

Utilización del aceite de *Ricinus communis* (Higuerilla) para la obtención de biodiesel, un co-producto y su simulación en software Aspen Hysys

Investigación Terminada

Álvarez Mora, Diana Ximena
Ingeniería en Energía
dalvarez891@unab.edu.co

Robledo Gil, Jimena
Ingeniería en Energía
Jrobledo@unab.edu.co

Universidad Autónoma de Bucaramanga

RESUMEN

Este proyecto desarrolla la caracterización de la semilla de la planta de Higuerilla (*Ricinus Communis*), la extracción del aceite, su refinación y el proceso de transesterificación para la obtención del biodiesel. Se discuten las características, limitaciones y beneficios del biodiesel obtenido. Su justificación se explica en su desarrollo en los aspectos de viabilidad y metodología empleada.

Se obtuvo biodiesel a partir de aceite de higuerilla, el cual tuvo un proceso de extracción experimental en laboratorio. Posteriormente se realizó una caracterización para poder analizar parámetros de calidad del mismo, midiendo su densidad, viscosidad cinemática, humedad, y acidez.

Para obtener el producto final (Biodiesel) se llevó a cabo una reacción de transesterificación del aceite de higuerilla con etanol, usando hidróxido de sodio (NaOH) como catalizador.

Posteriormente se simuló en el Software Aspen Hysys para comparar los resultados obtenidos, con los alcanzados en laboratorio.

Palabras Clave

Biocombustibles, *Ricinus communis*, Biodiesel, Ambiente.

Área de conocimiento

Ingeniería, Ambiente y Biotecnología.

INTRODUCCIÓN

La producción de Biodiesel ha logrado un auge mundial gracias a su crecimiento en los últimos años, producto de la acogida por parte de varios países con interés de reemplazar los combustibles fósiles, ya que se ve como la alternativa más viable. El respaldo por parte de las grandes potencias ha hecho que este movimiento tome mucha importancia gracias a algunas políticas con un apoyo en investigación y producción con subsidios y más beneficios.

En el contexto colombiano, el uso del biodiesel está enfocado al sector transporte, en donde se propuso ir reemplazando el combustible tradicional gradualmente. El programa empezó en el año 2005 con mezcla E5 (5:95 bioetanol: gasolina, base volumétrica) usada en las principales ciudades. En el 2008, la mezcla B5 (5:95 biodiesel: diésel, base volumétrica) se incorporó al programa de biocombustibles. Su producción e

implementación, irán aumentando gradualmente hasta el año 2020. Actualmente, ambos biocombustibles se usan en mezclas al 8-10%. Las emisiones se han reducido con el uso de E10-B10.

En Colombia, los biocombustibles corresponden mayormente a primera generación (bioetanol y biodiesel), producidos con caña de azúcar y aceite de palma. El cumplimiento de los objetivos energéticos implica un conjunto de situaciones complejas, como la expansión de los cultivos y / o la intensificación de la cosecha, lo que podría implicar un desempeño ambiental negativo.

Ante dicha problemática, los biocombustibles de tercera generación aparecen como una alternativa más clara, sin afectar la seguridad alimentaria. La higuerilla, como base del aceite para producción de biodiesel, otorga ciertas características que la hacen competitiva y eficiente; debido a sus rendimientos de producción de aceite (alrededor del 47-49% del peso total), sus bajos costos de cultivo y su simplicidad en el tratamiento. Dichas características hacen a la higuerilla una materia prima económica y tecnológicamente viable.

OBJETIVOS

Objetivo general

Obtener biodiesel y un co-producto a partir de aceite de *Ricinus Communis*, para posterior análisis en software Aspen Hysys.

Objetivos específicos

- Extraer el aceite de *Ricinus Communis* (Higuerilla) para la caracterización fisicoquímica necesaria para la producción del biocombustible y su co-producto.
- Caracterizar mediante un análisis químico y físico el aceite y el biodiesel de higuerilla
- Elaborar el biocombustible de acuerdo a la norma que rige los aceites vegetales y animales en Colombia.
- Realizar una relación a gran escala entre las hectáreas necesarias de semilla para la obtención de cierta cantidad de galones de biocombustible.
- Simular un proceso de producción de biodiesel de higuerilla a escala industrial, con la ayuda del software Aspen Hysys V10.

METODOLOGÍA

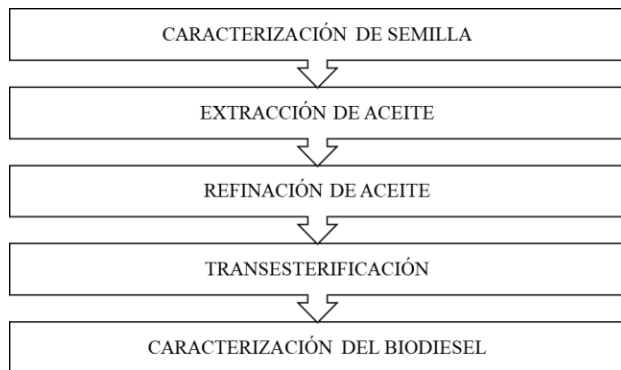


Figura 1. Diagrama de la metodología para producción de biodiesel.

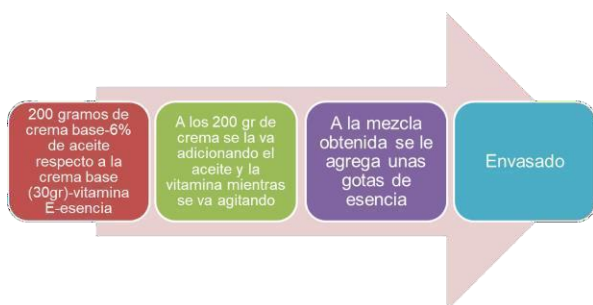


Figura 2. Diagrama de la metodología para producción del co-producto.

REFERENTES TEÓRICOS

Características de cultivo *Ricinus communis*

La planta de ricino (*Ricinus Communis*) es una cosecha importante de aceite de usos no comestibles que puede llegar a tolerar situaciones climáticas adversas como sequías prolongadas, sin embargo, establecer condiciones de cultivo adecuadas para aumentar su productividad de aceite es un factor clave a la hora de plantear un proyecto de I+D enfocado en biocombustibles, se sabe qué condiciones como, humedad del suelo, el periodo de radiación sobre la cosecha y los patrones de temperatura del sitio de cultivo favorecen a la eficiencia de producción de aceite. Las semillas de ricino tienen un contenido de aceite alrededor 47 – 49 % de su peso, el rendimiento de aceite promedio es de 1.1 Ton por hectárea, teniendo en cuenta que el cultivo se realizó en Guane Santander, las condiciones de cultivo de la semilla objeto de estudio en esta investigación son: temperatura promedio 21°C, cantidad de luz 12 horas aprox, suministro de agua 900 ml anuales

Extracción de aceite

La extracción de aceite de ricino en la mayoría de los casos consultados, sigue una ruta de extracción establecida, en donde combina un proceso de extracción físico (prensado mecánico), y un proceso de extracción químico (extracción mediante solvente químico), se pueden utilizar diversos solventes como el hexano, heptano, metanol, etanol, etc, cada uno de ellos muestra diversas eficiencias de extracción, así como diversos impactos al medio ambiente. En el primer proceso de extracción de aceite de ricino se trituran las semillas, posteriormente debe ajustarse el contenido de humedad, el cual debe ser bajo para obtener una mejor

eficiencia de extracción, esto se realiza mediante un baño de vapor. Las semillas trituradas van a una prensa hidráulica, en la cual, se extrae un porcentaje de aceite, (alrededor de un 48% del total de aceite contenido), el porcentaje faltante se extrae mediante disolventes químicos anteriormente mencionados

En esta investigación se seguirá con la ruta de extracción establecida ya que demuestra ser altamente eficiente, mientras que el incremento del porcentaje de recuperación de aceite por otros métodos consultados es muy bajo y su tecnología aún se encuentra en etapa de desarrollo. [1][6][7]

Refinación

Usualmente los aceites vegetales usados en los procesos de producción de biodiesel requieren métodos de refinación para alcanzar los parámetros definidos por el ASTM (international Standards Worldwide) y otros requeridos por diversos gobiernos para el uso y distribución de biodiesel. En el caso concreto del aceite de ricino se necesita un proceso de refinado para eliminar impurezas (por ejemplo, material coloidal, ácidos grasos libres, colorante, materia orgánica).

El principal objetivo de esta etapa del proceso es conseguir las características requeridas en la industria de los biocombustibles sin elevar los precios del producto final. [1][3][8]

Transesterificación

Existen diversas formas de producción de biodiesel con aceites vegetales (microemulsiones, diluciones, pirolisis, transesterificación), la forma de producción de biodiesel seleccionada en esta investigación es la transesterificación, esta ha mostrado ser la más adecuada para el aceite de ricino, consiste en la mezcla de un alcohol (preferiblemente de bajo peso molecular), con el aceite de ricino en presencia de un catalizador de preferencia básico ya que son menos corrosivos y proporcionan una mayor conversión en menor tiempo que los catalizadores ácidos.

La cinética de reacción del aceite de *Ricinus communis* utiliza metanol como alcohol y la dosis es del orden del 10% y NaOH al 1%, la reacción de transesterificación se lleva a cabo durante 2 horas a una temperatura promedio de 60 °C y 700 rpm de velocidad de agitación.

En comparación con otros aceites, se tiene que la higuera presenta características que lo hacen ventajoso frente a otros y estas se transfieren al biodiesel, algunas de ellas son: punto de nube, puntos de ebullición y congelamiento, características de lubricación.

Queda en evidencia que la producción de biodiesel por medio de aceite de higuera es una solución medioambiental y a su vez representa un crecimiento en la agroindustria de nuestro país. [2][4][5]

Materiales necesarios para 200g de crema:

- Crema base 30 gr
- Aceite de ricino 3gr
- Esencia aromática 6 gotas
- Conservante 3gr

RESULTADOS

Caracterización de la semilla

Se tomaron 500 gramos de semilla, para contar cuántas semillas hay aproximadamente en este peso, con ayuda de un calibrador se tomaron las medidas de algunas semillas. Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Caracterización de la semilla.

Característica	Valor	Unidad
Ancho	0,99	cm
Alto	1,45	cm
Cantidad	681	semillas

Caracterización del aceite

Las siguientes normas NTC o Norma Técnica Colombiana y ASTM (American Society for Testing and Materials) donde se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias, definen los parámetros para la caracterización del aceite de higuera y del biodiesel de higuera. Teniendo en cuenta estas normas se hizo la caracterización físico-química del aceite extraído, para poder determinar la calidad del aceite obtenido. Se realizan pruebas de índice de acidez, densidad y viscosidad.

Densidad. Según la norma NTC 336 la densidad es la medida de la masa, a una temperatura específica, de un volumen de grasa líquida en un picnómetro calibrado. Figura 3.



Figura 3. Picnómetro.

Los resultados obtenidos para la semilla se observan en la tabla 2.

Tabla 2. Relación de las densidades del aceite.

SEMILLA 2								
T	Mpicnometro	Mtotal	Maceite	Volumen	Densidad	T	F	Densidad
[°C]	[gr]	[gr]	[gr]	[mL]	[Kg/m³]	[°C]	correccion	corregida
80 °C	31,6123	55,0263	23,414	24,898	0,940396819	20,8	0,001	0,94139681
90 °C	31,9517	54,3091	22,3574	24,817	0,9008905186	19,6	0,001	0,901890518
100 °C	33,0707	56,8696	23,7989	24,817	0,9589757021	24,8	0,001	0,959975702

Viscosidad. Según la norma ASTM D 445-06 la viscosidad cinemática es la resistencia al flujo de un fluido bajo gravedad. Figura 4.



Figura 4. Prueba de viscosidad.

Los resultados obtenidos de la viscosidad se observan en la tabla 3.

Tabla 3. Relación de las viscosidades del aceite.

T [°C]	m [g]	v [mL]	ρ [g/mL]	μ [cP]			ν [cSt]			RPM			Torque		
				P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
80	371,81	400	0,9295	653,3	658	661,3	702,8263	707,8846	711,4348	180	180	180	98	98,7	99,2
90	96,157	100	0,9615	631,9	631,3	638,3	657,1644	656,5304	663,810	188	188	188	99	98,9	100
100	86,24	100	0,8624	657,3	658	656,7	762,1753	762,9870	761,4795	180	180	180	98,6	98,7	98,5

Índice de acidez. Según la norma NTC 218 el índice de acidez es el número de miligramos de hidróxido de potasio o de sodio para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 gramos de grasa.

Los materiales necesarios para esta prueba fueron:

- Éter etílico (etanol + éter de petróleo) 200 ml
- Agua destilada 1 litro
- Hidróxido de sodio 0,1 normal (5,6 gramos)
- Aceite 5 gramos
- Matraz de Erlenmeyer 200 ml
- Bureta 50 ml
- Fenolftaleína 30 gotas

Para cada una de las muestras se realiza el mismo procedimiento, hasta neutralizar la muestra.



Figura 5. Muestras de pruebas de acidez.

Los resultados obtenidos de las pruebas se observan en la tabla 4.

Tabla 4. Relación de la acidez del aceite.

Propiedad	ACIDEZ CON NaOH Semilla 2		
	Aceite a 80°C	Aceite a 90°	Aceite a 100°
Volumen [mL]	1,5	2	0,8
Normalidad		0,1	
Peso [g]		5	
Porcentaje de Acidez	8,46	11,28	4,512
Índice de Acidez	16,8354	22,4472	8,97888

Caracterización del biodiesel

Densidad. Con la utilización del picnómetro se tomó la densidad los biodiesel y sus resultados se observan en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la densidad del biodiesel.

BODIESEL							
Mpicnometro [gr]	Mtotal [gr]	Maceite [gr]	Volumen [mL]	Densidad [Kg/m³]	T	Fcorreccion	Densidad corregida
32,926	55,871	22,945	24,856	0,923	22,800	0,001	0,924

Índice de acidez. Se realiza según procedimiento anterior. Figura 6.



Figura 6. Muestras de pruebas de acidez.

Los resultados obtenidos de las pruebas de acidez se observan en la tabla 6.

Tabla 6. Relación de la acidez del biodiesel.

Propiedad	ACIDEZ CON KOH
	Diesel Promedio
Volumen [mL]	0,9583333333
Normalidad	0,1
Peso [g]	5,090366667
Porcentaje de Acidez	5,311343986
Corrección	1,99
Indice de Acidez	10,56957453

Medición de pH. Esta medición se realiza por medio del pHmetro. Figura 7.



Figura 7. Muestras de pruebas de pH.

Tabla 7. Relación de la acidez obtenida del biodiesel.

pH	BODIESEL MUESTRA				Promedio
	1	2	3	4	
Temperatura	9,86	9,62	9,58	9,87	9,7325
	22,2	22,8	24,4	24,5	23,475

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Semillero	BUITÁ
Tutor del Proyecto	Dra. Graciela Chalela Alvarez Qca. Norma Yadira Rojas
Grupo de Investigación	Biotecnología y Ambiente
Línea de Investigación	Biotecnología
Fecha de Presentación	Noviembre 14, 2019

REFERENCIAS

- [1] Evelien Uitterhaegen, Philippe Evon, Twin-screw extrusion technology for vegetable oil extraction: A review, In Journal of Food Engineering, Volume 212, 2017, Pages 190-200, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.006>.
- [2] Vivek Rathore, Bharat L. Newalkar, R.P. Badoni, Processing of vegetable oil for biofuel production through conventional and non-conventional routes, In Energy for Sustainable Development, Volume 31, 2016, Pages 24-49, ISSN 0973- 0826.
- [3] Maria Cecilia Vásquez, Electro Eduardo Silva, Edgar Fernando Castillo, Hydrotreatment of vegetable oils: A review of the technologies and its developments for jet biofuel production, In Biomass and Bioenergy, Volume 105, 2017, Pages 197- 206, ISSN 0961-9534.
- [4] A.K. Azad, M.G. Rasul, M.M.K. Khan, Subhash C. Sharma, M. Mofijur, M.M.K. Bhuiya, Prospects, feedstocks and challenges of biodiesel production from beauty leaf oil and castor oil: A nonedible oil sources in Australia, In Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 61, 2016, Pages 302-318, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.013>.
- [5] Jaime Armendáriz, Magín Lapuerta, Francisco Zavala, Eduardo García-Zambrano, María del Carmen Ojeda,

Evaluation of eleven genotypes of castor oil plant (*Ricinus communis* L.) for the production of biodiesel, In *Industrial Crops and Products*, Volume 77, 2015, Pages 484-490, ISSN 0926-6690,

- [6] Luis E. Rincón, Valentina Hernández, Carlos A. Cardona, Analysis of technological schemes for the efficient production of added-value products from Colombian oleochemical feedstocks, In *Process Biochemistry*, Volume 49, Issue 3, 2014, Pages 474-489, ISSN 1359-5113.
- [7] Nuria Sánchez, Ramiro Sánchez, José M. Encinar, Juan F. González, Gloria Martínez, Complete analysis of castor oil methanolysis to obtain biodiesel, In *Fuel*, Volume 147, 2015, Pages 95-99, ISSN 0016-2361.
- [8] Swaroopa Rani Dasari, Vaibhav V. Goud, Simultaneous extraction and transesterification of castor seeds for biodiesel production: Assessment of biodegradability, In *Process Safety and Environmental Protection*, Volume 107, 2017, Pages 373-387, ISSN 0957-5820.