

Formación de competencias profesionales del ingeniero químico dentro de un Laboratorio Integral

Dr. Armando RamírezSerrano^{1*}, Dra. Rubí RomeroRomero² y Dra. Reyna NatividadRangel²

¹*Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de México. Paseo Colón Esq. Paseo Tollocan s/n. Toluca, Estado de México. Tel. 01722 2175109 y 2173890. Email: aramirezs75@hotmail.com*

²*Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable, UAEM-UNAM Carretera Toluca-Atlatomulco Km. 14.5 Toluca Estado de México, C.P. 50200, México. Tel. 01 722 2766610 Ext. 7721 y 7723. Email: rromeror@uaemex.mx y reynanr@gmail.com*

Abstract

An important challenge within the Chemical Engineering Programme of the Universidad Autónoma del Estado de México, is to establish new and efficient strategies for teaching and learning process in such a way that the development of the desired competences in the future engineer be guaranteed. In concordance, the Chemical Reactors Course promotes the use of different strategies in order the students to achieve the integration of both, knowledge and skills, into creative solving of Chemical Engineering problems. As strategy, various activities have been planned with a Batch reactor. The performance of experiments and the results analysis and discussion constitute a valuable tool in the concepts understanding and knowledge acquisition. This exercise of correlating theoretical and practical work has had a significant positive impact on the comprehension of chemical reaction engineering basic concepts. Thus, in this work, the aforementioned applied strategy of learning is based on the biodiesel production from sunflower oil, through a transesterification reaction and the analysis of the effect of pressure on conversion.

Keywords: teaching tools, skills, comprehensive laboratory

Resumen

Uno de los objetivos más importantes del programa educativo de Ingeniero Químico de la Universidad Autónoma del Estado de México es establecer estrategias novedosas y eficaces en el proceso enseñanza-aprendizaje, que garanticen el desarrollo de las competencias requeridas por el futuro profesionalista. En cumplimiento de este objetivo, el curso de Laboratorio de Ingeniería de Reactores promueve el desarrollo de habilidades mediante distintas estrategias didácticas que de forma explícita buscan favorecer el desarrollo de competencias, así como la

integración de conocimientos y habilidades en la solución creativa de situaciones propias del ejercicio profesional del Ingeniero Químico. En la implementación de estrategias de aprendizaje, se han desarrollado diversas actividades en un reactor por lotes (*Batch*), cuyos resultados constituyen una herramienta muy valiosa para facilitar la comprensión de conceptos. Este ejercicio de retroalimentación entre el laboratorio y la teoría ha manifestado un impacto significativo en el aprovechamiento de los estudiantes del laboratorio de reactores, quienes adquieren un conocimiento más fortalecido. En este trabajo se ejemplifica la estrategia de aprendizaje mediante la obtención de biodiesel a partir de aceite de girasol, a través de una reacción de transesterificación, obteniendo como respuesta la conversión a biodiesel.

Palabras clave: herramientas didácticas, competencias, laboratorio integral

Introducción

El Programa Educativo de Ingeniero Químico 2003 de la Universidad Autónoma del Estado de México establece un modelo educativo basado en competencias y bajo un sistema de créditos.

La estructura curricular del programa educativo se concibe con base en tres núcleos de formación:

- Núcleo básico. Comprende la formación elemental y general.
- Núcleo sustantivo. En este se completan los conocimientos que permiten el análisis y aplicación del conocimiento específico de carácter unidisciplinario, proporciona los elementos que refuerzan y le dan identidad a la profesión; y promueven en el estudiante los elementos teóricos, metodológicos, técnicos e instrumentales propios de la profesión.
- Núcleo Integral. Este proporciona una visión integradora-aplicativa de carácter interdisciplinario y transdisciplinario.

Los laboratorios integrados se conciben para la unificación del conocimiento de más de una unidad de aprendizaje en la parte experimental; buscando con esto la realización de proyectos integrados que acerquen al estudiante a la resolución de problemas de su ámbito profesional. Además, los laboratorios integrados permiten fortalecer el desarrollo de competencias. La forma como generalmente se determinan las competencias en el ámbito profesional implica

identificar con precisión las funciones que una profesión demanda. A partir de ellas se determinan las competencias por niveles de complejidad, respondiendo a preguntas tales como ¿qué debe saber y saber hacer el profesionista para cumplir con esta función? ¿Cómo debe hacerlo?.

El propósito del Laboratorio de Ingeniería de Reactores es que los estudiantes del Programa Educativo de Ingeniero Químico, mediante trabajo individual y en equipo, sean capaces de desarrollar el proceso científico al relacionar los conocimientos teóricos con los experimentos realizados en el laboratorio. El procedimiento experimental tiene como finalidad facilitar al estudiante la comprensión de las actividades a realizar en forma clara, para lograr el objetivo de la práctica de laboratorio. Entre las actividades que se llevaron a cabo fue comprender como operar un reactor por lotes y determinar la ley cinética de reacción (coeficiente de velocidad de reacción, orden de reacción y energía de activación), con una visión orientada a la calidad en el trabajo, la perseverancia y la tolerancia, así como la disposición a aprender a aprender.

Las competencias que se desarrollan en el laboratorio de ingeniería de reactores son de gran utilidad en el quehacer del ingeniero químico, ya que contribuyen a la capacidad de análisis de cualquier problema, para la cual es necesaria la síntesis de información para optimizar tanto procesos como equipos (Sánchez et al., 2009). Las competencias del ingeniero químico deben contener los conocimientos, aptitudes y actitudes necesarias para identificar la naturaleza de las reacciones, elegir las condiciones de operación apropiadas, capacidad de seleccionar el tipo de reactor adecuado y operar el reactor para optimizar su buen funcionamiento.

Son las necesidades de la práctica profesional, completamente derivadas de la experiencia, las que determinan qué es lo que se ha de incluir en un currículo basado en competencias profesionales. Es preciso que el aprendizaje se da como un proceso en el cual la “internalización de muestras de conducta es resultado de haber participado en un proceso intencionado de enseñanza – aprendizaje (Quesada, 1991). De acuerdo con Morán (1996), una persona aprende cuando se plantea dudas hipótesis, retrocede ante ciertos obstáculos, llega a conclusiones parciales, siente temor a lo desconocido, entre otras. Estas labores multifuncionales exigen la integración y aplicación de conceptos y destrezas que los estudiantes de ingeniería química desarrollan en los cursos fundamentales del programa

como: Física, Matemáticas, Química, Balances de Materia y Energía, Termodinámica, Cinética Homogénea y Heterogénea e Ingeniería de Reactores.

Hoy en día es indispensable el desarrollo bio-sustentable en todos los países, donde se requiere innovar procesos de producción más eficientes y limpios; contemplando la disminución en la emisión de contaminantes al medio ambiente (gas, líquidos y sólidos) y evitar el calentamiento global, etc. (Demirbas, 2009). En este sentido, es importante establecer como objetivos primordiales el mejoramiento y sustitución de productos derivados del petróleo, consiguiendo la autosuficiencia energética basada en material renovable con el fin de cuidar el medio ambiente, ya que la combustión de los hidrocarburos son causantes principales del calentamiento global; además, se prevé que este recurso cada día será más escaso.

Como es sabido, el 47 % de la producción del petróleo se emplea en productos para el transporte automotriz. Por esta razón y por lo establecido en el párrafo anterior nos lleva a trabajar en la investigación y desarrollo de biocombustibles, procedentes de productos de la biomasa (alcoholes); podemos mencionar los más conocidos actualmente como el bioetanol, biometanol y biodiesel.

En este caso de estudio, se enfoca a la obtención del biodiesel (ésteres metílicos de ácidos grasos) a partir de la transesterificación de ácidos grasos denominados triglicéridos, cuyo rendimiento corresponde al 20% de biodiesel. La obtención del biodiesel básica es la reacción de un triglicérido y alcohol (metanol, etanol), con o sin catalizador (NaOH, KOH), para obtener productos como la glicerina y ésteres. Por lo general se emplea metanol debido a su bajo costo(Freedman et al., 1984).

Al efectuar este trabajo se desarrollaron habilidades para la operación de un reactor por lotes, control de temperatura y presión para reacciones de transesterificación. La comprensión de conceptos como rendimientos, conversiones y volumen real del reactor. Se desarrolla la habilidad de trabajar en equipo con responsabilidad al trabajo; además de los valores como el respeto, la tolerancia, y la paciencia. Por otro lado, se desarrolla al estudiante la capacidad de analizar, sintetizar y discriminar la información necesaria para la solución de problemas relacionados en la operación de reactores homogéneos.

Metodología

El trabajo consistió en instrumentar, ajustar y controlar las condiciones de operación en un reactor por lotes en el laboratorio de ingeniería de reactores de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México. El reactor empleado para la experimentación se presenta en la Figura 1. El reactor se encuentra equipado con instrumentación para controlar la temperatura, presión y la velocidad de agitación. Para la operación del reactor se propuso la reacción de transesterificación empleando el aceite de girasol y metanol, utilizando como catalizador el hidróxido de sodio. Las pruebas consistieron en evaluar la conversión de la reacción a la temperatura de 60°C y determinar las características principales del biodiesel. Por otro lado, se evaluó y determinó el tiempo para alcanzar la temperatura de reacción conforme a la configuración de la rampa de calentamiento.



Figura 1. Reactor por lotes experimental.

El trabajo en el laboratorio generalmente está constituido de pequeños grupos de estudiantes, con el objetivo de lograr un buen comportamiento para el desarrollo de las prácticas y/o investigación; además, de lograr que el grupo alcance un buen nivel de productividad. Esto se refleja en el éxito o el fracaso del grupo y no dependerán de factores externos sino del grupo en cuestión. Sin embargo, no basta con obtener información y tener conocimientos acerca de las cosas, hechos y conceptos de una determinada áreas científica o cotidiana, es preciso además comprenderlos y establecer relaciones significativas con otros conceptos, a través de un proceso de interpretación y tomando en cuenta los conocimientos previos que se poseen.

Para el desarrollo de habilidades, es necesario considerar que se debe contemplar que las actividades ocurren en forma secuencial y sistemática; además, de mantener un objetivo claro, adquirir conocimientos, los cuales se desarrollan con las actividades. El estudiante es el actor principal en la realización de los procedimientos que demandan los contenidos, es decir, desarrollar su capacidad para “saber hacer”. En otras palabras contemplan el conocimiento de cómo ejecutar acciones interiorizadas. Estos contenidos abarcan habilidades intelectuales, motrices, destrezas, estrategias y procesos que impliquen una secuencia de acciones. Los procedimientos aparecen en forma secuencial y sistemática. Requieren de reiteración de acciones que llevan a los estudiantes a dominar la técnica o habilidad. La habilidad es el dominio de las operaciones, es saber hacer; es operar con el conocimiento. Previo a la operación del reactor, a cada equipo de trabajo se le informa acerca de la instrumentación, calibración y de los accesorios que regulan la operación del reactor, tales como: temperatura, presión, sistemas de enfriamiento y agitación entre otras.

Con el objetivo de enriquecer los conocimientos sobre una reacción específica, cada equipo elige una variación de alguna de las variables de operación y/o concentraciones de reactivos o catalizador(es), para efectuar varios experimentos. Agrupando los resultados experimentales obtenidos, dentro del aula se exponen para retroalimentar los conceptos básicos de ingeniería química; por otro lado, se podrán realizar simulaciones para el modelamiento de las reacciones y tipo de reactores empleados.

Las condiciones de operación en la reacción de transesterificación del aceite de girasol se establecieron de acuerdo a la experiencia en investigaciones realizadas (Peña et al., 2009, Martínez et al., 2011), la velocidad de agitación fue de 600 rpm; Presión atmosférica (525 mmHg), la relación molar de metanol: aceite de 6:1 y la temperatura de reacción de 60 °C. El tiempo de reacción fue de 60 minutos. Por otro lado, se probaron tres diferentes tipos de catalizadores: NaO, KOH y CH₃ONa. Una vez terminada la reacción, se procede a la decantación para separar el producto deseado, y posteriormente se inició la purificación del biodiesel.

Resultados

En la Figura 2 se muestra una comparación de porcentaje de ésteres metílicos (biodiesel) obtenidos en la reacción de transesterificación por medio de catalizadores homogéneos básicos.

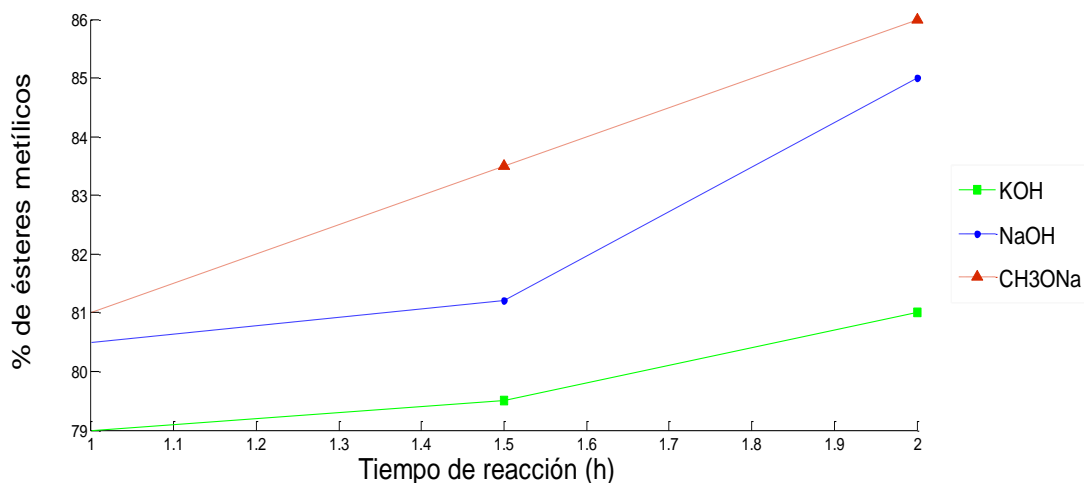


Figura 2. Comparación de porcentaje de ésteres metílicos con diferentes catalizadores.

Como se puede observar en la Figura 2, la actividad de los iones de metóxido son más eficientes que los hidróxidos, lo cual indica que los alcóxidos de metales alcalinos son más efectivos que los hidróxidos; sin embargo, por razones económicas el hidróxido de sodio es el más usado (Freedman et al., 1984). Las características del producto final, y se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades del Biodiesel

% de Esteres metílicos	Viscosidad a 40°C (mm ² /s)	Índice de Acidez (mgKOH/g)	Contenido de agua (mg/Kg)	Índice de Yodo (g/100g)
95.5	14.94	0.51	115	92

Como puede observarse, los resultados obtenidos se encuentran dentro de las especificaciones reportadas en la literatura. Sin embargo, algunos de los problemas presentados en el proceso es la formación de jabones, situación normal cuando se emplean catalizadores homogéneos.

De acuerdo a las experiencias adquiridas en el laboratorio de ingeniería química, los estudiantes lograron desarrollar habilidades para el control de temperatura, presión y velocidad de agitación durante esta reacción en particular; sin embargo, podrán controlar cualquier operación del reactor para diferentes reacciones en fase líquida. De forma relevante, la retroalimentación de las experiencias de la operación del reactor incrementó el interés y la participación de los estudiantes en las sesiones de discusión de resultados en el aula; así mismo, se vio reflejado en las sesiones teóricas.

Los aspectos a considerar para conformar las actividades de prácticas sobre la utilización del reactor por lotes, dio la pauta para la elaboración de un material apropiado para el desarrollo de las habilidades en los laboratorios. Lo anterior permite a los estudiantes enfrentar los procesos productivos con un sentido de responsabilidad, seguridad y con deseos de adquirir más conocimientos relacionados con la ingeniería química. De esta manera resulta una vía didáctica adecuada para contribuir a la formación y desarrollo de valores, ya que concibe la integración de lo académico y lo laboral.

La evaluación del aprendizaje además de implicar tres momentos diferentes, tiene la connotación de ser formativa, con ello queremos decir, que la evaluación puede ayudar a formar al estudiante siempre y cuando se le deje ver por qué se equivoca y cómo puede mejorar, luego entonces motiva y se vuelve algo que da pauta para seguir aprendiendo y desarrollando capacidades. En un proceso que está interesado en mejorar la educación y elevar la calidad de la misma es menester realizar una evaluación integral.

Por lo anterior en las evaluaciones del curso se ha demostrado que las herramientas didácticas implementadas contribuyen a mejorar el aprendizaje, al acoplar la discusión de clase con el análisis de resultados derivados de actividades realizadas por los propios estudiantes. Se considera que el efecto sinérgico de ambas actividades se puede potenciar si el mismo instructor imparte el curso y coordina las actividades que se ejecutan en el laboratorio. Igualmente relevante fue el impacto favorable que los propios estudiantes identificaron y documentaron respecto al uso e integración de conceptos, así como en el reforzamiento y/o desarrollo de habilidades y actitudes que son básicas en la formación de los estudiantes de este programa. Esta situación no solo redundó en un mejor aprovechamiento de los estudiantes, impactando favorablemente su habilitación disciplinar, sino también en los índices que reflejan el estatus académico del programa.

Finalmente, se sugiere que estas estrategias de enseñanza-aprendizaje, basados en el método de solución de problemas, como un medio para favorecer la integración y aplicación de conocimientos y habilidades, en la solución creativa de situaciones propias del ejercicio profesional del ingeniero químico, se deben extender progresivamente a los demás cursos del programa para potenciar su impacto.

Conclusiones

El proceso utilizado para la obtención de biodiesel fue elegido por su facilidad y tiempos cortos de proceso. Esto se logro determinando las condiciones de operación y variables de control para llevar a cabo la experimentación en un reactor por lotes.

Es importante apreciar la estrecha relación existente entre las diferentes habilidades a desarrollar en los cursos prácticos y teóricos, así como la aplicación de valores como responsabilidad, la honestidad, la paciencia y respeto ante profesores y compañeros estudiantes. Para el desarrollo de la habilidad, es necesario plantear el objetivo en términos de la acción concreta a ejecutar por el sujeto y someter esta ejecución de la acción al proceso de sistematización necesario para que el aspecto ejecutor de dicha acción alcance el dominio característico de la habilidad.

Existen dos etapas en la adquisición de una habilidad, la etapa de formación de la habilidad y la de su desarrollo. La etapa formación de la habilidad, comprende la adquisición consciente de los modos de actuar, cuando bajo la dirección del profesor, el estudiante recibe la orientación adecuada sobre la forma de proceder. Esta etapa es fundamental para garantizar la correcta formación de la habilidad.

Así se puede concluir que la evaluación formativa no se limita a “reportar logros”, sino que al hacer partícipe al estudiante mediante la participación activa haciéndose responsable de la adquisición del conocimiento y el desarrollo de competencias.

Bibliografía

Demirbas, A. (2009). “Progress and recent trends in biodiesel fuels”.*Energy Conversion and Management*. Vol. 50, Issue 1, January 2009, pp. 14-34.

Freedman, B; Pryde, E.H.; Mounts, T.L. (1984) “Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils”.*Journal of the American Oil Chemists´ Society*, Vol. 61, No. 10,. (October 1984) pp. 1638-1643.

Martínez, S.L., Romero, R., López J.C., Romero,A., Sánchez, V. & Natividad, R. (2011). “Preparation and Characterization of CaO Nanoparticles/NaX Zeolite Caralysts for the

Transesterification of Sunflower Oil”*Industrial and Engineering Chemistry Research*, Vol. 50, No. 5, (March 2011), pp. 2665-2670.

Morán, O. (1996). Universidad Abierta, Sistema (1996). Diplomado en Educación a Distancia Módulo III. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Peña, R.; Romero, R.; Martínez S.L.; Ramos, M.J.; Martínez, A.; Natividad, R. (2009) “Transesterification of Castor Oil: Effect of Catalyst and Co-Solvent”. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. Vol. 48, No. 3. February 2009, pp.1186–1189

Quesada R. (1991). Guía para evaluar el aprendizaje teórico y práctico. Ed Limusa. México.

SánchezCastillón M. A., Castillo Huerta L., Marmolejo Cervantes S., Montalvo Badillo J. C., Carrillo Pedroza, F. R. (2009). “Herramientas didácticas en diseño de reactores: análisis de la operación de reactores ideales tipo tanque y tubulares”. *XXX Encuentro Nacional AMIDIQ 2009*, Mazatlán, Sinaloa, México. 19 al 22 de Mayo de 2009.