésticos son material orgánico de base celulosa, es decir, un importante reservorio de materia prima para la producción de etanol. Igualmente el rendimiento total del proceso de fermentación de desechos y destilación del producto fue de 3,33% aproximadamente. Se concluye que la obtención de etanol es viable utilizando la fermentación de materia orgánica producida en los desechos domésticos.

Palabras Claves: Desechos, fermentación, destilación, etanol.

Abstract

Efforts to replace oil with alternative fuels are gaining attention in a world threatened by climatic change, economic decline and socio-political instability in key oil producing countries. These changes bring as a consequence the search for energetic alternatives which are viable and have less negative environmental impact. This is the case of Bioethanol production from farming crops such as corn and sugar cane. In this regard, the idea of producing ethanol from household waste and part of the organic waste generated in populations, increase the awareness of communities towards the classification, management, storage and collection of these wastes. The aim of this study was to assess the possibility of producing ethanol from solid household waste through the process of fermentation. This is an experimental-type and cross-sectional design research in which ethanol was produced through fermentation and distillation of household waste under controlled conditions. In this study, it was found that 8% of household waste is cellulose-base organic material, that is, an important reservoir of raw material for ethanol production. Also, the overall performance of the process of waste fermentation and product distillation was of approximately 3.33%. It is concluded that ethanol production is viable through the fermentation of organic matter produced in household waste.

Keywords: Waste, fermentation, distillation, Ethanol.

INTRODUCCION

Las fuentes mundiales de energía tradicionales se agotan a un ritmo acelerado, de ahí que el petróleo y el carbón deberían considerarse como materias primas para procesos industriales, ya que su utilización como combustible no es apropiada ni resulta de beneficio para el medio ambiente. En América Latina y el resto del mundo, las principales fuentes de energía son los

combustibles fósiles, los cuales al no ser aprovechados de forma racional, tienden cada vez a agotarse, por lo tanto se hace imperiosa la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía.

Desde hace algunos años, ha crecido la tendencia a utilizar biocombustibles puros o mezclados con gasolina como energías alternativas (biodiesel, etanol, entre otros), de manera que se constituyen en opciones importantes para la demanda actual energética nacional. Estos biocombustibles según González et al (2008), se derivan comercialmente de cultivos de plantas, como el maíz y caña de azúcar, siendo Brasil y Estados Unidos los principales productores mundiales de estos elementos vegetales y del producto de su fermentación: el etanol.

Es conveniente analizar lo propuesto por Chaves (2008), en cuanto a las características principales que exhibía el mercado mundial del etanol hasta comienzos de la década de los 70, entre éstas: la demanda de etanol como solvente y como un producto químico intermedio quedaba cubierta con la producción a cargo de las grandes compañías petroleras; los principales países consumidores tenían una producción suficiente para satisfacer sus demandas internas; la demanda de alcohol obtenido por fermentación era limitada (cosméticos, bebidas, productos farmacéuticos) y quedaba cubierta y satisfecha con los recursos de cada país. Por último, en los países en desarrollo los objetivos de esta industria estuvieron dirigidos a incrementar el desarrollo de industrias locales y al uso integral de los recursos internos.

Otra alternativa energética, es la producción de biocombustibles a partir de madera, residuos de cultivos, desechos agroindustriales y domésticos, los cuales no compiten por suelo fértil ni agua dulce. En el caso del etanol, una de las alternativas de producción según Vázquez y Dacosta (2007), es la fermentación a partir de materias primas ricas en carbohidratos como azúcar, almidón y celulosa; así como trigo, maíz, sorgo y tubérculos como papas y yuca, en general, materias provenientes de ligno-celulosas o de residuos orgánicos; por tal razón es común designar al etanol obtenido por esta vía con el nombre de "bioetanol".

A través de investigaciones similares realizadas por Martínez (2002), se ha encontrado que a través de una concentración de xilosa de 100 g/L, se obtiene una productividad de 0,50 g/Lh en hidrolizado de bagazo de caña, 0,35 g/Lh en paja de arroz, 0,34 g/Lh en eucalipto y 0,24 g/Lh en paja de trigo, es decir, la mayor productividad es el etanol producido de bagazo de caña.

Algunos países, como por ejemplo Brasil, han diseñado e implementado programas masivos de energías renovables para la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar. Según Verdessio (2007), la idea de producir etanol con desechos domésticos y basura

orgánica generada en las poblaciones eleva la conscientización de las comunidades hacia la clasificación, ordenamiento, almacenamiento y recolección de estos desechos.

Por tales motivos, se considera importante, en primer lugar educar a los grandes centros poblados sobre el proceso de reciclaje y tratamiento de desechos sólidos, resumidos según Amandus (2011), Irazábal y De Irazábal (2005) y Tchobanoglous (1994), en los siguientes componentes:

- a) Recepción.
- b) Acondicionamiento que incluye los procesos de:
 - Trituración
 - Clasificación y cribado: Hierro, metales no féreos, gases inertes, medios pesados, plásticos mixtos, basura doméstica y plásticos mixtos (Granulometría 0 – 80 mm, humedad 15 – 35%), basura doméstica. (Granulometría 0 – 40 mm, humedad 8 – 15%)
 - Trituración posterior
- c) Dosificación, compactación, granulación
- d) Enfriamiento. (Enfriador de cinta)
- e) Cribado y
- f) Carga.

De esta manera, se logra el propósito fundamental del proceso de reciclaje y tratamiento de desechos sólidos: devolver al ciclo del consumo elementos desechados, siendo útiles para la generación de neoproductos. En este contexto, es importante resaltar la importancia del aprovechamiento conservacionista y energético, los cuales según Miller (1994), apuntan a una mayor recuperación de desechos, llegando así al máximo índice de recuperación, tal como lo demandan los estándares internacionales.

El objetivo general de esta investigación es comprobar la posibilidad de obtener etanol usando desechos sólidos domésticos en el municipio Cabimas del estado Zulia, Venezuela. Fue realizada en el período comprendido desde octubre 2008 hasta mayo de 2009. Sus objetivos específicos son: elaborar un procedimiento para el proceso de recolección, selección, preparación y fermentación de los desechos para la obtención final del etanol a través de un proceso artesanal; desarrollar un experimento de laboratorio utilizando desechos domésticos en el cual a través de la fermentación y posterior destilación se obtenga etanol; por último, evaluar el rendimiento del volumen de etanol obtenido con respecto al volumen de desecho procesado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo experimental y diseño transversal, ya que a través de un proceso de demostración en condiciones controladas se obtuvo etanol a partir de la fermentación y destilación de desechos domésticos. El total de basura generado por día en el municipio Cabimas de acuerdo a la información suministrada en el año 2010 por la alcaldía de Cabimas a través del organismo IMAUCA, es de 247.310 Kilogramos y un promedio mensual de 7.403 toneladas. Partiendo de esto se calculó la muestra que permite clasificar los desechos en sus diferentes clases. En este estudio se utilizó el muestreo probabilístico simple a través de la siguiente fórmula:

n= Tamaño de la muestra =?
 N= Población = 247.310 Kg.
 Z= nivel de confianza= 1,96
 p= variabilidad positiva= 0,50
 q= variabilidad negativa= 0,50
 e= nivel de precisión o error= 0,05

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(N \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q)}$$

Calculo queda

$$n = \frac{(1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 247.310}{(247310 \cdot (0,05)^2 + (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5)}$$

n= 383,8

Es decir, se haría el experimento a partir de 383,8 kg de desechos sólidos domésticos, de los cuales se extraería la materia prima adecuada para tales fines.

Unidades de análisis

Para la selección de las unidades de análisis, se procedió a la clasificación de los 383,8 kg de desechos domésticos calculados, mediante contenedores de basura con capacidad mínima de 400 kilogramos; el proceso se realizó por triplicado, del cual se obtiene un promedio de 32 Kg. (8,33%) de material orgánico celulósico presente en las muestras, constituyéndose estos en unidades de análisis que se procesarán en el experimento para la obtención de etanol.

Proceso de experimentación

El proceso experimental se dividió en dos fases, la primera es la **fermentación**, de la cual se obtiene

etanol mezclado con agua. La segunda fase es la **destilación**, en la cual se separa el etanol del agua por calentamiento y luego se condensa obteniendo finalmente un producto con alta pureza.

- Fase de Fermentación

Para este proceso se utilizaron los siguientes materiales: 32 Kg. de desechos domésticos agrícolas (glucosa) clasificados y seleccionados previamente, 3 frascos con tapa de 5 litros de capacidad de color marrón oscuros y boca pequeña, tapones de madera bihoradados (con agujeros para manguera), 1,5 Mts. de manguera plástica 3/8" de diámetro, un magneto de 1", un aparato de generación magnética, una balanza electrónica y un envase graduado de 500 mL.

Para la preparación de la mezcla glucosa, los desechos clasificados y seleccionados se cortaron en pequeños pedazos y se trituraron, luego fueron introducidos en uno de los frascos con agua en una proporción de 500 g. de desecho por 200 g. de agua. Se introdujo el magneto dentro de la botella, se tapó la botella con un tapón de madera y se colocó sobre la plancha de agitación para girar la mezcla.

Seguidamente, se conectó una manguera de la botella con la mezcla a una botella de recepción que contiene 100 mL. de agua destilada, así como otra manguera en la botella de la mezcla con un tapón para percibir el olor. Se conectó eléctricamente la plancha de agitación y comenzó el giro del magneto y el movimiento de la mezcla. Este proceso de fermentación se realizó (a escala de laboratorio como simulación de lo que sería el proceso a gran escala) tres veces bajo las mismas condiciones anteriores, tal como se muestra en la siguiente figura:

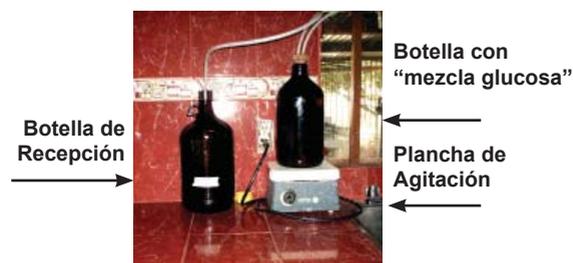


Figura 1. Fermentador utilizado en el experimento

La fase de fermentación tiene una duración de aproximadamente 9 a 13 días, tiempo en el cual se observaron las botellas con las sustancias, el comportamiento y movimiento de la "disolución glucosa" y el aumento de volumen del líquido en la botella de re-

cepción de etanol. Es de interés destacar que para el desarrollo satisfactorio de esta fase de fermentación, se contaron con unas condiciones generales, como temperatura ambiente de 35-40 °C y velocidad de giro del magneto de 80 RPM aproximadamente.

A partir del tercer día se comenzó la revisión cada cuatro horas de la mezcla glucosa a través de la manguera de chequeo quitando el tapón y verificando el olor, ya que al tener un olor característico de vinagre significa que el proceso de producción de etanol concluyó.

- Fase de Destilación

El proceso de destilación se realizó en el Laboratorio de Química de la Unidad Educativa Italo-Venezolana Juan XXIII, para lo cual se requirió de los siguientes materiales: malla de soporte, columna fraccionada,

mechero, balón de destilación, mangueras, tubos de vidrio, trípode, soporte universal, un refrigerante y un termómetro.

En la fase de destilación el procedimiento que se usó incluyó los materiales ya mencionados: colocando el balón de destilación y la columna fraccionada en soportes universales para así conectar los equipos de una manera adecuada, se colocó el mechero y la malla de soporte debajo del balón de destilación donde se agregaba la mezcla de agua con etanol y en la parte superior de dicho instrumento se colocó un termómetro con un tapón de un orificio para controlar la cantidad de llama y tener una temperatura de 78.4°C que es el punto de ebullición, a fin de obtener el producto final: etanol. El procedimiento para llevar la experimentación planteada en este estudio, se sistematiza en el gráfico 1.

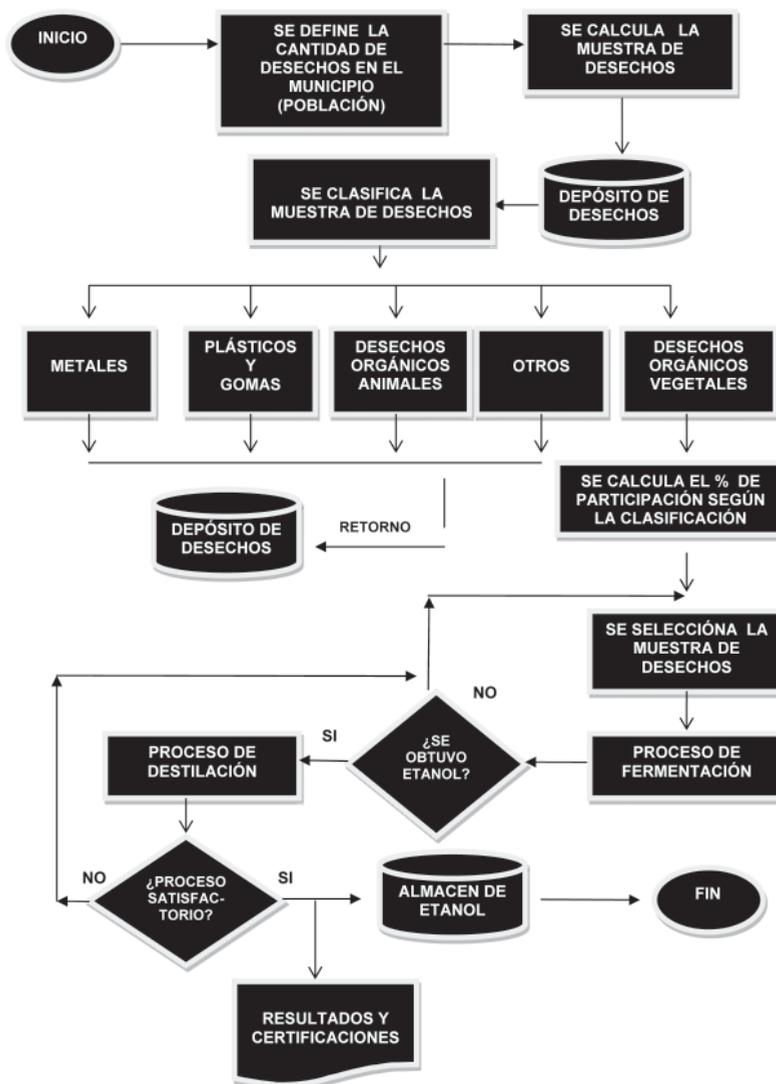


Gráfico 1. Proceso para obtener etanol a partir de desechos domésticos.

RESULTADOS

Una vez tomada la muestra se procedió a clasificarla en metales, plásticos y gomas, vidrio, material animal orgánico y vegetal orgánico, tal como se observa en el Gráfico 2.

CLASIFICACION DE LOS DESECHOS DOMESTICOS

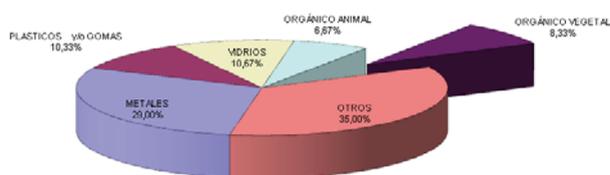


Gráfico 2. Clasificación de desechos sólidos
 Fuente: Elaboración propia (2010).

Se aprecia entonces, que 8,33% del material vegetal orgánico se utilizó para realizar el proceso de fermentación, destilación y posterior obtención del etanol.

Una vez concluido el proceso de fermentación, se midió el volumen obtenido en el frasco receptor y el volumen final de etanol usando el envase graduado, arrojando los resultados mostrados en la Tabla 1, para lo cual fue necesario desarrollar 3 experimentos.

El primer experimento consistió en realizar a escala laboratorio la fase de la fermentación, la cual tuvo una duración de trece días. El segundo experimento tuvo una duración once días, se realizó con menos tiempo que el primero debido a la pronta percepción del olor a vinagre a los once días; mientras que el tercer experimento tuvo características similares. Una vez concluido el proceso de fermentación, se midió el volumen obtenido en el frasco receptor y el volumen final de etanol usando el envase graduado.

Tabla 1. Fermentación obtenida en la experimentación

	VOLUMEN FRASCO RECEPTOR		VOLUMEN FINAL ETANOL EN (ml)	TIEMPO DÍAS
	INICIAL MI	FINAL ml		
EXPERIMENTO 1	100	153,2	53,2	13
EXPERIMENTO 2	100	150,8	50,8	11
EXPERIMENTO 3	100	151,3	51,3	11

Tabla 2. Rendimiento observado luego de la Destilación

PROCESO	MEZCLA GLUCOSA		PRODUCCION ETANOL		RENDIMIENTO %
	Gr. GLUCOSA	Gr. AGUA	VOLUMEN ml	PESO Gr. P=(vol*den)	%=peso etanol / peso glucosa
EXPERIMENTO 1	500	200	53,2	41,97	8,39%
EXPERIMENTO 2	500	200	50,8	40,04	8,00%
EXPERIMENTO 3	500	200	51,3	40,47	8,10%
TOTAL				122.48	8,16%
PROMEDIO					

NOTA: Densidad de Etanol: 0,789 gr. /cm³

Ahora bien, el procedimiento y pruebas realizadas indican que se obtuvo finalmente una cantidad de 50 ml de etanol. Se realizaron algunas pruebas de oxidación con permanganato de potasio (KMnO₄), con las cuales se pudo comprobar que el producto obtenido es etanol.

Los resultados obtenidos de este estudio mostraron un rendimiento total de 3,33% de etanol, lo cual quiere decir que a partir de la producción de desechos sólidos generados en el Municipio Cabimas, se pueden obtener 20,54 TN/mes de etanol a través de las 617 toneladas de materia prima orgánica generada al mes, tal y como se observa en el Gráfico 3.

CONCLUSIONES

El análisis de los resultados obtenidos en esta investigación, proporciona evidencias que dan respuesta a los objetivos planteados y permite llegar a las siguientes conclusiones:

La producción de etanol usando desechos domésticos es técnicamente viable; además se contribuye con el reciclaje y a mejorar el medio ambiente. En el Municipio Cabimas se generan mensualmente un promedio de 7403 toneladas de basura. De acuerdo a los resultados obtenidos el 8,33% de este total es material orgánico potencialmente utilizable en el proceso de fermentación para producir etanol, es decir, 617 toneladas aproximadamente.

El rendimiento total del proceso después de la destilación fue de 3,33%, lo que indica que en el Municipio Cabimas se pueden obtener 20,54 TN/mes de etanol a través de las 617 toneladas de materia prima orgánica que se generan al mes. La utilización de los desechos para producir etanol traerá beneficios económicos para

el municipio Cabimas y contribuirá con la mejoría del ambiente.

En consecuencia, se hace necesario la creación de políticas nacionales sobre la clasificación y disposición final de los desechos urbanos, ya que esto facilitaría la captura de materia prima orgánica y contribuiría con el reciclaje de los mismos y preservación del ambiente, así como la creación de planes para el acondicionamiento de los vertederos de basura, a fin de que la clasificación de los desechos y posterior obtención de etanol sea más productiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amandus, K. (2011). Reciclaje de residuos domésticos e industriales. Recuperado de: http://www.akahl.de/akahl/files/Prospekte/Prospekte_spanisch.
- Chaves, M. (2008). Antecedentes, situación actual y perspectivas de la agroindustria azucarera y alcoholera costarricense. En: memorias del Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José.
- González, A., Jiménez, I., Susa, M., Restrepo, S. y Gómez, J. (2008). Biocombustibles de segunda generación y Biodiesel: Una mirada a la contribución de la Universidad de los Andes. *Revista de Ingeniería*. 28, 70-82.
- Irazábal, A. y De Irazábal, C. (2005). *Química Orgánica*. Caracas: Ediciones CO-BO.
- Martínez, M., Villarreala, J., Almeida, B., Silva, A., Solenzalb, I. y Canilha, S. (2002). Uso de diferentes materias primas para la producción biotecnológica de xilitol. *Ciencia y tecnología alimentaria*. 3 (5), 295-301.
- Miller, G. (1994). *Ecología y Medio Ambiente*. México: Editorial Iberoamérica.

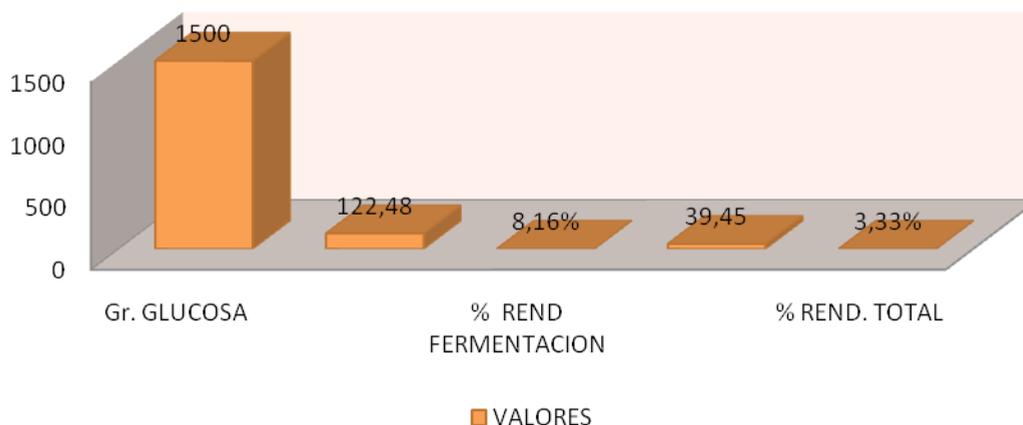


Gráfico 3. Rendimiento de fermentación y rendimiento total obtenido
Fuente: Elaboración propia (2010).

Vázquez, H. y Dacosta, O. (2007). Fermentación alcohólica: Una opción para la producción de energía renovable a partir de desechos agrícolas. *Ing. invest. y tecnol.* 8 (4), 249-259.

Verdesso J. (2007). Políticas públicas para la difusión de las nuevas energías renovables. En memorias de Colo-

quio Energía, reformas estructurales y desarrollo en América Latina. Brasil.

Tchobanoglous, G., Thiesen, H. y Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Madrid: McGraw Hill Interamericana.