

**Evaluación de calidad de biodiesel
elaborado con palma africana (*Elaeis
guineensis*) y etanol**

Juan José Orellana Zelaya

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**Evaluación de calidad de biodiesel
elaborado con palma africana (*Elaeis
guineensis*) y etanol**

Proyecto especial presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria
en el Grado Académico de Licenciatura.

Presentado por

Juan José Orellana Zelaya

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

El autor concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Juan José Orellana Zelaya

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2007

Evaluación de calidad de biodiesel elaborado con palma africana (*Elaeis guineensis*) y etanol

Presentado por:

Juan José Orellana Zelaya

Aprobado:

Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Mario Contreras, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios mi amigo fiel y a las personas que son mi motivación para seguir adelante: mi madre Norma Zelaya, mis hermanos Andrea y Manuel Antonio, y mi querida sobrina Ariana.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a las personas e instituciones que contribuyeron a llevar a cabo este estudio.

Al Dr. Francisco J. Bueso y al personal del Laboratorio de Análisis de Alimento de Zamorano (LAA).

Al Ing. Víctor Tali3n por sus conocimientos, su tiempo y paciencia al inicio de este proyecto.

Al Ing. Rafael L3pez por su apoyo y colaboraci3n; y a los futuros Ingenieros Agroindustriales Jess3n Tot, Rodrigo Baccaro y Juan Quezada por la informaci3n y apoyo necesario para llevar a cabo este estudio.

RESUMEN

Orellana, J. 2007. Evaluación de calidad de biodiesel elaborado con palma africana (*Elaeis guineensis*) y etanol. Proyecto especial del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 39 p.

El propósito de este estudio fue establecer un protocolo para el análisis de calidad en el biodiesel. Las especificaciones de calidad para cada una de las propiedades se basaron en la norma D6751 de la ASTM. El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano, donde se trabajó con equipo y métodos validados por la AOAC. Las propiedades evaluadas fueron: agua libre (%), viscosidad cinemática (mm²/s), punto de enturbamiento (°C), poder calorífico (KJ/Kg), residuos de etanol, metanol y glicerina libre (%), para lo que se establecieron métodos analíticos utilizando el horno al vacío, el viscómetro, un enfriador, el calorímetro adiabático y cromatografía de gases respectivamente. Se utilizó un diseño completamente al azar, evaluando cuatro tratamientos de biodiesel de palma africana: tres concentraciones con etanol (6:1, 9:1 y 12:1 respectivamente) y el control con metanol (6:1). Los resultados se evaluaron mediante un ANDEVA y una separación de medias Tukey. Los métodos analíticos establecidos resultaron ser precisos en determinar las propiedades del biodiesel, presentando un coeficiente de variación menor a 10%. A medida la concentración de etanol aumentaba, el contenido de agua libre aumentó y la glicerina libre disminuyó. El resto de las propiedades no presentaron cambios significativos entre tratamientos. El biodiesel de palma africana cumplió con las especificaciones de calidad en contenido de residuos de alcohol, poder calorífico y el punto de enturbamiento; por lo que se recomienda utilizarlo en temperaturas de regiones tropicales, mayores a 15 °C.

Palabras clave: calorimetría, cromatografía, etanol, glicerina, metanol, viscosidad.

CONTENIDO

Portadilla	i
Autoría.....	ii
Hoja de firmas	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Contenido	vii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL BIODIESEL	3
2.2 MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL	4
2.3 ESPECIFICACIONES PARA EL BIODIESEL.....	4
2.3.1 Agua	5
2.3.2 Viscosidad cinemática	6
2.3.3 Punto de enturbamiento.....	6
2.3.4 Glicerina libre.....	6
2.3.5 Residuos de alcohol.....	6
2.3.6 Poder calorífico	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	9
3.2 MATERIALES	9
3.3 EQUIPO.....	9
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	10
3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS	10

3.5.1	Contenido de agua (ASTM 926.08).....	10
3.5.2	Determinación de viscosidad cinemática (ASTM 2983)	10
3.5.3	Determinación del punto de enturbamiento (D 2500).....	11
3.5.4	Determinación de poder calorífico (D 240)	11
3.5.5	Análisis cromatográficos (D 240)	11
3.5.6	Validación de curvas de calibración.....	13
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	13
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4.1	CROMATOGRAFÍA DE GASES.....	14
4.1.1	Calibración de métodos cromatográficos.....	14
4.1.2	Validación de las curvas de calibración	16
4.2	PRECISIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS	17
4.3	PROPIEDADES DEL BIODIESEL DE PALMA AFRICANA CON ETANOL.....	18
4.3.1	Viscosidad cinemática.....	18
4.3.2	Contenido de residuos de alcohol.....	18
4.3.3	Poder calorífico	19
4.3.4	Punto de enturbamiento.....	19
4.3.5	Contenido de agua libre.....	20
4.3.6	Contenido glicerina libre.....	20
5.	CONCLUSIONES.....	21
6.	RECOMENDACIONES.....	22
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	23
8.	ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1 Propiedades del biodiesel en función de su composición.....	4
2 Requisitos ASTM D 6751.....	5
3 Valor energético del diesel/biodiesel.....	7
4 Propiedades del biodiesel de aceite crudo de palma africana.....	8
5 Propiedades del biodiesel de aceite refinado de palma africana.....	8
6 Tiempo de retención de picos por compuesto	14
7 Valor T de las curvas de calibración por compuesto	16
8 Precisión de los métodos analíticos	18
9 Efecto de la relación molar del alcohol en las propiedades del biodiesel.....	19
10 Propiedades del biodiesel de palma africana	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
1 Una representación simple de la producción de biodiesel.....	3
2 Curva de calibración de metanol	14
3 Curva de calibración de etanol.....	15
4 Curva de calibración de glicerol	15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos	Página
1 Problemas en el motor diesel con el uso de aceites vegetales	26
2 Pico de metanol.....	27
3 Pico de etanol.....	28
4 Pico de glicerol	29
5 Reportes de validación de la curva de glicerol	30
6 Reportes de validación de la curva de metanol/etanol.....	35

1. INTRODUCCIÓN

La alternativa de utilizar el biodiesel está llamando la atención de varias industrias a nivel mundial. La mayoría de la atención se debe por ser un combustible renovable, además porque puede ser usado puro o en mezclas con combustible fósil como el diesel, reduciendo así algunos de los gases contaminantes del ambiente. En Honduras se producen más de 15 mil galones diarios de B100 producidos y utilizados por empresas como Corporación Dinant, Jaremar, Hondupalma, Coapalma y Aquafinca.

Existe un notable crecimiento en la producción de este combustible no derivado del petróleo, crecimiento relacionado no tanto por la diferencia de precios entre el diesel fósil y el biodiesel en el mercado, sino porque hay un marcado interés por parte de los productores de aceite de palma y aceite de tilapia (materia prima en el proceso de este biocombustible). El Biodiesel se produce de cualquier grasa o aceite, con un proceso de refinería llamado transesterificación. Este proceso es una reacción del aceite con un alcohol para posteriormente quitar la glicerina, que es el subproducto principal.

A medida que la producción de biodiesel y su consumo en el país se van incrementando surgen alternativas y leyes que requieren sean objeto de análisis y discusión para su correcta producción y comercialización en el mercado. Actualmente no hay ninguna legislación que controle la producción y comercialización de este biocombustible dentro de Honduras, por lo cual la calidad del mismo no es garantizada.

La relativa simplicidad en la producción de biodiesel puede ocultar la importancia de mantener un elevado nivel de calidad para que pueda ser usado como combustible para motores diesel. Las especificaciones de calidad para la comercialización de Biodiesel en el mercado norteamericano son regidas por la “American Society of Testing and Materials” (ASTM). La norma ASTM D6751 asegura la calidad y funcionamiento del biodiesel y lo colocan como un combustible legal de motor para su venta y distribución.

Todo combustible que no cumple las metas ASTM D 6751 no es considerado biodiesel, y consecuentemente su uso puede causar problemas al motor y al sistema de combustible de los automóviles.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Establecer un protocolo para el análisis de calidad del biodiesel, mediante métodos analíticos precisos y exactos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades del biodiesel de palma africana con etanol.
- Evaluar si el biodiesel de palma africana con etanol cumple con los requisitos de calidad de la norma ASTM D 6751.
- Determinar el efecto de la relación molar de etanol en las propiedades del biodiesel.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL BIODIESEL

Transesterificación (Figura 1) es el proceso donde reacciona una molécula de un triglicérido con un exceso de alcohol en la presencia de un catalizador (KOH, NaOH, NaOCH₃, etc.) para producir glicerol y ésteres grasos.

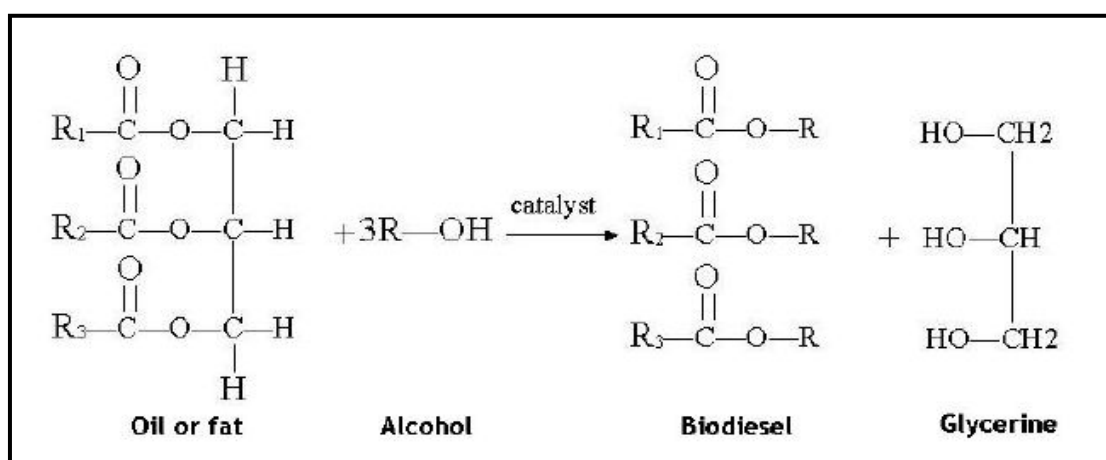


Figura 1. Una representación simple de la producción de biodiesel (NBB, 2002)

La mezcla de ésteres grasos producidos en esta reacción se conoce como biodiesel. Las propiedades del biodiesel son determinadas por la cantidad de cada ácido graso que se encuentra en la grasa o aceite que son la materia prima para producir los ésteres (NREL, 2004).

De modo general, parámetros de calidad como el número de cetano, el calor de combustión, el punto de fusión y la viscosidad aumentan con el tamaño de la cadena carbónica y disminuyen con el aumento de la insaturación (Cuadro 1). Por lo tanto es importante tomar en cuenta el criterio de saturación al momento de evaluar las materias primas que serán empleadas para producir biodiesel. Por ejemplo el biodiesel producido de aceites con ácidos saturados como el aceite de coco o de palma africana presentará el mayor número de cetano y mayor estabilidad en anaquel pero tendrán problemas de desempeño a temperaturas muy bajas. Por otro lado el biodiesel obtenido de aceites con una proporción alta de ácidos grasos poli-insaturados presentara un bajo número de cetano y baja estabilidad pero contarán con un punto de fusión bajo por lo que podrán ser utilizados en climas templados (CEPAL, 2007).

Cuadro 1. Propiedades del biodiesel en función de su composición.

Propiedad	Saturados	Mono-insaturados	Poli-insaturados
Ácido graso	C 12:0 a C22:0	C16:1 a C22:1	C18:2 a C18:3
Número de cetano	Alto	Medio	Bajo
Punto de enturbamiento	Alto	Medio	Bajo
Estabilidad	Alto	Medio	Bajo

Fuente: USDOE, 2006.

2.2 MATERIA PRIMA UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

La reacción para producir biodiesel consume los siguientes reactivos en cantidades aproximadas:

- Triglicéridos o grasa y aceites. (100 kg aceite de soya)
- Alcohol primario. (10 kg metanol)
- Catalizador (0.3 kg hidróxido de sodio)
- Neutralizante (0.25 kg ácido sulfúrico)

La decisión de cuál aceite o grasa utilizar en producir biodiesel es una decisión de proceso químico y una decisión económica. Materias primas convenientes para un proceso base-catalizador requiere AGL (ácidos grasos libres) < 1 % y preferiblemente < 0.05%. La materia prima también debe ser secada, preferiblemente < 0.5 % de humedad (Maziero, 2006).

2.3 ESPECIFICACIONES PARA EL BIODIESEL

Según Knothe (2006), los estándares para el biodiesel han sido establecidos y desarrollados en varias regiones y países alrededor del mundo, los principales estándares de calidad son las normas ASTM D 6751 empleada en los Estados Unidos y la norma EN 14214 usada en la Unión Europea. Para fines legales, sólo es considerado como biodiesel el producto que atienda todos los requisitos de la norma en uso en el país. Los estándares de calidad para biodiesel incluyen propiedades típicas de diesel, y otras específicas para este nuevo biocombustible, definiendo valores máximos, mínimos o el rango permitido para cada característica, así como el método de medición de cada característica. El sistema de normas ASTM (Cuadro 2) es la base para definir las especificaciones de calidad y métodos analíticos para la mayoría de los segmentos de combustibles y el mercado de productos industriales en Estados Unidos.

Cuadro 2. Requisitos ASTM D 6751.

Propiedad	Método	Límites	Unidades
Punto de destello	D 93	130 min	° C
Agua	D 2709	0.05 max	% volumen
Viscosidad cinemática	D 445	1.9 - 6.0	mm ² /s
Ceniza sulfatada	D 874	0.02 max	%
Sulfuro total	D 5453	0.05 max	%
Corrosión de cobre	D 130	No. 3 max	
Número de cetano	D 613	47 min	
Punto de enturbamiento	D 2500	Reportar al cliente	° C
Residuos de carbón	D 4530	0.05 max	%
Número de acidez	D 664	0.80 max	mg KOH/g
Glicerina libre	D 6584	0.02	%

(NREL, 2004)

2.3.1 Agua

Muchas de las piezas del sistema de inyección del combustible son hechas con un alto contenido de acero. Por lo tanto, están expuestas a la corrosión cuando entran en contacto con el agua. El daño por contacto con agua es la principal causa de fallos prematuros en el sistema de inyección del combustible, causando daños irreversibles en muy corto tiempo.

El biodiesel puede contener pequeñas pero problemáticas cantidades de agua. Aunque es hidrofóbico, se dice que es, al mismo tiempo higroscópico hasta el punto de atracción de moléculas de agua de la humedad atmosférica. El contenido de agua en el biodiesel es medido por la norma ASTM D 2709. Este método es utilizado solo para cuantificar agua libre, asegurando que esta propiedad no exceda del 0.05%. Esta norma es particularmente importante cuando se produce biodiesel porque este es usualmente lavado con agua para remover residuos de jabón y glicerol libre. Para B100 es particularmente importante porque el agua puede reaccionar con los ésteres, produciendo ácidos grasos libres, así como puede apoyar el crecimiento microbiano en tanques de almacenaje (Knothe, 2005).

2.3.2 Viscosidad cinemática

La viscosidad del biodiesel se especifica dentro de un rango relativamente estrecho. Los sistemas de inyección comprimen el combustible para inyectarlo usando un simple pistón y una bomba cilíndrica. Si la viscosidad del biodiesel es muy baja, habrá fugas de combustible durante la compresión que causarán una significativa pérdida de energía.

Si la viscosidad del biodiesel es alta, la bomba de inyección no será capaz de proveer suficiente combustible para llenar la cámara de bombeo, produciendo nuevamente la pérdida de energía. En el caso de viscosidades excesivas como las de aceites vegetales que no han sido transesterificados, habrá una degradación del spray en el cilindro causando una pobre atomización y la producción de humo negro.

La viscosidad de cinemática (ν) es la resistencia al flujo de un fluido bajo gravedad. Por lo tanto la viscosidad de cinemática de un fluido está relacionada con la viscosidad dinámica (η) por la densidad (ρ), esto es, $\nu = \eta/\rho$. La norma ASTM D 445 es norma estándar para determinar la viscosidad cinemática de líquidos. Dependiendo de la naturaleza de la materia prima y de la oxidación, la viscosidad del biodiesel estará entre 4.0 y 6.2 mm²/s, mientras el diesel presentará estar en un rango de 2.4 a 2.6 (NBB, 2002).

2.3.3 Punto de enturbamiento

Los combustibles tienen largas cadenas de hidrocarburos llamadas ceras. Si la temperatura es suficientemente baja, estos cristales cerosos se aglomerarán y tapan los filtros de combustible impidiendo el funcionamiento del motor. En una temperatura más baja el combustible terminará por solidificarse.

El punto nube es la temperatura en la cual pequeños cristales sólidos son observados inicialmente cuando el biodiesel es expuesto a temperaturas bajas de enfriamiento según la norma ASTM D 2500. Esta temperatura no es un valor específico, el valor solo es reportado. Para el diesel la temperatura de punto de enturbamiento será determinada por el clima local, por ejemplo en invierno es -5°C (Bickell, 1999).

2.3.4 Glicerina libre

La glicerina libre resulta de una separación incompleta de ésteres y glicerina después de la reacción de esterificación. Esto puede ser resultado de un lavado incompleto y puede ir de la mano por una remoción incompleta de alcohol y por lo tanto un bajo punto de inflamación. La glicerina libre es una fuente de depósitos de carbono en el motor debido a una incompleta combustión. La Norma ASTM D 6548 establece que para la cuantificación de este componente, la cromatografía de gases ha sido hasta la fecha el método analítico más utilizado (Ruppel, 2002).

2.3.5 Residuos de alcohol

La norma europea para biodiesel EN 141110, contiene la especificación EN 14214, que dice que pueden aplicar biodiesel que contengan 0.01 a 0.5% de alcohol y es un método basado en cromatografía de gases (Knothe, 2006).

2.3.6 Poder calorífico

Los combustibles como el diesel con altos porcentajes de aromáticos tienden a tener un alto contenido de energía por galón. Un combustible con bajo poder energético por galón hará que el motor produzca menos energía. El biodiesel no contiene aromáticos pero si contiene ácidos grasos con diferente niveles de saturación e insaturación.

Cuadro 3. Valor energético del diesel/biodiesel.

Combustible	KJ/Kg	KJ/L
Diesel	40.26	34.09
Biodiesel	35.2	31.22
	(12.5% menos)	(8% menos)

Fuente: NREL, 2004.

El biodiesel contiene un poder calorífico o energético más bajo que el combustible diesel (Cuadro 3). Basado en el peso el nivel de energía es 12.5% más bajo; desde que el biodiesel es más denso que el diesel, el contenido energético es 8% menor, en base al volumen por galón. Esta propiedad se mide usando un calorímetro donde el calor de los gases calientes resultantes de la combustión del biocombustible con aire es medida en cuanto los gases son enfriados a la temperatura inicial de los reactantes. Es procedimiento lo describe la norma D 240 (NREL, 2004).

Cuadro 4. Propiedades de biodiesel de aceite crudo de palma africana.

Propiedad	Unidad	Norma	Valor	Norma diesel	Norma biodiesel
Densidad 15°C	Kg/m ³	D 4052	872.9	Reportar	Reportar
Poder calorífico	KJ/Kg	D 240	38.01	-	-
Viscosidad cinemática 40 °C	cSt	D 445	5.4	1.3 - 4.1	1.9 - 6
Contenido de agua	% V/V	D 2709	0.027	Máximo 0.05	Máximo 0.05
Punto de enturbamiento	°C	D 94	18	-	Reportar

(Zapata, 2007)

Cuadro 5. Propiedades de biodiesel de aceite refinado de palma africana.

Propiedad	Aceite de palma	Especificación
Densidad a 15°C (Kg/m ³)	878	900
Agua (% v/v)	0.05	0.05 máximo
Viscosidad a 40°C (cSt)	2.8	1.9 a 6

(Rodríguez, 2005)

Algunas de las propiedades que establece la norma ASTM D 6571 han sido evaluadas y analizadas en biodiesel de palma africana (Cuadros 4 y 5), según algunos estudios previos, realizados con aceite refinado y aceite crudo de palma africana.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Valle del Yegüare, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

3.2 MATERIALES

- Biodiesel de Palma Africana (6:1 etanol).
- Biodiesel de Palma Africana (9:1 etanol).
- Biodiesel de Palma Africana (12:1 etanol).
- Biodiesel de Palma Africana (6:1 metanol).
- Metanol grado HPLC (99.9%) de Fisher Scientific.
- Etanol, grado para cromatografía en fase líquida (99.9%); Lichrosolv de Merck.
- Glicerol (99.5%) de Fisher Scientific.
- Alambre de fusible para bombas de oxígeno
- Oxígeno.

3.3 EQUIPO

- Horno al vacío Napco #5831, a 70 °C y 25 mm Hg
- Crisoles de porcelana.
- Desecador con sílica gel.
- Pinzas.
- Balanza analítica, Adventure - Ohaus.
- Probeta 25 ml.
- Viscómetro RVDV-II+, Brookfield Engineering.
- Termómetro.
- Enfriador TC-502, Brookfield Engineering.
- Tubos de ensayo.
- Macro y micro pipetas.
- Calorímetro adiabático, Parr.
- Cromatógrafo de gases Agilent 6890 series, con detector FID; columnas DB-ALC1 (30 m x 0.32 mm x 1.8µm) y HP-5 (30 m x 0.32 mm x 0.25µm) de J&W Scientific.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Mediante un diseño completamente al azar (DCA) se analizaron las propiedades del biodiesel de aceite de palma africana de cuatro tratamientos (6:1, 9:1, 12:1 etanol y 6:1 metanol) por triplicado. Las variables evaluadas fueron porcentaje de agua libre, viscosidad cinemática, temperatura de punto de enturbamiento, poder calorífico y residuos de glicerina, etanol y metanol, para un total de 12 unidades experimentales.

3.5 MÉTODOS ANALÍTICOS

3.5.1 Contenido de agua (AOAC 926.08)

El contenido de agua se cuantificó por porcentaje con base en el volumen de la muestra utilizando el horno al vacío y tres repeticiones por muestra, por cada tratamiento de biodiesel evaluado. El procedimiento incluye los siguientes pasos:

1. Secado previamente de los crisoles en el horno a 105 °C una noche antes.
2. Pesado de crisoles secos (C) después de ser enfriados en el desecador.
3. Pesado de muestra aproximadamente 3 g. y se registra el peso exacto (C+MH).
4. Meter al horno al vacío (25 mm Hg) a 70 °C por 5-6 horas.
5. Sacar del horno y enfriar en desecador y pesar el crisol con la muestra deshidratada de biodiesel (C+MS).
6. Los cálculos del contenido de humedad de la muestra se obtuvieron con la siguiente fórmula:

$$\% \text{Humedad} = \frac{(C+MH) - (C+MS)}{(C+MH) - (C)} \times 100 \quad [1]$$

3.5.2 Determinación de viscosidad cinemática. (ASTM D2983)

La viscosidad cinemática se reportó en las unidades de mm²/s, la muestra de biodiesel tiene que estar a 40 °C y tener una densidad entre 700 y 900 Kg/m³. Se realizaron tres repeticiones por muestra.

1. Se calentó cada muestra a ser evaluada llevándola a una temperatura de 45 °C.
2. La densidad se obtuvo utilizando una probeta y balanza analítica para obtener así los datos de masa y volumen y introducirlos a la conocida fórmula de: densidad: masa/volumen (g/cm³)
3. La viscosidad dinámica de cada muestra fue registrada utilizando el viscosímetro a 80 RPM y el acople #1, obteniendo centipoise (cP) como unidades de viscosidad absoluta.
4. La viscosidad cinemática de las muestras de biodiesel se registró utilizando los datos de densidad y viscosidad dinámica e introduciéndolos a la siguiente fórmula:

$$\text{Viscosidad cinemática (mm}^2\text{/s): } \frac{\text{viscosidad dinámica (cP)}}{\text{densidad (g/cm}^3\text{)}} \quad [2]$$

3.5.3 Determinación del punto de enturbamiento (D 2500)

La temperatura de punto de enturbamiento de las muestras de biodiesel de palma africana se determinó visualmente, colocando la muestra de biocombustible con una claridad normal en un tubo de ensayo, mientras este era enfriado con temperaturas programadas mediante un enfriador que es complemento del viscosímetro Brookfield. Se corroboró la temperatura mediante un termómetro y se registro la temperatura de punto nube (°C) cuando el primer cristal apareció a lo largo del tubo de ensayo con la muestra enfriada.

1. La muestra fue llevada a temperaturas bajas mediante un enfriador a una tasa relativamente constante.
2. La muestra fue monitoreada visualmente y mediante un termómetro para controlar la disminución de la temperatura.
3. La temperatura se registró, la cual correspondió a la primera formación de cristales o nubes en el biocombustible.

3.5.4 Determinación de poder calorífico. (D 240)

Esta propiedad fue medida utilizando un calorímetro adiabático donde se midió el calor transferido de gases calientes provenientes de la combustión del biodiesel con oxígeno. Se colocó 1 g de muestra en el calorímetro por triplicado, luego se registraron los siguientes datos para hacer los cálculos en la hoja de cálculo del laboratorio para calorimetría: Temperatura inicial y temperatura final (°C), peso de muestra (g), residuos de alambre (cm) y en la titulación Na₂CO₃ (ml). Los resultados se expresaron en KJ/Kg.

3.5.5 Análisis cromatográficos (D 6584)

Se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent modelo 6890, equipado con el software ChemStation, inyector con control de temperatura y un detector FID para la cuantificación de componentes minoritarios en biodiesel; como etanol, metanol y glicerol.

3.5.5.1 Análisis de etanol/metanol. Los estándares utilizados en la identificación de picos y tiempos de retención fueron de grado HPLC, se obtuvieron picos únicos en los cromatogramas. Se creó un método en el software ChemStation con las siguientes condiciones analíticas:

Columna

Tipo: DB-ALC1, 30 m x 0.32 mm x 1.8µm 123-9134
 Volumen inyectado: 1 µm.
 Modo: Const flow.

Inyector

Temperatura: 250 °C.
 Presión: 6.92 psi.
 Modo: Split
 Relación: 100:1

Horno

Temperatura inicial: 40 °C, hold 4 min.
 Rampa 1: 10 °C/min hasta 100 °C.
 Rampa 2: 20 °C/min hasta 150 °C.

Detector FID

Temperatura: 250 °C.
 Flujo de H₂: 30 ml/min.
 Flujo de aire: 350 ml/min.
 Flujo N₂: 30 ml/min.

El método tuvo un tiempo de 12.5 minutos por corrida. En la realización de la curva de calibración se realizaron las siguientes diluciones: 0%, 0.1%, 0.5%, 1%, 10%, 25%, 50%, 75% y 100%. Se determinó el área porcentual y tiempo de retención por concentración según los cromatogramas.

3.5.5.2 Análisis de glicerina. Se utilizó glicerol a 99.5% de pureza para obtener un pico único en los cromatogramas. Las siguientes condiciones fueron establecidas en el método:

Columna

Tipo: HP-5, 30 m x 0.32 mm x 0.25µm 19091J-413
 Volumen inyectado: 1 µm.
 Modo: Const flow.

Inyector

Temperatura: 300 °C.
 Presión: 5.17 psi.
 Modo: Split
 Relación: 100:1

Horno

Temperatura inicial: 150 °C.
 Rampa 1: 15 °C/min hasta 200 °C, hold 5 min.
 Rampa 2: 25 °C/min hasta 250 °C, hold 16 min.

Detector FID

Temperatura: 300 °C.
 Flujo de H₂: 30 ml/min.
 Flujo de aire: 350 ml/min.
 Flujo N₂: 30 ml/min.

El método para analizar glicerol tuvo tiempo de corrida de 26.33 minutos. Para la creación de la curva de calibración de glicerol se realizaron diluciones de 0 a 10% (0%, 0.01%, 0.05%, 0.5%, 1%, 5%, 10%). No se tomó en cuenta concentraciones más altas ya que el biodiesel generalmente presenta concentraciones muy bajas de glicerina libre, además el estándar utilizado presentaba una viscosidad muy alta por lo que no podía ser inyectado si no estaba en dilución con otro compuesto de menor viscosidad como metanol o etanol. En ambos métodos, se inyectaron las diluciones por triplicado y se registro el área porcentual promedio por concentración; buscando un coeficiente de variación menor a 1 % por cada punto en las curvas.

3.5.6 Validación de curvas de calibración

La validación de las tres curvas de calibración fue realizada mediante diluciones con concentraciones conocidas (Anexo 5 y 6); concentraciones que no eran puntos de calibración dentro de las curvas. Se evaluó la diferencia entre la concentración real (esperado) y la concentración reportada por el cromatógrafo de gases (obtenido); mediante una prueba T en el sistema estadístico SAS.

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Las propiedades de los cuatro tratamientos de biodiesel fueron evaluadas por triplicado. Los datos fueron analizados a través del programa Sistemas de Análisis Estadístico (SAS®, por sus siglas en inglés). Una separación de medias Tukey fue utilizada para comparar el efecto de las concentraciones de etanol en las propiedades del biodiesel de palma africana.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CROMATOGRAFÍA DE GASES

El tiempo de retención para cada uno de los compuestos a evaluar (metanol, etanol y glicerina), esta expresado en el cuadro 6.

Cuadro 6. Tiempo de retención de picos por compuesto.

Compuesto	Tiempo (min)	%C.V.
Metanol	2.57 ± 0.01	0.54
Etanol	3.34 ± 0.05	1.5
Glicerol	3.74 ± 0.03	0.86

4.1.1 Calibración de métodos cromatográficos.

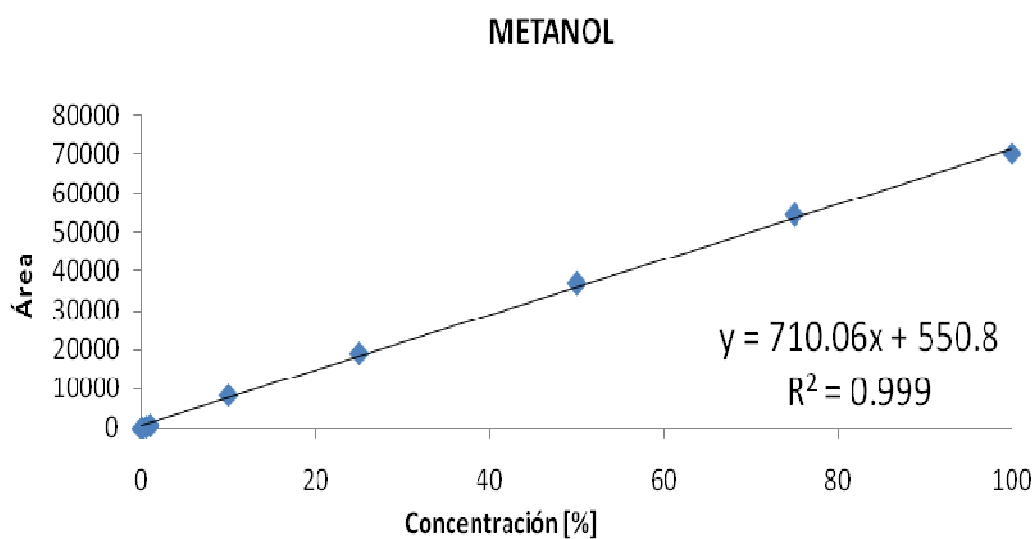


Figura 2. Curva de calibración de metanol.

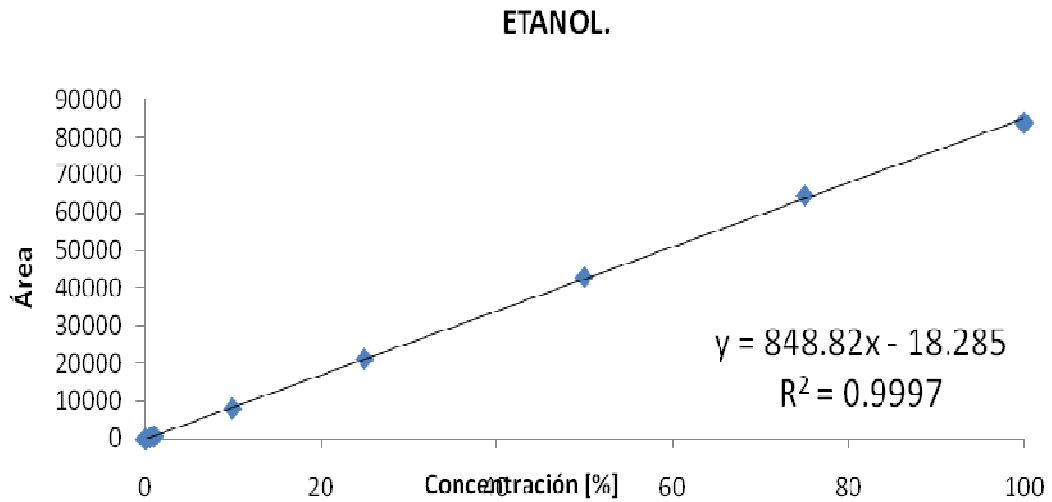


Figura 3. Curva de calibración de etanol.

Las dos curvas de calibración (Figura 2 y 3) en el método de alcoholes para etanol y metanol respectivamente; presentaron un R^2 aceptable, superior a 0.999.

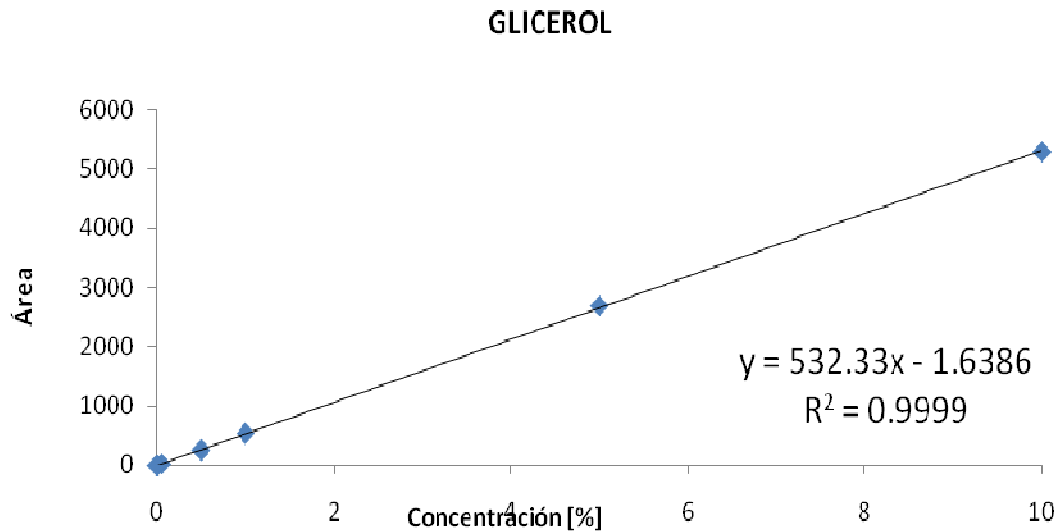


Figura 4. Curva de calibración de glicerol.

La curva de glicerol presentó un R^2 aceptable de 0.9999 (Figura 4.). Se obtuvo un coeficiente de variación menor a 1% en la lectura del área porcentual para cada concentración inyectada.

4.1.2 Validación de las curvas de calibración

El cuadro 7 muestra los resultados de la prueba T, corrida en el SAS:

Cuadro 7. Valor T de las curvas de calibración por compuesto.

COMPUESTO	Pr > t
Metanol	0.4298
Etanol	0.6770
Glicerol	0.5021

No existió diferencia significativa (Cuadro 7) entre la concentración inyectada en el cromatógrafo de gases y la cuantificada por el detector utilizando los modelos de regresión lineal establecidos en la calibración. Es decir que las concentraciones conocidas fueron eficazmente cuantificadas por las curvas de calibración.

Las tres curvas de calibración presentaron una probabilidad mayor a 0.05, por lo que los reportes obtenidos por el cromatógrafo de gases fueron exactos al momento de identificar los compuestos inyectados y de cuantificar las concentraciones inyectadas.

4.2 PRECISIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS

Cuadro 8. Precisión de los métodos analíticos.

Propiedad	Desv. est.	%C.V.	Media
Agua libre (%)	0.04	7.68	0.51
Viscosidad cinemática (mm ² /s)	0.86	4.48	19.11
Punto de enturbamiento (°C)	0.64	4.41	14.61
Residuos de alcohol (%)			0.00
Poder calorífico (KJ/Kg)	1.77	4.95	35.7
Glicerina libre (%)	0.00	6.53	0.06

Según el Cuadro 8 los métodos analíticos establecidos para la evaluación de calidad en biodiesel presentaron una precisión aceptable, contando con un coeficiente de variación por debajo del 10%, con lo que cumple con no sobrepasar la variación de un estudio a nivel de laboratorio.

Los métodos analíticos establecidos en cada análisis resultaron ser precisos y confiables en obtener los datos de las seis propiedades en el biodiesel.

En el método de cuantificación de residuos de alcohol la media fue de cero, ya que no se encontró restos de alcohol en las muestras de biodiesel evaluadas por cromatografía de gases.

4.3 PROPIEDADES DEL BIODIESEL DE PALMA AFRICANA CON ETANOL

La viscosidad cinemática, el punto de enturbamiento y el poder calorífico fueron iguales estadísticamente entre los cuatro tratamientos, es decir las diferentes concentraciones de etanol no cambiaron estas propiedades en el biodiesel de aceite de palma. (Cuadro 9); mientras que el contenido de agua libre y glicerina libre presentaron diferencia significativa entre tratamientos.

Cuadro 9. Efecto de relación molar del alcohol en las propiedades del biodiesel.

Relación molar	Viscosidad cinemática (mm ² /s)	Punto de enturbamiento (°C)	Agua libre (%)	Glicerina (%)	Poder calorífico (KJ/Kg)
Etanol (6:1)	20.1 ± 0.7 ^a	14.5 ± 0.4 ^a	0.52 ± 0.04 ^b	0.08 ± 0.004 ^a	37.8 ± 1.44 ^a
Etanol (9:1)	19.7 ± 1.0 ^a	14.2 ± 0.4 ^a	0.63 ± 0.06 ^a	0.07 ± 0.005 ^a	33.7 ± 3.04 ^a
Etanol (12:1)	18.9 ± 1.1 ^a	15.4 ± 0.6 ^a	0.49 ± 0.03 ^b	0.06 ± 0.007 ^b	36.0 ± 1.06 ^a
Metanol (6:1)	17.8 ± 0.4 ^a	14.3 ± 1.0 ^a	0.39 ± 0.01 ^c	0.04 ± 0.002 ^c	35.2 ± 0.07 ^a
Pr > F	0.0527	0.1976	0.0004	0.0001	0.1082

4.3.1 Viscosidad cinemática

La viscosidad del biodiesel es consecuencia de la longitud de la cadena de carbonos y el grado de saturación del aceite de palma (Knothe, 2006). Por tal razón las relaciones molares de etanol en los tratamientos no tuvieron efecto en esta propiedad (Cuadro 9). Los cuatro tratamientos de biodiesel presentaron una viscosidad cinemática demasiado alta para cumplir con el límite de la norma (Cuadro 10). El alto nivel de saturación de algunos aceites vegetales hace que estos no se estén tomando en cuenta como alternativa de materia prima para producir biodiesel, por su efecto negativo en la fluidez del biocombustible (NBB, 2002). En el caso del aceite de palma africana que tiene un alto nivel de ácidos grasos saturados, se esperaba que la viscosidad de los tratamientos de biodiesel superara el rango de 4 a 6.2 mm²/s que presenta generalmente el biodiesel (NREL, 2004).

4.3.2 Contenido de residuos de alcohol

El secado final a temperatura arriba de los 100 °C fue determinante para que los tratamientos no presentaran residuos de etanol y metanol detectables en el biodiesel, así que los cuatro tratamientos cumplieron con el límite de la norma menor a 0.5% (Cuadro 10).

4.3.3 Poder calorífico

La relación molar de etanol entre los tratamientos de biodiesel no tuvo efecto en esta propiedad, no hubo diferencias significativas en los valores de poder energético entre los cuatro tratamientos (Cuadro 9). El valor energético del biodiesel esta dado por la saturación del aceite usado como materia prima, por lo que las concentraciones de alcohol no cambiaron los valores de esta propiedad en el biodiesel de palma africana. El poder calorífico del biodiesel de palma africana con etanol cumplió la norma teniendo 12% menos poder energético que el combustible fósil diesel.

4.3.4 Punto de enturbamiento

Las concentraciones de etanol (Cuadro 9) utilizadas en los tratamientos no tuvieron efecto en esta propiedad, según Bickell (1999) la temperatura de cristalización depende más de la naturaleza del aceite o grasa.

La temperatura promedio de punto de enturbamiento fue 14.6 °C, (Cuadro 10) por lo que el uso de este biocombustible no se recomienda para regiones o lugares donde se presentan temperaturas menores a ésta. Regiones tropicales con temperaturas promedio de 15°C ó mayores son apropiadas para usar el biodiesel de palma africana, asegurando así un buen funcionamiento de las líneas de combustible y los filtros en un motor diesel.

Cuadro 10. Propiedades del biodiesel de palma africana.

Propiedad	Pr > F	Trt. metanol	Trt. etanol	Unidad	Límite
Agua libre	0.0004	0.39 ± 0.01 ^c	0.63 ± 0.06 ^a	%	0.05
Viscosidad cinemática.	0.0527	17.8 ± 0.4 ^a	19.7 ± 1.0 ^a	mm ² /s	1.9 - 6
Punto de enturbamiento	0.1976	14.3 ± 1.0 ^a	14.2 ± 0.4 ^a	°C	reportar
Residuos de alcohol		0.0	0.0	%	0.5
Poder calorífico	0.1063	35.2 ± 0.07 ^a	33.7 ± 3.04 ^a	KJ/Kg	35.2
Glicerina libre	0.0001	0.04 ± 0.002 ^c	0.07 ± 0.005 ^a	%	0.05

4.3.5 Contenido de agua libre

Los cuatro biodiesel de palma presentaron diferencia en el porcentaje de agua libre (Cuadro 9). Se observó que entre más alta fue la concentración de etanol más alto era el nivel de agua residual.

Ninguno de los cuatro tratamientos cumplió con la especificación de la norma D 6751 de contenido de agua menor a 0.05%. Los niveles altos de agua contribuyen a la corrosión de las piezas de acero del motor (Cuadro10). El exceso de agua pudo ser derivado del contenido de agua de la materia prima o ese exceso de agua pudo haber sido absorbido por el biodiesel en el proceso de lavado, por lo que se puede especular que el secado final no fue muy eficiente.

4.3.6 Contenido de glicerina libre

Se observó que a medida se incrementó la relación molar etanol/aceite el nivel de etanol, el contenido de glicerina disminuyó significativamente (Cuadro 9). La disminución de glicerina libre se puede derivar de una reacción de esterificación más completa y eficiente por lo que fue más fácil separar la glicerina libre de los ésteres a concentraciones alta de alcohol, ya que entre más alcohol reacciona con el triglicérido asegurando una reacción de esterificación más completa.

Sin embargo el contenido de glicerina libre no decreció lo suficiente para cumplir con la norma. El control con metanol fue el único en cumplir con la norma menor a 0.05% de glicerina libre (Cuadro 10).

5. CONCLUSIONES

- Los métodos analíticos establecidos resultaron ser una herramienta precisa y confiable en la evaluación de la viscosidad cinemática, punto de enturbamiento, contenido de agua libre, poder calorífico, residuos de alcohol y glicerina libre; seis de las propiedades más importantes del biodiesel.
- El biodiesel de aceite refinado de palma africana con etanol cumplió con las especificaciones de calidad de la norma ASTM D 6751 en las propiedades de punto de enturbamiento, contenido de residuos de alcohol y poder calorífico.
- Las relaciones molares de etanol/aceite (6:1, 9:1 y 12:1) tuvieron un efecto en las propiedades de contenido de agua libre y glicerina libre en el biodiesel con aceite refinado de palma africana.

6. RECOMENDACIONES

- Adquirir los instrumentos y equipo necesarios (viscosímetro capilar, columnas y estándares para el GC, etc.) para continuar con la evaluación de calidad en el resto de las propiedades del biodiesel
- Evaluar propiedades de la materia prima destinada para la producción de biodiesel, asegurándose que ésta cumpla con las especificaciones mínimas de calidad en contenido de agua, contenido de ácidos grasos libres, nivel de oxidación, acidez, etc.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ASTM, 2007. ASTM international, standards worldwide. (en línea). Consultado el 5 de octubre de 2007. Disponible en:
<http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/index.shtml?E+mystore>
- Bickell, 1999. Cold Flow Properties of Biodiesel and Biodiesel Blends. (en línea). Consultado el 20 de mayo de 2007. Disponible en:
http://www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/Cold%20Flow.PDF
- Cepal, 2007. Perspectivas para el biodiesel en Centroamérica. (en línea). Consultado el 08 de agosto de 2007. Disponible en:
<http://www.eclac.org/publicaciones/xml/3/29423/L791-1.pdf>
- Imahara, 2006. Thermodynamic study on cloud point of biodiesel with its fatty acid composition. (en línea). Consultado en 15 de abril de 2007. Disponible en:
linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001623610600086X
- Knothe, 2005. Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. (en línea). Consultado el 16 de abril de 2007. Disponible en:
http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/20050218_gen-358.pdf
- Knothe, 2006. Analyzing Biodiesel: Standards and Other Methods. (en línea). Consultado el 16 de abril de 2007. Disponible en:
www.nbb.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/20060801-gen-376.pdf
- Maziero, J.V.G.; Correa, I.M.; “Uso de óleo bruto de girasol en motor diesel”. (en línea). Consultado el 25 febrero 2006. Disponible en:
www.iapar.br/biodiesel/oleobruto.pdf
- NBB, 2002. Biodiesel production and quality. (en línea). Consultado el 20 Oct. 2003. Disponible en: http://www.biodiesel.org/pdf_files/prod_quality.pdf.
- NREL (National Renewable Energy Laboratory), 2004. Biodiesel Analytical Methods. (en línea). Consultado el 21 de marzo de 2007. Disponible en:
http://bentllybiofuels.com/pdfs/NREL_BD_Analytical.pdf
- Rodríguez, 2005. Metodología para la fabricación de biodiesel a partir del aceite de palma africana (*Elaeis guineensis*) y aceite de soya usado. (en línea). Consultado el 10 de octubre de 2007. Disponible en: http://usi.earth.ac.cr/TierraTropical/archivos-de-usuario/Edicion/8_v1_07_RodriguezRecinos.pdf

- Ruppel, 2002. Free and Total Glycerin in B100 Biodiesel by Gas Chromatography. (en línea). Consultado el 30 de agosto del 2007. Disponible en: http://las.perkinelmer.com/content/ApplicationNotes/FAR_B100BiodieselAnalysisbyGC.pdf

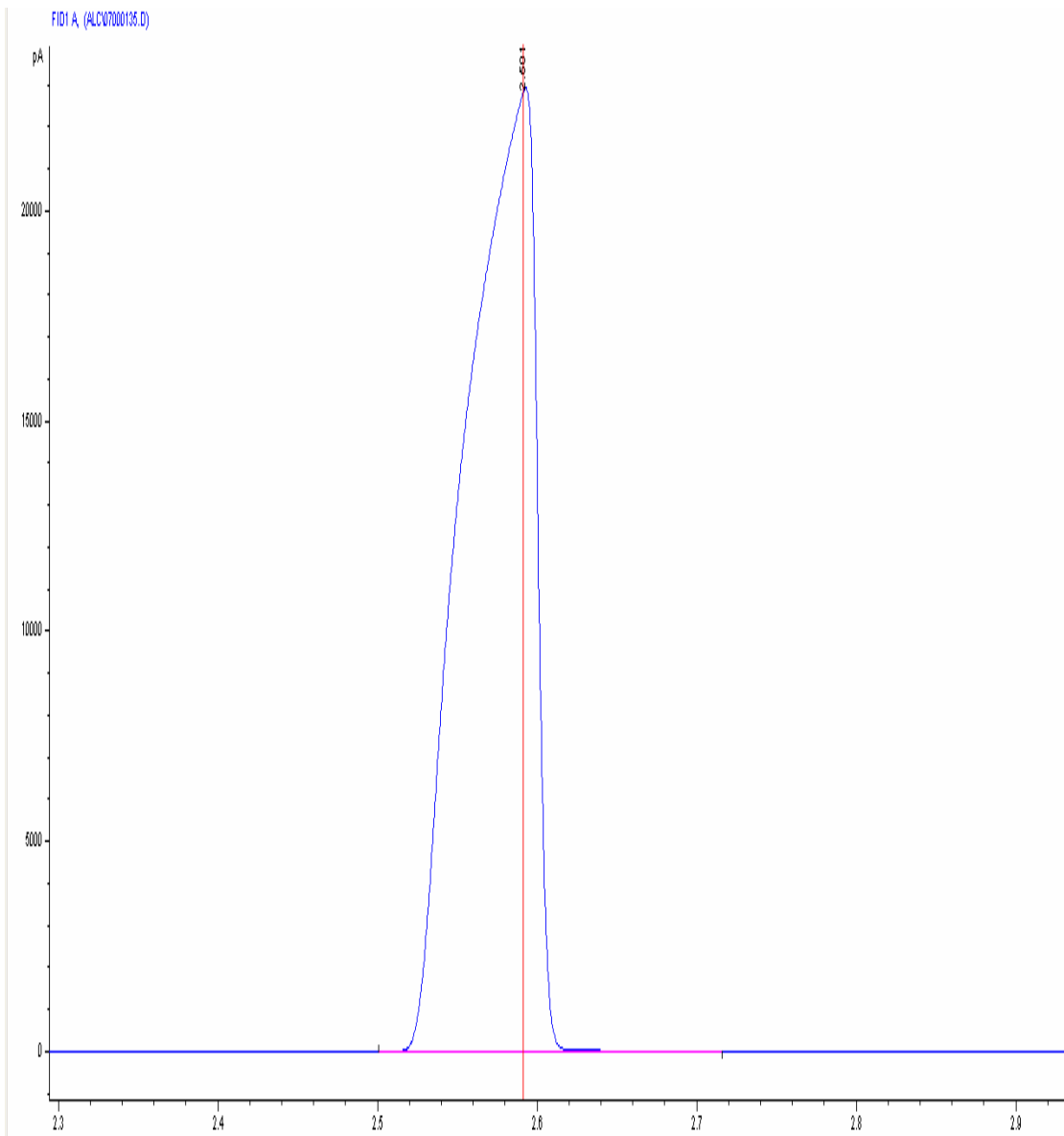
- Zapata, 2007, *et al.* Producción de biodiesel a partir de aceite crudo de palma: 1. Diseño y simulación de dos procesos continuos. *Dyna rev.fac.nac.minas.* [online]. ene./abr 2007, vol.74, no.151 [citado 12 Octubre 2007], p.71-82. Disponible en la World Wide Web : http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532007000100008&lng=es&nrm=iso. ISSN 0012-7353

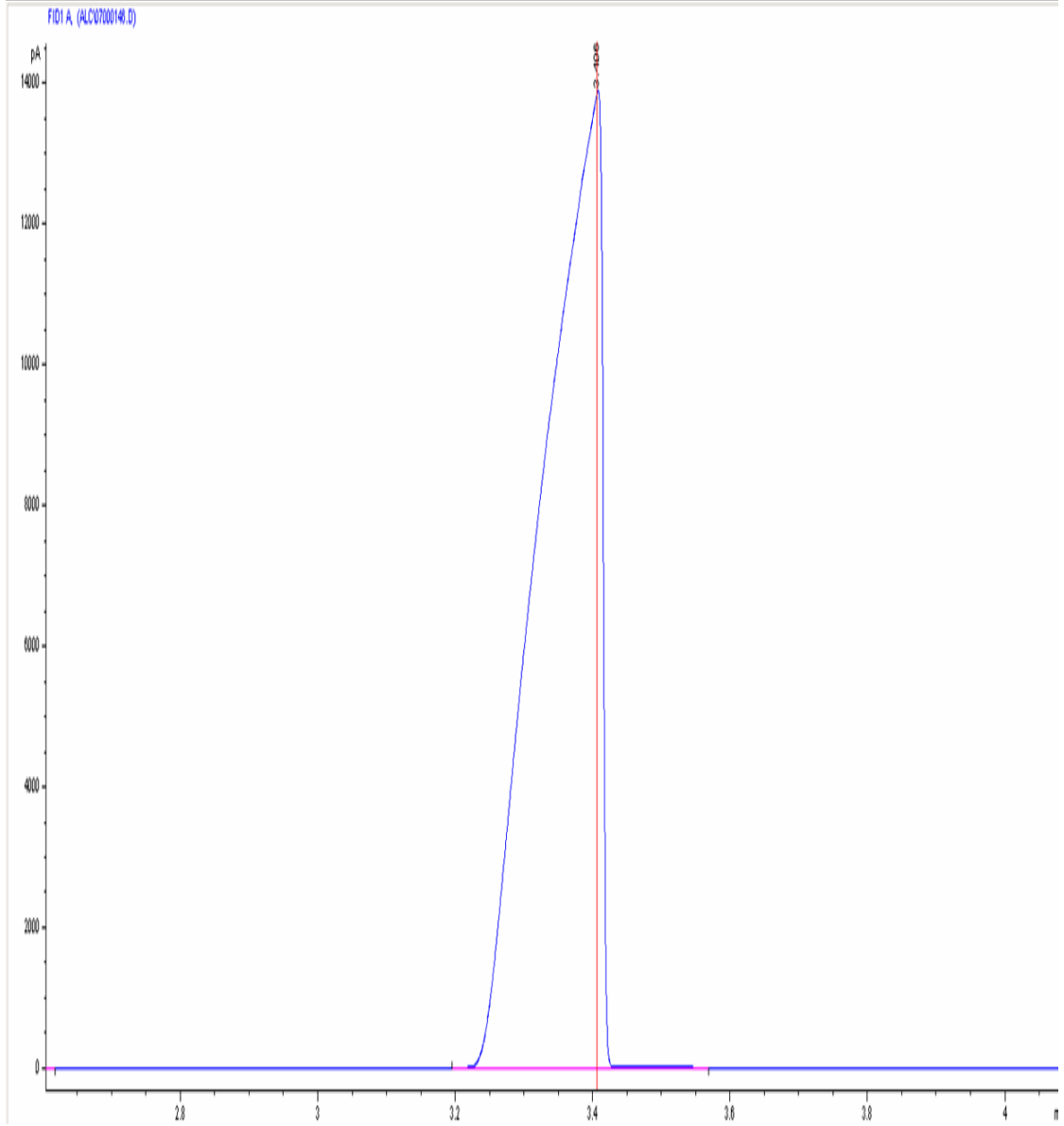
8. ANEXOS

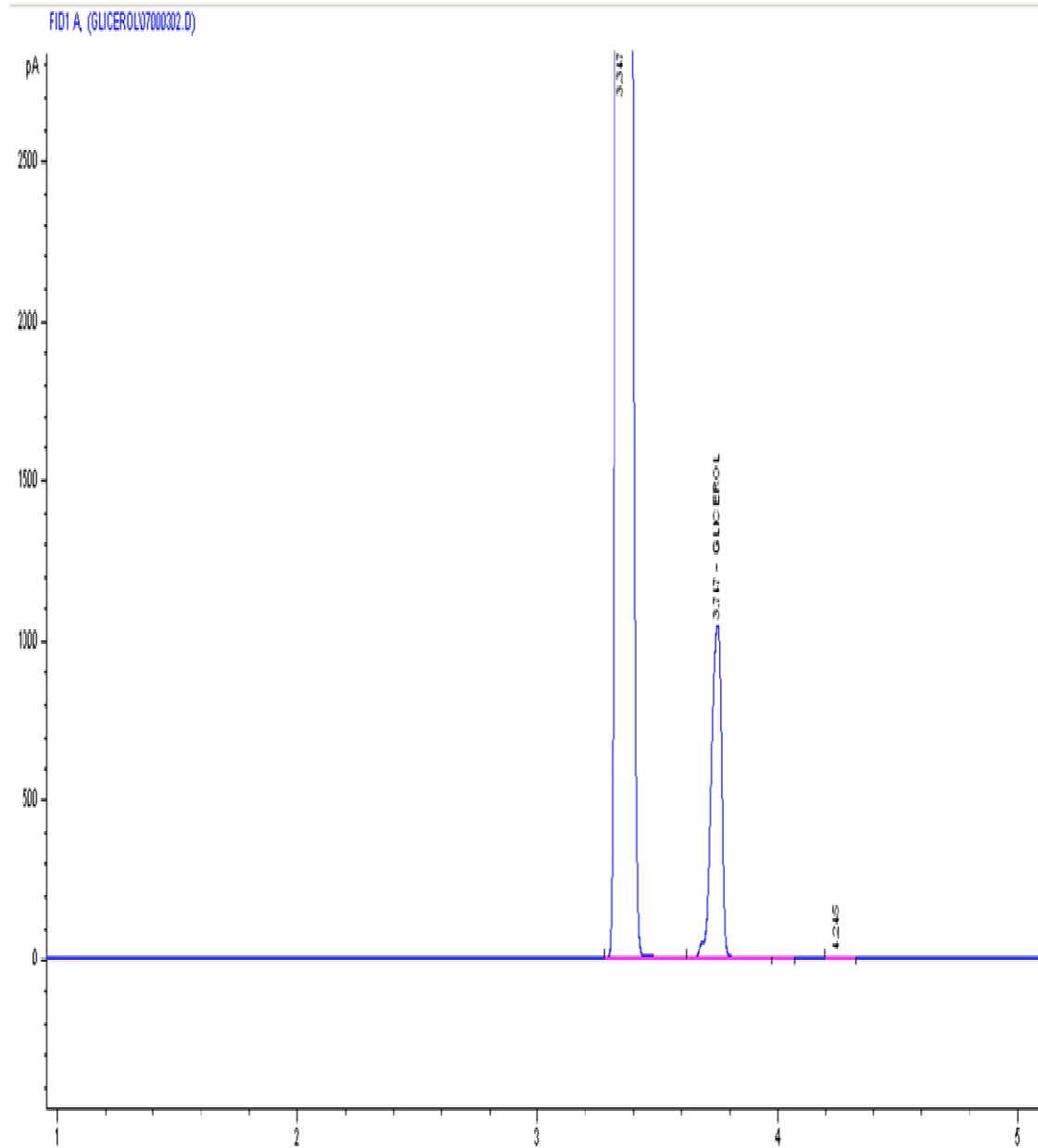
Anexo 1. Problemas en el motor diesel con el uso de aceites vegetales.

Problema	Causas probables	Solución potencial
Corto plazo:		
Arranque a frío	Alta viscosidad del aceite Bajo número de cetano Bajo punto de enturbamiento	Previo a la inyección, calentar el combustible
Obstrucción de filtros, tuberías e inyectores	Gomas naturales y cenizas presentes en el aceite	Emplear aceite desgomado Filtrar el aceite a 4 micrones
Detonación	Bajo número de cetano Inyección fuera de tiempo	Cambiar el punto de inyección. Calentar el aceite
Largo plazo:		
Formación de coque en los inyectores y pistón	Alta viscosidad Combustión incompleta Cargas parciales	Calentar el aceite Cambiar p/ diesel en cargas bajas
Depósitos de carbón en el pistón y culata del motor	Alta viscosidad Combustión incompleta Cargas bajas	Calentar el aceite Cambiar p/ diesel en cargas bajas
Desgaste excesivo del motor	Alta viscosidad Combustión incompleta Ácidos grasos libres (FFA) Dilución del lubricante	Calentar el aceite Cambiar p/ diesel en cargas bajas Usar aditivos p/ lubricante
Fallas en la lubricación	Polimerización de poli-insaturados Ácidos grasos libres (FFA)	Calentar el aceite Cambiar p/ diesel en cargas bajas Usar aditivos p/ lubricante

Fuente: Ma & Hanna, 1999

Anexo 2. Pico de metanol.

Anexo 3. Pico de etanol.

Anexo 4. Pico de glicerol.

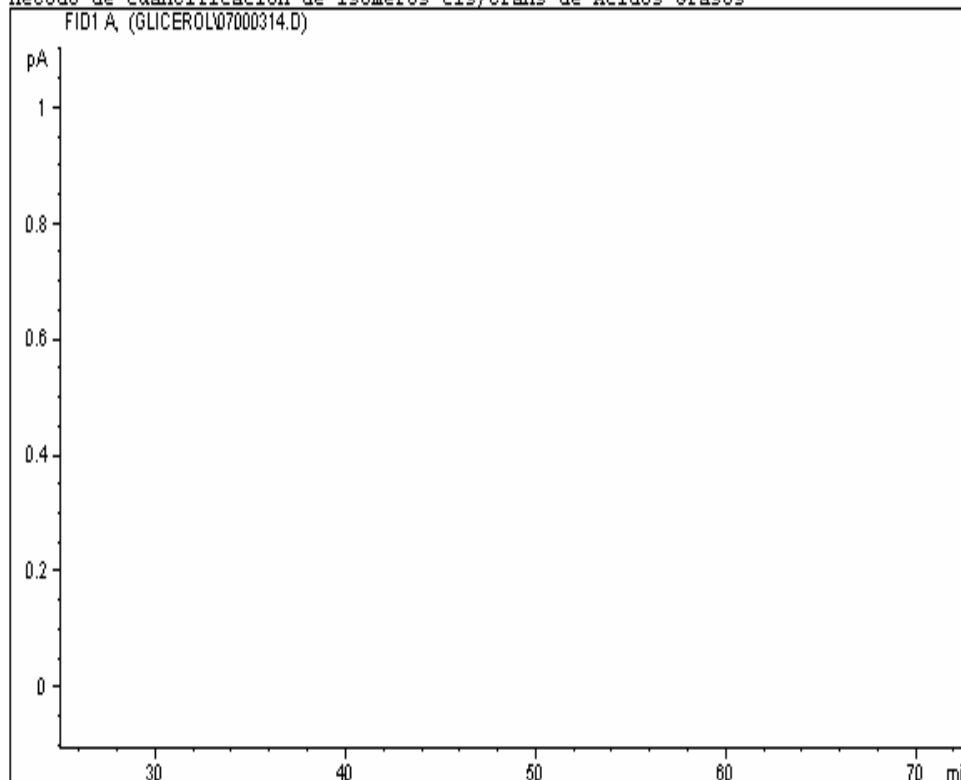
Anexo 5. Reportes de validación de la curva de glicerol.

Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\GLICEROL\07000314.D Muestra # : GLI 8%
 VALIDACION CURVA REP 2 ->

Fecha de Inyección :01/10/2007 09:47:56 a.m.
 Nombre de la Muestra:GLI 8%
 Operador :Rafael López

Método de Adquisición :GLICEROL.M
 Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\GLICEROL.M
 Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 01:00:12 am
 (modificado después de cargado)

Método de cuantificación de isómeros cis/trans de Ácidos Grasos



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según : Señal
 Fecha de modificación de tabla de calibración : Tue, 16. Oct. 2007,01:00:12 am
 Picos no calibrados : No reportados
 Detector: FID1 A,

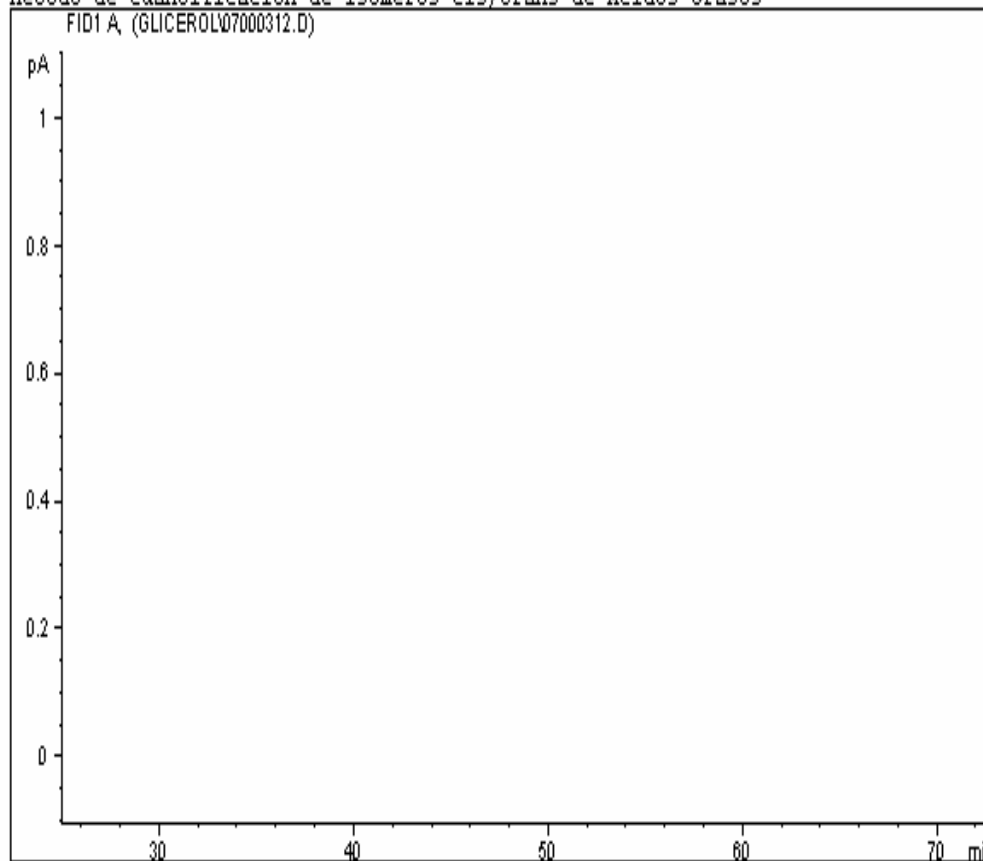
1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1	0.000	94.746	0.00000
1	2	3.730	5.251	7.96981 GLICEROL
1	3	0.000	0.003	0.00000
1			100.000	7.96981

Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\GLICEROL\07000312.D Muestra # : GLI 3%
 VALIDACION CURVA REP 2 ->

Fecha de Inyección :01/10/2007 09:30:13 a.m.
 Nombre de la Muestra:GLI 3%
 Operador :Rafael López

Método de Adquisición :GLICEROL.M
 Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\GLICEROL.M
 Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 01:01:25 am
 (modificado después de cargado)

Método de cuantificación de isómeros cis/trans de Ácidos Grasos



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según :Señal
 Fecha de modificación de tabla de calibración :Tue, 16. Oct. 2007,01:01:25 am
 Picos no calibrados :No reportados
 Detector: FID1 A,

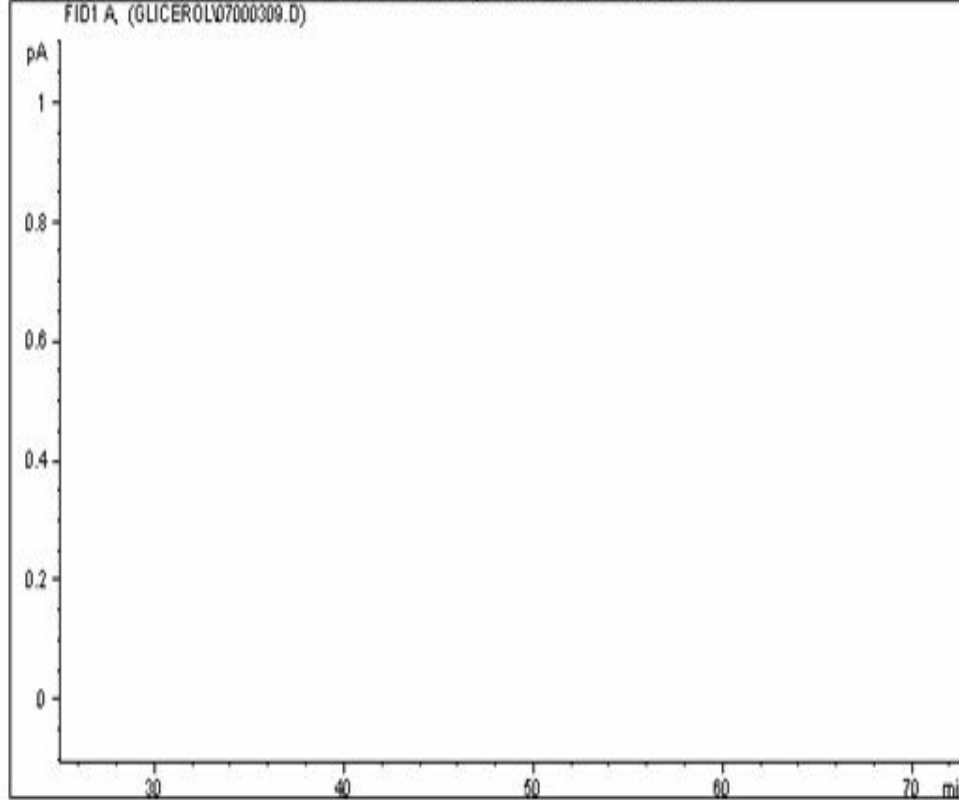
1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1	0.000	97.829	0.00000
1	2	3.730	2.171	3.17315 GLICEROL

Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\GLICEROL\07000309.D Muestra # : GLI 0.8t
 VALIDACION CURVA REP 2 ->

Fecha de Inyección :01/10/2007 09:04:53 a.m.
 Nombre de la Muestra:GLI 0.8t
 Operador :Rafael López

Método de Adquisición :GLICEROL.M
 Método de Análisis C:\HPCHEM\1\METHODS\GLICEROL.M
 Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 01:02:38 am
 (modificado después de cargado)

Método de cuantificación de isómeros cis/trans de Ácidos Grasos



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según :Señal
 Fecha de modificación de tabla de calibración :Tue, 16. Oct. 2007,01:02:38 am
 Picos no calibrados :No reportados
 Detector: FID1 A,

1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1	0.000	99.434	0.00000
1	2	3.730	0.566	0.78367 GLICEROL
1			100.000	0.78367

Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\GLICEROL\07000305.D Muestra # : GLI 0.03%
 VALIDACION CURVA REP 2 ->

Fecha de Inyección :01/10/2007 08:26:05 a.m.

Nombre de la Muestra:GLI 0.03%

Operador :Rafael López

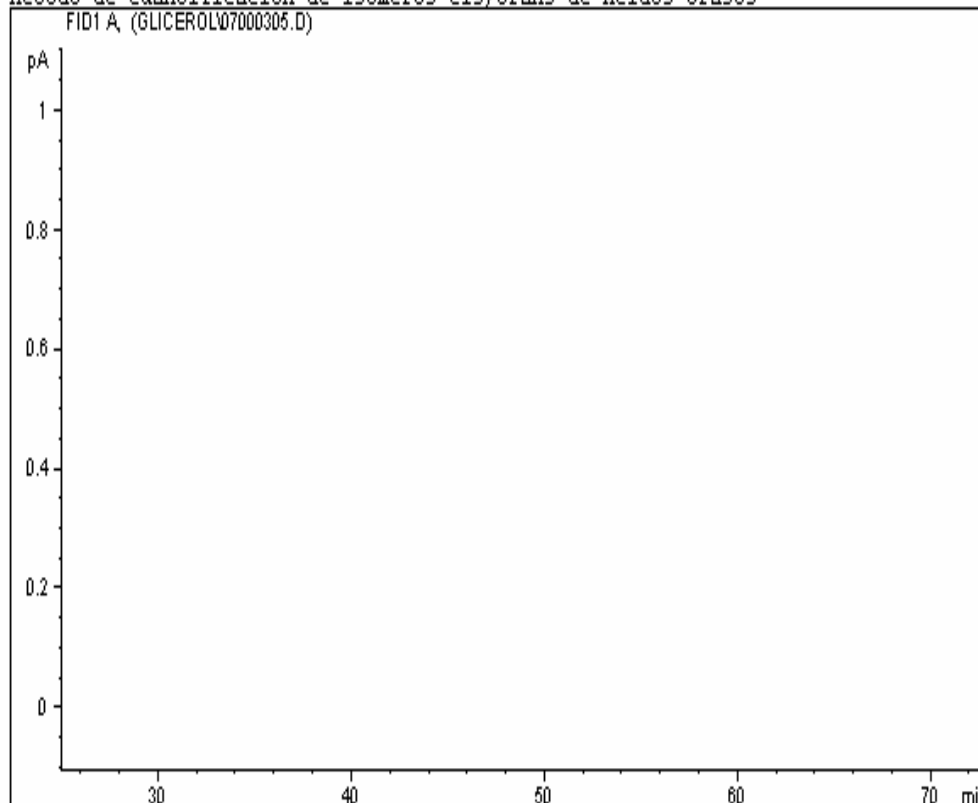
Método de Adquisición :GLICEROL.M

Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\GLICEROL.M

Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 01:05:47 am

(modificado después de cargado)

Método de cuantificación de isómeros cis/trans de Ácidos Grasos



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según : Señal
 Fecha de modificación de tabla de calibración : Tue, 16. Oct. 2007,01:05:47 am
 Picos no calibrados : No reportados
 Detector: FID1 A,

1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #	-----		[%]	
1 1	0.000	99.983	0.00000	
1 2	3.730	0.017	0.02894	GLICEROL
1	-----	-----	-----	-----
1		100.000	0.02894	

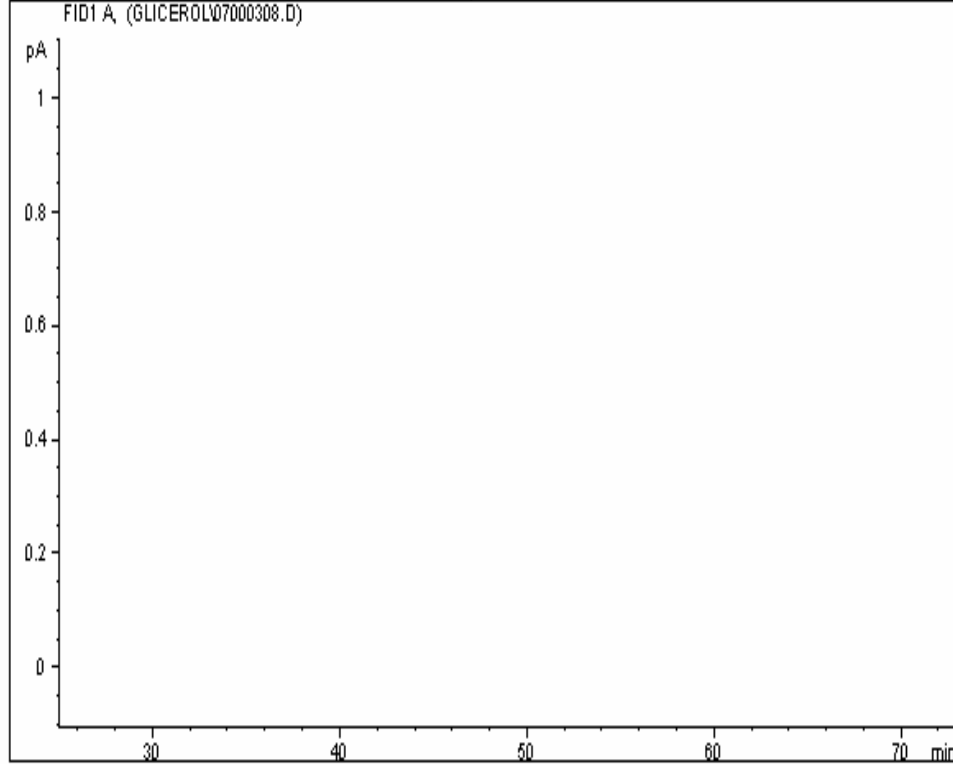
Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\GLICEROL\07000308.D
 VALIDACION CURVA REP 2

Muestra # : GLI 0.1%
 ->

Fecha de Inyección :01/10/2007 08:54:54 a.m.
 Nombre de la Muestra:GLI 0.1%
 Operador :Rafael López

Método de Adquisición :GLICEROL.M
 Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\GLICEROL.M
 Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 01:03:51 am
 (modificado después de cargado)

Método de cuantificación de isómeros cis/trans de Ácidos Grasos



Reporte de % de Area por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según :Señal
 Fecha de modificación de tabla de calibración :Tue, 16. Oct. 2007,01:03:51 am
 Picos no calibrados :No reportados
 Detector: FID1 A,

1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1	0.000	99.932	0.00000
1	2	3.730	0.068	0.10020 GLICEROL
1			100.000	0.10020

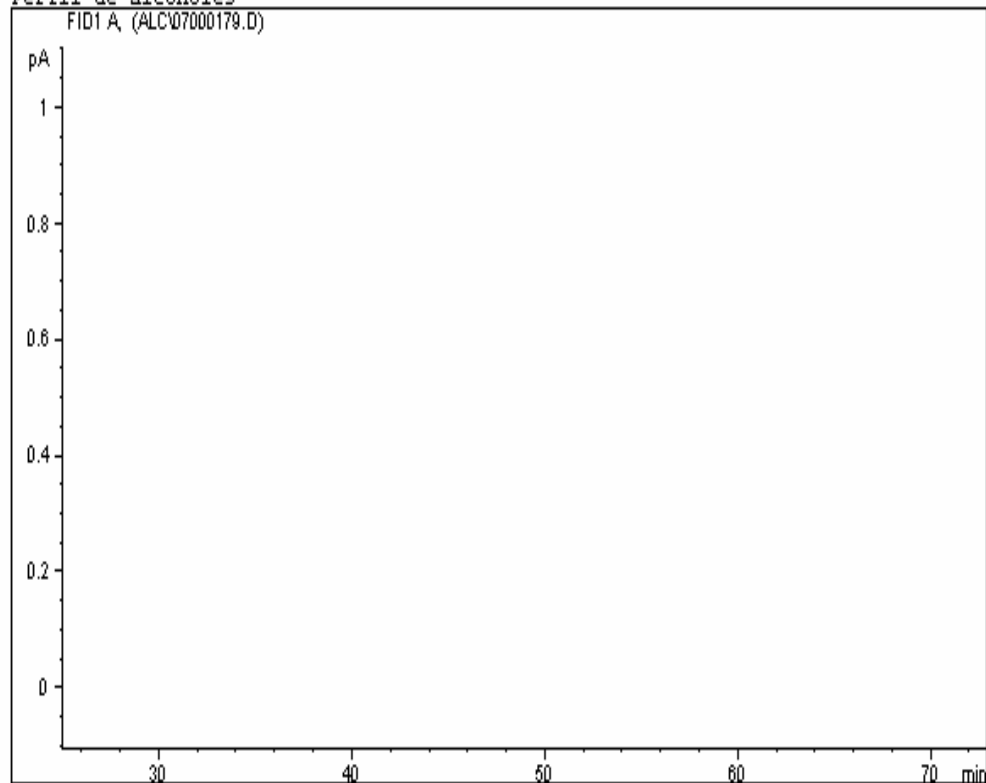
Anexo 6. Reportes de validación de la curva de metanol/etanol.

Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\ALC\07000179.D Muestra # : ETA 5% ME->
VALIDACION REP 3 ->

Fecha de Inyección :09/10/2007 08:05:15 p.m.
Nombre de la Muestra:ETA 5% META 95%
Operador :Juan Orellana

Método de Adquisición ALC.M
Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\ALC.M
Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 00:21:49 am
(modificado después de cargado)

Perfil de alcoholes



Reporte de % de Area por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según :Señal
Fecha de modificación de tabla de calibración :Tue, 16. Oct. 2007,00:21:49 am
Picos no calibrados :No reportados
Detector: FID1 A,

1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1 2.591	94.331	90.24540	METANOL
1	2 3.420	5.669	4.42175	ETANOL
1		100.000	94.66716	

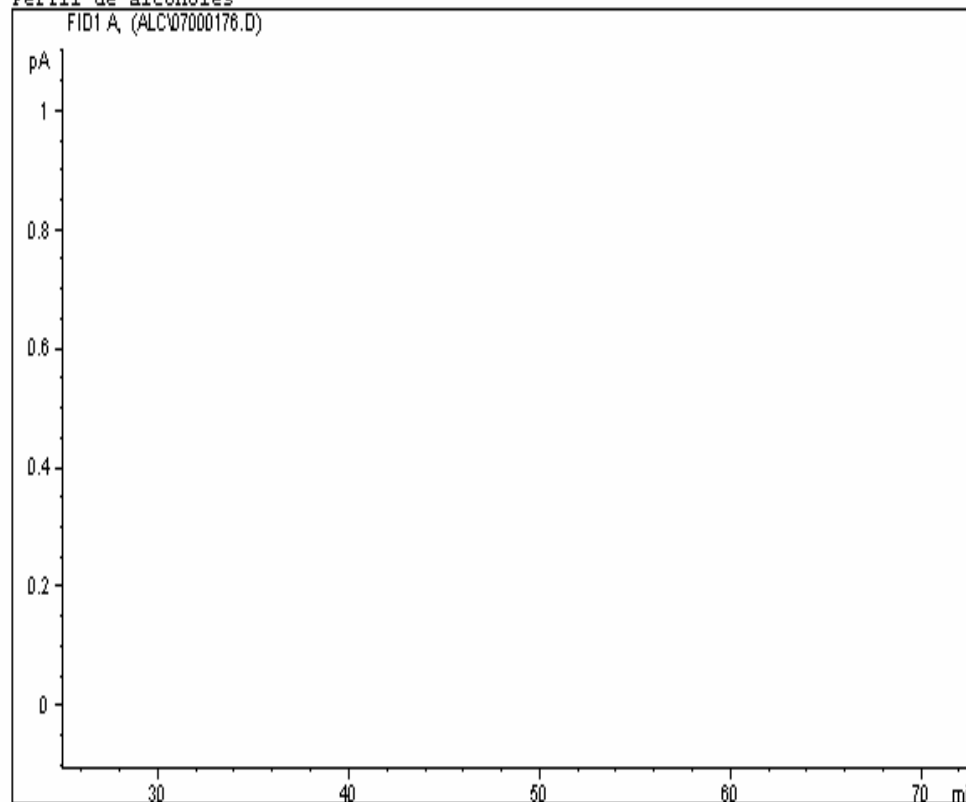
Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\ALC\07000176.D
VALIDACION REP 2

Muestra # : ETA 40% ME->
->

Fecha de Inyección :09/10/2007 07:42:47 p.m.
Nombre de la Muestra:ETA 40% META 60%
Operador :Juan Orellana

Método de Adquisición :ALC.M
Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\ALC.M
Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 00:23:43 am
(modificado después de cargado)

Perfil de alcoholes



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según : Señal
Fecha de modificación de tabla de calibración : Tue, 16. Oct. 2007, 00:23:43 am
Picos no calibrados : No reportados
Detector: FID1 A,

1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1 1	2.591	53.584	59.07171	METANOL
1 2	3.420	46.416	41.54575	ETANOL
1		100.000	100.61746	

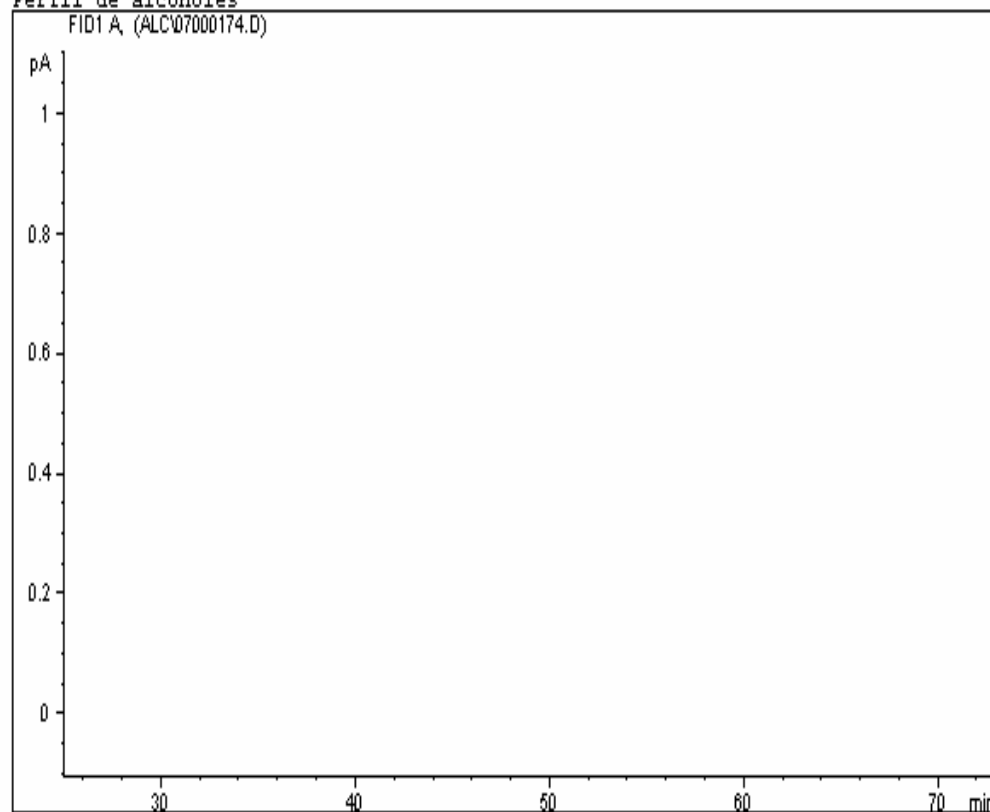
Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\ALC\07000174.D
VALIDACION REP 2

Muestra # : ETA 80% ME->
->

Fecha de Inyección :09/10/2007 07:26:24 p.m.
Nombre de la Muestra:ETA 80% META 20%
Operador :Juan Orellana

Método de Adquisición :ALC.M
Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\ALC.M
Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 00:25:27 am
(modificado después de cargado)

Perfil de alcoholes



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según : Señal
Fecha de modificación de tabla de calibración : Tue, 16. Oct. 2007, 00:25:27 am
Picos no calibrados : No reportados
Detector: FID1 A,

1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1 2.591	15.835	20.50329	METANOL
1	2 3.420	84.165	88.19550	ETANOL
1		100.000	108.69878	

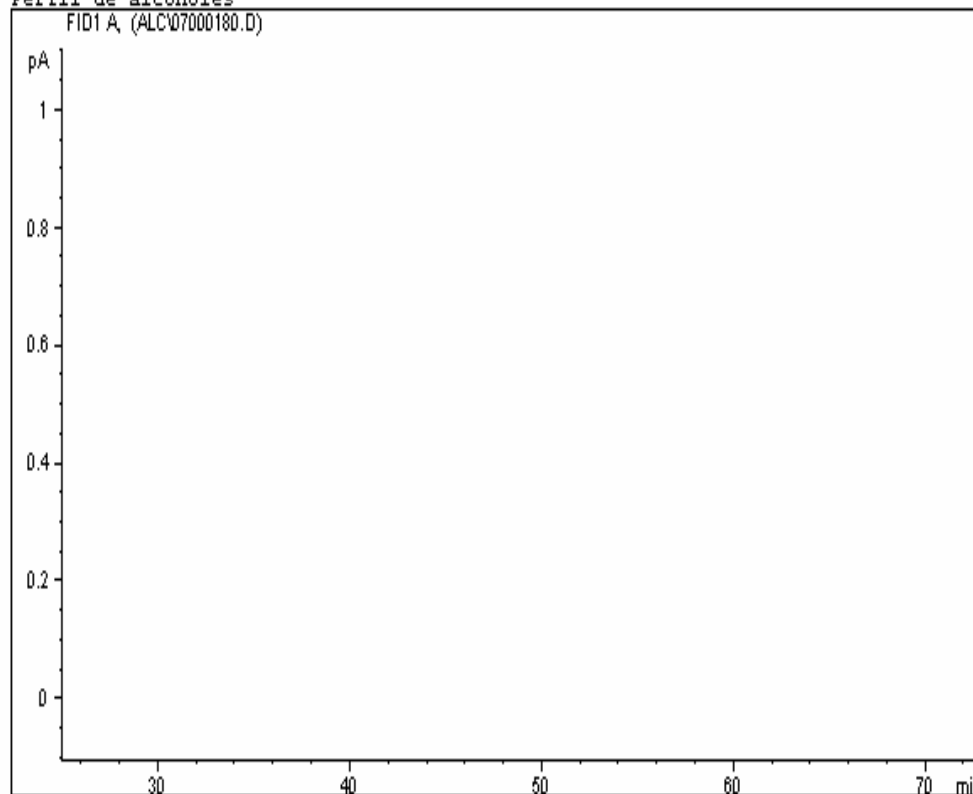
Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\ALC\07000180.D
VALIDACION REP 1

Muestra # : ETA 0.3%
->

Fecha de Inyección :09/10/2007 08:18:57 p.m.
Nombre de la Muestra:ETA 0.3%
Operador :Juan Orellana

Método de Adquisición :ALC.M
Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\ALC.M
Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 00:17:31 am
(modificado después de cargado)

Perfil de alcoholes



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según :Señal
Fecha de modificación de tabla de calibración :Tue, 16. Oct. 2007,00:17:31 am
Picos no calibrados :No reportados
Detector: FID1 A,

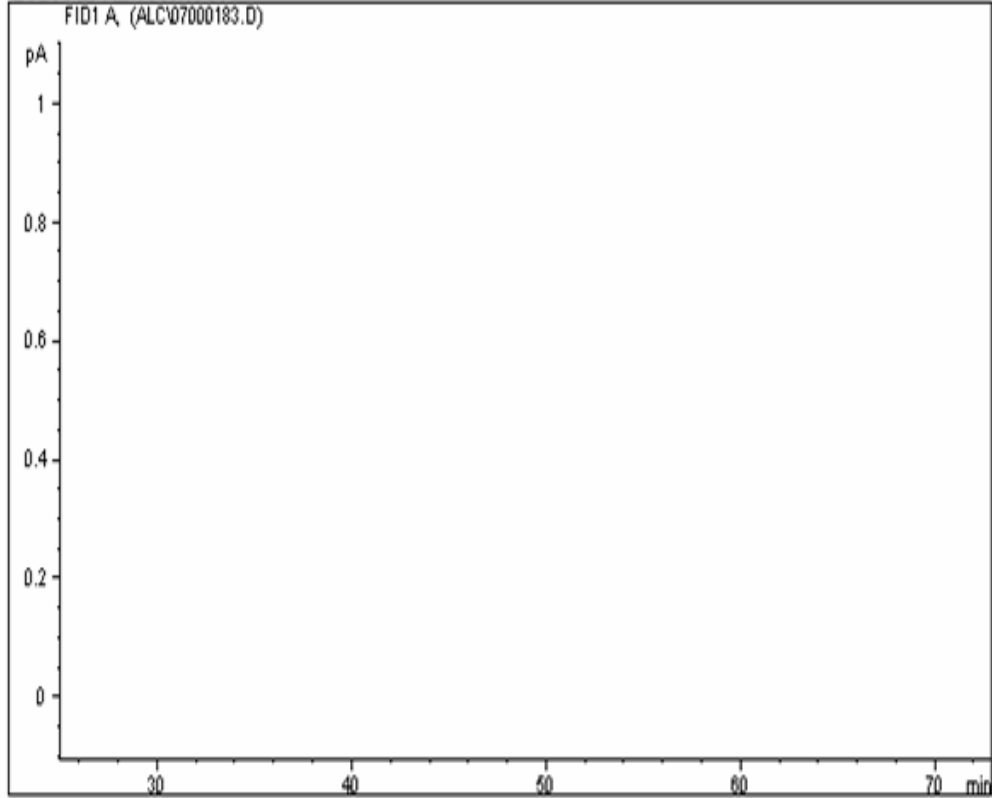
1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1 2.591	99.720	106.15396	METANOL
1	2 3.420	0.280	0.25988	ETANOL
1		100.000	106.41384	

Archivo :C:\HPCHEM\1\DATA\ALC\07000183.D Muestra # : META 0.3%
 VALIDACION REP 2 ->

Fecha de Inyección :09/10/2007 08:40:40 p.m.
 Nombre de la Muestra: META 0.3%
 Operador :Juan Orellana

Método de Adquisición :ALC.M
 Método de Análisis :C:\HPCHEM\1\METHODS\ALC.M
 Último cambio (análisis) :Tue, 16. Oct. 2007, 00:11:31 am
 (modificado después de cargado)

Perfil de alcoholes



Reporte de % de Área por compuesto calibrado

Compuestos ordenados según : Señal
 Fecha de modificación de tabla de calibración : Tue, 16. Oct. 2007, 00:11:31 am
 Picos no calibrados : No reportados
 Detector: FID1 A,

1Pico	Exp. Ret. Time	Area %	Amount	Nombre
1 #			[%]	
1	1 2.591	0.237	0.38375	METANOL
1	2 3.420	99.763	98.89541	ETANOL
1		100.000	99.27916	