PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN EL AULA DE CLASE COMO PRÁCTICA PEDAGÓGICA

María Flor Stella Monroy González

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central
Bogotá, Colombia

Germán Arturo López Martínez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

Resumen

Las energías renovables utilizadas de manera ecológica y socialmente responsable ofrecen oportunidades para el desarrollo de tecnologías locales, además de propiciar la generación de fuentes de empleo en zonas rurales y urbanas. Es importante que los estudiantes de todos los niveles de educación, y especialmente los estudiantes de ingeniería y tecnología, cuenten con un conocimiento amplio acerca de los beneficios ambientales que propicie el uso de fuentes renovables de energía; y es función de los docentes generar espacios para la innovación, replanteando permanentemente estrategias pedagógicas de tal manera que faciliten el proceso de aprendizaje.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo de dos actividades académicas, a manera de prueba piloto, con estudiantes de dos grupos de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (E.T.I.T.C.) de rollo de estas pruela ciudad de Bogotá. Actividades empleadas como estrategia pedagógica para la enseñanza de fundamentos de investigación, tomando como temas las energías renovables y la evaluación del impacto ambiental. En este caso, se tomó como núcleo temático la producción de bioetanol en el laboratorio a partir de desechos orgánicos; se realiza un análisis de sus principales etapas y se resalta la importancia de la interdisciplinariedad en el desarbas piloto.

Palabras clave*:* bioenergía; fuente de energías renovables; recursos educativos

Abstract

The renewable energy used in an ecologically and socially responsible manner, provide opportunities for the development of local technologies, as well as facilitate the generation of employment opportunities in rural and urban areas. It is important that students of all levels of education, especially students of engineering and technology have broad knowledge about the environmental benefits that would encourage the use of renewable energy and is a function of teachers to create spaces forinnovation, constantly rethinking teaching strategies so as to facilitate the learning process.

This paper presents the results obtained during the course of two academic activities, as a pilot test with students from two groups, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ET-ITC), of Bogotá city, used as a pedagogical strategy for teaching Fundamentals of research topics using as renewable energy and environmental impact assessment. In this case, it is taken as thematic core bioethanol production in the laboratory from organic waste; an analysis of the main stages is made and the importance of interdisciplinarity in the development of these pilot tests were highlighted.

Keywords*: bioenergy; renewable energy sources; educational resources*

1. Introducción

Una forma de lograr el desarrollo de tecnologías locales y de generar fuentes de empleo en zonas rurales y urbanas, es el uso y aplicación de las energías renovables de manera ecológica y socialmente responsable. Es importante que los estudiantes de todos los niveles de educación, cuenten con un conocimiento amplio acerca de los beneficios del uso de fuentes de energía renovable sobre el medio ambiente. Por otro lado, es función de los docentes generar espacios para la innovación pedagógica, replanteando estrategias didácticas de tal manera que faciliten el proceso de aprendizaje; una de estas es la enseñanza de las energías renovables mediante la experimentación y su análisis en el aula de clase o en el laboratorio.

Los autores del presente trabajo, diseñaron dos prácticas pedagógicas diferentes, a nivel de pruebas piloto, encaminadas a apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje de uno de los temas de las energías renovables, como es la producción de bioetanol a partir de la biomasa de residuos orgánicos. Tales actividades se desarrollaron en un laboratorio de química básica, y fueron aplicadas a estudiantes de primer y segundo año de programas de Tecnología e Ingeniería, para desarrollar competencias tanto en el manejo de conceptos básicos de investigación, como en el aprovechamiento de fuentes de energía renovable.

La biomasa es la materia orgánica originada en un proceso biológico utilizada como fuente de energía (Energías Alternativas. La Biomasa, 2014). Esta se puede transformar en diferentes formas energéticas, una de ellas en biocombustible; entonces, el origen de los biocombustibles es biológico y se obtiene a partir de diferentes tipos de biomasa como residuos de caña de azúcar, cereales, higuerilla, entre otros. Su producción y uso reduce el volumen total de dióxido de carbono emitido a la atmósfera.

Desde hace varios años, se viene estudiando la importancia de diferentes tipos de aprendizajes. Uno de los investigadores sobre esta temática es Lozanov, quien afirmó que: la "sugestividad" es un elemento de la personalidad independiente de la inteligencia; las sugestiones positivas aportan grandes mejoras en la personalidad del estudiante y eleva significativamente el nivel de aprendizaje (Ministerio de Educación Superior Cuba, 1996)elementos que fueron tenidos en cuenta en las prácticas pedagógicas implementadas.

2. Metodología y procedimiento

Uno de los propósitos de la asignatura de Impacto Ambiental, ofrecida a estudiantes de primer año de los programas de Tecnología e Ingeniería, es familiarizarlos con el uso de las diferentes fuentes de energías renovables existentes, mientras que la asignatura, Fundamentos de la Investigación Tecnológica, de segundo año, busca que los estudiantes adquieran competencias en el manejo de la información científica para elaborar trabajos de investigación. Estos dos objetivos se lograron conjuntamente a través de la planificación de las prácticas experimentales. En ambos casos se tomó como objeto de estudio la biomasa residual como fuente energética y específicamente la producción de bioetanol a partir de residuos domésticos, como la cáscara de naranja y de banano.

Las pruebas piloto se sustentaron en el aprendizaje significativo que retoma los preconceptos adquiridos en química, física y biología, por los estudiantes durante su formación académica: *"De acuerdo con el aprendizaje significativo, los nuevos conocimientos se incorporan en forma sustantiva en la estructura cognitiva del alumno. Esto se logra cuando el estudiante relaciona los nuevos conocimientos con los anteriormente adquiridos" (Sacristian J, 2002)*

Con el fin de determinar ¿cómo el nuevo saber se incorpora en las estructuras mentales para lograr la apropiación del conocimiento?, se emplearon mapas conceptuales para el manejo de la información con el primer grupo *(EDUTECA, 2006)*y se desarrolló una práctica de laboratorio con ayuda de una guía didáctica, cuyo propósito fue familiarizar a los estudiantes con la producción de biocombustibles, además de permitir la producción de bioetanol en el laboratorio de química de la institución. Con el segundo grupo, se variaron algunas condiciones para evidenciar la apropiación de la metodología para la producción de bioetanol, como herramienta para la investigación científica a partir de la experiencia en el laboratorio. Esta actividad fue desarrollada empleando como estrategia didáctica la "V Heurística" *(Mejía, 2009)*

Al iniciar y finalizar cada una de las prácticas, los estudiantes realizaron los respectivos mapas conceptuales o las V Heurísticas correspondientes según fuera el caso, con el propósito de evaluar el cumplimiento de los objetivos planteados en cada práctica

3. Guía didáctica

Para el desarrollo de esta sesión los estudiantes recibieron una guía didáctica, elaborada por los autores, y a partir de ella construyeron un mapa conceptual en el aula de clase.

Los propósitos de la misma fueron: familiarizar al estudiante con la producción de biocombustibles *(Dufrey, 2006)*permitir el desarrollo de la sesión práctica para obtener bioetanol en el laboratorio *(Ganduglia, 2008)* y motivar a los estudiantes a reflexionar y analizar el proceso.

La guía se dividió en cuatro secciones:

Los biocombustibles*: marco teórico y producción de bioetanol en la industria* (IICA, 2007)
Desarrollo de la práctica. Estuvo dividida en dos sesiones de clase: una para preparar las muestras (tres en total) y recibir las indicaciones a seguir y otra, a los ocho días siguientes, en el laboratorio de química, donde se procedió a realizar la destilación del bioetanol obtenido.
Conclusiones tanto de la práctica de laboratorio como de toda la práctica pedagógica. En esta sección se planteó la hetero-evaluación tanto de la guía didáctica como de las prácticas desarrolladas.
Bibliografía e infografía*.* En esta sección se suministró la información de las fuentes consultadas, además de las lecturas sugeridas como complemento a la temática desarrollada.
Para el desarrollo de la primera sesión, se estudió en el aula de clase el alcance de la herramienta metodológica V Heurística y posteriormente se aplicó en el estudio de los fundamentos teóricos de la producción de bioetanol, los cuales debían ser registrados en el marco conceptual de la herramienta.

4. Conformación de muestras

Se conformaron tres tipos de muestras diferentes: una con solo cáscaras de naranja (200g), otra con solo cáscaras de banano (200g), y otra compuesta por una mezcla de100g de cáscaras naranja y 100g de cáscaras de banano. La figura1 muestra la forma de preparación de una de las tres muestras.

Figura 1. Preparación y trituración de biomasa. Figura 2. Muestras de biomasa.

Trituración de la biomasa
Se trituraron las distintas muestras en 500 ml de agua potable, facilitando el proceso de fermentación.

Fermentación
En una botella, con capacidad de 3000 ml, se adicionaron a la mezcla licuada, 200g de azúcar morena —como catalizador—, 5g de levadura de cerveza (Saccharomyces cerevisiae) —como inoculo—, y 1000 ml de agua, para llevar la mezcla a un volumen aproximado de 2000 ml, y se tapó para obtener un ambiente anaerobio y evitar su contaminación. La levadura consumió los azúcares generando etanol; en ese proceso se produjeron gases, principalmente dióxido de carbono, los cuales debieron ser liberados frecuentemente (cada 6 u 8 horas). También fue posible emplear un globo de látex ubicado en la boca de la botella, con el cual se evidenció la producción de gases, y se pudo estimar su producción, los cuales se liberaron cada 24 o 48 horas según su producción. Este proceso, a nivel industrial, puede tardar entre 8 y 12 días, dependiendo principalmente de la temperatura ambiente. La figura 2 muestra el estado final de la preparación de las tres muestras de biomasa, listas para iniciar el proceso de fermentación.

El proceso bioquímico de fermentación lo realizaron los microorganismos agregados (levadura) de manera anaerobia, es decir sin presencia de oxígeno. Estos microorganismos transformaron los azúcares en alcohol y bióxido de carbono, como se muestra en la Ec. (1):

$$C_6 H_{12} O_6 \rightarrow 3(CH_3 CH_2 OH) + 2 CO_2 \quad (1)$$

Colado y filtrado
Una vez fermentadas las muestras, se filtraron hasta obtener un líquido claro. En la figura 3 se observa la muestra del material acuoso libre de sólidos.

Figura 3. Proceso de filtración de las muestras Figura 4. Destilación de una de las muestras

Destilación
El filtrado resultante fue una solución acuosa con alcohol. Para su separación se empleó el método de destilación simple, utilizando el punto de ebullición del alcohol (78°C). Las variables observadas en este proceso fueron: temperatura, tiempo y volumen obtenido de cada una de las tres muestras. La figura 4 muestra el montaje realizado para la destilación de las muestras.

5. Resultados

Desde el punto de vista académico, se puede afirmar que en los diferentes mapas conceptuales elaborados a lo largo de la práctica por el grupo 1, se observó como los elementos constitutivos del conocimiento, como conceptos y proposiciones, fueron representados en una estructura jerárquica. De esta manera se corroboró la apropiación del nuevo conocimiento, lo cual evidenció un alto nivel de elaboración y articulación de términos entorno a la obtención de bioetanol a partir de la biomasa, como se observa en el mapa conceptual desarrollado por uno de los grupos (figura 5).

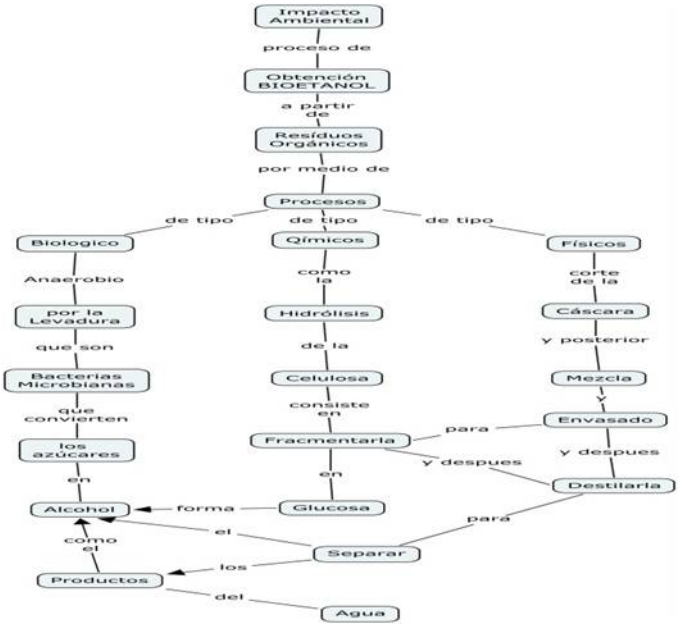

Figura 5. Mapa conceptual elaborado por uno de los grupos de estudiantes que desarrollaron la primera práctica. Producción de bioetanol en el laboratorio a partir de biomasa

En las entregas parciales de las V heurísticas, se observó cómo los estudiantes se fueron apropiando tanto del manejo de la herramienta didáctica como de la metodología para la producción de bioetanol, adquiriendo durante el proceso mayor conciencia ambiental. Permanentemente manifestaron su interés por mejorar las condiciones de trabajo tanto teórico como práctico y lograron integrar el trabajo autónomo con el colaborativo en la planificación de la investigación y la realización de los informes con mayores niveles de comprensión. En la figura 6 se aprecia una de las V Heurísticas desarrollada por uno de los grupos de estudiantes.

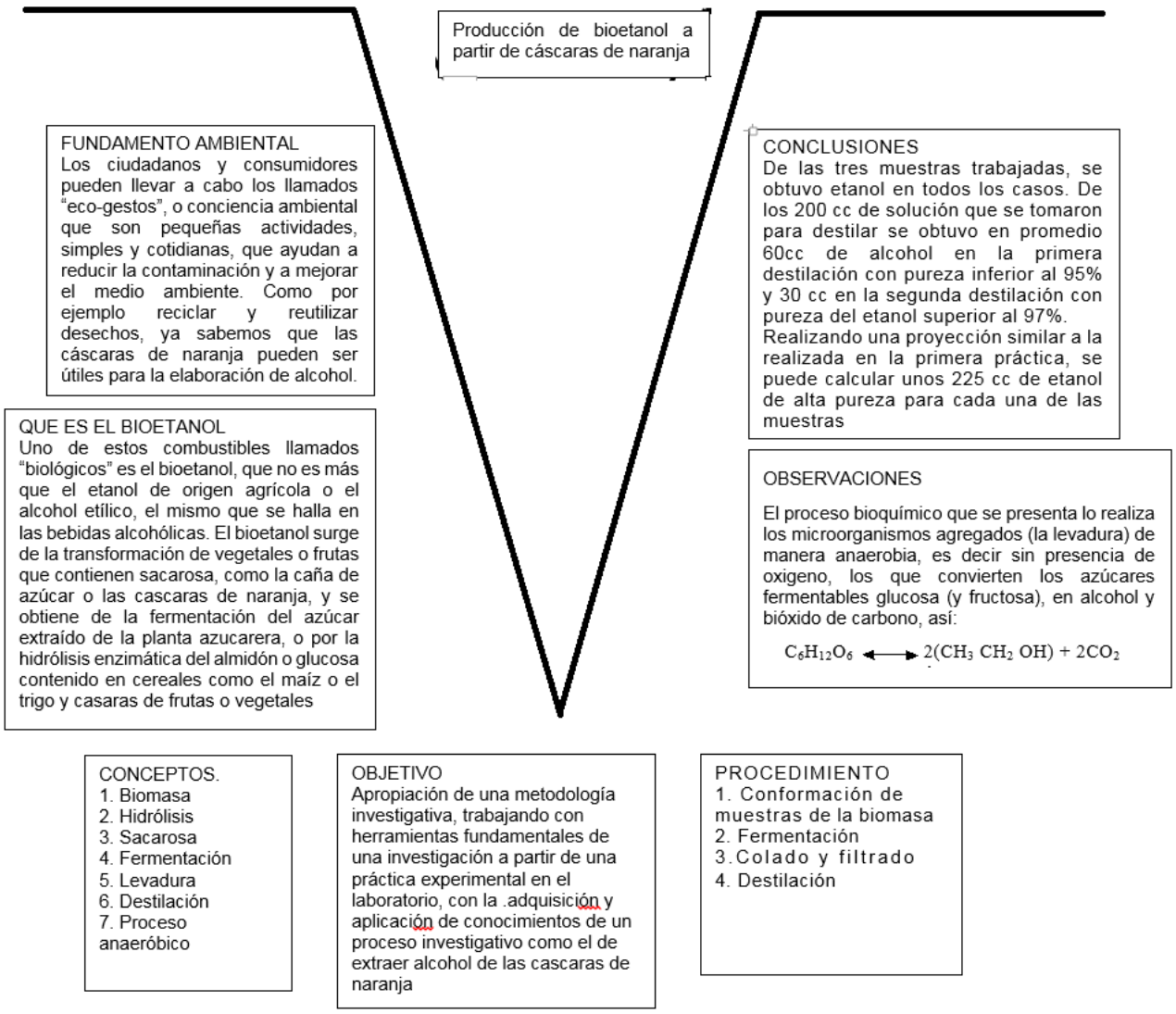

Figura 6. V Heurística elaborada por uno de los grupos de estudiantes que desarrollaron la segunda práctica. Producción de bioetanol en el laboratorio a partir de biomasa.

Desde el punto de vista tecnológico, se puede concluir que, de las tres muestras trabajadas, una sola produjo bioetanol, correspondiente a la muestra cargada con cáscaras de plátano; de ésta se obtuvo 35 ml de alcohol con pureza inferior al 95%, en la primera destilación, a partir de 200 ml de solución líquida, y en la segunda destilación se obtuvo 13 ml de alcohol de alta pureza, superior al 97%, con la que se logró mantener una llama de color azul por más de 30 segundos. A partir de 1500ml de solución líquida usada para destilar, se calcula una producción total de 97,5 ml de bioetanol de 97% o más de pureza, con el procedimiento realizado.

De las otras dos muestras, no se obtuvo bioetanol, debido, probablemente, a la inadecuada manipulación de las muestras al momento de extraer el CO_2 generado, ya que aparentemente se permitió la entrada de aire.

En el segundo grupo, de las tres muestras trabajadas, se obtuvo bioetanol en todos los casos. De los 200 ml de solución que se tomaron para destilar se obtuvo en promedio 60 ml de alcohol en la primera destilación con pureza inferior al 95% y 30 ml en la segunda destilación con pureza del etanol superior al 97%

Realizando una proyección similar a la realizada en la primera práctica, se puede calcular una producción de 225 ml de bioetanol de alta pureza para cada una de las muestras.

6. Conclusiones

Los estudiantes pudieron evidenciar mediante evaluaciones organolépticas, físicas y químicas la existencia de etanol obtenido por ellos, lo que generó un interés académico que se manifestó en el propósito de seguir investigando, manipulando otras variables como cantidad de materiales, tiempo del proceso condiciones de temperatura, para obtener mayores volúmenes de producto y evidenciar si estas mejoran la cantidad y concentración del bioetanol.

Los estudiantes usaron y relacionaron los conceptos previos de las ciencias básicas en este proceso de enseñanza aprendizaje, que era uno de los objetivos de las prácticas.

Se generaron espacios para la innovación pedagógica, además se replantearon estrategias didácticas que facilitaron el proceso de enseñanza aprendizaje en esta prueba piloto.

La participación de estudiantes en la evaluación y reformulación de la guía, enriqueció la propuesta pedagógica.

Aunque esta práctica pedagógica partió de una prueba piloto para implementar una metodología del aprendizaje, se evidenció un avance significativo en el proceso enseñanza aprendizaje, por lo tanto, se propone emplear ésta y otros tipos de prácticas similares de manera más frecuente en el desarrollo de asignaturas como Impacto Ambiental, Fundamentos de Investigación y Energías renovables, entre otras.

7. Referencias

- Dufrey, A. (2006). *Producción y comercio de biocombustibles y desarrollo sustentable.* Madrid: Grupo Mercados Sustentables pp 84-95.
- EDUTECA. (16 de 08 de 2006). *Origen de los Mapas Conceptuales. consultado el 16 de mayo de 2014*. Obtenido de www.eduteca.org/Entrevista 22 a Joseeph Novak

- Energías Alternativas. La Biomasa. (15 de 11 de 2014). *Texos cientificos.com. Consultado el 16 de marzo de 2015*. Obtenido de www.textoscientificos.com/energia/biomasa
- Ganduglia, F. (2008). *Manual de biocombustibles sección II* . San José, Costa Rica: ARPEL-IICA pp 1-17.
- IICA. (2007). *Preguntas y respuestas más frecuentes sobre los biocombustibles. Consultado el 29 de marzo de 2014.* San José, Costa Rica: IICA.
- Mejía, F. (2009). La V Heurística. Una herramienta eficaz para el aprendizaje significativo. *Letras con Ciencia Tecnológica No 7 ET-ITC*, 10 - 24.
- Ministerio de Educación Superior Cuba. (1996). *La Educación Superior Contemporánea.* La Habana: Ministerio de Educación Cuba.
- Sacristian J, P. A. (2002). *Comprender y Transformar la Enseñanza.* México DF: Reverte. capítulo VI pp 234-270.

Sobre los autores

- **María Flor Stella Monroy González,** Ingeniera Química, especialista en Docencia Universitaria, Docente. mstella@itc.edu.co
- **Germán Arturo López Martínez,** Ingeniero Mecánico, master en Ingeniería Mecánica, estudiante de Doctorado en Ingeniería con énfasis en ingeniería eléctrica y electrónica de Universidad Distrital FJC, Profesor Asociado. galopezm@udistrital.edu.co

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)