



**Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness**

*Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global*

# **PLANTA PILOTO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL COMO INSTRUMENTO PARA EL FORTALECIMIENTO DE COMPETENCIAS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DE PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**Indira Sotelo, Ruth Yolanda Ruiz, Leonardo Moreno**

**Universidad de La Sabana  
Chía, Colombia**

## **Resumen**

El programa de Ingeniería de Producción Agroindustrial de la Universidad de La Sabana, considera la formación de sus estudiantes, soportada en las competencias diseño de procesos, diseño de productos y gestión de la producción. Para lograr éstas competencias los estudiantes desarrollan habilidades de aprendizaje autónomo y destrezas para utilizar técnicas y herramientas modernas de la Ingeniería, teniendo en cuenta restricciones realistas económicas, ambientales, sociales, políticas, éticas, de salud y seguridad. Por esta razón, el programa académico desarrolló metodologías de enseñanza aprendizaje, basadas en el conocimiento operación y gestión de plantas piloto. En el año 2011 el programa adquirió una planta piloto para la producción de biodiesel, en la cual se han planteado actividades curriculares y extracurriculares con estudiantes de diferentes semestres de la carrera, definiendo estrategias pedagógicas para las asignaturas: Hidráulica, Operaciones Unitarias II, y Tecnologías de Procesamiento. Como actividades extracurriculares se ha incentivado la participación en semilleros de investigación y la metodología de enseñanza aprendizaje considerando los siguientes aspectos: 1. Identificación de conceptos en la producción de biodiesel; 2. Planteamiento de problemas; 3. Definición de líderes. A través de estas actividades se ha evidenciado el desarrollo de competencias propias del diseño de procesos y la gestión de la producción, no sólo frente al currículo, sino frente a actividades de orientación profesional. Se ha evidenciado la utilización de herramientas propias de la ingeniería en un contexto, donde se identifican las restricciones propias de los entornos y se enfrentan a la toma decisiones en busca de resolución de problemas y de cumplimiento de metas. Los estudiantes evidencian las competencias en definición de parámetros de operación para diferentes tipos de aceites (dependiendo de su origen pueden ser no tratados o procedentes de cocción o fritura); determinan aspectos logísticos para la operación. Entienden la importancia estratégica de: las variables operativas, costos, aspectos ambientales y de viabilidad sobre la responsabilidad por el proceso que implementan. Han desarrollado además competencias de trabajo en equipo, liderazgo, persistencia y cumplimiento de metas. Se ha considerado como innovación en la formación de ingenieros con estos resultados: dos trabajos como opción de grado; participación de estudiantes de V, VI, VII, VIII y IX

semestres; capacitación continua, en donde estudiantes de semestres avanzados son tutores de estudiantes de semestres inferiores y talleres para estudiantes de colegio con intereses de formarse como ingeniero.

**Palabras clave:** competencias; biodiesel; ingeniería

### ***Abstract***

*The Agroindustrial Process Engineering from the Universidad de La Sabana, believes the formation of students, supported by process design skills, product design and production management. To achieve these competencies students develop independent learning skills and techniques and skills to use modern engineering tools, considering realistic restrictions on economic, environmental, social, political, ethical, health and safety. This academic program of teaching and learning methodologies developed, based on knowledge management operation and pilot plants. In 2011 the program bought a pilot plant for biodiesel production, where have did both curriculum activities as extracurriculum activities with students from different semesters, defining pedagogical strategies for courses: Hydraulics, Unit Operations II, and Technologies Processing. As extracurricular activities has encouraged participation in seed research and learning methodology considering the following aspects: 1. Identify concepts in biodiesel, production. 2. Approach problems 3. Defining leaders. Through these activities has demonstrated competences development process design and management of production, against not only curriculum, but in front of vocational guidance. It has been shown to use tools of engineering in a context, which identifies the restrictions of environments and face in search decision making problem solving and goal achievement. Students demonstrate competence in defining operating parameters for different types of oils (depending on origin may be untreated or from cooking or frying); determine logistics for the operation. Understand strategic importance of: the operating variables, costs, environmental and feasibility of the responsibility for implementing the process. Have also developed skills of teamwork, leadership, persistence and achievement of goals. It has been considered as an innovation in engineering education with these results: two studies as degree option, students participate V, VI, VII, VIII and IX semesters continuing training, where students in advanced semesters are guardians of inferior semesters and workshops for high school students with interest to study engineering.*

**Keywords:** skills; biodiesel; engineering

## **1. Introducción**

De acuerdo con K. Becker., 2010, las competencias globales para el futuro ingeniero deberán ser las siguientes: habilidades técnicas, buenos conocimientos, aprendizaje continuo a lo largo de la vida, adaptación a las diferentes culturas, con espíritu emprendedor e innovador con un entendimiento de los mercados globales y con un conocimiento claro en cómo traducir las innovaciones tecnológicas en productos y servicios comercialmente viables; además deberá ser un profesional ágil, flexible y móvil. Es así, que el estudio por competencias para la formación de ingenieros se ha venido fortaleciendo en los últimos años con los modelos de formación que las agencias de acreditación internacionales se han propuesto desarrollar. En este contexto los ambientes simulados de trabajo, como estrategia de aprendizaje, en este caso el empleo de una planta piloto diseñada para operar en volúmenes pequeños (menores de 30 litros), permite que los estudiantes puedan desarrollar esas habilidades integrales para un entorno globalizado.

Teniendo en cuenta que más del 80% del consumo de energía del mundo depende de las fuentes tradicionales de energía como carbón, petróleo y gas natural, es un reto la utilización de fuentes de energía con recursos renovables, que además de conservar el medio ambiente, sean económicos y de calidad para la utilización en diferentes motores.

## 2. Marco conceptual

El biodiesel es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante un procesos de transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo (Tianwei T *et al.*, 2010). Es un monoalquil ésteres de ácidos grasos de cadena larga derivados de materias primas procedentes de recursos renovables como aceites vegetales ó grasas animales. El biodiesel tiene un relativo alto punto de inflamación (150° C), que lo hace menos volátil, seguro para transportar y manipular comparado con el diesel de petróleo. Sus propiedades lubricantes pueden reducir la fricción de los motores y por lo tanto ayudar a extender la vida útil de estos.

En Colombia se ha definido un marco jurídico a través del cual se estimula la producción y comercialización de biodiesel<sup>1</sup>, se dan a conocer los requisitos técnicos y ambientales del biocombustible y se muestra la conveniencia de sus mezclas con diesel de origen fósil. El principal problema para la producción de biodiesel es la disponibilidad y el precio de las materias primas, por lo tanto es importante analizar diferentes tipos de materias primas, para así reducir el costo de producción y para obtener un producto que pueda ser competente. Una forma de poder reducir el costo de las materias primas es el uso de aceites de cocina reutilizados, ya que tienen un fuerte potencial para su uso como biocombustibles. Además, los aceites residuales son altamente responsables de la contaminación del agua ya que los aceites comestibles de materias primas como girasol, soya, oliva, maíz y palma generan un film sobre la superficie del agua que es difícil de remover, afectando la capacidad de intercambio de oxígeno y alterando el ecosistema.

Las ventajas de usar biodiesel como una alternativa de fuente de energía son:

- Decrece las poluciones en las emisiones al aire
- No incrementa el contenido de CO2 en el aire
- La utilización de residuos puede ser fuente eficiente en la producción de biomasa
- Es biodegradable, no tóxico esencialmente por estar libre de compuestos sulfurados y aromáticos

En Japón la cantidad de aceite vegetal consumido a comienzos del año 2000 se estimó en tres millones de toneladas que generan 4 mil toneladas de residuos. La mitad de estos residuos son usados para alimentación y como materia prima para pinturas, la otra mitad probablemente es quemada o es descargada al ambiente. Los aceites residuales son manejados por recolección para ser incinerados y generar energía en forma de calor. La ciudad de Kyoto es una de las ciudades que promueven la cooperación para separar y recolectar los aceites reusados de cocción para la producción de biodiesel como combustible de camiones de basura y buses de transporte urbano. (Singhabhandhu, A *et al.*, 2010). Además el uso de aceites residuales de cocción, como materia prima reduce los costos globales en la producción de biodiesel

---

<sup>1</sup> DECRETO 2328 DE 2008 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Avellaneda *et al.*, 2011 encontraron que unas 3,5 partes de los costos de operación de una planta de biodiesel corresponden principalmente al proceso de extracción de los aceites como materia prima.

En la actualidad existen varios métodos para la producción de biodiesel, por ejemplo dilución, microemulsificación, pirólisis y transesterificación; esta última es el método más práctico para la producción industrial. La transesterificación es una reacción química de una mol de grasa o aceite vegetal con tres moléculas de alcohol para formar ésteres y glicerol. Esta reacción requiere un catalizador para mejorar la velocidad y el rendimiento, es reversible y el exceso de alcohol es usado para el equilibrio en la generación del producto. El catalizador usado en la reacción de transesterificación puede ser una base, un ácido o un catalizador enzimático, sin embargo, la reacción enzimática requiere más tiempo que la realizada con los sistemas ácidos o alcalinos (Ampaipetin, S. et al. 2010).

Usualmente se utiliza la catálisis homogénea básica para la producción de biodiesel (principalmente NaO y KOH) a partir de diferentes aceites vegetales. Las principales ventajas de la catálisis homogénea básica son la capacidad de realizar la reacción a baja temperatura y presión, alta conversión alcanzada en un tiempo bajo, compuestos de bajo costo y ampliamente encontrados en el mercado (M.K. Lam et al. 2010). Debido a las limitaciones que presenta la catálisis básica homogénea con aceites usados, se ha propuesto la utilización de la catálisis ácida homogénea. Los catalizadores ácidos que han sido empleados han sido preparados con base en metanol y ácido sulfúrico o ácido clorhídrico. A pesar de aumentar notablemente la conversión en el caso de los aceites reutilizados, debido a que no son sensibles a la presencia de ácidos grasos libres, estos catalizadores presentan inconvenientes como la baja velocidad de reacción.

Con base en lo anteriormente descrito el objetivo de este trabajo es presentar un modelo de enseñanza aprendizaje realizado sobre la planta piloto de producción de biodiesel como instrumento para el fortalecimiento de competencias en la formación de Ingenieros de Producción Agroindustrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Sabana.

### **3. Metodología**

Para identificar las competencias que se hacen evidentes en el quehacer del Ingeniero de Producción Agroindustrial se realizaron las siguientes actividades

#### **3.1 Metodología con graduados**

3.1.1 Estudios previos con egresados: La universidad realizó dos estudios en los años 2008 y 2009, denominados: Mejora Continua en la Formación (Ajustes necesarios en los currículos según opinión de los graduados, los profesores y los empleadores .Capítulo Ingeniería de Producción Agroindustrial”. Centro de Egresados Diciembre 2008. “II Estudio de seguimiento a graduados de programas de pregrado presencial” Capítulo Ingeniería de Producción Agroindustrial”. Diciembre 2009.

3.1.2 Focus group 2011 y 2012: Con graduados de tres años de antigüedad

Si bien el diagnóstico de lo que ha sucedido con los egresados es un insumo necesario para poder alinear la declaración del perfil y utilizar este insumo en una reforma curricular, en este marco, una pregunta evidente es cómo se comportará el sector agroindustrial en Colombia en la época que los primeros egresados, fruto de la reforma, ejerzan la profesión?, qué competencias deberían tener?

Los ejercicios prospectivos en estos casos resultan ser bastante útiles, ya que muestran escenarios posibles de futuro. En el país no tenemos aún algún estudio que describa este tipo de escenarios específicamente para el sector agroindustrial, por esto, sin pretender utilizar una metodología estricta prospectiva, pero si empezando a preguntar a expertos en el sector cuál es su perspectiva de él, se realizó una reunión en el marco del Foro 2012: la internacionalización en la agroindustria, organizado por el programa de Ingeniería de Producción Agroindustrial.

### **3.2 Metodología de trabajo con estudiantes:**

#### **3.2.1 En cursos del currículo**

En los estudiantes de ingeniería, la planta de producción de biodiesel se utilizó en los cursos de hidráulica y operaciones unitarias principalmente. A continuación se describen las actividades realizadas en estos dos cursos.

- **Hidráulica:** En el curso de hidráulica se buscó fortalecer la competencia de diseñar sistemas, componentes o procesos para satisfacer las necesidades con enfoques reales; económicos, ambientales, sociales, políticos, éticos, saludables y seguros, manufacturables y sostenibles. Se realizaron dos actividades: 1. Ejercicios de diseño del sistema de tuberías de la planta de producción de biodiesel en los circuitos de aceite y agua y comparación de cálculos teóricos con los elementos reales disponibles en la planta piloto de producción de biodiesel. 2. Acercamiento al conocimiento de los componentes de un sistema de tuberías y elementos de control de flujo de fluidos mediante la operación de la planta piloto y la construcción de diagramas hidráulicos de la misma.
- **Operaciones Unitarias:** En el curso de Operaciones Unitarias se buscó robustecer competencias como la habilidad para aprender de manera autónoma, la capacidad para diseñar sistemas componentes o procesos, y desarrollar destrezas en el manejo de herramientas modernas de la Ingeniería, para satisfacer las necesidades del entorno con enfoques reales; económicos, ambientales, sociales, políticos, éticos, saludables y seguros, manufacturables y sostenibles. Para los propósitos, se estudió el proceso de producción de biodiesel en la planta piloto de la Universidad de La Sabana, y apoyándose en conceptos teóricos de agitación y mezcla (dimensionamiento de tanques agitados, cálculo de potencia a partir de modelos con números adimensionales, cálculos de transferencia de calor, balance de masa y energía, entre otros), los estudiantes llegaron a la determinación de parámetros de diseño y finalmente a proponer el diseño básico de una planta de biodiesel, el cual contrastan con la planta actual. Por otro lado, para las operaciones de separación y transferencia de calor se propuso a los estudiantes la realización de una simulación matemática del proceso en hojas de cálculo y la verificación de los resultados en la planta piloto con el fin promover en el estudiante la valoración del uso de simulación en el proceso de diseño.

#### **3.2.2 En semillero de investigación – Opciones de grado**

En la Universidad de La Sabana, los semilleros de investigación son considerados como una estrategia que promueve la agrupación de estudiantes para realizar actividades de investigación que van más allá del proceso académico formal y que dinamizan la adquisición de competencias investigativas. (DIN 2010), bajo esta estrategia se ha conformado un semillero para la producción sostenible de biodiesel adscrito al Grupo de Investigación en Procesos Agroindustriales, el objeto principal del semillero es la investigación acerca de la producción de biodiesel a partir de aceites usados de cocina, los cuales son tomados de los restaurantes de la Universidad. En el momento se encuentran adscritos a semillero seis estudiantes de los Programas de Ingeniería de Producción Agroindustrial e Ingeniería Química. La estructura organizacional al interior del

semillero contempla la elección de un líder, quien es un estudiante de últimos semestres del Programa, el estudiante líder es el responsable de tareas como la programación de la producción de biodiesel bajo un diseño experimental previo acordado con el profesor encargado del semillero, de la logística de recolección y almacenamiento de aceites provenientes de los restaurantes de la Universidad, coordinación del equipo de trabajo (otros estudiantes del semillero), compra y almacenamiento de otros reactivos, plan de paradas y limpiezas de planta, coordinación de actividades de caracterización de materias primas y biodiesel.

### 3.2.3 • En actividades de orientación profesional

Con el fin de promover el acercamiento entre las universidades y los colegios de secundaria, la Universidad de La Sabana realiza talleres de orientación profesional que ayudan a los estudiantes de secundaria a conocer con más detalle el contenido de las carreras de pregrado ofrecidas. El taller denominado “Ingeniero de Producción Agroindustrial por un día” fue realizado utilizando la planta de producción de biodiesel. Después de la explicación del proceso de producción de Biodiesel mediante un video realizado para tal fin, los estudiantes participan en la elaboración de biodiesel a partir de aceites usados generados en los servicios de alimentación de la Universidad. Los estudiantes realizan el proceso a nivel laboratorio y posteriormente se muestra el proceso en la planta piloto.

## 4. Resultados

4.1 Estudios previos con egresados. Los estudios previos mostraron que se debían fortalecer las competencias de gestión y las habilidades de interrelación con diferentes niveles de una organización.

4.2 Los Focus Group 2011 y 2012, evidenciaron los siguientes aspectos en cuenta a la formación de los ingenieros de producción agroindustrial:

En un posible escenario, teniendo como base la probabilidad que tendrá la internacionalización de la agroindustria colombiana, esto debido a la firma de tratados de libre comercio con diversos países, se espera que la agroindustria deba desarrollarse hacia el diseño de procesos más amigables con el medio ambiente, a la valorización de los residuos de las agroindustrias, al diseño de máquinas específicas para la materia prima agrícola y pecuaria del país, al diseño de empaques que mejoren la vida útil y que permitan realizar trazabilidad de productos; todo esto con el fin de satisfacer los mercados de otros países. En este escenario, lo importante será conocer las demandas para poder adaptarse a las necesidades que presenten y de esta forma establecer las rutas tecnológicas adecuadas.

Por otro lado un servicio que puede empezar a nacer entre países es la capacitación en sectores donde el país ha sido exitoso, como por ejemplo el sector de flores.

Describir el futuro es difícil, por lo tanto definir las competencias específicas también lo es, lo que si se puede decir, es que en este momento, la sociedad, la economía y todos los entornos son altamente variables, que hay competencias que deben estimularse de manera importante, por ser las que le permiten al profesional adaptarse y ser exitosos en un entorno cambiante. Estas podrían ser: la capacidad de trabajo en equipos interdisciplinarios, la capacidad de autoaprendizaje, habilidades de comunicación en lenguas extranjeras y la automotivación.

En cuanto a las competencias declaradas se piensa que el Ingeniero de Producción Agroindustrial debe continuar siendo fuerte como ingeniero en áreas técnicas relacionadas con la valorización de materiales

biológicos (diseño de productos y procesos), y esta debe ser su especialización, pero hay que buscar un balance con las competencias en gestión que le permitan interactuar en el medio donde labore.

#### 4.3 Metodología de trabajo con estudiantes:

##### 4.3.1 En cursos del currículo.

En las actividades desarrolladas en el curso de hidráulica se evidenció un alto interés por parte de los estudiantes en la manipulación de la planta piloto, así como en la identificación de los elementos que componen el sistema de flujo de fluidos, de forma que se afianzaron los conocimientos teóricos impartidos en el curso. Fue de particular importancia para los estudiantes el conocer el proceso y los elementos físicos de control tal como sensores y válvulas. La actividad constituyó un primer acercamiento a los sistemas industriales debido a que los estudiantes cursan cuarto semestre de estudios y en su mayoría han tomado asignaturas del núcleo teórico. Esto constituyó un elemento motivacional importante en torno a su proceso de aprendizaje y la apropiación del valor de su profesión de ingeniería. En la Fig 1. Se puede apreciar la complejidad del sistema de flujo de la planta de biodiesel; el sistema diseñado por los estudiantes debía tener las mismas restricciones y características y en la Fig 2 se muestra la planta piloto de biodiesel utilizada.

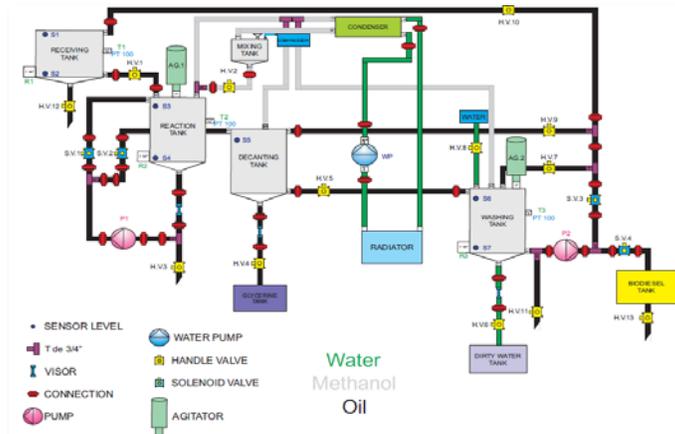


Fig1. Diagrama de proceso de la Planta piloto de biodiesel. Fuente: Laboratorio de Procesos Agroindustriales. Facultad de Ingeniería



Fig 2. Estudiante operando la Planta piloto de biodiesel

Para el curso de operaciones unitarias los estudiantes de Ingeniería de Producción Agroindustrial han podido realizar adecuadamente labores propias del diseño de procesos como: aplicación de modelos matemáticos teóricos para el dimensionamiento de equipos, simulación de procesos en lenguajes de programación simples como visual BASIC ó en hojas de cálculo de Excel, uso de metodologías de análisis de sensibilidad en el diseño, aproximaciones a proveedores para estimación de costos, entre otras. Adicionalmente han podido contrastar los resultados del diseño de operaciones mediante modelos teóricos con los resultados prácticos obtenidos en la planta piloto. Se ha promovido en los estudiantes la innovación en los procesos productivos mediante el ejercicio de rediseño de los tanques de agitación. De esta forma han entendido que todo proceso siempre es susceptible de ser mejorado.

#### 4.3.2 En semillero de investigación – Opciones de grado

El trabajo desde el semillero de investigación muestra resultados muy satisfactorios en lo relacionado con fortalecimiento de competencias que se han encontrado como unas de las más importantes en la enseñanza de la ingeniería en la próxima década como son: la capacidad de autoaprendizaje, la capacidad de enmarcar los problemas en un contexto social, técnico, económico y ambiental, capacidad de resiliencia, la buena comunicación con múltiples tipos de actores en procesos productivos, capacidad de análisis, creatividad para resolver de manera práctica problemas en producción, habilidades de gestión y comprensión de organizaciones y la capacidad de liderazgo (Resultados almuerzo 2012 y Sunthonkanokpong, 2011). Estas competencias fueron identificadas en entrevistas realizadas entre el profesor encargado del semillero, la Dirección del Programa y los dos egresados que han sido líderes del semillero, una vez han tenido su primera experiencia laboral.

Otro resultado del semillero de investigación ha sido la aprobación de dos trabajos finales de opción de grado, en el primero se realizó la puesta en marcha de la planta piloto y se establecieron protocolos de operación de la planta piloto. En el segundo proyecto se identificaron las bondades de trabajo con metanol o etanol para la producción de biodiesel y se hicieron los estimativos económicos de la producción de un lote de biodiesel en la planta piloto.

#### 4.3.4 En actividades de orientación profesional

Se observó en los estudiantes la apropiación de conceptos como el escalado industrial, al analizar el proceso en el laboratorio y en la planta piloto, el aprovechamiento integral de residuos, al reutilizar los aceites usados para la producción de biodiesel y el control de procesos, al ver por primera vez los elementos que componen una planta de producción. Así mismo, se percibió en los estudiantes un entendimiento del quehacer de un ingeniero, a tal punto que, en la última cohorte admitida, un porcentaje de 50% de los estudiantes afianzó la decisión de inscribirse en el programa de ingeniería de Producción Agroindustrial.

## Conclusiones

El fortalecimiento de las competencias del Ingeniero de Producción Agroindustrial diseño de procesos y gestión de la producción, se evidenciaron con el empleo un ambiente simulado de trabajo como es una planta piloto de biodiesel. Esta estrategia de aprendizaje muestra que además de la apropiación de conceptos técnicos, contribuye al entendimiento del quehacer del ingeniero frente al las actividades de promoción para el ingreso de nuevos alumnos al programal currículo.

## Referencias

- Ampaitepin Singhabhandhu; Tetsuo Tezuka. 2010. A perspective on incorporation of glycerin purification process in biodiesel plants using waste cooking oil as feedstock. *Energy*, 35 (2010) 2493-2504
- Avellaneda Fredy, Salvadó Joan. Continuous transesterification of biodiesel in a elicoidal reactor using recycled oil. *Fuel Processing Technology* 92 (2011) 83–91.
- Dirección de Investigación - Universidad de La Sabana 2010. Directrices para Semilleros de Investigación [http://www.unisabana.edu.co/fileadmin/Documentos/Investigacion/7\\_lineamientos\\_semilleros\\_investigacion\\_2011.pdf](http://www.unisabana.edu.co/fileadmin/Documentos/Investigacion/7_lineamientos_semilleros_investigacion_2011.pdf), última consulta mayo 9 de 2013
- Dirección Programa Ingeniería de Producción Agroindustrial- Universidad de La Sabana. 2012. Informe: Focus Group: Competencias de los Ingenieros de Producción Agroindustrial en Colombia 2017.
- Dirección Programa Ingeniería de Producción Agroindustrial- Universidad de La Sabana. 2012. Informe: Focus Group: Competencias de los Ingenieros de Producción Agroindustrial en el periodo 2007-2011.
- Encuestas de egresados 2008 y 2009
- J. Strobel, J. Wang, N.R. Weber, M. Dyehouse. 2013. The role of authenticity in design-based learning environments: The case of engineering education. *Computers & Education* 64 p. 143–152
- K. Becker: Engineering education. Available <http://www.engineering.usu.edu/htm/information/engineering-education-phd-programfaculty>. [2010, October 28th].
- M.K Lam.; Keat Teong Lee; Abdul Rahman Mohamed. Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review. *Biotechnology Advances* 28 (2010) 500–518.
- Singhabhandhu, Ampaitepin / Tezuka, Tetsuo, *Energy*, 35 (6), p.2493-2504, Jun 2010
- Sunthonkanokpong W. 2011. Future Global Visions of Engineering Education. *Procedia Engineering* 8 2011 p.160–164
- Tianwei Tan; Jike Lu; Kaili Nie; Li Deng; Fang Wang. 2010. Biodiesel production with immobilized lipase: A review. *Biotechnology Advances* 2 (628–634).

## Sobre los Autores

- **Indira Sotelo Díaz.** Ingeniera de Alimentos Doctor en Ingeniería de Alimentos. Profesora y Directora de Programa de Ingeniería de Producción Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Sabana [indira.sotelo@unisabana.edu.co](mailto:indira.sotelo@unisabana.edu.co)
- **Ruth Yolanda Ruiz.** Ingeniera Química, Magister en Ingeniería Industrial. Doctor en Ingeniería. Directora de Grupo de Procesos Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Sabana [ruth.ruiz@unisabana.edu.co](mailto:ruth.ruiz@unisabana.edu.co)
- **Leonardo Moreno.** Ingeniero Química, Magister en Ingeniería Agrícola. Profesor de área Procesos Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Sabana [leonardo.moreno@unisabana.edu.co](mailto:leonardo.moreno@unisabana.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la  
Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering  
Education Societies (IFEES)