

Estabilidad en el proceso de producción de biodiesel usando aceite de *Jatropha Curcas* y su aplicación en la sociedad como generación eléctrica

Manuel S. Álvarez A.¹

Introducción

La energía es la fuerza impulsora de nuestra sociedad. Problemas apremiantes tales como el cambio climático, la dependencia cada vez mayor del petróleo y de otros combustibles fósiles, así como el aumento de los costos energéticos, hacen que nos replanteemos la manera en que producimos y consumimos dicha energía. Las fuentes energéticas renovables representan una parte importante de la solución para un futuro energético sostenible.

Ya en 1995 el Gobierno del Ecuador, con el apoyo de la ONU, se efectuó una evaluación preliminar para la identificación de las barreras para la instalación de estas tecnologías. En este trabajo, se propone como medio de generación eléctrica usar el aceite del piñón, se analizará el proceso de producción del aceite a biocombustible y la estabilidad del mismo para determinar la factibilidad de usar este medio energético como generación eléctrica.

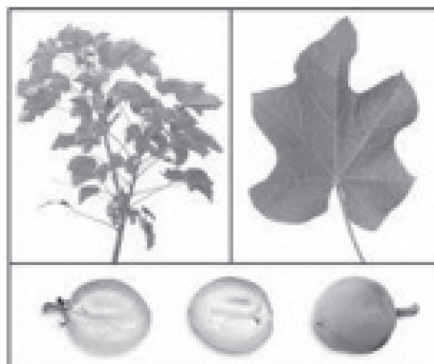
Metodología

Descripción del piñón (Jatropha Curcas)

El piñón pertenece a la familia de las *euphorbeaceae*, género *Jatropha*, con alrededor de 170 especies conocidas. El piñón es un árbol pequeño que alcanza de 5 a 8 m de altura y probablemente tiene su origen en Mesoamérica y el noroeste de Sudamérica. Fue llevado a Brasil, Asia y la costa occidental del África. Hoy en día se encuentra en casi todos los países tropicales y subtropicales donde es conocido como tempate (Nicaragua), yupur, piñoncillo o piñón purgante. Procedente de regiones con un amplio rango climático desde el cálido seco hasta el subtropical húmedo se encuentra en regiones con temperaturas de entre 18° C y más de 28° C, y de 300 hasta 2.000 mm de lluvia al año. Con precipitaciones de menos de 600 mm el piñón requiere que la humedad del aire sea alta.

1 Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

Figura 1
Partes de la planta de piñón



El piñón ha sido cultivado en diferentes países debido a que reúne diferentes cualidades:

- Bajos requerimientos al respecto de fertilidad del suelo, agua y mantenimiento del cultivo con la capacidad resultante de poder ser cultivado en tierras degradadas y no utilizadas y no competir con cultivos alimenticios.
- La capacidad de rebrotar hojas y frutos no comestibles para ganado por lo que ha sido utilizado como cerca viva para potreros y para la división de propiedades. Por tener acumulados en todas sus partes vegetativos y generativos-tronco, hojas, semillas sustancias químicas venenosas, es resistente frente a plagas y enfermedades.
- Posee un fruto con un alto contenido de aceite que puede ser utilizado para la fabricación de jabón, con fines energéticos y para fines farmacéuticos y de protección de plantas.

Proceso de producción de biodiesel: la transesterificación

La reacción química como proceso industrial utilizado en la producción de biodiésel, es la transesterificación, que consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas. El triglicérido es convertido consecutivamente en diglicérido, monoglicérido y glicerina. En cada reacción un mol de éster metílico es liberado. Todo este proceso se lleva a cabo en un reactor donde se producen las reacciones y en posteriores fases de separación, purificación y estabilización.

Las tecnologías existentes, pueden ser combinadas de diferentes maneras variando las condiciones del proceso y la alimentación del mismo. La elección de la tecnología será función de la capacidad deseada de producción, alimentación, calidad y recuperación del alcohol y del catalizador. En general, plantas de menor capacidad y diferente calidad en la alimentación (utilización al mismo tiempo de aceites refinados y reutilizados) suelen utilizar procesos Batch o discontinuos. Los procesos continuos, sin embargo, son más idóneos para plantas de mayor capacidad que justifique el mayor número de personal y requieren una alimentación más uniforme.

En la transesterificación, los triglicéridos reaccionan con alcoholes de cadena corta (etanol, metanol, propanol, butanol, alcohol amílico) para generar esteres. El alcohol más empleado en la industria es el metanol debido a su bajo coste.

Figura 2
Reacciones que se producen en la transesterificación química con alcohol



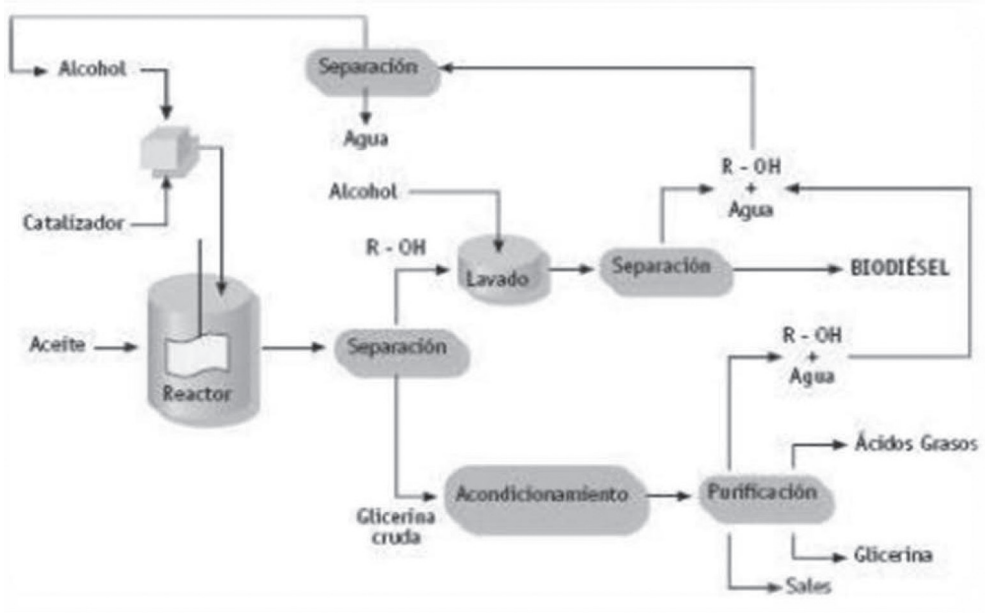
Transesterificación: proceso discontinuo

Es el método más simple para la producción de biodiésel donde se han reportado ratios 4:1 (alcohol: triglicérido). Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. Las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65°C, aunque rangos de temperaturas desde 25° C a 85° C también han sido publicadas. El catalizador más común es el NaOH, aunque también se utiliza el KOH, en rangos del 0.3% al 1.5% (dependiendo que el catalizador utilizado sea KOH o NaOH). Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol separarse de la fase éster. Se han publicado en la bibliografía resultados entre el 85% y el 94%.

En la transesterificación, cuando se utilizan catalizadores ácidos se requiere temperaturas elevadas y tiempos largos de reacción. Algunas plantas en operación utilizan reacciones en dos etapas, con la eliminación del glicerol entre ellas, para aumentar el rendimiento

final hasta porcentajes superiores al 95%. Temperaturas mayores y ratios superiores de alcohol:aceite pueden asimismo aumentar el rendimiento de la reacción. El tiempo de reacción suele ser entre 20 minutos y una hora. En la figura 3, se reproduce un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación en discontinuo.

Figura 3
Proceso de transesterificación en discontinuo

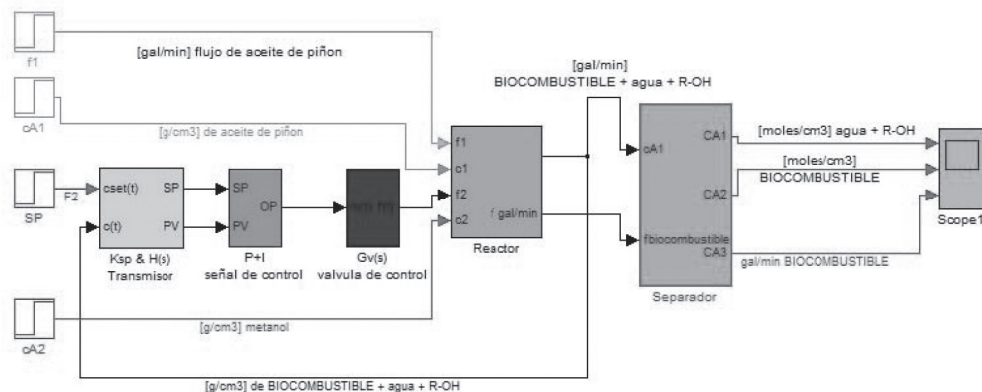


Simulación del proceso de transesterificación en discontinuo

Se ha realizado una simulación usando el programa Simulink una herramienta del programa Matlab, el cual permitirá determinar el tiempo de estabilidad para que la mezcla sea la adecuada y pueda estar apta para la producción de energía eléctrica.

Las señales de entrada de para describir el proceso son básicamente dos: la concentración de la sustancia (moles/cm³) y el flujo (gal/min) de la sustancia. En este caso las principales sustancias para producir el biocombustible son el aceite de piñón y el metanol. A continuación se muestra el modelo del proceso de transesterificación en discontinuo elaborado en Simulink:

Figura 4
Modelo del proceso de transesterificación en discontinuo elaborado en Simulink

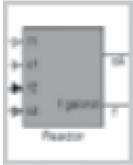
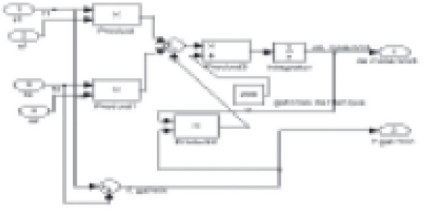

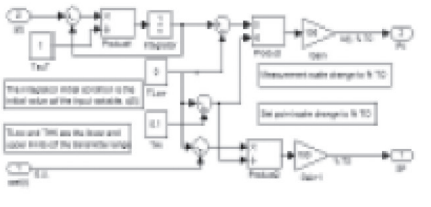
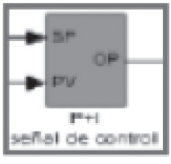
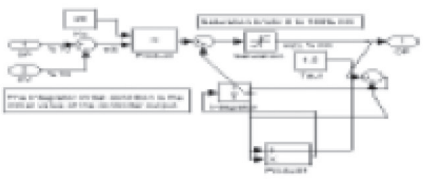
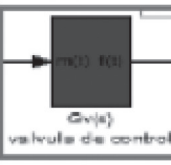
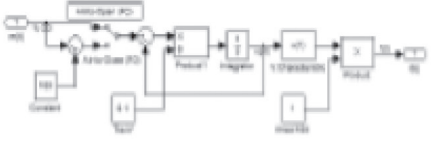
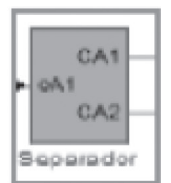
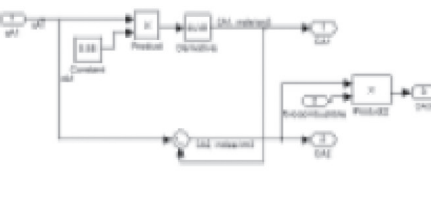


Todo el proceso se rige en base a un sistema de control, que es modelado por ecuaciones matemáticas, que son ingresadas en los bloques del programa. Para poder comprender el sistema se requiere el conocimiento sobre los parámetros y las unidades físicas-químicas que involucran el proceso, así como cierta experiencia en identificar constantes, ya que se emplea la teoría de control para la selección de las variables de estado. En la tabla 1 se muestra las entradas y las salidas del sistema y en la tabla 2 se muestra cada el bloque con su modelo matemático y una breve descripción de lo que ejecuta en el proceso.

Tabla 1
Descripción de las señales de entrada y de salida del proceso

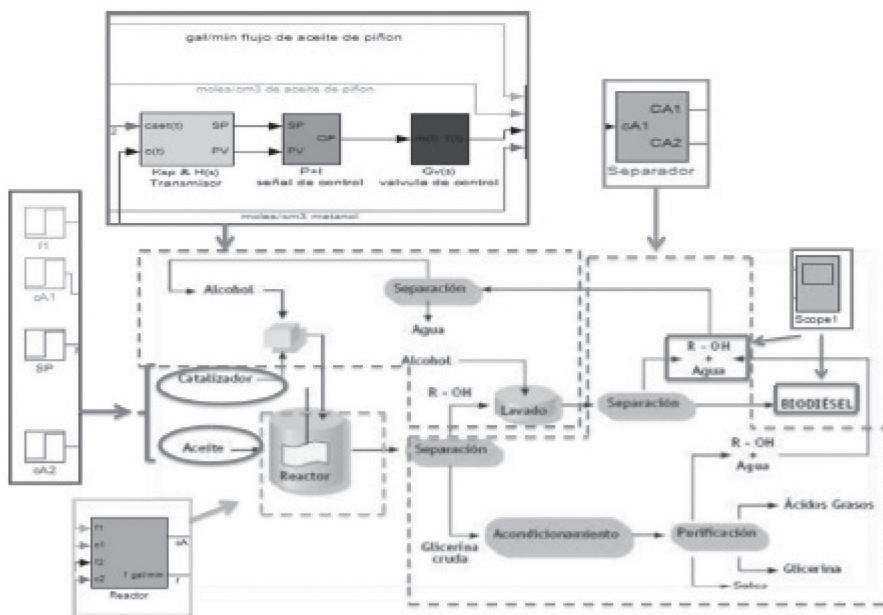
Señales de entrada del proceso	Descripción
	Representa la entrada del sistema como una función matemática, donde: f1 es el flujo de aceite de piñón [gal/min] cA1 es la concentración de aceite de piñón [moles/cm ³] f2 es el flujo del catalizador (metanol) [gal/min] cA2 es la concentración del catalizador (metanol) [moles/cm ³]
Señales de salida del proceso	Descripción
	Con el osciloscopio 1 (Scope 1), se puede observar el tiempo de estabilidad para separar la mezcla. A la vez se puede observar la concentración producida tanto de agua + R-OH y del biocombustible por separado y los galones producidos en función del tiempo.

Tabla 2
Descripción de los bloques

Bloque	Modelo matemático	Descripción
 <p>Reactor</p>		<p>El bloque reactor permite realizar la mezcla entre el metanol y el aceite del piñón obteniendo biocombustible + agua + R-OH.</p>
 <p>Ksp & H(s) Transmisor</p>		<p>El bloque transmisor permite el paso indicado para obtener la mezcla adecuada de biocombustible.</p>
 <p>P+I señal de control</p>		<p>El bloque proporcional integral (P+I) permite estabilizar la mezcla.</p>
 <p>valvula de control</p>		<p>El bloque válvula de control filtra el agua de la mezcla, lo que permite aumentar la potencia del catalizador.</p>
 <p>Separador</p>		<p>El bloque separador divide la mezcla obtenida agua + R-OH y biocombustible.</p>

En la figura 5, se muestra la simetría de cada bloque con el proceso de transesterificación en discontinuo para la obtención de biocombustible:

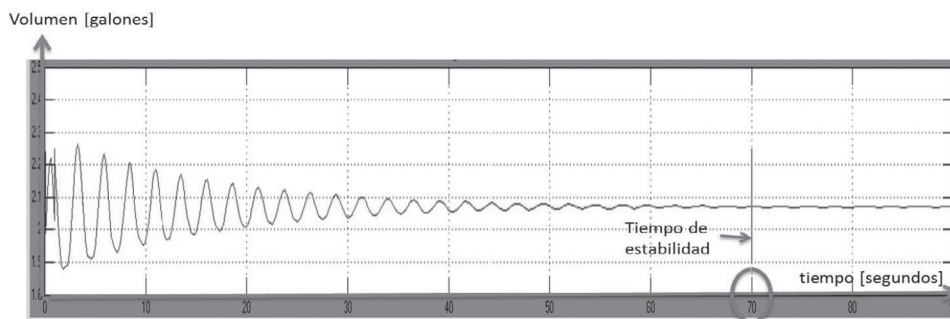
Figura 5
Simetría de los bloques con el proceso de transesterificación en discontinuo



Resultados

A continuación se presenta la gráfica de volumen versus tiempo de biocombustible producido en el proceso de transesterificación en discontinuo:

Figura 6
Gráfica de volumen versus tiempo de biocombustible



Se observa que para producir 2.07 galones de biocombustible en el proceso de transesterificación en discontinuo, el tiempo para la estabilidad de la mezcla es de 70 segundos, lo que quiere decir que en una hora se puede obtener un total de 106.45 galones de biocombustible.

Conclusiones

No hay duda alguna que la producción de biocombustibles es un proceso complejo, el cual involucra muchos factores los cuales deben estar en equilibrio de tal manera que produzcan el beneficio esperado.

La estabilidad es un factor primordial dentro de un proceso, pues en base a esto es posible determinar el tiempo de producción y poder realizar los estudios económicos de factibilidad.

Los resultados obtenidos indican que es posible obtener 106.45 galones en una hora, lo cual es muy beneficioso en términos de generación eléctrica, pues para producir 1 (KW/H) de energía eléctrica se requiere una cantidad aproximada de 82 galones de biocombustible y con 106.45 galones se puede producir un total de 1.3 (KW/H).

El mundo como hoy lo conocemos está en peligro debido al uso de combustibles fósiles, los cuales se están agotando rápidamente y generan una alta cantidad de CO₂, pero está en la sociedad el cambio y la solución es el uso de energías renovables que se convierte en un pilar fundamental para el buen vivir.

Referencias

Acosta, A.

2010 *Cero combustibles fósiles en Galápagos (presentación)*. Quito: MEM.

Ajila, V. y Chilibingua, B.

Análisis de legislación sobre biocombustible. <http://www.olade.org/documentos/publicaciones/Análisis%20de%20legislación%20sobre%20Biocombustibles%20en%20LAC-OLADE.pdf>

Gailfuss, M.

2009 "Einführung in die Problematik der Pflanzenölnutzung in BHKW-Anlagen". Leipzig 2nd Ed, 28.03.

Ministerio de Electricidad y Energías Renovables

s.f. "Programa de formulación de biocombustibles: Seminario Internacional de Biocombustibles". <http://www.olade.org.ec/biocombustibles/Documents/PDF-22-3%20Ecuador.pdf>

Eizaga, C., Aboukheir, H. y Caliz, L.

s.f. "Estrategias prácticas para el modelado de un separador de gas líquido bajo condiciones de flujo intermitente". *Revista Electrónica de Estudios Telemático*. Universidad Rafael Bellozo Fecin Estado Zulia.