

# PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL: LA INFLUENCIA DEL CONTENIDO Y LA CONCENTRACIÓN DE LOS ÁCIDOS GRASOS

Recibido: enero de 2012  
Arbitrado: abril de 2012

Eleonice Moreira Santos\*

## Resumen

Diversas materias primas pueden ser utilizadas en la producción del biodiesel, y cada uno tiene un perfil característico de ácidos grasos. Los ácidos grasos influyen en las propiedades de biodiesel en las maneras diferentes. El mayor contenido de ácidos grasos saturados, en general, mejora la estabilidad a la oxidación, aumenta el número de cetano y empeora el punto de obstrucción del filtro de flujo frío y puntos de nube de biodiesel. Las diferencias en los perfiles de ácidos grasos de las materias primas, y por lo tanto las propiedades del biodiesel, sirve como un parámetro para ayudar en la elección de los materiales para la producción de la calidad del combustible biodiesel, y otras importantes posibilidades.

## Palabras clave

Biodiesel, ácidos grasos, calidad de la materia prima.

## Abstract

Various materials may be used in the production of biodiesel, and each has a distinctive profile of fatty acids. Fatty acids influence biodiesel properties in different ways. The highest content of saturated fatty acids, generally improves the stability to oxidation, increased cetane number and worsens the point of filter clogging and cold flow of cloud points of biodiesel. The differences in fatty acid profiles of raw materials, and therefore the properties of biodiesel, serves as a parameter to aid in the choice of materials for the production of biodiesel fuel quality, and other important possibilities.

## Keywords

Biodiesel, fatty acids, quality of raw material.

## Introducción

Los aceites vegetales son compuestos principalmente de los triglicéridos. Químicamente, los triglicéridos son ésteres de ácidos grasos conectado a una molécula de glicerol. La

\* Química Centro Universitário de Caratinga. Minas Gerais – Brasil. Máster y Doctorado. Bioquímica Agrícola – Universidade Federal de Viçosa – Minas Gerais – Brasil. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. E-mail: emsquimica@hotmail.com ou eleonice.santos@ufv.br

molécula de triglicéridos normalmente contiene ácidos grasos diferentes en su estructura (Knothe, 2005). Los principales ácidos grasos presentes en los aceites vegetales tienen 16 y 18 átomos de carbono, los más comunes son: palmítico (16:0), esteárico (18:0), oleico (18:1), linoleico (18:2) y linolénico (18:3) (Ohlrogge & Browse, 1995). Estos diversos ácidos grasos y sus respectivas concentraciones conforman el perfil del aceite vegetal. Los ácidos grasos presentan diferentes características físicas y químicas debido a su estructura, que a su vez influyen en las propiedades del aceite correspondiente (Canakci & Sanli, 2008; Knothe, 2005). En general, los ácidos grasos insaturados tienen un bajo punto de fusión, mientras que los saturados tienen alto punto de fusión. Así, los aceites que contienen una gran cantidad de compuestos insaturados son líquidos, mientras que los que tienen alto contenido de ácidos grasos saturados son sólidos a temperatura ambiente (Imahara, Minami, & Saka, 2006).

Los aceites vegetales o grasas animales pueden ser transesterificados para obtener el biodiesel (Robert O. Dunn, 2005; Knothe, 2005). Por esta razón, las diferentes fuentes de aceites vegetales son utilizadas en la producción de biodiesel. Las propiedades del biodiesel se determinan por la cantidad de cada ácido graso presente en la molécula del triglicérido (longitud de cadena y el número de dobles enlaces), y estos tienen una implicación directa en las propiedades físicas del biodiesel (Knothe, 2005). El proceso de transesterificación no altera la composición de ácidos grasos de la materia prima utilizada en la producción de biodiesel, los ésteres formados tienen el mismo perfil de fuente de ácidos grasos de aceite vegetal o grasa animal de fuente (Knothe, 2007; Ramos, Fernández, Casas, Rodríguez, & Pérez, 2009; Sharma, Singh, & Upadhyay, 2008). Así, la composición y la concentración son parámetros críticos en la determinación de las propiedades del combustible (Imahara, et ál., 2006; Ramos, et ál., 2009). En este «paper» se presentan algunas consideraciones importantes sobre el perfil de los triglicéridos de las principales materias primas utilizadas en la producción de biodiesel, y cómo influyen en las propiedades del biodiesel. El contenido que se presenta tiene por objeto ayudar a los investigadores en el área e interesados en la comprensión de la relación entre las materias primas y biodiesel.

## I. Características de las materias primas

El aceite vegetal usado en la producción de biodiesel puede obtenerse a partir de diversas oleaginosas. Estas oleaginosas difieren en sus especies por sus características agronómicas, y en relación con el contenido de aceite en la composición del grano y perfil de ácidos grasos (tabla 1). El uso de otros cultivos para la producción de biodiesel debe tener en cuenta los aspectos económicos y sociales de cada país y región, en relación con el desarrollo local/regional. Concomitante la calidad del biodiesel producido en términos de sus normas, también debe ser considerada. Estos dos aspectos, aunque relacionados, aseguran un producto de buena calidad.

## II. Contenido de aceite

El contenido de aceite es una característica importante que puede influir en la elección y el uso de una materia prima para la producción del biodiesel –el contenido de aceite vegetal presente en el grano y el rendimiento por hectárea–. En este sentido el girasol, la colza, la jatrofa, el ricino y el maní (tabla 1) son las fuentes que tienen un mayor contenido de aceite en grano, una variación de entre 40 y 64% de aceite. Con un nivel más bajo en torno de 15 al 25% de aceite, están la soja, palma y algodón. Asociada a esta característica, la producción de aceite por hectárea y el ciclo de producción de cada materia prima también deben ser considerados.

La soja, a pesar de tener un bajo contenido de aceite en comparación con la mayoría de las materias primas, es la principal fuente de aceite para producción de biodiesel (Cahoon & Shmid, 2008; Knothe, 2002). Ampliamente cultivada en varios países, siendo los

principales productores, E.U.A. (33%), Brasil (27%), Argentina (21%) y China (7%) (FAO, 2011). Esto es debido al hecho de que este es uno de los cultivos más importantes del mundo como una fuente de proteína y aceite vegetal para los seres humanos y animales (Cahoon & Schmid, 2008), con una gran área de cultivo, y también por tener una cadena de producción establecido y consolidado, favorece su alta productividad. En Brasil, más del 70% de biodiesel es el aceite de soja (ANP, 2011). En Argentina, el porcentaje es del 100% en los Estados Unidos alrededor del 74% y la Unión Europea sólo 16% del biodiesel es producido con soja (Balat, 2011; Trostle de 2008, julio).

El aceite de palma y aceite de soja son aceites vegetales más comercializados del mundo, y la producción de ambos es prácticamente la misma (Sumathi, Chai, & Mohamed, 2008). Como se muestra en la tabla 1, aunque el contenido de aceite de palma y soja es similar, la productividad de

aceite de palma por hectárea es mucho mayor. En Malasia, un importante productor y exportador de aceite de palma, el biodiesel de palma es el principal biocombustible añadido al diesel de petróleo (Sumathi et ál., 2008).

Jatropha, a su vez, tiene una buena producción de aceite por hectárea, debido a su alto contenido de aceite en la semilla. Ampliamente utilizado en la producción de biodiesel en la India, la exploración y el cultivo de esta planta han sido fortalecidos para aumentar la demanda de producción de biodiesel a partir de aceites no comestibles (Sharma et ál., 2008). La inserción de materias primas no comestibles en la producción de biodiesel es vista como importante aliada, pero que no compite con las materias primas que se utilizan en la alimentación.

Ricino, incluso con un alto contenido de aceite en la semilla y un buen rendimiento de aceite por hectárea, todavía, tiene algunas desventajas con respecto del uso de su aceite para biodiesel (Conceição et ál., 2007). Para los cultivos de girasol, colza y maní, el contenido de aceite en grano y el rendimiento de aceite por hectárea son similares. El menor rendimiento de aceite por hectárea se presenta para el cultivo de algodón.

**Tabla 01: Composición de ácidos grasos y el porcentaje de aceite de las principales materias primas utilizadas en la producción de bio**

	Ácidos grasos% (Número de Carbono: número de dobles enlaces)									% Óleo	Referencia
	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:1OH	18:2	18:3	Otros		
Oleaginosas	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:1OH	18:2	18:3	Otros	% Óleo	Referencia
Soja	-	11,0	-	4,0	24,0	-	54,0	7,0	-	15-25	(Kinney & Clemente, 2005)
Palma	1,1	39,7	0,3	4,5	43,5	-	10,9	-	-	22	(Demirbas, 2008)
Girasol	-	6,5	-	2,9	17,7	-	72,9	-	-	40	(Demirbas, 2008; Georgogianni, Kontominas, Pomonis, Avlonitis, & Gergis, 2008)
Colza	-	4,9	-	1,6	33,0	-	20,4	7,9	29,3	40	(Ramos, et ál., 2009)
Jatropha	-	16,4	0,9	5,4	40,3	-	37,0	-	-	50-64	(Oliveira et ál., 2009; Sarin, Sharma, Sinharay, & Malhotra, 2007)
Maní		11,4		2,4	48,3	-	32,0	0,9	4,0	40-50	(Kaya et ál., 2009)
Algodón	-	28,7	-	0,9	13,0	-	57,4	-	-	20	(Demirbas, 2008)
Ricino		0,7		0,9	2,8	90,2	4,4		1	47-49	(Conceição, et ál., 2007; Scholz & da Silva, 2008)

### III. Composición y perfil de ácidos grasos

La composición variable del perfil y contenido de ácidos grasos de las materias primas presentadas interfiere en las características y la calidad del biodiesel. El contenido de ácidos grasos saturados e insaturados es muy variable entre las materias primas. El aceite de palma (tabla 1) tiene el mayor contenido de ácidos grasos saturados (51,5%), mientras que el aceite de ricino tiene el menor contenido (1,6%). El aceite de colza tiene 6,5% de ácidos grasos saturados, y con valores entre 11,7 y 17,8% son: aceite de soja, girasol y maní. Por encima de estos valores se derivan de los aceites de jatrofa con el 21,8% de ácidos grasos saturados y el aceite de semilla de algodón con el 29,6%. Así, con la excepción del aceite de palma, los aceites de otras materias primas tienen altas concentraciones de ácidos grasos insaturados. Sin embargo, el perfil de ácidos grasos insaturados difiere entre ellos. El ácido linolénico, que tiene tres dobles enlaces en su estructura, se encuentra en la soja y de colza en concentraciones significativas. Otros ácidos grasos con cadena de carbono de más de 18 átomos de carbono ocurren con menos frecuencia en las materias primas, con la excepción de aceite de maní, que tiene aproximadamente el 4% de estos ácidos grasos.

### IV. Influencia de la composición y contenido de ésteres de ácidos grasos de materias primas en las propiedades del biodiesel

Aunque ha habido pocos estudios sobre la influencia de la composición en triglicéridos la calidad del biodiesel (Ramos, et ál., 2009), es conocido que la composición y el contenido de ésteres de ácidos grasos influyen directamente en las propiedades de biodiesel, y en consecuencia la calidad y su desempeño como combustible (Knothe, 2005, Ramos, et ál., 2009). Los ésteres formados durante la reacción de transesterificación con el alcohol, tienen el mismo perfil de ácidos grasos de aceite vegetal de origen (Knothe, 2007; Sharma, et ál., 2008), ya que el proceso de transesterificación no afecta a la composición de ácidos

grasos (Ramos et ál., 2009). Las principales propiedades afectadas son: la estabilidad oxidativa, propiedades a baja temperatura (punto de nube, punto de fluidez y el punto de obstrucción del filtro de la fría), el número de cetano, viscosidad y el calor de combustión.

#### 4.1 La estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa es una propiedad importante para la evaluación de la calidad del biodiesel y se refiere a la resistencia relativa a los cambios físicos y químicos producidos por la interacción con el ambiente durante el almacenamiento de un combustible líquido (Robert L. McCormick & Westbrook, 2010). Es un parámetro importante, especialmente durante el almacenamiento prolongado de biodiesel, que se ven influidas por parámetros tales como la presencia de luz, calor, aire, agua, metales traza, peróxidos, los microorganismos, entre otros (Knothe, 2005, Robert L. McCormick & Westbrook, 2010). La composición de ésteres de ácidos grasos, el tamaño de cadena y la presencia de insaturación afectan directamente a la estabilidad oxidativa (Frankel, 2005). Los compuestos di y tri-insaturados tales como ésteres de ácidos grasos linoleico y linolénico, tienen una mayor susceptibilidad a la oxidación, que contienen sitios reactivos para la iniciación de la reacción de oxidación. Sin embargo, la estabilidad oxidativa no sólo se relaciona con el número de dobles enlaces, pero con el número total de bis-alílico sitios (CH metileno adyacente a dos dobles enlaces) (Knothe, 2002). La posición de bis-alílico es más reactivo que el alílico (metileno adyacente a un enlace sencillo y un doble), por lo tanto, la velocidad de oxidación del ácido oleico es baja con respecto a los ácidos linoleico y linolénico (RL McCormick, Ratcliff, Moens, & Lawrence, 2007). La primera etapa de la reacción es la formación de un radical libre que puede reaccionar directamente como

el oxígeno para formar peróxido y el hidroperóxido. La posición bis-alílico es la más propensa, y los radicales formados en los sitios bis-alílicos inmediatamente isomerizan y forman una estructura más estable, que reacciona directamente con el oxígeno para formar peróxido. Los peróxidos pueden escindir para formar ácidos y aldehídos, o pueden reaccionar con otra cadena de ácido graso para formar un dímero. La ruta de formación de los peróxidos puede conducir a la oligomerización, mismo a temperatura ambiente (RL McCormick, et ál., 2007; (Moretto & Fett, 1998). Los aceites vegetales contienen antioxidantes naturales, siendo los tocoferoles más comunes. Los antioxidantes son altamente reactivos con los radicales libres para formar compuestos estables, por lo tanto, no contribuyen al proceso oxidativo. Sin embargo, algunos procesos utilizados para la producción de biodiesel que incluyen destilación para la purificación del contenido de metilo/etilo ésteres, reducen drásticamente el contenido de antioxidantes naturales, disminuyendo la estabilidad del biodiesel (RL McCormick et ál., 2007).

En estos casos, la adición de antioxidantes sintéticos mejora la estabilidad oxidativa (Knothe, 2007). Un criterio analítico desarrollado para evaluar la estabilidad oxidativa del biodiesel se incluyó en la norma europea EN 14112, utilizando un aparato Rancimat, método muy similar al Oil Stability Index (OSI) (AOCS, 1999; Knothe, 2005). En la prueba de OSI, la muestra se expone al aire y una temperatura de 110°C. Una corriente de aire transporta los ácidos carboxílicos volátiles formados en la reacción de oxidación, y estos son absorbidos en agua desionizada. La cantidad de ácido se cuantifica por el aumento de la conductividad del agua en relación al tiempo (AOCS, 1999; RL McCormick, et ál., 2007). El valor mínimo para la estabilidad oxidativa de biodiesel es de 6 horas para la Unión Europea y Brasil, y 3 horas según la norma ASTM (American Society for Testing and Materials) a los Estados Unidos.

Dado lo anterior, los biodiesel, producidos de materias primas con alto contenido de ácidos grasos saturados o monoinsaturados tienen mejor resistencia a la oxidación. En este caso, sólo la palma y ricino biodiesel cumplen con los estándares mínimos exigidos por la legislación brasileña y europea de estabilidad oxidativa (tabla 2). Además, el biodiesel de la soja y jatrofa cumplen con las normas establecidas por la ASTM (tabla 2). Los otros son más bajos no cumplen con los requisitos de las normas de calidad para el biodiesel.

**Tabla 2: Propiedades físicas y químicas de las principales materias primas utilizadas en la producción de biodiesel**

		Materias Primas							
		Soja	Palma	Girasol	Colza	Jatropha	Maní	Algodón	Ricino
Propiedades Físico-Químicas	Índice de cetano	49 <sup>1</sup>	57,3 <sup>4</sup>	50 <sup>1</sup>	55 <sup>1</sup>	50 <sup>5</sup>	53 <sup>1</sup>	52 <sup>7</sup>	42 <sup>10</sup>
	Viscosidad cinemática (40°C- mm <sup>2</sup> /s)	4,2 <sup>1</sup>	4,71 <sup>4</sup>	4,2 <sup>1</sup>	4,4 <sup>1</sup>	4,40 <sup>5</sup>	4,6 <sup>1</sup>	6,0 <sup>5</sup>	13,75 <sup>9</sup>
	Estabilidad oxidativa (h)	3,87 <sup>3</sup>	11 <sup>3</sup>	1,73 <sup>5</sup>	2,0 <sup>1</sup>	3,23 <sup>5</sup>	2,0 <sup>1</sup>	0,17 <sup>11</sup>	6,0 <sup>10</sup>
	Punto de nube (°C)	-0,5 <sup>2</sup>	16 <sup>4</sup>	7,21 <sup>4</sup>	-3 <sup>11</sup>	4 <sup>5</sup>	0 <sup>8</sup>	-2 <sup>7</sup>	-6 <sup>13</sup>
	Punto de fluidez (°C)	-4 <sup>2</sup>	-	-151 <sup>4</sup>	-9 <sup>11</sup>	-5 <sup>6</sup>	-88	-4 <sup>7</sup>	-30 <sup>13</sup>
	Punto de la obstrucción del filtro frío (°C)	-5 <sup>1</sup>	12 <sup>4</sup>	-3 <sup>1</sup>	-10 <sup>1</sup>	-	17 <sup>1</sup>	-	1 <sup>12</sup>

Números em subscrito: referencias<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> (Ramos, et ál., 2009); <sup>2</sup> (Graboski & McCormick, 1998); <sup>3</sup> (Park et ál., 2008); <sup>4</sup> (Benjumea, Agudelo, & Agudelo, 2008); <sup>5</sup> (Sarin, et ál., 2007); <sup>6</sup> (Oliveira, et ál., 2009); <sup>7</sup> (Nabi, Rahman, & Akhter, 2009); <sup>8</sup> (Kaya, et ál., 2009); <sup>9</sup> (Conceição, et ál., 2007); <sup>10</sup> (Scholz & da Silva, 2008); <sup>11</sup> (Rashid & Anwar, 2008); <sup>12</sup> (Mundstein, Gonçalves, & Mota, 2007); <sup>13</sup> (Costa-Neto, Rossi, Zagonel, & Ramos, 2000); <sup>14</sup> (Murugesan, Umarani, Subramanian, & Nedunchezian, 2009).

## 4.2 Propiedades de baja temperatura

Punto de nube, punto de fluidez y punto de obstrucción del filtro frío. Un problema importante asociado con el uso del biodiesel es su baja resistencia a las bajas temperaturas, y puede ser indicado por parámetros tales como el punto de nube, punto de fluidez, y el punto de obstrucción del filtro a baja temperatura (Robert O. Dunn & Knothe, 2001). A bajas temperaturas ocurre la formación de núcleos de cristales de cera sólidos, y disminución de la temperatura hace que los cristales aumenten de tamaño. La temperatura a la que los cristales se hacen visibles (diámetro  $\geq 0,5$  mm) se define como punto de nube, porque los cristales forman típicamente una nube o suspensión turbia. El punto de nube ocurre por lo general a una temperatura mayor que el punto de fluidez. Los sólidos y los cristales crecen rápidamente y bloquea el paso de las líneas de combustible y filtros causando problemas de operacionales (Knothe, 2005). Los compuestos grasos saturados tienen puntos de fusión más alto que los compuestos insaturados. Por lo tanto, el biodiesel producido a partir de grasas y aceites vegetales con cantidades significativas de compuestos grasos insaturados debe tener valores más bajos para los puntos de nube y fluidez, y contrariamente tienen baja estabilidad oxidativa (Imahara et ál., 2006; Knothe & Dunn, 2003; Knothe, 2005, Ramos, et ál., 2009).

Los biodiesel de soja, girasol, colza, jatropha, maní y algodón tienen las mejores propiedades de baja temperatura (tabla 2). Mientras que el biodiesel de palma tiene un alto punto de la obstrucción del filtro frío. El biodiesel de ricino muestra una buena estabilidad oxidativa y buenas propiedades a bajas temperaturas, lo que contradice lo observado para las otras semillas oleaginosas.

- **Índice de cetano.** El índice de cetano (NC) es el indicador de la calidad del ignición y el principal indicador de la calidad de los motores diesel, y tiene una relación inversa con el tiempo de retardo de la ignición (Knothe, 2005). La escala de índice de cetano es similar a la escala utilizada para octanaje de la gasolina. Esta escala muestra el nivel de resistencia a la detonación del combustible. Para la escala de cetano, el hexadecano ( $C_{16}H_{34}$ : nombre trivial, de cetano), una cadena de hidrocarburo larga y no ramificada, tiene un alto estándar de calidad, lo cual se le asigna un NC de 100. En otro extremo de la es-

cala, el 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano ( $C_{16}H_{34}$ ), tiene la misma composición de hidrocarburos, sin embargo, es altamente ramificado y tiene una pobre calidad de ignición, que se le asigne NC 15. Ambos compuestos son referencias primarias para el combustible (Knothe, 2005). La estructura química de los ésteres metílicos o etílicos de ácidos grasos contribuye significativamente para el número de cetano. El grado de saturación, la longitud de la cadena y la ramificación de los compuestos influyen en el índice de cetano de formas diferentes (Wadumesthrige, Smith, Wilson, Salley, & Ng, 2008). El aumento de cadena de ésteres, y o ramificaciones, y la disminución en el número de insaturaciones, aumenta el número de cetano (Knothe, 2005).

Con la excepción de biodiesel de aceite de ricino, todos los biodiesel de las materias primas en la tabla 2, cumplen el estándar americano recomendado para el número de cetano - 47,0 mínimos. Con respecto a las normas europeas, así como biodiesel a partir de ricino, soja y girasol también no tienen valor para el número de cetano mínimo establecido - 51,0.

- **Viscosidad.** La viscosidad es la medida de la resistencia al flujo de líquido debido a la fricción interna, que afecta a la atomización en la inyección de combustible en la cámara de combustión, y está asociado con la formación de depósitos en el motor (Knothe, 2005). Una alta viscosidad tiene una gran tendencia a provocar daños en el motor (Knothe, 2005; Sharma, et ál., 2008.).

La viscosidad aumenta con la longitud de la cadena, y con mayor grado de insaturación (Knothe, 2005). Factores tales como la configuración del doble enlace también influyen en la viscosidad (la configuración del doble enlace

en cis es menos viscoso que el trans), mientras que la posición de los dobles enlaces afecta a menos (Knothe, 2005).

La viscosidad cinemática se incluyó en las normas de biodiesel como 1,9 a 6,0 mm<sup>2</sup>/s por la norma ASTM D6751 - Estados Unidos, y de 3,5 a 5,0 mm<sup>2</sup>/s para la EN 14214 - Unión Europea. A este respecto, la mayoría de las materias primas utilizadas en la producción de biodiesel están dentro de los límites fijados por estándares europeos y americanos. Sin embargo, el valor de viscosidad cinemática de algodón de biodiesel se encuentra dentro del límite máximo permitido por las normas americanas, pero mayor que la recomendada por la norma europea. El biodiesel de ricino muestra un valor mucho más alto de la viscosidad que los otros, causando así problemas de inyección (Conceição et ál., 2007). La alta viscosidad del biodiesel de aceite de ricino es debido al alto contenido de ácido ricinoleico (90,2%). Este ácido tiene un grupo hidroxilo en el carbono 12, que promueve un gran incremento en la viscosidad del aceite (Conceição et ál., 2007, Scholz & Silva, 2008).

## Conclusiones

Con tantas diferencias entre las materias primas y el perfil de ácidos grasos, lo que vemos es que cada materia prima tiene una o más propiedades deseables para la calidad del biodiesel, entonces es necesario interrogar por **¿cuál es la mejor materia prima para la producción de biodiesel?**

La elección de cualesquiera de las materias primas deberá cumplir las normas y necesidades de cada región. Si una materia prima con baja resistencia a la oxidación, que tiene una alta concentración de ácidos

grasos insaturados, es la fuente principal para la producción de biodiesel, la adición de antioxidantes sintéticos y el cuidado con el almacenamiento debe ser cuidadosamente evaluado. Si la temperatura media anual es relativamente baja, la producción de biodiesel debe tener en cuenta la elección de las materias primas con ácidos grasos insaturados, que proporcionan un flujo adecuado de combustible.

La gran dificultad en el establecimiento de una materia prima ideal para la producción de biodiesel se encuentra con la contradicción de dos propiedades importantes de la calidad del biodiesel, estabilidad oxidativa y las propiedades de baja temperatura. Los ácidos grasos, principales responsables de influir en estas propiedades, se relacionan inversamente. Los ácidos grasos saturados contribuyen para un biodiesel con buena estabilidad oxidativa, mientras que empeoran las propiedades a bajas temperaturas, mediante el aumento de los puntos de obstrucción del filtro frío, la nube y fluidez. Así, varios estudios buscan encontrar un «mediano» que satisfaga a ambas propiedades - la proporción y concentración ideal de ácidos grasos. A pesar de la gran diversidad de materias primas y sus peculiaridades, la búsqueda del perfil ideal de ácidos grasos se encuentra todavía en sus primeras etapas. Lo que hasta el momento, es que los materiales con alta concentración de ácido linoleico (18:1) son los más adecuados para satisfacer a las dos propiedades - estabilidad oxidativa y propiedades de baja temperatura. Así, para ayudar en la comprensión de cómo estas propiedades se comportan contra las variaciones en el perfil de ácido graso, una forma sencilla de hacerlo es usar mezclas de biodiesel con diferentes perfiles de ácidos grasos. En un estudio reciente de la Universidad Federal de Viçosa (datos no publicados), utilizando mezclas de biodiesel a partir de diferentes materias primas (palma, soja y jatrofa), los resultados confirman que algunos ácidos grasos contribuyen de manera más significativa que otros para mejorar una propiedad en particular del biodiesel.

La mejora de la estabilidad oxidativa de las mezclas, por ejemplo, es afectada positivamente por el aumento de la proporción de biodiesel de palma en la mezclas. La mejora es debido a la contribución del perfil de ácidos grasos del biodiesel de palma, compuesto principalmente por ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Estos ácidos grasos son menos susceptibles a la oxidación y son un importante «aditivo» que puede añadirse a otros biodie-

sel para aumentar su estabilidad oxidativa. Sin embargo, además de los ácidos grasos, los componentes menores presentes en la fracción de aceite como los tocoferoles y los carotenoides, poco estudiadas en el biodiesel, no debe pasarse por alto, ya que algunos resultados no son todavía bien entendidos que sólo el perfil de ácidos grasos es medido.

La búsqueda de energía renovable, incluyendo biodiesel, es objeto de intensa investigación, sin embargo, todavía poco explorado. La comprensión de cómo los ácidos grasos y los componentes menores afectan las propiedades de biodiesel constituyen un potencial para la generación de biocombustibles de alta calidad.

## Referencias bibliográficas

- ANP. Boletim mensal de biodiesel Retrieved 10 July, 2011.
- AOCS. AOCS Official Method Cd 12b-92 *Official methods and recommended practices of the AOCS*. Champaign, IL: AOCS. 1999.
- M. Balat. Potential alternatives to edible oils for biodiesel production - A review of current work. *Energy Conversion and Management*, 52(2) 201, pp.1479-1492. doi: 10.1016/j.enconman.2010.10.011.
- P. Benjumea, J. Agudelo & A. Agudelo, Basic properties of palm oil biodiesel-diesel blends. *Fuel*, 87(10-11) 2008, pp. 2069-2075. doi: 10.1016/j.fuel.2007.11.004.
- E. B. Cahoon & K. M. Schmid, Metabolic Engineering of the Content and Fatty Acid Composition of Vegetable Oils. In E. Ltd. (Ed.), *Advances in Plant Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 1, 2008, pp. 161-200. doi: 10.1016/S1755-0408(07)01007-7.
- M. Canakci, & H. Sanli, Biodiesel production from various feedstocks and their effects on the fuel properties. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 35(5) 2008, pp. 431-441 doi: 10.1007/s10295-008-0337-6.
- M. M. Conceição, R. A., Candeia, F. C. Silva, A. F. Bezerra, V. J. Fernandes & A. G. Souza, Thermoanalytical characterization of castor oil biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5), 2007, pp. 964-975. doi: 10.1016/j.rser.2005.10.001.
- R. R. Costa-Neto, L. F. S. Rossi, G. F. Zagonel, & L. P. Ramos, Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. *Química Nova*, 23(4), 2000, pp. 531-537.
- A. Demirbas, *Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines*, 1 ed. London: Springer, 2008.
- R. O. Dunn, Oxidative Stability of Soybean Oil Fatty Acid Methyl Esters by Oil Stability Index (OSI). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 82(5), 2005, pp. 381-387.
- R. O. Dunn, & G. Knothe. Alternative diesel fuels from vegetable oils and animal fats. *Journal of Oleo Science*, 50(5), 2001, pp. 415-426.
- FAO. FAOSTAT - Production Crops Retrieved 10 July, 2011.
- E. N. Frankel, *Lipid Oxidation*. Dundee, Scotland: The Oil Press, 2005.
- K. G. Georgogianni, M. G. Kontominas, P. J. Pomonis, D. Avlonitis, & V. Gergis, Conventional and in situ transesterification of sunflower seed oil for the production of biodiesel. *Fuel Processing Technology*, 89(5), 2008, pp. 503-509. doi: 10.1016/j.fuproc.2007.10.004.
- M. S. Graboski, & R. L. McCormick, Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 24, 25-1998, p.164.
- H. Imahara, E. Minami, & S. Saka, Thermodynamic study on cloud point of biodiesel with its fatty acid composition. *Fuel*, 85(12-13) 2006, pp. 1666-1670. doi: 10.1016/j.fuel.2006.03.003.
- C. Kaya, C. Hamamci, A. Baysal, O. Akba, S. Erdogan, & A. Saydut, Methyl ester of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seed oil as a potential feedstock for biodiesel production. *Renewable Energy*, 34(5), 2009, pp. 1257-1260. doi: 10.1016/j.renene.2008.10.002.
- A. Kinney, & T. Clemente, Modifying soybean oil for enhanced performance in biodiesel blends. *Fuel Processing Technology*, 86(10) 2005, pp.1137-1147. doi: 10.1016/j.fuproc.2004.11.008.
- G. Knothe, Structure Indices in FA Chemistry. How Relevant Is the Iodine Value? *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(9) 2002, pp.847-854.
- G. Knothe. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 86(10) 2005, pp.1059-1070. doi: 10.1016/j.fuproc.2004.11.002.
- G. Knothe. Some aspects of biodiesel oxidative stability. *Fuel Processing Technology*, 88(7), 2007, pp. 669-677. doi: 10.1016/j.fuproc.2007.01.005
- G. Knothe., & R. O. Dunn. Dependence of oil stability index of fatty compounds on their structure and concentration and Presence of Metals. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(10) 2003, pp. 1021-1026.
- R. L. McCormick, M. Ratcliff, L. Moens, & R. Lawrence, Several factors affecting the stability of biodiesel in standard accelerated tests. *Fuel Processing Technology*, 88(7) 2007, pp. 651-657. doi: 10.1016/j.fuproc.2007.01.006.
- R. L. McCormick, & S. R. Westbrook, Storage Stability of Biodiesel and Biodiesel Blends. *Energy & Fuels*, 24(1) 2010, pp. 690-698. doi: 10.1021/ef900878u.
- E. Moretto, & R. Fett. *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos* (1 ed.). São Paulo: Varela, 1998.
- L. V. R. Mundstein, V. L. C. Gonçalves, & C. J. A. Mota, *Misturas de biodiesel - melhoria das propriedades térmicas e dinâmicas de biodiesel de mamona, sebo e palma*. Paper presented at the Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, Brasília, DF. (2007).
- A. Murugesan, C. Umarani, R. Subramanian, & N. Nedunchezian, Bio-diesel as an alternative fuel for diesel engines - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(3) 2009, pp. 653-662. doi: 10.1016/j.rser.2007.10.007.
- M. N. Nabi, M. M. Rahman, & M. S. Akhter, Biodiesel from cotton seed oil and its effect on engine performance and exhaust emissions. *Applied Thermal Engineering*, 29(11-12) 2009, pp. 2265-2270. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2008.11.009.
- J. Ohlogge, & J. Browse. Lipid Biosynthesis. *The Plant Cell*, 7, 1995, pp. 957-970.
- J. S. Oliveira, P. M. Leite, L. B. de Souza, V. M. Mello, E. C. Silva, J. C. Rubim, P. A. Z. Suárez, Characteristics and composition of *Jatropha gossypifolia* and *Jatropha curcas* L. oils and application for biodiesel production. *Biomass and Bioenergy*, 33(3) 2009, pp. 449-453. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.08.006.

- J. Y. Park, D. K. Kim, J. P. Lee, S. C., Park, Y. J. Kim, & J. S. Lee. Blending effects of biodiesels on oxidation stability and low temperature flow properties. *Bioresource Technology*, 99(5) 2008, pp. 1196-1203. doi: 10.1016/j.biortech.2007.02.017.
- M. J. Ramos, C. M. Fernández, A. Casas, L. Rodríguez, & Á. Pérez. Influence of fatty acid composition of raw materials on biodiesel properties. *Bioresource Technology*, 100(1) 2009, pp. 261-268. doi: 10.1016/j.biortech.2008.06.039.
- U. Rashid & F. Anwar, Production of biodiesel through optimized alkaline-catalyzed transesterification of rapeseed oil. *Fuel*, 87(3) 2008, pp. 265-273. doi: 10.1016/j.fuel.2007.05.003.
- R. Sarin, M. Sharma, S. Sinharay, & R. Malhotra, . Jatropa-Palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia. *Fuel*, 86(10-11) 2007, pp. 1365-1371. doi: 10.1016/j.fuel.2006.11.040.
- V. Scholz, & J. N. da Silva, Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. *Biomass and Bioenergy*, 32(2) 2008, pp. 95-100. doi: 10.1016/j.biombioe.2007.08.004.
- Y. Sharma, B. Singh, & S. Upadhyay, Advancements in development and characterization of biodiesel: A review. *Fuel*, 87(12) 2008, pp. 2355-2373. doi: 10.1016/j.fuel.2008.01.014.
- S. Sumathi, S. P. Chai, & A. R. Mohamed. Utilization of oil palm as a source of renewable energy in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(9) 2008, pp. 2404-2421. doi: 10.1016/j.rser.2007.06.006.
- R. Trostle, . *Global Agricultural Supply and Demand: Factors Contributing to the Recent Increase in Food Commodity Prices/WRS-0801*. Washington, 2008 July. USDA - Economic Research Service.
- K. Wadumesthrige, J. C. Smith, J. R. Wilson, S. O. Salley, & K. Y. S. Ng, Investigation of the Parameters Affecting the Cetane Number of Biodiesel. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(11) 2008, pp. 1073-1081. doi: 10.1007/s11746-008-1290-2.

### Requisitos de inscripción

1. Ingresa a [www.usbbog.edu.co](http://www.usbbog.edu.co)
2. Diligencia el formulario de inscripción que encuentras en el link «inscripción en línea».
3. Reúne los siguientes documentos para que formalices la inscripción:
  - Fotocopia del documento de identidad.
  - Una fotografía reciente, tamaño 3 x 4 centímetros.
  - Fotocopia de la libreta militar (si la tienes).
  - Resultados de las pruebas SABER 11.
  - Fotocopia del acta de grado (si no te has graduado debes presentar un certificado original de estar cursando grado 11).
4. Cancelar el valor de la inscripción:
  - Puedes hacerlo en línea en nuestra página de Internet o directamente en la Unidad de Tesorería de la Universidad.
5. Dirígete a la Unidad de Promoción y Admisiones de la Universidad para finalizar el proceso de inscripción.

### Formas de pago y financiación

- Efectivo, tarjetas de crédito y débito, convenio ICETEX, Banco Pichincha y Fenalco Valle.

Más información:  
Oficina de Crédito y Cartera, extensiones: 312 - 141.

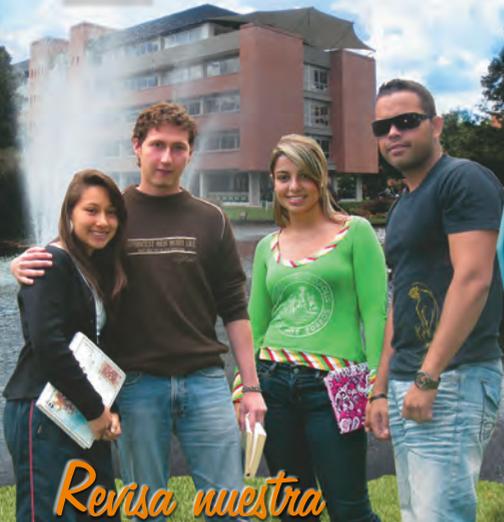
### Informes e inscripciones

Carrera 8 H N.º 172-20 • Unidad de Promoción y Admisiones  
PBX: (57-1) 667 1090, extensiones: 400 - 142 - 144  
Línea gratuita nacional: 01 8000 125151  
Correo electrónico: [Informacion@usbbog.edu.co](mailto:Informacion@usbbog.edu.co)

Calidad humana y profesional



**UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA  
BOGOTÁ**



Revisa nuestra

## Oferta Académica

DE PREGRADOS

