

**EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD Y PURIFICACIÓN DE ACEITES
VEGETALES GASTADOS A ESCALA LABORATORIO PARA USARLOS
COMO MATERIA PRIMA OLEOQUÍMICA**

FARIDE PLATA DÍAZ

INGRID JOHANA PINEDA PINTO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2006**

**EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD Y PURIFICACIÓN DE ACEITES
VEGETALES GASTADOS A ESCALA LABORATORIO PARA USARLOS
COMO MATERIA PRIMA OLEOQUÍMICA**

FARIDE PLATA DÍAZ

INGRID JOHANA PINEDA PINTO

**Trabajo de grado para optar el título de
Ingeniero Químico**

Director

**MARIO ALVAREZ CIFUENTES
Ingeniero Químico M.Sc., Ph. D.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
BUCARAMANGA
2006**

DEDICATORIA

A Dios, por ser refugio de mis alegrías y tristezas.
A la ilusión de mis hermanos por verme llegar hasta este punto
y ser los más grandes patrocinadores de este sueño.
A mi madre por desearme siempre lo mejor.
A la memoria de mi abuelita Guillermina por su ejemplo de vida,
A mis amigos y la universidad por ser mi segundo hogar.
Sin ustedes no sería posible este pequeño paso de muchos
que me falta por dar.

Faride.

A DIOS la fuente inagotable de fe y amor con
la cual he tratado de realizar todos mis propósitos.
A mi madre que con su amor, comprensión
y continuo apoyo hizo que todas aquellas
metas que me había propuesto conseguir
fueran posibles.
A mi hermano por su apoyo incondicional.
A mi hijita Paula Sofía por existir y llenar
mi vida de alegría.
A la universidad y a todos mis amigos
por su compañía y a quienes deseo los
mejores éxitos en su vida profesional.

Ingríd.

AGRADECIMIENTOS

Es justo expresar nuestros agradecimientos a las personas e instituciones que colaboraron para hacer realidad este proyecto:

GRUPO INTERFASE, por su acogida y respaldo en todo momento.

MARIO ALVAREZ CIFUENTES. Ingeniero Químico M.Sc., Ph. D. profesor de la Universidad Industrial de Santander y director del proyecto, por su colaboración y constante apoyo en cada etapa.

SANTANDEREANA DE ACEITES S.A. (Saceites), Ing. Cristian Mantilla, Ing. Manuel Orozco, Iván Pachón y Feiber Navas, por su paciencia y presta colaboración.

LUBRYESP, Químico. Jairo Lázaro por compartir sus conocimientos en pro de la investigación.

Luis Eduardo Carreño y Wilson Eduardo Carreño, técnicos del laboratorio de procesos de la Universidad Industrial de Santander, por su amistad y estar siempre dispuestos a colaborar.

Nuestras familias por su apoyo incondicional.

Nuestros amigos Diana, Luisa, Paola, Ángela, Marlen, Leidy, Javier y por su puesto Giovanni, por su compañía y continuo apoyo.

La Universidad Industrial de Santander por formarnos como profesionales.

Y gracias también a este trabajo por darnos la oportunidad de participar y ganar el BAYER encuentro juvenil ambiental “Agua **conciencia**” (2.005).

RESUMEN

TITULO

Evaluación de la disponibilidad y purificación de aceites vegetales gastados a escala laboratorio para usarlos como materia prima oleoquímica*.

AUTORES

Faride Plata Díaz
Ingrid Johana Pineda Pinto**

PALABRAS CLAVES

Aceite vegetal gastado, desacidificación, neutralización alcalina, oleoquímica.

DESCRIPCIÓN

Este trabajo muestra un estudio estadístico y experimental de los aceites de fritura en la ciudad de Bucaramanga con el objetivo de determinar la disponibilidad, calidad y algunos métodos de desacidificación para convertirlos en materia prima oleoquímica.

El análisis reporta resultados satisfactorios en cantidad, disponibilidad, calidad y posterior desacidificación; no se encontraron fácilmente valores ácidos superiores a 3,0.

Las variables analizadas en el diseño de experimentos para la desacidificación por solución alcalina fueron, concentración del álcali, valor de acidez y temperatura del AVG, y velocidad de agitación en la reacción.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas, Ingeniería Química, Ing. Químico M. Sc. Ph. D
Mario Álvarez Cifuentes

SUMMARY

TITLE

PURIFICATION AND ADAPTATION OF METHYL ESTERES OBTAINED TO LEAVE OF OIL OF PALM LIKE OIL-CHEMISTRY PRIME STUFF OF TENSOACTIVES.*

AUTHORS:

LUISA FERNANDA ARIZA BÁEZ

DIANA KATHERINE CAMPOS REYES**

KEY WORDS

Oil wornout vegetable, desacidification, alkaline neutralization, olechemical.

DESCRIPTION

This work shows a statistical and experimental study of the fried wasted oils in Bucaramanga city with the objective of determination the readiness, quality and some desacidification methods to transform them into raw material for olechemicals.

The analysis reports satisfactory results in quantity, readiness, quality and later desacidification; acidic values superior to (3.0) were not found.

The variables analyzed in the design of experiments for the desacidification for alkaline solution were: concentration of the alkali, acidity value and temperature of the AVG, and the effect of agitation velocity during the reaction.

* Work of degree

** Faculty of Physical-Chemistry Engineerings. School Chemical Engineering, Chemical Engineer M. Sc. Ph. D Mario Álvarez Cifuentes

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
1. CONCEPTOS TEÓRICOS	3
1.1 OLEOQUÍMICA.....	3
1.2 ACEITES VEGETALES.....	4
1.3 ACEITES VEGETALES GASTADOS.....	4
1.4 REACCIONES DE DEGRADACIÓN EN LOS ACEITES.....	5
1.4.1 Hidrólisis.....	5
1.4.2 Oxidación térmica o auto-oxidación.....	5
1.4.3 Polimerización.....	6
1.5 PROCESO DE PURIFICACIÓN DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS.....	6
1.6 ALTERNATIVAS OLEOQUÍMICAS DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS.....	7
1.6.1 Sustituto Diesel (Biodiesel).....	7
1.6.2 Grasas especiales.....	8
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL	10
2.1 ENCUESTAS.....	10
2.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	10

2.3 PRUEBAS PRELIMINARES Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA A LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS....	12
2.3.1 Determinación de impurezas insolubles.....	12
2.3.2 Filtración pasiva.....	13
2.3.3 Contenido de humedad y materia volátil.....	13
2.3.4 Punto de humo.....	13
2.3.5 Índice de refracción.....	14
2.3.6 Acidez e Índice de acidez.....	14
2.3.7 Índice de saponificación.....	15
2.3.8 Índice de peróxido.....	16
2.3.9 Índice de yodo.....	16
2.4 PARAMETROS PARA LA PURIFICACION DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS.....	17
2.4.1 Adecuación por filtración Activa.....	17
2.4.2 Tratamientos de Desacidificación.....	17
I. Extracción con solvente.....	18
II. Neutralización con solución alcalina.....	19
2.5 CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS Y PURIFICADOS.....	20
2.6 ALTERNATIVAS OLEOQUÍMICAS PROPUESTAS.....	20
2.6.1 Preparación de Biodiesel.....	20
2.6.2 Preparación de grasas especiales.....	22
3. RESULTADOS Y ANALISIS.....	24

3.1 ENCUESTAS.....	26
3.2 PRUEBAS PRELIMINARES Y CARACTERIZACIÓN	
FISICOQUICA DE LOS AVG.....	28
3.3 PURIFICACION DE LOS AVG.....	33
3.4 ALTERNATIVAS OLEOQUÍMICAS.....	33
I. Biodiesel.....	34
II. Grasas especiales.....	34
CONCLUSIONES.....	37
BIBLIOGRAFIA.....	39

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Propiedades reportadas de los etíl-éster en la literatura	8
Tabla 2. Control de calidad de las grasas lubricantes.	9
Tabla 3. Descripción de las muestras de aceite recolectadas.	11
Tabla 4. Mezclas de aceites vegetales gastados.	12
Tabla 5. Condiciones de desacidificación por extracción con solvente.	19
Tabla 6. Experimentos realizados para obtener etíl-éster.	21
Tabla 7. Proporciones de ensayo para las grasas lubricantes.	23
Tabla 9. Caracterización fisicoquímica de los AVG.	27
Tabla 9. Purificación de los AVG por filtración activa, extracción con solvente y solución alcalina.	29
Tabla 10. Comparación de los métodos de desacidificación propuestos.	29
Tabla 11. Condiciones iniciales para el diseño de experimentos de la neutralización con solución alcalina.	30
Tabla 12. Diseño de experimentos para la desacidificación con solución alcalina.	30
Tabla 13. Condiciones optimas de proceso para la neutralización alcalina.	32
Tabla 14. Propiedades de los esteres etílicos producidos.	34
Tabla 15. Pruebas realizadas para obtención de grasas lubricantes	35
Tabla 16. Resultados de la caracterización para las grasas lubricantes	35

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de productos oleoquímicos	5
Figura 2. Procesos de purificación de los AVG	6
Figura 3. Metodología de trabajo	7
Figura 4. Formato de encuesta	24
Figura 5. Equipo de transesterificación	21
Figura 6. Análisis de las fuentes, cantidad y la calidad de aceites vegetales gastados en Bucaramanga	25
Figura 7. Muestras de aceites vegetales gastados caracterizadas	26
Figura 8. Proceso de purificación de los AVG	31
Figura 9. Aceite vegetal gastado sin purificar	33
Figura 10. Aceite vegetal gastado purificado con las condiciones Optimas	33
Figura 11. Separación de fases etíl-éster y glicerina	34
Figura 12. Grasas lubricantes.	36

ANEXOS

	Pág
ANEXO A. Gráficas de la Caracterización fisicoquímica de los AVG	42
ANEXO B. Gráfica de métodos de purificación	43
ANEXO C. Obtención de ETIL-ESTER	44
ANEXO D. Espectro comparativo de étil oleato y étil palmitato con esteres etílicos de aceites vegetales usados.	45

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la disposición final de los aceites vegetales gastados durante el proceso de fritura es inadecuada debido a que estos son utilizados para la fabricación de alimentos para animales, reciclados con el fin de elaborar jabones de mala calidad, reutilizados en los sitios de comidas rápidas atentando contra la salud de los consumidores, o en su defecto son desechados de manera indebida a los sistemas de alcantarillado. Debido al uso inadecuado de estos aceites y a los riesgos para la salud y al impacto ambiental negativo que provocan, se están realizando estudios que permitan establecer alternativas de carácter industrial apropiadas para aprovechar estos aceites.

Con este trabajo se propone realizar un estudio de las fuentes, la disponibilidad, y la evaluación de la calidad promedio de los aceites vegetales gastados que se pueden recolectar de algunos de los sectores de la industria en la ciudad de Bucaramanga.

Es necesario implementar una metodología que permita realizar la purificación de estos aceites y evaluar alternativas a fin de convertirlos en materia prima para obtener productos oleoquímicos.

El objetivo de esta investigación, busca obtener materias primas oleoquímicas que permitan el aprovechamiento de estos aceites en la producción de sustitutos del diesel, jabones metálicos, bases lubricantes y diversos productos de limpieza industrial que entre otros forman parte de la producción oleoquímica.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar la disponibilidad de aceites gastados en Bucaramanga y seleccionar los métodos de tratamiento para su purificación.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las fuentes, la cantidad y la calidad de aceites vegetales gastados que se producen en la ciudad.
- Seleccionar los métodos y recursos necesarios para purificación de aceites gastados para utilizarlos como materia prima oleoquímica.
- Caracterizar el aceite purificado con el fin de ser usados como materia prima para obtener productos oleoquímicos.

1. CONCEPTOS TEÓRICOS

1.1 OLEOQUIMICA

Definición

Es la transformación de aceites y grasas vegetales y animales por medio de procesos químicos y fisicoquímicos en derivados de mayor valor agregado.

Los oleoquímicos básicos que se producen industrialmente son: glicerina, ácidos grasos, metil esterés, alcoholes grasos y triglicéridos epoxidados.

Los oleoquímicos intermedios, algunos de ellos llamados también surfactantes, se obtienen por medio de procesos de etoxilación y/o sulfonación de los alcoholes grasos, u otros derivados buscando añadir un grupo funcional que depende de las características buscadas en el producto final. [1] (ver Fig.1).

A nivel industrial la oleoquímica presenta las siguientes características Principales:

- Genera productos de apreciable valor agregado a partir de aceites y grasas
- Genera productos oleoquímicos básicos y derivados con múltiples aplicaciones.
- Producción compatible con el medio ambiente.
- Posibilidad de operación a escala media.
- Usa materias renovables y de suministro seguro.

1.2 ACEITES VEGETALES

Los aceites y grasas vegetales son sustancias orgánicas, formadas por esterres de ácidos grasos y glicerina a los que se les denomina glicéridos; la glicerina puede estar mono, di y triesterificada por los ácidos grasos, en cuyo caso se forman los mono, di o triglicéridos.

Además de los esterres de la glicerina, el aceite contiene pequeñas cantidades de vitaminas, fosfátidos (lecitinas), esterres, colorantes naturales (carotenos, clorofila y xantofila), agua e hidrocarburos que sustituyen el material insaponificable. [2]

Los triglicéridos están compuestos por una gran cantidad de ácidos grasos constituidas por un número de carbonos que van desde 12 a 18. Los triglicéridos contienen aproximadamente el 95% de ácidos grasos y el 5% de glicerol, combinado como esterres.

1.3 ACEITES VEGETALES GASTADOS (AVG)

Los aceites vegetales gastados provienen de los procesos de fritura cuyas fuentes de producción más importantes incluyen la industria de alimentos fritos, hoteles, restaurantes y comidas rápidas.

Los aceites se exponen a un proceso de cocción profunda del alimento lo que implica utilizar un alto contenido de aceite e inmersión completa del alimento que ocurre a temperaturas que oscilan entre (160-190) °C.

Debido a la exposición del aceite a altas temperaturas, a las condiciones del proceso de fritura y a su reiterado uso los aceites presentan alteraciones físicas como aumento de viscosidad, formación de espuma y oscurecimiento; y alteraciones químicas que incluyen reacciones de hidrólisis, oxidación

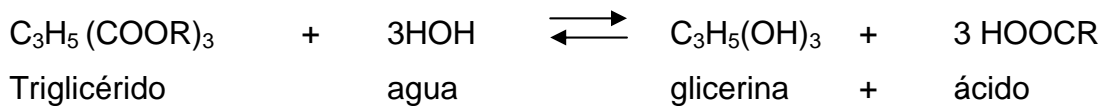
térmica y polimerización que conlleva a la formación de compuestos indeseados como los ácidos grasos libres entre otros.

1.4 REACCIONES DE DEGRADACION EN LOS ACEITES

1.4.1 Hidrólisis

En contacto con la humedad del alimento, los triglicéridos liberan cadenas de ácidos grasos que en presencia de un catalizador metálico aumenta la acidez en el aceite y la posible formación de metilcetonas y lactonas causantes del mal olor.

La reacción procede en etapas y es reversible:



1.4.2 Oxidación térmica o auto-oxidación

La auto-oxidación se caracteriza por la oxidación de los ácidos grasos en presencia del oxígeno del aire, que da lugar a compuestos intermedios inestables denominados hidroperóxidos y peróxidos (formadores de radicales libres). La descomposición térmica de los hidroperóxidos produce gran cantidad de productos de escisión y material de alto peso molecular, especialmente dímeros, que en presencia de oxígeno forman grandes cantidades de grupos hidroxilo y carbonilo.

Los ácidos grasos insaturados son los más sensibles a la auto-oxidación tales como oléico, linolénico y linoléico. [3, 4]

La oxidación genera en el aceite cambio de color, formación de espuma, sabor y olor desagradable.

1.4.3 Polimerización

Los polímeros formados provienen en su gran mayoría de los ácidos grasos poliinsaturados y radicales libres que tienden a combinarse entre ellos formando compuestos lineales más o menos largos y ramificados o compuestos cíclicos.

La polimerización se debe a la descomposición de los peróxidos, que forman radicales alquílicos y agua, que a su vez atacan a otros hidroperóxidos que producen más radicales que finalmente se dimerizan.

Los polímeros, al aumentar de tamaño y peso molecular, incrementan la viscosidad del aceite lo que lleva a la formación de espuma y por tanto la oxidación.

1.5 PROCESO DE PURIFICACIÓN DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS

Debido a las alteraciones fisicoquímicas causadas por la fritura, el aceite es considerado un “desecho”, por tal razón es sometido a un proceso de purificación que proporciona al aceite las características adecuadas para generar alternativas como materia prima oleoquímica:

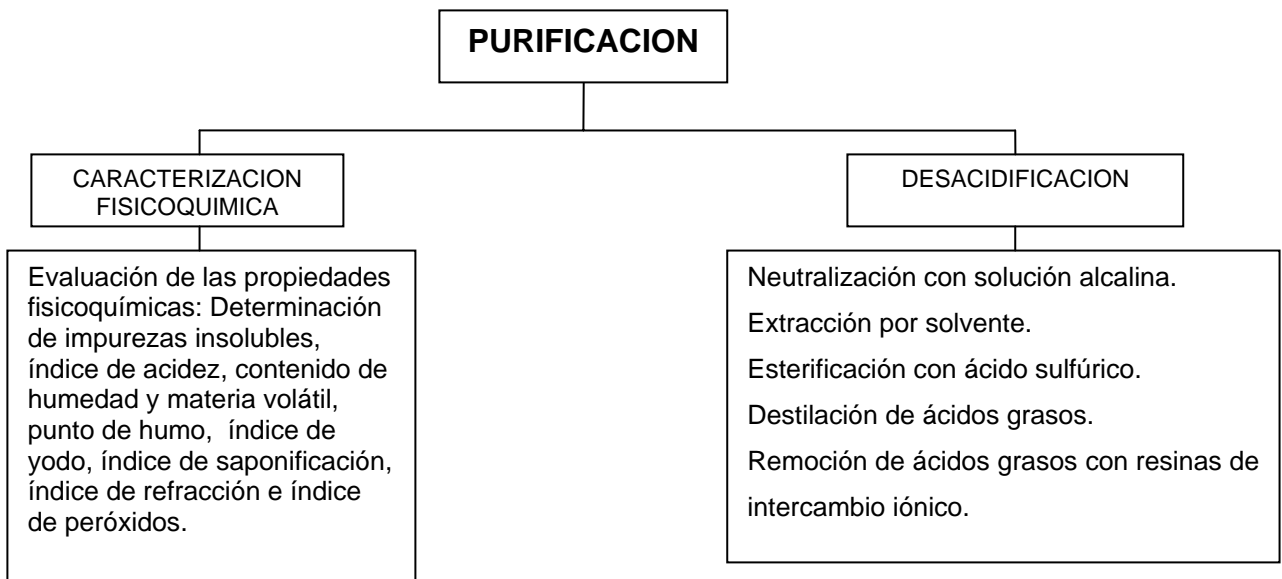


Figura 2. Procesos de purificación de los AVG.

1.6 ALTERNATIVAS OLEOQUÍMICAS DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS

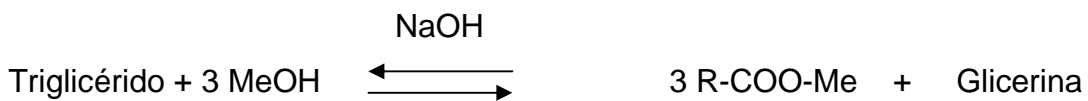
La producción de oleoquímicos básicos e intermedios a partir de aceites de palma y palmiste se ha duplicado en productos de uso final para (el cuidado personal, del hogar, limpieza industrial, alimenticia, farmacéutica, combustibles, lubricantes, etc.), esto conlleva a una mayor necesidad de materia prima para la obtención de los productos oleoquímicos.

Una vez purificados los AVG que se producen en la ciudad, cumplen con las condiciones necesarias para seguir las rutas de transformación oleoquímica que finalmente generan un producto más amigable con el medio ambiente y de mayor valor agregado.

Las alternativas oleoquímicas propuestas en este trabajo son:

1.6.1 Sustituto Diesel (Biodiesel)

Es un combustible proveniente de los aceites vegetales o animales que se produce por la reacción química (transesterificación) de dichos aceites con un alcohol (etanol, metanol) utilizando hidróxido de sodio o potasio como catalizador.



Puede ser utilizado como combustible puro o en mezcla, gracias a la similitud de sus características con el diesel.

El Biodiesel disminuye las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, principal causa del efecto invernadero, como también disminuye las emisiones de azufre y componentes aromáticos.

La utilización de los AVG presenta como ventaja el hecho de aprovechar los residuos de cocina, que los hace una fuente atractiva pero son más difíciles de convertir porque contienen de un 2-10% de ácidos grasos libres lo que requiere aplicar procesos de purificación para adecuar los aceites.

Existen algunas propiedades para evaluar los etil ésteres:

PROPIEDADES	ETIL - ESTER
Densidad (g/cm ³) a °T ambiente	0.86 – 0.9
Viscosidad (cPo) a 40 °C	3.5 – 5.0
Índice de Refracción	1.44 – 1.45
Valor Ácido	0.15 – 0.25

Tabla 1. Propiedades reportadas de los etil-éster en la literatura. [11]

1.6.2 Grasas especiales

Una grasa lubricante es una dispersión semilíquida a sólida de un agente espesante en un líquido (aceite base). Al menos en el 90% de las grasas, el espesante es un jabón metálico, formado cuando un metal hidróxido reacciona con un ácido graso.

Los aceites vegetales se convierten en una valiosa alternativa, al hecho de utilizar aceites minerales o sintéticos en la elaboración de las grasas lubricantes; ya que estos son biodegradables y proporcionan buenas propiedades a la grasa debido a la presencia de las cadenas largas de los ácidos grasos.[15]

Pruebas de control de Calidad	RANGO	
Penetración sin trabajar	265 a 295	
Punto de goteo	Valor mínimo 157 °C	
% cambio en la consistencia de la grasa	% Cambio	clasificación
	0-5	Excelente
	5-15	Bueno
	15-30	Regular
	Mayor de 30	Pobre

Tabla 2. Control de calidad de las grasas lubricantes.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación, es necesario conocer las fuentes generadoras de los aceites vegetales gastados, la disponibilidad y el estado de los aceites; para lo cual es necesario realizar encuestas en los restaurantes, hoteles, industrias de fabricación de alimentos fritos y ventas de comidas rápidas para hacer una recolección de muestras y realizar una caracterización fisicoquímica de los AVG para un posterior tratamiento de purificación de los aceites a fin de convertirlos en materia prima oleoquímica. (Ver figura 3).

2.1 ENCUESTAS

Las encuestas se realizaron con el fin de conocer la calidad, cantidad y disponibilidad de los AVG generados en la ciudad de Bucaramanga. El desarrollo de las encuestas se hizo por medio de entrevista y directamente con las personas encargadas de manipular estos aceites.

Los objetivos planeados en la elaboración de esta encuesta son obtener información acerca de: la distribución de los AVG por sectores en la ciudad, las marcas de aceites utilizados, tipo de alimentos preparados, las condiciones de uso tales como temperatura, volumen de aceite gastado, tipo y frecuencia de filtración y la disposición final del aceite. (Ver figura 4)

2.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

El criterio de selección para la recolección de muestras se determinó por el tipo de establecimiento, alimento elaborado y cantidad de aceite desechado. Se eligieron nueve de los establecimientos encuestados, y se realizaron tres mezclas de aceites de los mismos (tabla 3 y 4). En cada uno se dejó un

recipiente plástico para su posterior recolección de un volumen aproximado de 12 litros. La recolección del aceite se realizó de acuerdo con los criterios del establecimiento de periodicidad de desecho del aceite.

Las muestras de aceite se almacenaron a temperatura ambiente en un recipiente debidamente marcado y cerrado con su respectiva tapa, con el fin de identificar las muestras e impedir el contacto con el aire.

Además, se realizaron mezclas de diferentes muestras para conocer el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas de los aceites para una futura purificación.

Muestra	Establecimiento	Alimentos elaborados
1	Comida rápida	Papa-pollo
2	Restaurante	Pollo
3	Restaurante	Papa-pollo-patacón
4	Restaurante	Papa-pollo
5	Hotel	Papa-pollo-pescado
6	Comidas rápidas	Papa-maduro-pollo-cerdo-res-chicharrón
7	Hotel	Papa-pescado
8	Restaurante/comida rápida	Varios
9	Restaurante/hotel	Varios
10	Hotel/comida rápida	Varios
11	Comida rápida	Papa-salchicha
12	Comida rápida	Papa-pollo

Tabla 3. Descripción de las muestras de aceite recolectadas.

Muestras	Mezcla
8	2 y 6
9	4 y 7
10	5 y 1

Tabla 4. Mezclas de aceites vegetales gastados.

2.3 PRUEBAS PRELIMINARES Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUIMICA DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS

Como tratamiento preliminar a las muestras se les determinó el contenido de impurezas y se les practicó una filtración con el fin de remover las partículas sólidas para un adecuado almacenamiento antes de realizar la caracterización fisicoquímica.

2.3.1 Determinación de impurezas insolubles

La prueba permite determinar la cantidad de suciedad y otras materias extrañas insolubles en n-hexano.

Se toma una pequeña muestra homogenizada, se afora con n-hexano, se lleva a centrifugación por tres minutos y se retira la solución evitando eliminar las partículas suspendidas, se afora nuevamente. Este procedimiento se repite hasta obtener una buena separación de partículas insolubles.

$$I.I = \frac{W_1 - T}{W_2} * 100 =$$

W_1 = Peso muestra de (aceite homogenizada + tubo de centrifugación)

T = Peso de tubos de centrifugación vacíos

W_2 = Peso de (partículas Insolubles + tubo de centrifugación)

2.3.2 Filtración pasiva

En este sistema de filtración se busca remover los sólidos insolubles, como los residuos de alimentos (partículas carbonáceas) que se depositan en el aceite.

Se somete el aceite a una temperatura de 60 °C, luego se pasa por un filtro-prensa donde el medio filtrante es dril súper 8.

Con esta filtración se acondiciona el aceite para su posterior caracterización fisicoquímica.

El AVG fue sometido a caracterización con base en las Norma Técnica Colombiana para aceites vegetales (ICONTEC) según su actualización determinándose: contenido de humedad y materia volátil, punto de humo, índice de refracción, acidez e índice de acidez, índice de saponificación; índice de peróxidos; índice de yodo.

2.3.3 Contenido de humedad y materia volátil

Basado en la norma NTC 287 segunda actualización.

Determina el grado de humedad o contenido de agua o líquidos en el aceite.

$$C.H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} * 100 \quad \text{Donde}$$

m_0 = Masa en gramos del cristalizador de vidrio.

m_1 = Masa en gramos del cristalizador y la porción de ensayo antes de calentamiento.

m_2 = Masa en gramos del cristalizador después del calentamiento.

2.3.4 Punto de humo

Prueba basada en la Norma Técnica Colombiana NTC 3272.

- El punto de humo se relaciona inversamente con el contenido de ácidos grasos libres.
- Muestras que presenten una acidez menor de 1, presentan los mayores valores de punto de humo.
- Existe un criterio que considera que un aceite debe ser desechado cuando el punto de humo es inferior a 170°C

2.3.5 Índice de refracción

Esta prueba se realizó según la Norma Técnica Colombiana NTC 289 segunda actualización.

El refractómetro utilizado es de tipo Abbe con aproximación de 0.0001.

ATAGO DIGITAL THERMOMETER 3T.

Este ensayo muestra el grado de insaturación del aceite.

2.3.6 Acidez e Índice de acidez

Basado en la norma NTC 218 segunda actualización.

El índice de acidez indica el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en un gramo de aceite.

La acidez mide la presencia de ácidos grasos libres presentes en el aceite.

$$IA = \frac{56.1 * V_1 * C}{W}$$

$$Acidez = \frac{V_1 * C * M}{10 * W}$$

V_1 = Volumen en mililitros de solución volumétrica normalizada de hidróxido

de potasio o sodio usado.

C = Concentración en moles por litro de la solución volumétrica

normalizada de hidróxido de sodio o de potasio.

W= Peso en gramos de la porción de ensayo.

M= Masa molar en gramos por mol, de ácido escogido para expresión de los resultados.

2.3.7 Índice de saponificación

El índice de saponificación esta basado en la Norma Técnica Colombiana NTC 335 primera actualización.

- Se define como el peso en miligramos de KOH necesario para saponificar un gramo de grasa.
- Cuanto menor sea el peso molecular de los ácidos que forman la grasa, mayor será la cantidad de KOH necesario para verificar la saponificación.

$$I.S = \frac{(V_0 - V_1)(C * 56,1)}{W} \text{ Donde;}$$

V₀= Volumen en mililitros de la solución volumétrica normalizada de ácido clorhídrico en blanco.

V₁= Volumen en mililitros de la solución volumétrica estándar de ácido clorhídrico, usado en la determinación.

C= Concentración exacta en moles por litro de la solución volumétrica estándar de ácido clorhídrico.

W= Peso en gramos, de la porción de ensayo.

2.3.8 Índice de peróxido

El índice de peróxido esta basado en la Norma Técnica Colombiana NTC 236 primera actualización.

El índice de peróxido indica el número de miligramos de oxígeno activo en un gramo de aceite. El valor de peróxido es también una indicación de la presencia o ausencia de rancidez en la muestra, esto es el grado de oxidación o auto-oxidación que ha ocurrido en la muestra antes de examinarla.

$$I.P = \frac{V_1 - V_0 * C * 1000}{W} \quad \text{Donde;}$$

V_1 = volumen en mililitros de la solución de tiosulfato de sodio empleado para la determinación.

V_0 = Volumen en mililitros de sulfato de sodio usado para el blanco.

C = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio empleada.

W = Peso en gramos de la porción de ensayo.

2.3.9 Índice de yodo

Basado en la norma NTC 283 primera actualización.

- Los métodos utilizados fueron Hannus y Wijs.
- El índice de yodo indica la presencia de enlaces dobles en el aceite. Un alto valor en el índice de Iodo indica pocos enlaces dobles presentes en el aceite. Se define como el grado de instauración de una grasa, y se expresa como el número de gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de muestra.

$$I.Y = \frac{(V_0 - V_1) * C * 12.69}{W} \quad \text{Donde;}$$

C= Concentración de la solución de tiosulfato de sodio, moles por litro.

V_0 = Volumen en mililitros de la solución de tiosulfato de sodio empleado para el blanco.

V_1 = Volumen en mililitros de tiosulfato de sodio usado para la determinación.

W= Peso en gramos de la porción de ensayo.

2.4 PARAMETROS PARA LA PURIFICACION DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS

Según el contenido de acidez de las muestras, se escoge el tratamiento que se debe realizar para la purificación de los aceites. Las muestras con un índice de acidez inferior a 2, se adecuaron con una filtración activa y las muestras con índice de acidez mayor o igual a 2 se sometieron a un tratamiento de desacidificación.

2.4.1 Adecuación por filtración Activa

Este procedimiento se realiza con el fin de mejorar algunas propiedades fisicoquímicas de los AVG donde se utilizan materias adsorbentes que buscan capturar las impurezas solubles.

Las materias filtrantes utilizadas en estos procedimientos fueron tierras de blanqueo (Tonsil, Trisyl, carbón activado).

Se lleva el aceite a una temperatura de 60 °C, para adicionar las tierras de blanqueo al 1%, con agitación magnética durante 30 min. (200-300 rpm).

La filtración se realiza al vacío y se debe mantener esta temperatura.

2.4.2 Tratamientos de Desacidificación

La desacidificación es el proceso donde se eliminan los ácidos grasos libres que contienen los AVG. Es necesario realizar desacidificación a los aceites con índice de acidez mayor o igual a 2.

Entre los métodos de desacidificación más conocidos se encuentran [21]:

- Neutralización con solución alcalina, la cual permite eliminar los ácidos en forma de jabones.
- Esterificación con ácido sulfúrico, donde se busca regenerar el triglicérido.
- Extracción por solventes, donde se realizan lavados con un alcohol generalmente etanol en proporciones significativas respecto a la cantidad de aceite.
- Destilación de ácidos grasos, que requiere de un alto gasto energético.
- Remoción de ácidos grasos con resinas de intercambio iónico, donde una resina de carácter fuertemente básico remueve ácidos libres y color del aceite.

Se realizaron pruebas a escala laboratorio a dos de los métodos anteriormente mencionados, a fin de conocer la efectividad de estos tratamientos en la desacidificación de los aceites vegetales gastados.

I. Extracción con solvente [20,21]: Este método utiliza generalmente como solventes etanol o metanol, del cual se requiere elevadas cantidades en relación con la cantidad de aceite por tratar, además es necesario realizar varios lavados para obtener buenas eficiencias.

Se lleva el aceite a una temperatura con agitación continua, para adicionar el disolvente (etanol) que se ha calentado cerca de su punto de ebullición, se continúa la agitación de la mezcla por 15 minutos y se inicia la decantación

durante 6 horas para separar las dos fases. Las condiciones de operación, en los lavados con etanol son las siguientes:

Condiciones	Valor
Relación volumétrica	50/50
Concentración de Etanol (v/v) 15°C	94
Temperatura AVG (°C)	60
Temperatura Etanol (°C)	70
Tiempo de decantación (h)	6

Tabla 5. Condiciones de desacidificación por extracción con solvente.

II. Neutralización con solución alcalina

Este proceso consiste en eliminar los ácidos grasos libres del aceite por medio de una solución alcalina.

Se lleva el aceite a una temperatura mayor de 50°C, para adicionarle la solución alcalina en condiciones cercanas a su punto de ebullición, se determina un tiempo y velocidad de agitación para la reacción, para luego iniciar el proceso de separación de fases y su posterior decantación (Fig. 8).

Para este método se diseñó un procedimiento experimental, (ver tabla 12) el cual consistía en realizar cambios en las variables de proceso (Concentración de la solución alcalina, temperatura del aceite, velocidad y tiempo de agitación) para encontrar las condiciones óptimas de operación. (Ver tabla 13).

2.5 CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS Y PURIFICADOS

Una vez purificado el aceite por filtración activa o sometido a un método de desacidificación, se realiza nuevamente la caracterización fisicoquímica de los aceites con el fin de evaluar si cumplen con los parámetros necesarios para usarlos como alternativas oleoquímicas.

Las pruebas realizadas fueron: contenido de humedad, punto de humo, acidez e índice acidez, índice de peróxido e índice de yodo.

Estas pruebas se rigieron por la norma Técnica Colombiana (NTC) según su actualización, como se describe en las pruebas preliminares y caracterización fisicoquímica a los aceites vegetales gastados.

2.6 ALTERNATIVAS OLEOQUÍMICAS PROPUESTAS

Una vez hecha la purificación y caracterización de los aceites vegetales gastados, este trabajo propone como alternativas oleoquímicas las grasas especiales y el sustituto diesel (Biodiesel) de las cuales se hicieron algunas pruebas a escala laboratorio para comparar los resultados.

2.6.1 Preparación de Biodiesel:

Estas pruebas fueron realizadas por estudiantes de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander para la obtención de etíl esterres. [7]

La reacción de transesterificación se lleva acabo en un balón de tres bocas, inicialmente se preparó el etóxido con agitación vigorosa que garantice la total dilución del catalizador en el alcohol; posterior a esto se adiciona el aceite precalentado (60° C).



Figura 5. Equipo de transesterificación.

Para obtener una conversión de 98-99% las mejores condiciones reportadas son: una relación molar de 6:1 de alcohol / aceite vegetal usado (este exceso permite que la reacción se desplace hacia los productos), y 0.5 % w de catalizador a una temperatura de 77°C siendo esta cercana a la temperatura de ebullición del etanol (78°C), la agitación se debe realizar con un agitador mecánico y se mantiene la velocidad a 300 rpm. [6,8]. Después de 2 horas de reacción, la mezcla se transfiere a unos embudos de decantación, para la separación (etil-éster en el tope y glicerina en el fondo)). La purificación de los etil-ésteres se realizó por medio de operaciones de lavado con el fin de retirar impurezas remanentes.

Muestra	Temperatura de reacción	Tiempo de Reacción	Relación Alcohol/aceite	% w de catalizador
5	77° C	2 Horas	6:1	1.5% KOH
6	77° C	2 Horas	6:1	0.5% NaOH
7	77° C	2 Horas	6:1	0.5% NaOH
8	77° C	2 Horas	6:1	1.5% KOH
9	77° C	2 Horas	9:1	0.5% NaOH

Tabla 6. Experimentos realizados para obtener etil-éster.

La tabla 6, muestra cinco de los experimentos realizados en la transesterificación para obtener etíl-éster:

2.6.2 Preparación de grasas especiales:

Estas pruebas se realizaron en una empresa de grasas lubricantes situada en la ciudad de Bucaramanga, con una planta piloto existente en esta empresa, este proceso se llevó a cabo en un reactor abierto acondicionado con sistema de calentamiento y agitación, donde se mezcla el aceite con la base nafténica media sometiéndola a calentamiento y agitación hasta alcanzar una temperatura de 70°C, temperatura a la cual se fue adicionado la soda (50 % en peso) en forma lenta. A cierta temperatura se observa formación de espuma, por tanto es necesaria la adición de silicona para disminuirla. Manteniendo esta temperatura se logra retirar el agua presente en la mezcla, luego se incrementa hasta 180°C por un determinado tiempo, una vez transcurrido, se suspende el calentamiento hasta disminuir la temperatura a 160 °C, en donde se forma una masa de coloración oscura y de aspecto viscoso. En este momento se suspende la agitación y se toma una muestra para analizar la alcalinidad como jabón.

Cuando la temperatura alcanza 140°C se inicia nuevamente la agitación, a continuación se empieza a añadir base nafténica media hasta que la grasa adquiera la dureza necesaria.

Transcurrido un período de tiempo, la masa presente en el reactor toma un aspecto grumoso, por tanto es necesario agregar más cantidad de base nafténica media a 70°C. La masa contenida en el reactor se pasa a un sistema de molienda para darle suavidad.

Además se realizó una mezcla de aceite usado y ácido graso para conocer el comportamiento en el producto final.

Muestra	Proporción aceite usado/ácido oleico
1	100: 0
2	50.50

Tabla 7. Proporciones de ensayo para las grasas lubricantes.

Para conocer el estado de las grasas obtenidas, se realizaron tres pruebas de control de calidad: penetración sin trabajar, punto de goteo y porcentaje de cambio de consistencia a la grasa. (Tabla 2).

3. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1 ENCUESTAS

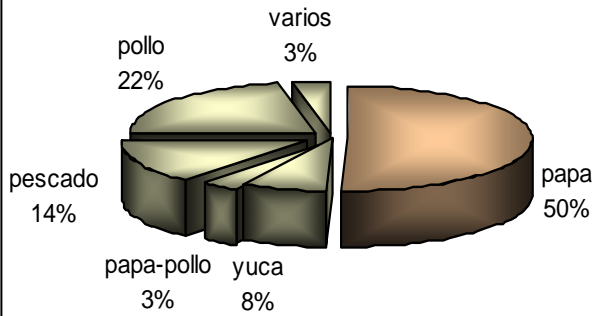


Fig. 4A Alimento elaborado

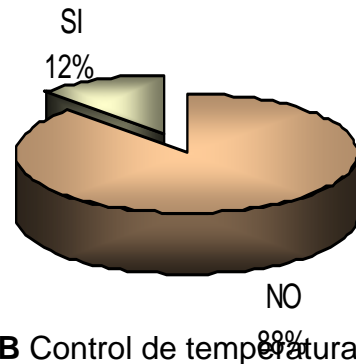


Fig. 4B Control de temperatura

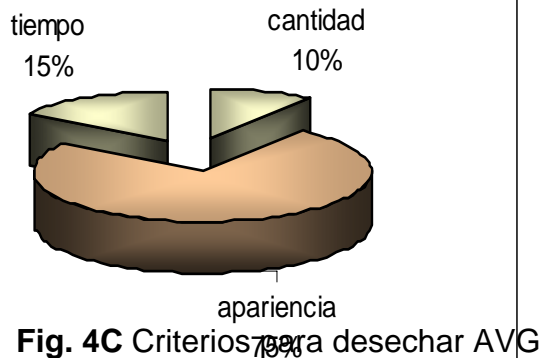


Fig. 4C Criterios para desechar AVG

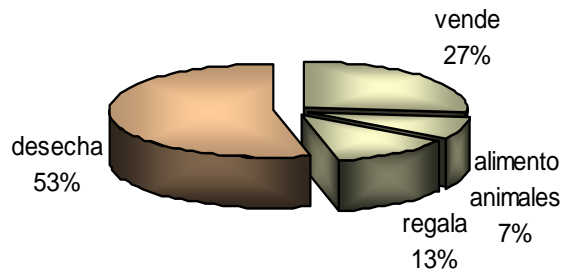


Fig. 4D Disposición final de

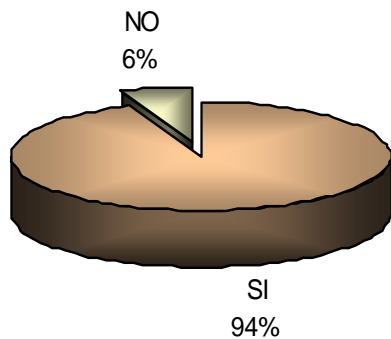


Fig. 4E Disposición al almacenaje

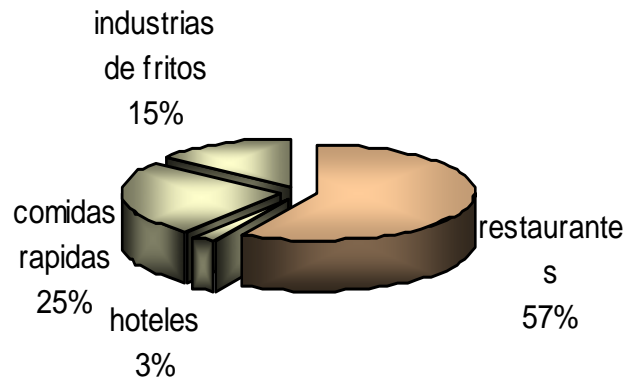


Fig. 4F AVG disponible en Bucaramanga
1025.65 ton/año

Figura 6. Análisis de las fuentes, cantidad y la calidad de aceites vegetales gastados en Bucaramanga.

El análisis de las encuestas buscaba conocer las posibles causas de la degradación del aceite pues un aumento exagerado de temperatura acelera el oscurecimiento y viscosidad; y una filtración continua permite una mayor reutilización de los aceites.

Los resultados indican que todos los establecimientos como mínimo realizan una filtración diaria y muy pocos tienen dispositivos que registren o controlen la temperatura (Fig. 4B).

Otro parámetro que permite pronosticar el estado de los aceites es el criterio que se tiene para desecharlos (Fig. 4C), donde se encontró que la mayoría de los establecimientos, no implementa una tasa de renovación de los aceites, lo que permite determinar una degradación variable con respecto a los diferentes establecimientos.

El estudio sobre la disponibilidad se alcanzó con los resultados analizados en la cantidad de volumen que desecha cada establecimiento (Fig. 4F), para lo cual se hace necesario conocer la disposición final de estos aceites (Fig. 4D), y se encontró que los aceites son desechados por los sistemas de alcantarillado en un 53%, dato que muestra el impacto ambiental que provoca en la ciudad, y además permite considerar a este desecho como materia prima para generar alternativas oleoquímicas.

Las encuestas arrojaron resultados satisfactorios para el almacenamiento de los aceites (Fig. 4D), ya que los establecimientos encuestados mostraron disposición para que en un futuro se permita recolectar este desecho con el objetivo de llevarlo a un método de purificación y convertirlo en materia prima oleoquímica.

3.2 PRUEBAS PRELIMINARES Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS AVG

I.I = Impurezas insolubles

I.A = Índice de acidez

C.H = Contenido de humedad

A = Acidez

P.H = Punto de humo

I.S = índice de saponificación

I.R = Índice de refracción

I.Y = Índice de yodo

I.P = índice de peróxidos



Figura 7. Muestras de aceites vegetales gastados caracterizadas.

Muestra	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS ACEITES VEGETALES GASTADOS								
	I.I	C.H	P.H	I.R	I.A	A	I.S	I.Y	I.P
1	0.95	0.17	145	1.4666	2.8	2.0	220.75	55.70	14.71
2	0.93	0.17	142	1.4663	2.9	2.0	199.85	54.23	17.96
3	1.20	0.29	161	1.4654	0.9	1.6	200.25	57.32	16.32
4	1.00	0.20	160	1.4672	1.3	0.6	200.13	55.36	14.36
5	0.80	0.61	163	1.4676	0.6	0.4	198.35	56.32	13.25
6	1.60	0.13	160	1.4672	1.3	0.9	200.90	53.21	17.99
7	1.00	0.19	160	1.4662	1.0	0.7	197.24	58.12	17.22
8	0.90	0.22	150	1.4672	2.0	1.4	200.01	59.03	16.35
9	1.00	0.19	152	1.4666	2.0	1.4	200.12	57.23	12.99
10	0.93	0.14	145	1.4656	2.8	2.0	200.03	58.12	17.00
11	0.17	0.20	166	1.4649	0.71	0.50	200.95	55.31	17.99
12	0.93	0.02	144	1.4672	2.23	1.61	200.20	55.54	17.96

Tabla 8. Caracterización fisicoquímica de los AVG

En Bucaramanga se encontró que los AVG llegan a su punto de degradación, según resultados del punto de humo, por debajo de 170° C según el parámetro de desecho, pero el índice de acidez no reporta valores tan altos como se esperaría; se explica este comportamiento ya que en muy pocos establecimientos se hace la fritura en condiciones técnicas de control de tiempos, temperatura, material del recipiente, etc.

3.3 PURIFICACIÓN DE LOS AVG

Según lo establecido en la metodología de trabajo, el método de purificación seleccionado depende del índice de acidez del aceite; las muestras 11 y 12 fueron sometidas a una adecuación por filtración activa (Tonsil 1%) mientras que a las muestras 2, 7 y 9 se les practicó un método de desacidificación. Los resultados se reportan en la tabla 9.

El contenido de humedad de la muestra 11 disminuyó mientras que la muestra 12 no tuvo cambio en la humedad debido a que su contenido inicial era bajo y el cambio no podía ser considerable. El cambio en la acidez de las dos muestras no fue significativo; lo cual indica que la filtración activa es un método eficiente en la eliminación de humedad pero no presenta resultados significativos en la disminución de la acidez.

La extracción con solvente y la neutralización con solución alcalina fueron los tratamientos de desacidificación evaluados para la purificación de los AVG. La acidez de las tres muestras disminuyó, destacándose la muestra 9 sometida a extracción con solvente, aunque este método presenta altas eficiencias no es practicable debido a las elevadas cantidades de alcohol requeridas. La desacidificación con solución alcalina por lo contrario, es un tratamiento asequible y proporciona buenos resultados. A la muestra 2 se le practico los tres métodos de purificación (tabla 9), corroborando que el procedimiento con solución alcalina proporciona resultados eficientes en la disminución del contenido de humedad y acidez del aceite, por tal motivo, para este método de desacidificación se realizó un diseño de experimentos el cual consistía en hacer cambios en las variables de operación para encontrar las condiciones optimas en el proceso de desacidificación.

Las condiciones iniciales de trabajo se exponen en la tabla 11 y los resultados del diseño de experimento en la tabla 12.

Análisis físicoquímico	METODOS DE PURIFICACION				
	Tierras de banqueo (Tonsil 1%)		Extracción (Etanol 94%, 50/50)	neutralización (NaOH 0.5 N)	
	muestra 11	Muestra 12	Muestra 9	Muestra 2	Muestra 7
C. Humedad	0.03	0.02	0.030	0.02	0.030
I. Acidez	0.70	2.20	0.80	1.9	0.8
Saponificación	200.75	199.90	200.10	200.00	197.96

Tabla 9. Purificación de los AVG por filtración activa, extracción con solvente y solución alcalina.

Muestra	Caracterización físicoquímica inicial		METODO DE PURIFICACION					
			Tierras de banqueo (Tonsil 1%)		Extracción (etanol 94% 50/50)		Desacidificación (NaOH 0.5 N)	
	C.H	I.A	C.H	I.A	C.H	I.A	C.H	I.A
2	0.17	2.9	0.04	2.7	0.10	1.6	0.02	2.0

Tabla 10. Comparación de los métodos de desacidificación propuestos.

Muestra	I.A inicial	Concentración NaOH (N)	T. NaOH (°C)	T. AVG	RPM	Tiempo de agitación (min.)	Relación estequiométrica	I.A final
2	2.9	0.5	70	70	380	20	1: 1.5	2.0
7	1.0	0.5	70	70	380	20	1: 1.5	0.82

Tabla 11. Condiciones iniciales para el diseño de experimentos de la neutralización con solución alcalina.

Variable de proceso	Valor	Índice de acidez muestra 2	Índice de acidez muestra 7	Observaciones
Temperatura de AVG (°C)	50	2.0	0.83	Oscurecimiento del aceite
	60	1.9	0.7	
	90	1.9	0.98	
Concentración de NaOH (N)	1	1.9	0.8	Disminución de la acidez
	3	2.0	0.8	
	5	1.9	0.9	
Velocidad de agitación (RPM)	550	2.0	0.82	Tiempo de decantación
	870	1.9	0.82	
Tiempo de agitación (min.)	30	1.9	0.82	Tiempo de proceso
	50	1.9	0.82	

Tabla 12. Diseño de experimentos para la desacidificación con solución alcalina.

El proceso de desacidificación que se le realizó a la muestra 7 se hizo como referencia, ya que cuenta con las condiciones necesarias para disposición como materia prima oleoquímica luego de la adecuación con filtración activa.

Para analizar el comportamiento de las variables de operación, se sometieron las muestras 2 y 7 a cambios en la temperatura del aceite, concentración de NaOH, velocidad y tiempo de agitación.

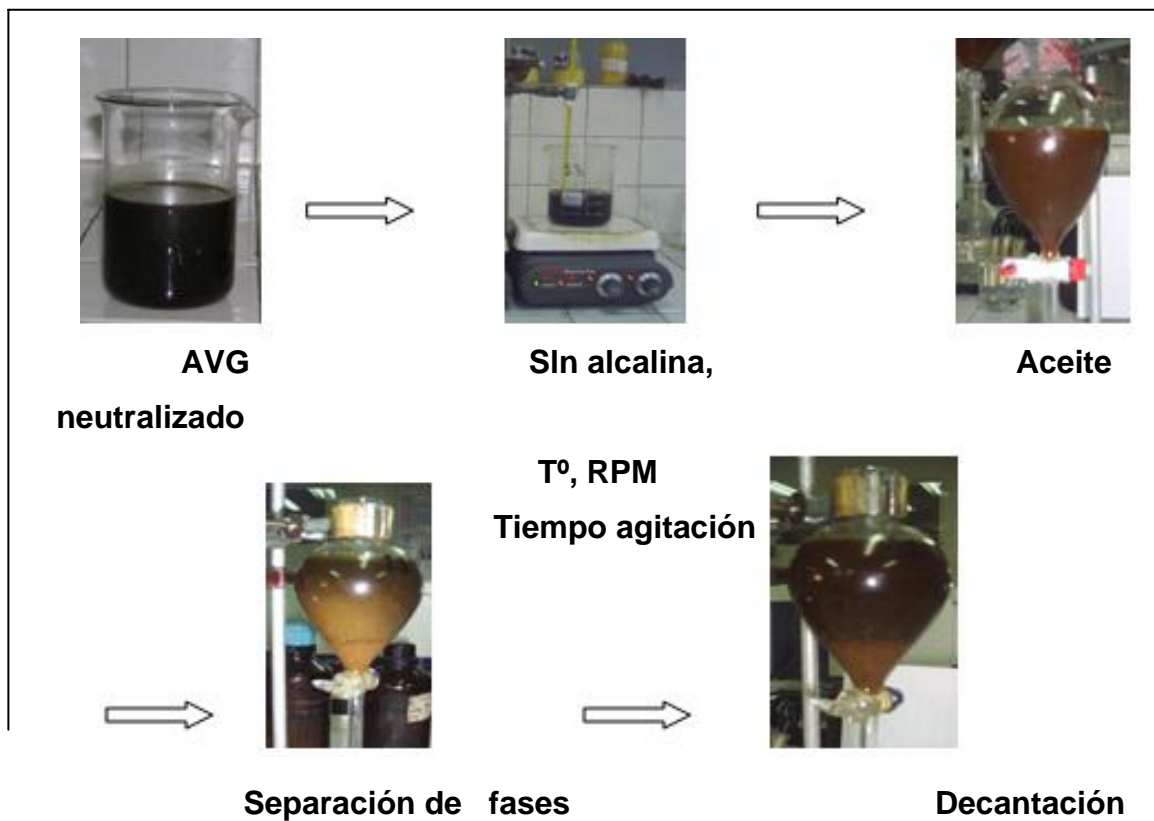


Figura 8. Proceso de purificación de los AVG.

El aceite fue sometido a tres variaciones de temperatura. Se observó que la temperatura no afecta la acidez pero presenta un cambio en el aspecto físico del aceite, a medida que se incrementa la temperatura el aceite presenta un mayor oscurecimiento.

Como variable de proceso, la concentración de NaOH reporta gran importancia en los resultados, se obtuvo mejor rendimiento en la desacidificación con solución diluida (0.5 N), a diferencia de la concentrada (5 N); que presentó la formación de emulsión que impide la separación de fases, por tal motivo se llevo nuevamente a calentamiento y separación en centrifuga, para reportar el valor del índice de acidez.

La velocidad y tiempo de agitación no reportaron cambios en el índice de acidez. A mayores RPM, se requiere menor tiempo de decantación, es decir la separación de las fases se hace más rápida. El tiempo de agitación no es una variable que afecte el proceso por lo tanto 20 minutos de agitación son suficientes para que ocasione la reacción.

Condiciones	Valor
Concentración NaOH (N)	0,5
Relación estequiométrica	1:1,5
Temperatura AVG (°C)	60
Temperatura sln alcalina(°C)	70
Tiempo de Agitación (min.)	20
Rpm (8)	870
Tiempo de decantación (h)	12

Tabla 13. Condiciones óptimas de proceso para la neutralización alcalina.



Figura 9



Figura 10

Figura 9. Aceite vegetal gastado sin purificar

Figura 10. Aceite vegetal gastado purificado con las condiciones óptimas

3.4 ALTERNATIVAS OLEOQUÍMICAS

I. Biodiesel

Los resultados reportados se tomaron de la experimentación realizada por estudiantes de ingeniería química de este equipo de trabajo en INTERFASE para obtener étil ésteres a partir de aceites vegetales gastados previamente caracterizados y purificados en este trabajo.

La tabla 1. muestra algunas propiedades físico-químicas de étil-ésteres reportadas en la literatura, las cuales sirven como punto de comparación.



Figura 11. Separación de fases etil-éster y glicerina y etil éster lavado

MUESTRA	Densidad (g/cm³) 28°C	Viscosidad (cPo) 40 °C	Índice de Refracción	Valor Ácido (mg KOH/g)
5	0.84	4.84	1.4455	0.1922
6	0.85	5.39	1.446	0.3924
7	0.84	5.12	1.4468	0.319
8	0.85	5.02	1.4456	0.2670
9	0.85	4.73	1.4451	0.236

Tabla 14. Propiedades de los ésteres etílicos producidos.

II. Grasas especiales

Las grasas lubricantes de sodio se obtuvieron con la muestra 2 previamente purificada con solución alcalina diluida en dos proporciones (tabla 15)

Las pruebas de control de calidad realizadas para las grasas lubricantes arrojaron los resultados según la (tabla 16)

Reactivos	Ensayos	
	1	2
Relación	100:0	50:50
aceite usado/ácido graso	Peso (Kg.)	Peso (Kg.)
Aceite usado	3	1.5
Ácido graso	0	1.5
Base Nafténica	17	17
Soda	0.5	0.5

Tabla 15. Pruebas realizadas para obtención de grasas lubricantes.

Ensayos	Penetración sin trabajar 25 °C mm/10	Punto de goteo (°C)	% cambio de consistencia a la grasa
1	283	155	9.55
2	287	159	5.50

Tabla 16. Resultados de la caracterización para las grasas lubricantes.

- Los dos ensayos reportan una penetración admisible entre el rango establecido.
- El ensayo 1 esta por debajo del valor mínimo requerido de punto de goteo, pero la grasa obtenida por el ensayo dos cumple estos requerimientos.

- Con base en la norma ASTM D-217 Los dos ensayos se encuentran en la clasificación de porcentaje de cambio de consistencia a la grasa como buena, aunque el ensayo dos reporta mejores resultados.



Figura 12. Grasas lubricantes. (A la izquierda la grasa lubricante obtenida en proporción 100/0 AVG/ (ácido graso). A la derecha la grasa en proporción 50/50 (AVG/ácido graso)).

CONCLUSIONES

Actualmente en la ciudad de Bucaramanga se desecha un promedio de 1025.65 ton/año usados para fritura del cual el 53% es desechado como AVG directa e indirectamente en los ríos, además para la disposición final de estos aceites, se encontró factible el almacenamiento de los AVG, a pesar del escaso conocimiento que manifiestan los propietarios encuestados acerca de la posibilidad de su reutilización como materia prima oleoquímica.

La caracterización fisicoquímica de los AVG reporta buenos resultados en términos de materia prima para la industria, encontrándose que la neutralización alcalina sería uno de los procesos más sencillos de realizar, gracias al bajo índice de acidez que se encontró.

Se determinó que las condiciones óptimas del proceso para la neutralización alcalina son: concentración de NaOH 0,5 N; relación estequiométrica 1:1,5; temperatura del AVG 60 °C, temperatura de la solución alcalina 70 °C, tiempo de agitación 20 min. y 870 rpm.

El rendimiento de los aceites usados como aditivo en la grasa lubricante es bajo, debido principalmente a la poca absorción que presenta el jabón metálico (formado por el aceite y la soda), con la base nafténica. Hay necesidad de adicionar ácidos grasos de palma para mejorar las propiedades de la grasa, considerando que el empleo de solo aceites usados originan una grasa con un punto de goteo bajo y poca consistencia.

La caracterización final de los AVG realizada en este trabajo permite concluir que esta materia prima se acondiciona para la producción de oleoquímicos, con resultados satisfactorios de rendimientos de la reacción para el caso de los metil ésteres y grasas especiales, con valores alrededor del 80 al 90 (%) de conversión.

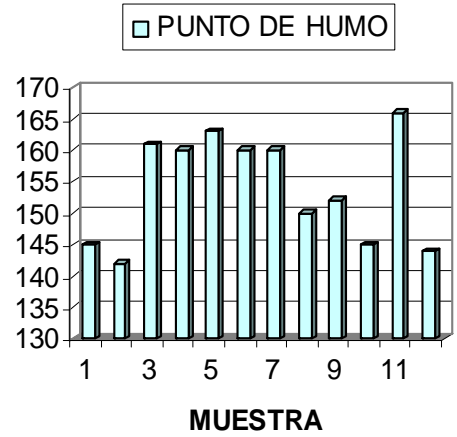
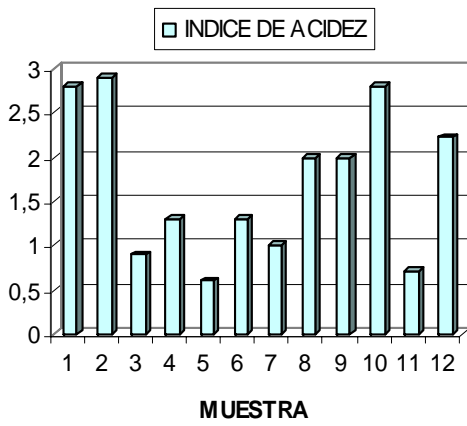
BIBLIOGRAFIA

1. MIRASOLAIN, Ainoa. Las grasas como materia prima. Ed. Universidad de Almería. España. 1998.
2. PARADIS, A. y NAWAR, W. A Gas Chromatographic Method for the Assessment of Used Frying Oils: Comparison with other Methods. En: Journal of the American Oil Chemists Society. May, 1981.
3. FRANKEL, E. Et al. Thermal Dimerization of Fatty Esters Hidroperoxides. En: Journal of the American Oil Chemists Society. Vol. 37; September, 1960.
4. CARCEL *,A. PALOMARES, D. RODILLA,E. PÉREZ, M.A. Evaluation Of Vegetable Oils As Pre-Lube Oils For Stamping. En: Materials and Design. P. 587–593. Valencia España.
5. QUIÑONEZ, L. Y MATEUS, O.; Dimensionamiento y montaje de un reactor piloto para la obtención de biodiesel a partir de aceites vegetales gastados. Trabajo de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química. Bogota, 2003.
6. RUIZ B, Sonia E; CÁRDENAS M, Mónica M. producción de etíl-éster a partir de aceites vegetales usados. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Bucaramanga, 2006.
7. FELIZARDO Pedro, M. Neiva Joana ,C, RAPOSO Idalina ,Joaõ F.Mendes,Rui Berkemeier, Joaõ Moura Bordado. Production of Biodiesel from waste frying oils. Wastew management. Ed, Elsevier.
8. VARGAS et al.; *Transesterification of Vegetable Oils: a Review*; J. Braz. Chem.Soc., Vol. 9, No. 1, 199-210, 1998.
9. http://www.dequate.com/ecologia/article_2368.shtml
10. INDUPALMA. <http://www.indupalma.com/productos.htm>

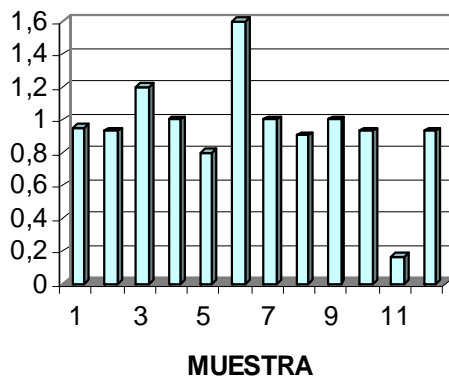
11. <http://www.bidiesel.de/diesl.htm>
12. FEDEPALMA. <http://www.fedepalma.org/>
13. http://www.ott.doe.gov/biofuels/history_of_biofuels.html
14. MOHAMAD I. Widyan, GHASSAN Tashtoush, MOH'D Abu Qudais, Utilization of ethyl ester of waste vegetable oils as fuel in diesel engines, Fuel processing technology 76 (2002) 91-103, Received 1 May 2001, Ed ELSERVIER
15. IRAZOQUI, H. A., ISLA M. A. La oleoquímica. Usos alternativos de los aceites vegetales. En: Aceites y grasas. Junio 1996. p. 171-188.
16. Coconut oil as base oil for industrial lubricants evaluation and modification of thermal, oxidative and low temperature properties. N.H. Jayadasa, K. Prabhakaran Fair. 19 May 2005, Ed ELSERVIER.
17. Evaluation of vegetable oils as pre-lube oils for stamping. A.C. Carcel *, D. Palomares, E. Rodilla, M.A. Pérez Puig, 13 October 2004 Ed ELSERVIER.
18. Lubricant base fluids based on renewable raw materials their catalytic manufacture and modification. Helena Wagner, Rolf Luther, Theo Mang, 221 (2001) 429–442 .Ed ELSERVIER.
19. Fatty acids and antioxidant effects on grease microstructures. A. Adhvaryu, C. Sungb, S.Z. Erhan. 21 (2005) 285–291, 30 March 2004. Ed ELSERVIER.
20. Simulation of continuous physical refiners for edible oil desacidification. Roberta Ceriani, Antonio J.A. Meirelles. 76 (2006) 261–271, 2 August 2005. Ed ELSERVIER.

21. Membrane-based simultaneous degumming and desacidification of vegetable oils. Abdellatif Hafidia,* , Daniel Piochb, Hamid Ajana. 6 (2005) 203– 212, 16 December 2004. Ed ELSERVIER
22. Used frying oils and fats and their utilization in the production of methyl esters of higher fatty acids. Jan C.vengros, Zuzana Cvengrosova. Biomass and Bioenergy 27 (2004) 173 – 181, 14 November 2003. Ed ELSERVIER
23. ANDERSEN, A. Refining of Oils and Fats for Edible Purposes. 2^a ed. Pergamon press.Oxford. 1962.
24. NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS; NTC. 287 segunda actualización, NTC 3272, NTC 289 segunda actualización, NTC 218 segunda actualización, NTC 335 primera actualización, NTC 236 primera actualización, NTC 283 primera actualización.
25. ECKEY, E. Vegetable Fats and Oils, American Chemists Society, Monograph Series.Rehinhold publishing co. New York. 1954.
26. ALBARRACIN AGUILLON, Pedro. Tribología y Lubricación Industrial y automotriz. 2 ed. Bucaramanga: Litochoa, 1993.
27. HENKEL, K G. Oleoquímica. Productos y procesos. En: Aceites y grasas. Vol. , No. (Junio 1994); Año 4, No 15, p. 87-91
28. AUFMAN, A., RUEBUSCH, R. J. Oleoquímicos. Tendencias mundiales. En: Revista Palmas. Vol. 12. No. 3. 1991.

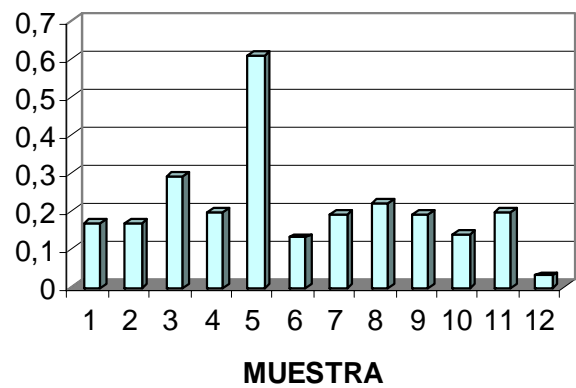
ANEXO A.
Gráficas de la Caracterización fisicoquímica de los AVG



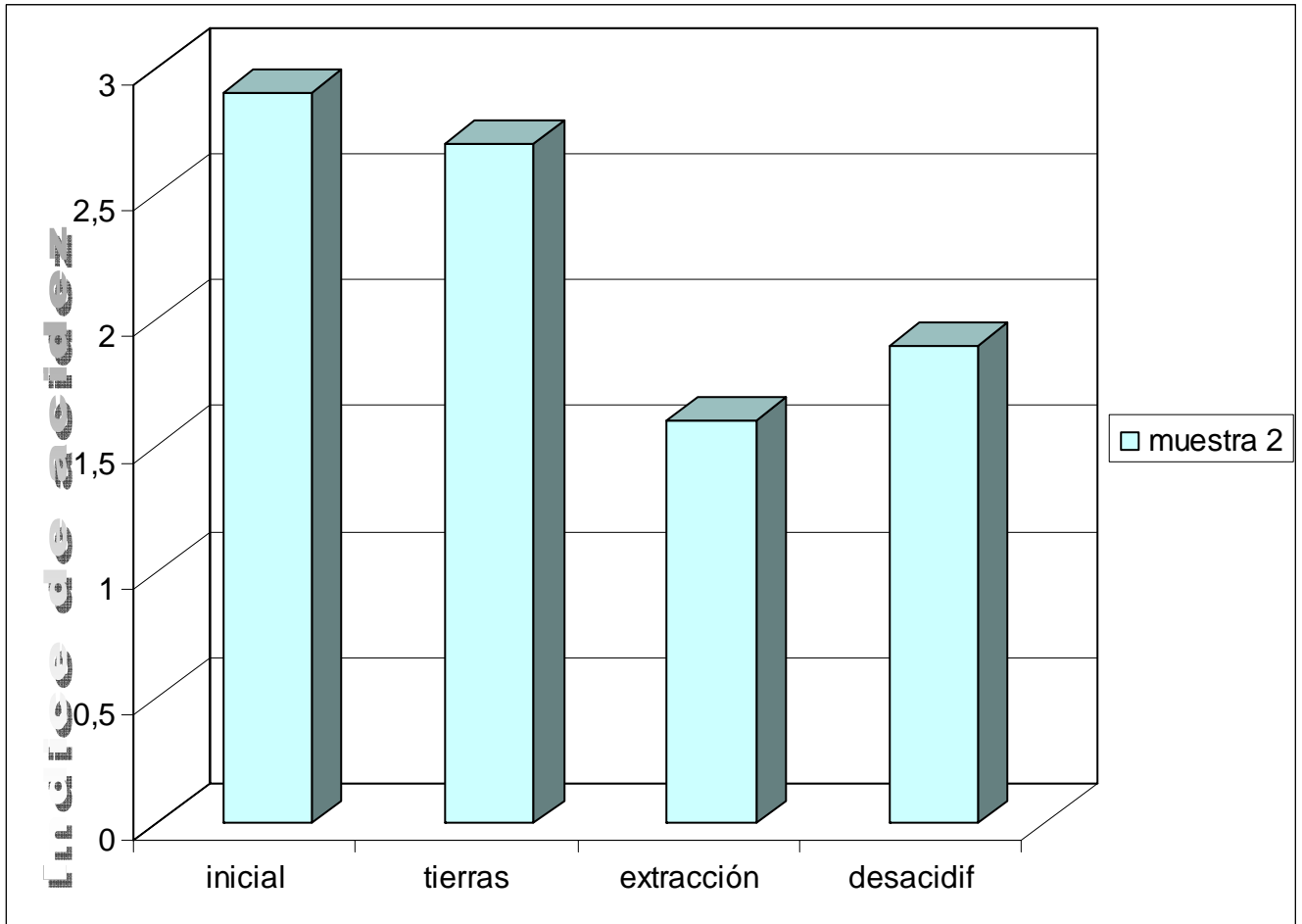
INDICE DE IMPUREZAS



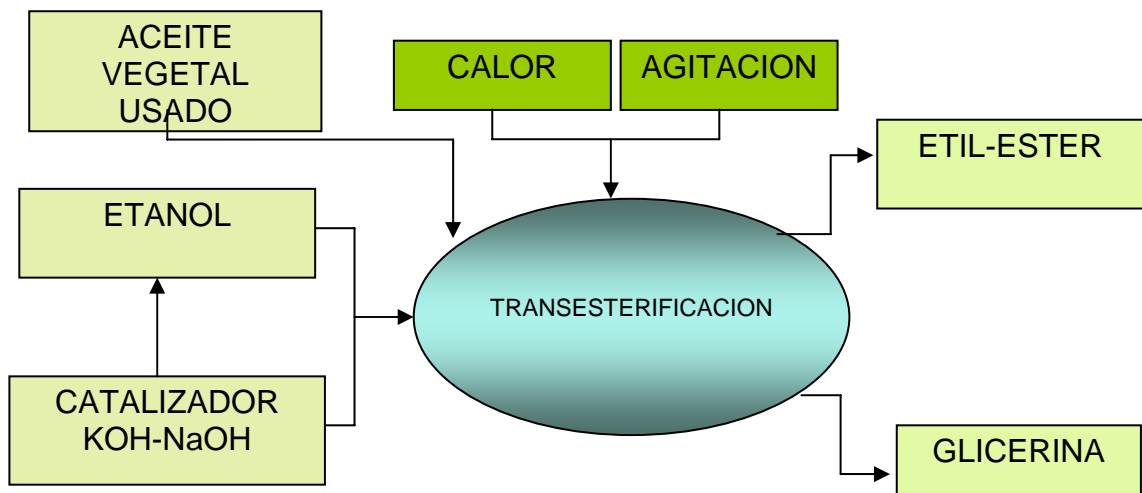
CONTENIDO DE HUMEDAD



ANEXO B.
Gráfica de métodos de purificación

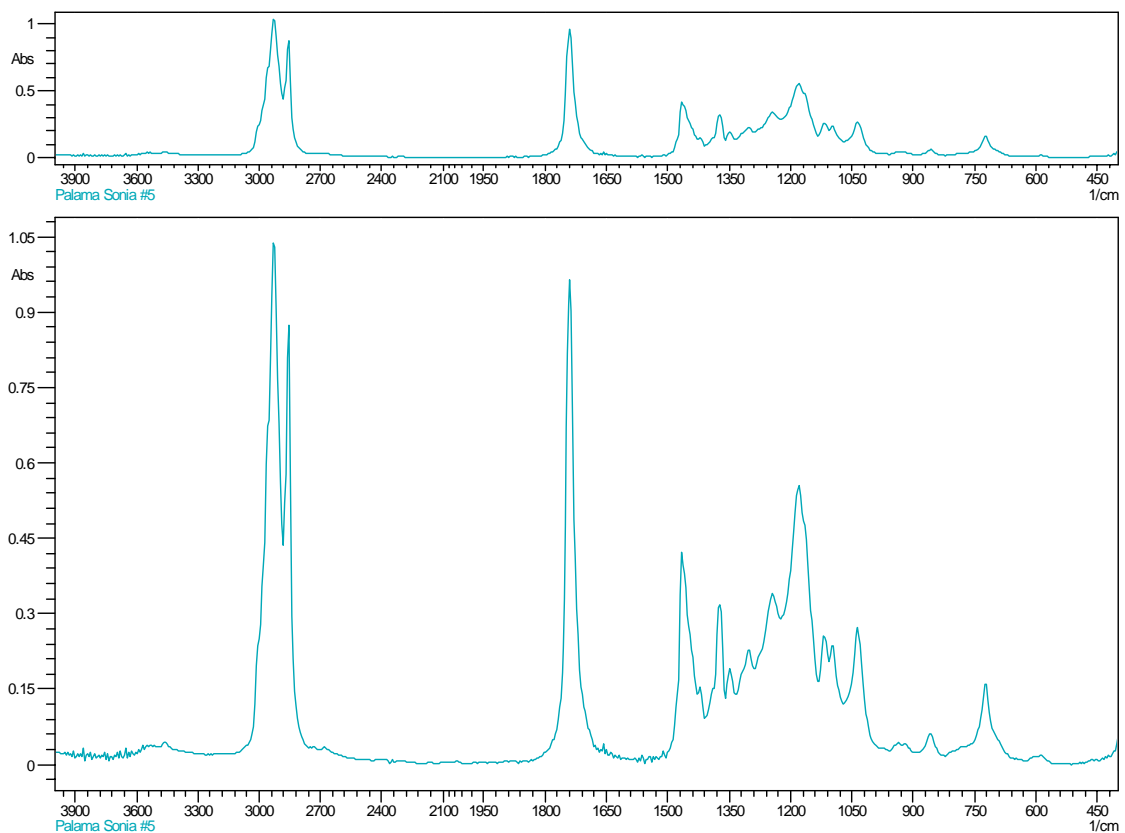


**ANEXO C.
OBTENCION DE ETIL-ESTER**



ANEXO D. Espectros de infrarrojo

Muestra 5



Este método de caracterización es empleado para comparar un producto comercial con el obtenido en el laboratorio. Ya que no fue posible obtener una muestra comercial de esteres etílicos de aceites vegetales usados los espectros de referencias fueron encontrados en la literatura como etil oleato y etil palmitato.

En el espectro de infrarrojo de todas las muestras se observó un comportamiento similar a los IR reportados. Las bandas mas representativas

que revelan el análisis son: dos bandas pronunciadas entre 2800 y 3000 cm^{-1} que corresponden a los enlaces C-H de los grupos CH_3 y CH_2 . Se encuentra una banda fuerte entre 1735 y 1750 cm^{-1} representativa del grupo carbonilo C=O, se supone la presencia de esteres etílicos, complementada con las bandas de absorción localizadas en la región de 1215, 1190 y 1150 cm^{-1} representativa del los esteres.

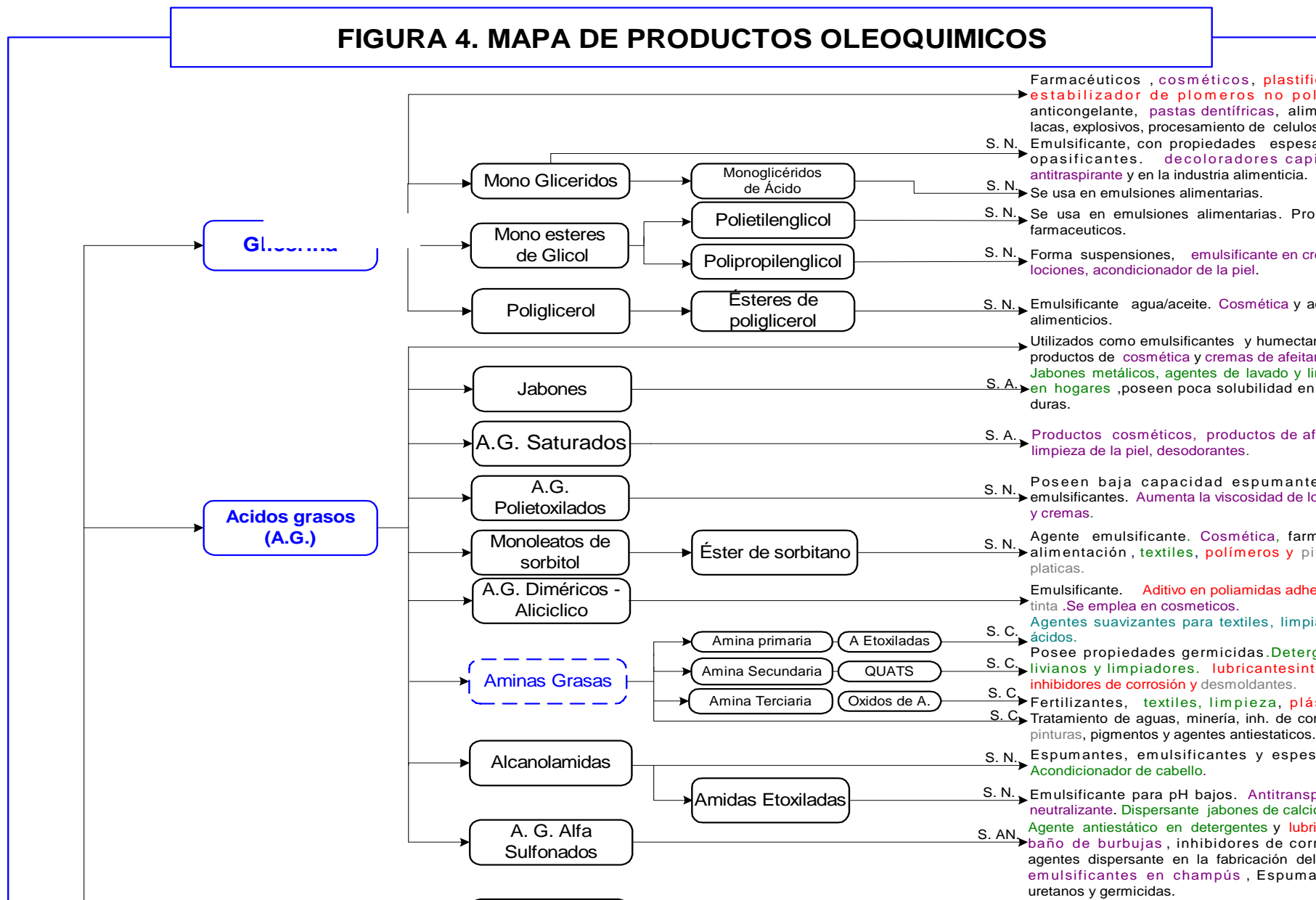


Figura 1. Definición de productos oleoquímicos estratégicos

Fuente. Cadenas productiva de aceite de palma, Zona central ICP (Instituto Colombiano del petróleo) e INTERFASE, (2.002)

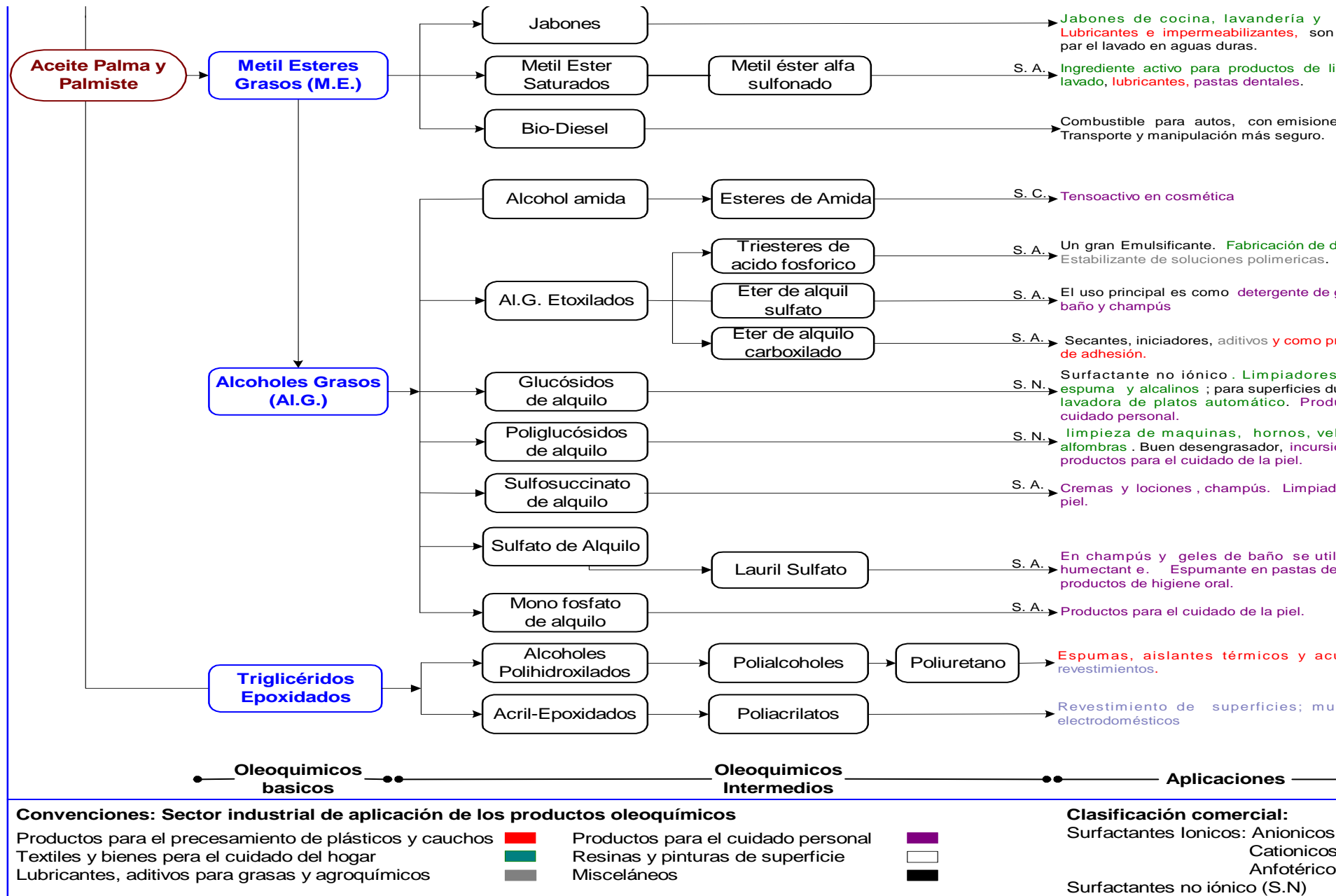


Figura 1. Definición de productos oleoquímicos estratégicos

Fuente. Cadenas productiva de aceite de palma, Zona central ICP (Instituto Colombiano del petróleo) e INTERFASE, (2.002)

TIPO DE ESTABLECIMIENTO

Restaurante _____ Comidas rápidas _____

Hotel _____ Industria de alimentos fritos _____

CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE

Marca utilizadas: _____

Realizan mezclas (proporción): _____

ALIMENTOS ELABORADOS

Tipo de alimentos elaborados:

Siguen un orden en la preparación: _____ Cual?

CONTROL DE TEMPERATURA

Uso de freidor: _____ Material _____ Control de temperatura

FILTRACION DEL ACEITE

Tipo de filtración: Manual _____ Automática _____

Frecuencia de filtración: _____

CRITERIOS PARA DESECHAR EL ACEITE

Apariencia _____ Tiempo de uso _____

Alimento freído _____ Cantidad de alimento _____

DISPOSICION FINAL DEL ACEITE

Regalarlo _____ Venderlo _____

Desecharlo _____ Alimento para animales _____

INFORMACION SOBRE LA DISPONIBILIDAD

Volumen de aceite usado por cochada: _____

Volumen de aceite desechado por cochada: _____

Tiempo de uso del aceite antes de desechar: _____

¿Estaría dispuesto a almacenarlo? _____

Figura 4. Formato de encuesta.

