

## **POSIBILIDAD DE OBTENCIÓN DE UNA BASE LUBRICANTE A PARTIR DE MASA FLUIDA VEGETAL.**

A. J. Ferrero, I. M. Rosa, E. Veneciano.

CITELAC (Centro de Investigación en Tecnología Lactocárnica)

Facultad Regional Villa María, Universidad Tecnológica Nacional, Av. Universidad 450 – C.P. 5900 – Villa María, Córdoba  
Tel. 0353-4537500 - Fax 0353-4535498 e-mail: utnvm@frvm.utn.edu.ar

**RESUMEN:** En el presente trabajo se pretende analizar la posibilidad de obtención de bases lubricantes utilizando masa fluida vegetal como materia prima a través del proceso de producción del biodiesel. Se realizaron diversos ensayos experimentales empleando diferentes materias primas y modificando las condiciones de operación dentro de la reacción catalítica de transesterificación. Luego se analizaron los productos obtenidos en cuanto a viscosidad, lubricidad, composición química y demás propiedades fisico-químicas. Los resultados obtenidos mostraron viscosidades descendentes entre las materias primas y el biodiesel, valores de lubricidad aceptables y variaciones composicionales que indican influencia de las condiciones de operación. Basado en los resultados del estudio se concluye que las mezclas obtenidas son factibles de utilizarse como bases lubricantes y que sus características composicionales y por lo tanto de viscosidad y lubricidad se pueden modificar ajustando las variables de proceso de acuerdo con lo mostrado por la cinética de reacción.

**Palabras clave:** bases lubricantes, biodiesel, transesterificación, masa fluida vegetal.

### **INTRODUCCIÓN**

La lubricación es una operación básica indispensable para el funcionamiento de la gran mayoría de la maquinaria tanto industrial como doméstica. Consiste en la aplicación de una capa de material con determinadas características fisicoquímicas y fluidodinámicas entre superficies metálicas móviles, las que al microscopio presentan continuas irregularidades en forma de picos y valles. Esta capa evita el contacto metal-metal, reduciendo la fricción, la producción de calor, el desgaste y el arranque de material. Para cumplir con estos requerimientos, el lubricante debe presentar como características principales, entre muchas otras, una adecuada viscosidad y adherencia para poder rellenar los intersticios y soportar la carga específica. Por otro lado, el producto debe poseer una buena estabilidad térmica, física y química para aumentar su vida útil.

Dicho conjunto de requerimientos se logra mediante la obtención de una base lubricante más el agregado de un paquete de aditivos (Palate Gaybor, 2006). Las características resultantes permitirán aplicación a diversos sistemas lubricados que presentan diferentes condiciones de presión, carga, temperatura, contaminación, etc., como son los circuitos de motores, cajas reductoras, o sistemas que utilizan este tipo de aceite con fines hidráulicos. Actualmente, las bases lubricantes más utilizadas son derivadas del petróleo o producidas sintéticamente y están formadas por moléculas de aproximadamente treinta átomos de Carbono.

Es ya conocido que la gran demanda mundial de productos derivados del petróleo tales como combustibles, lubricantes, solventes, plásticos y demás ha impactado fuertemente en las reservas fósiles y más gravemente sobre el medio ambiente (Vicente et al. 1998), acentuando los problemas de lluvia ácida, capa de ozono, deshielos, efecto invernadero, derrames de petróleo, etc. Por lo tanto, desde hace unas pocas décadas se han realizado investigaciones direccionadas al uso de fuentes alternativas renovables y limpias para sustituir en parte el consumo de fósiles.

En el siguiente trabajo se pretende analizar la posibilidad de uso de masa fluida vegetal como materia prima para la obtención de una base lubricante aprovechando el proceso de producción de biodiesel, el cual se caracterizará y se pondrá a punto. El objetivo principal es obtener, a través de dicho proceso, mezclas que contengan ciertas cantidades de productos intermedios de reacción, los cuales podrían presentar características similares a las bases lubricantes fósiles de acuerdo con su estructura molecular y número de átomos de Carbono que la conforman. Las mezclas, obtenidas a escala laboratorio, se analizan en cuanto a composición, características fisicoquímicas y propiedades lubricantes, al igual que el biodiesel, para evaluar su potencial de utilización como bases lubricantes.

La meta recién planteada se sustenta en los estudios realizados sobre la cinética de la reacción de transesterificación para obtener biodiesel. Esta reacción se basa en la transformación de triglicéridos en alquilesteres utilizando alcoholes menores y catalisis la gran mayoría de las veces. Consta de tres reacciones consecutivas en las cuales se producen diglicéridos, monoglicéridos y glicerol, mientras se forma biodiesel a partir de cada una de ellas (Van Gerpen, 1997). Dichos estudios indican, como se puede ver en la literatura (Wenzel et al. 2006), la presencia de apreciables cambios en las cantidades relativas de compuestos intermedios durante el avance de la reacción hacia la producción de biodiesel, donde las reacciones directas dominan, siendo las constantes de reacción directa mucho mayores que las de inversa. La tercera reacción directa se puede considerar como un paso limitante del proceso total de transesterificación y la cantidad residual de monoglicéridos al final del proceso puede ser considerable.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales.

Para desarrollar las experiencias, se emplean como materias primas distintos aceites vegetales vírgenes (aceite de colza, aceite de soja y aceite de pollo) y grasas (grasa de leche, grasa vacuna y grasa de cerdo), cuyos pH y densidades varían respectivamente en un rango de 5-7 y 0,85-0,95 gr/ml, el alcohol utilizado es el metanol y los catalizadores empleados son el NaOH y el KOH.

Las reacciones se realizan en diferentes recipientes (reactores), dependiendo del volumen de aceite que se planifique transformar. Estos son: erlenmeyer de vidrio pirex de 1000 y 500 ml, en donde el fluido vegetal es agitado mediante un agitador magnético de 200 watts de potencia, reactor de acrílico de fondo cilíndrico con 3lts. de capacidad y un reactor de plástico de fondo cilíndrico con 10 lts. de volumen. En estos, la agitación es suministrada a través de un agitador mecánico de seis paletas planas accionado por un motor eléctrico de 260 watts de potencia que trabaja con un voltaje de 200/240V, las revoluciones proporcionadas por éste son medidas con un tacómetro digital (Sinometer DT-2234C), que permite medir en un rango de 0,1-999,9 rpm. Las características del agitador se muestran en la Tabla 1.

| Dimensiones del agitador  |     |
|---------------------------|-----|
| Diámetro (cm.)            | 7,4 |
| Longitud de la pala (cm.) | 2,7 |
| Ancho de la pala (cm.)    | 0,8 |

Tabla 1: Dimensiones del agitador.

Además, los recipientes constan de cuatro baffles planos de acero de 0.8 cm. de ancho para facilitar las condiciones fluido-dinámicas adecuadas a la mezcla reaccionante.

Las propiedades de los productos obtenidos, tales como viscosidad y composición se obtienen mediante los procedimientos estándar que se listan en la Tabla 2.

| Análisis               | Método de ensayo |
|------------------------|------------------|
| Viscosidad 40°C, cSt   | ASTM D 445       |
| Monoglicéridos, g/100g | ASTM D 6584      |
| Diglicéridos, g/100g   | ASTM D 6584      |
| Triglicéridos, g/100g  | ASTM D 6584      |
| Esteres, g/100g        | EN 14103         |

Tabla 2: Métodos estándar para determinar viscosidad y composición.

La cromatografía gaseosa (Shimadzu GC-17A Gas Chromatograph) se utilizó para determinar la composición de ácidos grasos. El resultado es reportado en la sección de resultados.

La viscosidad fue determinada utilizando viscosímetro Koehler AKV9500 Automated Kinematic Viscosity System. Ambas mediciones fueron practicadas en el instituto de investigaciones en catálisis y petroquímica (INCAPE).

Además, se diseñó un experimento el cual se desarrolla en la siguiente sección para medir la viscosidad cinemática. Para el mismo se utilizó un viscosímetro capilar de vidrio tipo Ubbelohde, en donde la gravedad es la causa que hace fluir al líquido dentro del capilar, cuatro bases fósiles, patrones secundarios, un aceite reductor fósil aditivado usado y biodiesel; los valores de viscosidad de éstos se listan en la Tabla 3.

| Muestra                         | Viscosidad (cst.), 40°C |
|---------------------------------|-------------------------|
| Biodiesel                       | 6,06                    |
| Patrón 1                        | 32                      |
| Patrón 2                        | 46                      |
| Patrón 3                        | 68                      |
| Aceite reductor fósil aditivado | 214                     |

Tabla 3: Viscosidad cinemática de las muestras patrones

También, se emplea el Software Microsoft Office Excel 2003 para realizar la gráfica de viscosidad en función del tiempo y obtener la ecuación de regresión.

Otras propiedades físico-químico como el pH, densidad y acidez también son medidas. La densidad es medida adoptando un método sencillo, para el cual se utiliza una bureta de vidrio pirex de 25ml, una balanza electrónica (ACCULAB V-200) con capacidad para pesar 200 gr. y un vaso precipitado de vidrio pirex de 100ml.

El pH se mide mediante el pHmetro HI 9025 y cinta de pH. La acidez se evalúa de acuerdo al procedimiento descrito en el manual de análisis de calidad para productos de soja en la industria de alimentos (Van Eys et al. 2001) para el cual se utilizan los siguientes materiales: etanol, éter etílico, KOH (0,1M), HCL (0,1M), fenoftaleína al 1%. Además se requiere de una bureta de 25 ml graduada en 0,1 ml, vasos precipitados de 250 ml, 100 ml y matraz de 100 ml.

Por último, los test de lubricidad, que junto con la viscosidad nos brindan cualidades de aplicación, fueron llevados a cabo en Repsol YPF (San Nicolás) y Laboratorios Kluber (San Nicolás) usando el dispositivo Shell cuatro bolas.

*Procedimientos (transesterificación).*

En primer lugar se procede al acondicionamiento de las materias primas, el cual consiste en la neutralización con NaOH 1N agregado por aspersión; según las condiciones iniciales de acidez de los aceites y grasas puede lograrse la neutralización de una vez o mediante neutralizaciones sucesivas. Luego, se separan los aceites neutralizados de los jabones formados que sedimentan en el fondo del recipiente y mediante aspersión se les agrega agua para arrastrar los restos de jabón. Por último, las materias primas son secadas con el uso de un mechero, calentando a 105 °C y dejando el fluido en condiciones de ser transformado.

El paso siguiente consiste en establecer las variables de proceso (temperatura, relación molar aceite-alcohol, porcentaje de catalizador y tiempo de reacción) para la reacción de transesterificación basadas en los avances de reacción pretendidos. En las Tablas 4 y 5 que se encuentran a continuación se muestran los distintos ensayos con los valores de las variables establecidos para cada uno de ellos.

| Ensayo N° | Equipo de Reacción            | Agitación             | Materia Grasa   | Masa de Materia Grasa (gr) | Volumen de Materia Grasa (ml) | Relación Molar grasa/alcohol | Catalizador | %p/p Cat/aceite |
|-----------|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------|-----------------|
| 1         | Erlenmeyer (500ml)            | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 227                        | 250                           | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 2         | Erlenmeyer (500ml)            | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 223                        | 250                           | 1-4,74                       | KOH         | 0,8             |
| 3         | Erlenmeyer (500ml)            | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 230                        | 250                           | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 4         | Erlenmeyer (500ml)            | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 230                        | 250                           | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 5         | Erlenmeyer (500ml)            | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 230                        | 250                           | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 6         | Erlenmeyer (500ml)            | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 230                        | 250                           | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 7         | Reactor de Acrílico (3 lts.)  | Mecánica (Hélices)    | Aceite de Colza | 1045                       | 1140                          | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 8         | Reactor de plástico (10 lts.) | Mecánica (Hélices)    | Aceite de Colza | 4620                       | 5000                          | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 9         | Reactor de plástico (10 lts.) | Mecánica (Hélices)    | Aceite de Colza | 4631                       | 5000                          | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 10        | Erlenmeyer (1000ml)           | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 450,6                      | 500                           | 1-4,71                       | NaOH        | 0,62            |
| 11        | Erlenmeyer (1000ml)           | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 911                        | 1000                          | 1-4,66                       | NaOH        | 0,77            |
| 12        | Erlenmeyer (500ml)            | Magnética (Submarino) | Aceite de Colza | 227,5                      | 250                           | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |
| 13        | Erlenmeyer (1000ml)           | Magnética (Submarino) | Grasa de Leche  | 508                        | 500                           | 1-3,97                       | KOH         | 0,97            |
| 14        | Erlenmeyer (1000ml)           | Magnética (Submarino) | Aceite de pollo | 455                        | 500                           | 1-4,74                       | NaOH        | 0,8             |

Tabla 4: Ensayos de transesterificación con distintos valores de las variables.

| Ensayo N° | pH Aceite Crudo | pH Aceite Neutralizado | Temperatura de reacción (°C) | Tiempo de reacción (min) |
|-----------|-----------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1         | 6               | 7                      | 33                           | 1                        |
| 2         | 6               | 7                      | 27                           | 1                        |
| 3         | 6               | 7                      | 32                           | 1                        |
| 4         | 6               | 7                      | 34                           | 1                        |
| 5         | 6               | 7                      | 34                           | 1                        |
| 6         | 6               | 7                      | 34                           | 1                        |
| 7         | 6               | 7                      | 32                           | 1                        |
| 8         | 6               | 7                      | 28                           | 1                        |
| 9         | 6               | 7                      | 32                           | 1                        |
| 10        | 6               | 7                      | 50                           | 180                      |
| 11        | 6               | 7                      | 50                           | 190                      |
| 12        | 5               | 7                      | 50                           | 210                      |
| 13        | 5               | 6,5                    | 50                           | 177                      |
| 14        | 5,5             | 7                      | 50                           | 180                      |

Tabla 5: Ensayos de transesterificación con distintos valores de las variables.

Para los ensayos del 1 al 9, la experiencia consiste en cargar el fluido vegetal en el recipiente de reacción, acondicionarlo a la temperatura deseada y luego comenzar con la agitación al mismo tiempo que se le agrega el metóxido. La reacción se corta al minuto mediante el agregado de una cierta cantidad de agua, que corresponde al 20% del volumen inicial de aceite, continuándose con la agitación durante un rango de tiempo que va de los 10 a los 20 segundos. Posteriormente, se separan las dos fases formadas por decantación, siendo la fase inferior el residuo de reacción. La fase superior es secada utilizando un mechero con el que se calienta hasta 110°C y se controla el contenido de agua en la misma mediante crepitación. De esta manera, el producto está en condiciones de ser analizado mediante los procedimientos que se mencionarán en la siguiente sección, para evaluar su posible uso como base lubricante.

Por otra parte, en los ensayos del 10 al 13 se carga en el reactor la materia prima correspondiente, se ajusta a la temperatura deseada e inmediatamente una vez iniciada la agitación, para brindar las condiciones fluido-dinámicas necesaria (régimen turbulento), se añade el métoxido y el recipiente de reacción se tapa con un tapón de goma, el mismo contiene un termómetro de mercurio para controlar la temperatura de reacción evitando de esta forma la fuga del metanol. En estas pruebas el tiempo de reacción se encuentra en el rango de las 3-3,5 hs., dado que el objetivo buscado en las mismas es la mayor transformación posible de los ácidos grasos en metil éster. Una vez frenada la reacción en los tiempos referidos, se continúa con la separación de las fases biodiesel y glicerina en una ampolla de decantación. Seguidamente, el biodiesel es lavado con agua (20% del volumen del biodiesel), la importancia del mismo radica en que permite remover los restos de catalizador y exceso de metanol en el biodiesel, esto se realiza mediante aspersión o por el agregado directo de agua mientras el aceite es removido suavemente durante un tiempo no mayor a los 10 segundos dado que se puede formar una emulsión. El lavado debe realizarse las veces que sean necesarias hasta que el pH del biodiesel llegue al valor de 7. De esta forma nos aseguramos que los restos de catalizador y exceso de alcohol sean arrastrados por el agua, cuyo pH en la mayoría de los casos luego de ser separada del biodiesel por decantación, se encuentra en el rango de 8-10. En la última etapa, el metil éster es secado utilizando un mechero Bunsen, con el cual se calienta hasta 105°C y se controla el contenido de agua en la misma mediante crepitación. De esta forma, el biodiesel esta en condiciones de ser analizado.

*Caracterización de los productos de transesterificación.*

Para las mediciones de viscosidad de determinados ensayos se desarrolló una experiencia con el fin de calibrar el viscosímetro Ubbelhode. Ésta consiste en primer lugar, en medir los tiempos de caída de manera repetitiva de las muestras que se muestran en la Tabla 3 en el viscosímetro Ubbelhode a 40°C., manteniéndose constante la temperatura por medio de un baño María. Obtenidos dichos resultados se calculan sus correspondientes tiempos medios de caída, los cuales se pueden observar en la Tabla 6.

| Viscosidad (cst) | Tiempo (seg) | Tiempo medio (seg) |
|------------------|--------------|--------------------|
| 6,06             | 1,9          | 1,48               |
|                  | 1,5          |                    |
|                  | 1,3          |                    |
|                  | 1,2          |                    |
|                  | 1,5          |                    |
| 32               | 8,7          | 7,6                |
|                  | 7,3          |                    |
|                  | 6,9          |                    |
|                  | 8,1          |                    |
|                  | 7,3          |                    |
| 46               | 17,1         | 15,48              |
|                  | 15,8         |                    |
|                  | 15           |                    |
|                  | 14,8         |                    |
| 68               | 14,7         | 18,02              |
|                  | 18,3         |                    |
|                  | 17,7         |                    |
|                  | 18,1         |                    |
|                  | 17,8         |                    |
| 214              | 18,2         | 53,22              |
|                  | 54,4         |                    |
|                  | 52,3         |                    |
|                  | 51           |                    |
|                  | 51,7         |                    |
|                  | 56,7         |                    |

Tabla 6: Tiempos medio de caída de las muestras patrón.

Luego, se representan las viscosidades versus los tiempos medios en forma gráfica (Figura 1), en donde se obtiene la ecuación de regresión para los puntos representados. La ecuación es la siguiente:

$$Y = 3.3363 * X + 1.8998 \tag{1}$$

En donde:  
 X = Tiempo medio de caída.  
 $R^2 = 0,9412$

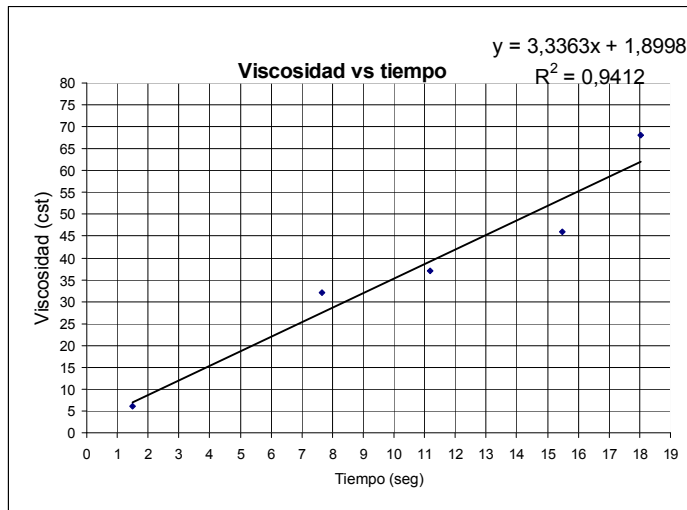


Figura 1: Curva de calibración para las mediciones de viscosidad.

Por último, una vez que se obtiene la gráfica con su ecuación correspondiente se miden los tiempos de caída de distintos ensayos de manera sucesiva en el viscosímetro. Posteriormente, se calculan los tiempos medios que nos permiten ya sea con la ecuación de regresión o mediante la gráfica obtener los valores de viscosidad correspondientes. En la sección de resultados, se encuentran los valores de viscosidad de ensayos específicos calculados de la manera que se acaba de explicar junto con los resultados derivados de los métodos estándares de la Tabla 2.

La densidad se obtiene colocando en la bureta de 25 ml, graduada en 0,1 ml, el fluido al que se le desea medir la misma, posteriormente los 25 ml del fluido son introducidos en un vaso de precipitado de 100 ml, que se encuentra sobre la balanza electrónica. De esta forma, al agregar el volumen del líquido la balanza indica la masa correspondiente y por aplicación de la fórmula que se muestra a continuación se puede calcular la densidad.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

En donde:  
 $\rho$  = densidad; gr/ml  
 m = masa; gr  
 v = volumen; ml

Para el cálculo de la acidez, se procedió de acuerdo con los siguientes pasos: 1) Se pesan entre 0.1 a 10 gr de la muestra en un vaso de precipitado de 100 ml y se disuelve en por lo menos 50 ml de la mezcla de solventes (95% etanol/éter, 1/1, v/v).

2) Se titula con solución de KOH, llegando al punto final cuando el color rosa de la fenofaleína persiste al menos durante 10 segundos. 3) El valor de la acidez es calculado por la siguiente fórmula:

$$\text{Valor de acidez} = 56,1 * \text{KOH} * \text{ml de KOH} / \text{peso de la muestra original, gr.} \quad (3)$$

En los ensayos realizados con agitación mecánica (7, 8 y 9) se realizó el cálculo del número de Reynolds aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Re} = \frac{\pi * Da^2 * n * \rho}{\mu} \quad (4)$$

En donde:

Da = diámetro del agitador, cm.

n = revoluciones por segundo

$\rho$  = densidad, gr/ml

$\mu$  = viscosidad, Kg/m seg.

El diámetro del agitador corresponde al que se especifica en la Tabla 1. Las revoluciones de la agitación se miden con el tacómetro, y la densidad y viscosidad se obtienen por los métodos ya descritos. En la Tabla 7 se especifican las revoluciones del agitador con el número de Reynolds correspondiente.

| Ensayo N° | Número de revoluciones (rpm) | Número de Reynolds |
|-----------|------------------------------|--------------------|
| 7         | 938                          | 12208,23           |
| 8         | 700                          | 8168,14            |
| 9         | 830                          | 9519,03            |

Tabla 7: *Revoluciones de agitación y números de Reynolds.*

## RESULTADOS

### *Análisis de propiedades físicas*

#### *Análisis de viscosidad cinemática de distintas bases lubricantes*

El análisis de viscosidades cinemáticas de las posibles bases lubricantes se efectuó con dos tipos de viscosímetros, entre ellos el de Ubbelohde que se calibró previamente mediante muestras patrón. En la Tabla 8 se muestran los resultados de los diferentes tiempos de caída obtenidos mediante este instrumento de medida con las correspondientes viscosidades cinemáticas calculadas con la ecuación 1 para las tres posibles bases lubricantes analizadas (aceite, reacción parada al minuto y biodiesel).

| Ensayo N°                    | Tiempo promedio en Ubb (seg) | Viscosidad en Ubbelohde (cst) |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Aceite de colza crudo        | 9,43                         | 33,36                         |
| Aceite de colza neutralizado | 9,39                         | 33,23                         |
| 3                            | 4,78                         | 17,85                         |
| 4                            | 3,85                         | 14,74                         |
| 5                            | 3,96                         | 15,11                         |
| 6                            | 5,67                         | 20,82                         |
| 7                            | 5,29                         | 19,55                         |
| 8                            | 4,47                         | 14,91                         |
| 9                            | 5,79                         | 21,22                         |
| Biodiesel (10)               | 1,73                         | 7,64                          |
| Biodiesel (11)               | 1,71                         | 7,60                          |
| Biodiesel (12)               | 1,75                         | 7,64                          |
| Biodiesel (13)               | 1,54                         | 7,04                          |
| Biodiesel (14)               | 1,35                         | 6,32                          |

Tabla 8: *Viscosidades y tiempos de caída en Ubbelohde a 40°C.*

Además de medir la viscosidad en este equipo de laboratorio se efectuaron análisis según el método de ensayo ASTM D 445 utilizando el viscosímetro Koehler AKV9500 Automated Kinematic Viscosity System. En la Tabla 9 se detallan los resultados de los análisis para seis muestras diferentes.

| Ensayo N°      | Viscosidad (cst) |
|----------------|------------------|
| 1              | 32,81            |
| 2              | 31,26            |
| 4              | 13,6             |
| 6              | 20,5             |
| 9              | 23,2             |
| Biodiesel (12) | 6,06             |

Tabla 9: *Viscosidad mediante método ASTM D 445 a 40°C.*

Otro parámetro relacionado con esta propiedad que se midió fue el índice de viscosidad, es decir, el valor que determina la correlación existente entre la viscosidad de un aceite lubricante y la temperatura. Según esto, el ensayo N°1 presenta un valor de 215 y el ensayo N°2 de 216 de dicho índice.

### Análisis de acidez y pH

En la siguiente tabla se detallan los resultados de los valores de acidez para diferentes bases lubricantes.

| Ensayo N°           | Ph   | Acidez (mgKOH/g) |
|---------------------|------|------------------|
| Aceite crudo        | 6    | 15               |
| Aceite neutralizado | 7    | 3,67             |
| 1                   | 8,5  | 0,30             |
| 2                   | 9,0  | 0,29             |
| 3                   | 9,5  | 0,33             |
| 4                   | 9,5  | 0,35             |
| 5                   | 9,5  | 0,28             |
| 6                   | 9,5  | 0,31             |
| 7                   | 6,5  | 0,32             |
| 8                   | 9-10 | 0,26             |
| 9                   | 9    | 0,40             |
| Biodiesel(10)       | 7,3  | 0,53             |
| Biodiesel (11)      | 7,1  | 0,6              |
| Biodiesel (12)      | 7,0  | 0,50             |
| Biodiesel (13)      | 7,0  | 0,56             |
| Biodiesel (14)      | 7,2  | 0,59             |

Tabla 10: Acidez y pH de diferentes bases lubricantes.

### Análisis de densidad

En el laboratorio se efectuaron mediciones de densidad que se presentan en la siguiente tabla.

| Ensayo N°           | Densidad (g/ml) |
|---------------------|-----------------|
| Aceite crudo        | 0,88            |
| Aceite neutralizado | 0,89            |
| 1                   | 0,95            |
| 2                   | 0,96            |
| 3                   | 0,90            |
| 4                   | 0,89            |
| 5                   | 0,89            |
| 6                   | 0,89            |
| 7                   | 0,90            |
| 8                   | 0,90            |
| 9                   | 0,89            |
| Biodiesel (10)      | 0,88            |
| Biodiesel (11)      | 0,88            |
| Biodiesel (12)      | 0,88            |
| Biodiesel (13)      | 0,87            |
| Biodiesel (14)      | 0,86            |

Tabla 11: Densidades de diferentes bases lubricantes.

### Rendimientos

Los rendimientos se calcularon estableciendo la relación entre la masa de la fase superior resultante de la reacción de transesterificación (biodiesel) con respecto a la masa teórica de biodiesel que se debería producir basándose en la estequiometría de dicha reacción. Estos rendimientos son estimativos debido a que la fase superior no está compuesta puramente por biodiesel, sino que puede presentar principalmente restos de aceite, productos intermedios de reacción, y glicerina. En la siguiente tabla se presentan estos resultados.

| Ensayo N°      | Rendimientos (masa biodiesel/masa biodiesel teórico) |
|----------------|--|
| Biodiesel (10) | 0,95   |
| Biodiesel (11) | 0,93   |
| Biodiesel (12) | 0,95   |
| Biodiesel (13) | 1,03   |
| Biodiesel (14) | 0,96   |

Tabla 12: Rendimientos de reacción de transesterificación.

### Análisis de lubricidad

El análisis de lubricidad de las posibles bases lubricantes se llevó a cabo mediante un ensayo de desgaste Shell 4 bolas. En la siguiente tabla se muestran los resultados de este método para el aceite de colza neutralizado y la reacción parada al minuto.

| Ensayo N°           | Desgaste 4 bolas (mm) |
|---------------------|-----------------------|
| Aceite neutralizado | 0,43                  |
| 1 (seco)            | 0,43                  |
| 2 (seco)            | 0,44                  |
| 8 (húmedo)          | 0,60                  |

Tabla 13: Análisis de lubricidad mediante desgaste 4 bolas.

#### Análisis de la composición Química

El análisis de la composición química de las muestras se efectuó con diferentes métodos de ensayo (ASTM D6584 y EN 14103). A continuación se representa en la siguiente tabla la composición de monoglicéridos, diglicéridos, triglicéridos y metiléster para la reacción de biodiesel parada al minuto.

| Ensayo N° | Monoglicéridos g/100g | Diglicéridos g/100g | Triglicéridos, g/100g | Esteres, g/100g |
|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| 4         | 0,73                  | 6,51                | 44,54                 | 41,8            |
| 6         | 1,19                  | 5,89                | 72,27                 | 20,8            |
| 9         | 1,22                  | 4,39                | 74,36                 | 19,76           |

Tabla 14: Análisis de la composición Química de la reacción parada al minuto.

Además el biodiesel presenta, en concordancia con las normas vigentes, un contenido de metiléster de alrededor del 95% y de mono, di, y triglicéridos menor al 2%.

### DISCUSIÓN

Los resultados anteriores muestran la obtención, a través del proceso de producción del biodiesel, de distintas mezclas, las cuales presentan las siguientes características principales: sus viscosidades se encuentran entre las correspondientes a la materia prima y al producto final; por otro lado, presentan propiedades lubricantes aceptables, lo que concuerda con lo expuesto en la literatura (Hu et al. 2005; Drown et al. 2001). Dichas propiedades se encuentran influenciadas negativamente por la presencia de agua. La composición de estas mezclas se puede analizar mediante un estudio cinético de la reacción de transesterificación (Wenzel et al. 2006) y las cantidades relativas de los compuestos intermedios presentes son factibles de ser modificadas por ajustes de las condiciones de proceso.

Del análisis de los resultados de las viscosidades cinemáticas mostrados en la tabla 8 se observa que las mismas disminuyen a medida que avanza la reacción de formación de metiléster, lo que muestra una relación directa entre el tamaño de las moléculas presentes en la mezcla y las viscosidades de la misma. Este mismo comportamiento, para las reacciones paradas y el biodiesel, se detalla en la Tabla 9, analizado según el método ASTM D 445. Los ensayos independientes de viscosidad llevados a cabo con diferentes técnicas muestran valores similares. Por otro lado, los análisis de índice de viscosidad develan la posibilidad, en caso de servir este tipo de productos como bases lubricantes, de un buen comportamiento de la viscosidad en función de los cambios de temperatura en el medio de aplicación.

En los análisis composicionales se observa siempre el siguiente orden de concentraciones: triglicéridos, metiléster, diglicéridos y monoglicéridos, manteniéndose dentro de un cierto rango los de mono y diglicéridos, al margen de las variaciones en triglicéridos y metilésteres. La cantidad de diglicéridos, mas allá de ser superior a la de monoglicéridos, se mantiene siempre baja con respecto a la de triglicéridos y ésteres, con respecto al objetivo de obtener productos con una cantidad aproximada de 30 a 40 átomos de carbono.

Los ensayos 4 y 6, los cuales fueron diagramados para las mismas condiciones de reacción presentan una marcada diferencia composicional, lo que puede deberse a variaciones de las condiciones de operación. Los datos correspondientes a variables fisicoquímicas generales tales como acidez, pH y densidad arrojan valores aceptables y dentro de los requeridos en las normas vigentes en el caso del biodiesel, por lo que se demuestra que el proceso de producción adoptado para éste conduce a la obtención de un combustible acorde a los requerimientos, con un buen grado de conversión y un destacable ahorro en la cantidad de alcohol utilizado.

### CONCLUSIÓN

De los resultados mostrados, de su análisis y de su discusión, se pueden obtener las siguientes conclusiones sobre la posibilidad de obtención de bases lubricantes a partir de masa fluida vegetal, haciendo uso del proceso de producción de biodiesel: El proceso adoptado para la producción de biodiesel permite obtener un combustible con características satisfactorias de acuerdo a las normas vigentes, con la aplicación de tecnología sencilla y económica.

Dicho proceso, además, posibilita la obtención de mezclas de compuestos intermedios de acuerdo con los estudios cinéticos presentes en la bibliografía correspondiente a la reacción de transesterificación y las cantidades relativas de tales compuestos pueden ser modificadas por medio del ajuste de las condiciones de proceso.

Las mezclas nombradas anteriormente presentan propiedades lubricantes aceptables, las cuales se vislumbran a través de los ensayos de desgaste, demostrando además que la presencia de agua disminuye los valores de dicha propiedad. El avance de la reacción de producción de biodiesel provoca una disminución de los valores de viscosidad de las mezclas que se van generado a través de dicho avance.



## REFERENCIAS

- Drown D.C., Harper K. y Frame E. (2001). Screening Vegetable Oil Alcohol Esters as Fuel Lubricity Enhancers. *JAOCS* 78, 6, 579-584.
- Hu J., Du Z., Li C. y Min E. (2005). Study on the lubrication properties of biodiesel as fuel lubricity enhancers. *Fuel* 84, 1601-1606.
- Palate Gaybor L. (2006). ¿Qué es Viscosidad?, Monografias.com (en línea).
- Van Eys J. E., Offner A. y Bach A. (2001). Manual of Quality Analyses for Soybean Products in the Feed Industry, pág. 62. Rue du Luxembourg 16-B, Bélgica.
- Van Gerpen J. (1997). Biodiesel Production and Fuel Quality. pp. 1-12. University of Idaho, USA.
- Vicente G., Coteron A., Martínez M. y Aracil J. (1998). Application of the factorial design of experiments and response surface methodology to optimize biodiesel production. *Industrial crops and products* 8, 29-35.
- Wenzel B., Tait M., Módenes A. y Kroumov A. (2006). Modelling Chemical Kinetics of Soybean Oil Transesterification Process for Biodiesel Production: An Analysis of Molar Ratio between Alcohol and Soybean Oil Temperature Changes on the Process Conversion Rate. *Bioautomation* 5, 13-22.

## ABSTRACT

Hereby this work pretended to analyze the possibility to obtain lubricant bases using vegetal fluid mass as raw material trough biodiesel obtaining process. Several experimental trials were realized, using different raw materials and modifying the operation conditions in the catalytic transesterification reaction. Then the obtained products were analyzed regarding viscosity, lubricity, chemical composition and other physical-chemical properties. The obtained results showed descending viscosities between raw materials and biodiesel, acceptable lubricity values and compositional variations which indicate operation conditions influence. Based on the study results it is concluded that the obtained mixes are feasible of being used as lubricant bases and that its compositional characteristics, and as such of viscosity and lubricity, can be modified adjusting the process variables in accordance with what is showed by the reaction kinetics.

**Keywords:** lubricant bases, biodiesel, vegetal fluid mass, transesterification.