

**ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES  
GRASOS A PARTIR DE ACEITE DE PALMISTE**



**IVÁN JOSÉ PABA MARTINEZ  
MARÍA DEL ROSARIO GONZÁLEZ FRAGOZO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2009**

**ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES  
GRASOS A PARTIR DE ACEITE DE PALMISTE**

**IVÁN JOSÉ PABA MARTINEZ  
MARÍA DEL ROSARIO GONZÁLEZ FRAGOZO**

Tesis de grado para optar el título  
de Ingeniero Químico

Profesor titular:  
Ph.D Mario Álvarez Cifuentes

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA**

**2009**

## DEDICATORIA

*a dios primero que todo por darme la sabiduría necesaria  
para llevar a cabo la ejecución de este proyecto.*

*a mi mamá Mirian Martínez que ha sido motivo de inspiración  
para que este proyecto de vida se haga realidad muchas gracias mamá  
por tu apoyo incondicional, sin ti no hubiera sido igual.*

*a mi papá Alvaro Paba Orta que gracias a sus buenos consejos han logrado realizarme  
en un paso en medio de la honradez y el camino recto de las cosas  
para lograr metas establecidas con cierto propósito*

*a mi novia que siempre estuvo siempre ahí*

*a María del Rosario González por ayudarme en la realización del mismo*

*dedico este trabajo de grado a todas aquellas personas que siempre  
han creído en mi y en mis capacidades*

**IVÁN JOSÉ PABA MARTINEZ**

## DEDICATORIA

*A Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día.*

*A mis padres; NANCIO GONZALEZ Y MARTHA FRAGOZO por creer en mí y por estar conmigo en todo momento.*

*A mis hermanas; ANGELA MARCELA Y NANCY ESTEFANY las cuales han estado a mi lado alertas ante cualquier problema que se me puedan presentar.*

*A IVAN JOSE PABA por la colaboración en la realización de este proyecto*

*A Mis amigos y amigas gracias por estar ahí y ser mis amigos, siempre los llevaré en mi corazón*

**MARIA DEL ROSARIO GONZÁLEZ FRAGOZO**

## **AGRADECIMIENTOS**

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA. Por brindarnos la oportunidad de adquirir el conocimiento necesario para la realización de este proyecto.

MARIO ÁLVAREZ CIFUENTES. Ingeniero Químico. M.Sc. PhD y profesor de la Universidad Industrial de Santander y director del proyecto. Por su colaboración en cada etapa del proyecto.

Al ingeniero KEVIN ROSAS, por su gran colaboración.

A la escuela de INGENIERÍA QUÍMICA, y agradecemos a todos sus profesores que han logrado realizarnos como ingenieros y a crecer como persona.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 GENERALIDADES SOBRE ALCOHOLES GRASOS .....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Aplicaciones de los alcoholes grasos. ....	4
1.1.2 Propiedades físicas de los alcoholes grasos.....	5
1.1.3 Propiedades químicas de los alcoholes grasos. ....	5
1.1.4 Rutas de producción de alcoholes grasos. ....	6
1.1.5 Ventajas comparativas de los alcoholes grasos naturales respecto a los alcoholes grasos sintéticos.....	6
1.1.6 Parámetros de calidad de los alcoholes grasos. ....	7
<b>2. TECNOLOGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES GRASOS NATURALES.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 PROCESOS DE HIDROGENACIÓN.....</b>	<b>8</b>
2.1.1 Hidrogenación en fase gaseosa. ....	9
2.1.2 Hidrogenación en fase líquida (Trickle – Bed). ....	10
2.1.3 Hidrogenación en fase suspendida.....	10
<b>3. DISPONIBILIDAD DE TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES GRASOS.....</b>	<b>11</b>
3.1.1 Tecnologías ofrecida por Davy Process Technology. ....	11
3.1.2 Tecnologías usada por Kao corp. ....	12
3.1.3 Tecnologías usada por P & G (Procter and Gamble).....	13

3.1.4	Tecnologías ofrecidas por Lurgi. ....	14
3.1.4.1	<i>Producción de alcoholes grasos por hidrogenación de ácidos grasos (Slurry).</i> .....	14
3.1.4.2	<i>Producción de alcoholes grasos por hidrogenación de metil ésteres.</i> 15	
3.1.4.3	<i>Producción de alcohol graso mediante hidrogenación de ésteres de cera (Wax éster).</i> .....	15
3.1.5	Tecnología usada por Cognis. (Henkel).....	16
4.	DISCUSIÓN SOBRE LAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES GRASOS.....	17
4.1	DISCUSIÓN RESPECTO A LAS MATERIAS PRIMAS DE HIDROGENACIÓN.....	17
4.2	DISCUSIÓN RESPECTO A LAS TECNOLOGÍAS.....	18
5.	CONCLUSIONES.....	22
6.	RECOMENDACIONES.....	23
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	24
8.	ANEXOS.....	27

## LISTADO DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo A.</b> Generalidades sobre oleoquímicos básicos	27
<b>Anexo B.</b> Generalidades sobre aceite de palmiste	32
<b>Anexo C.</b> Aplicaciones de alcoholes grasos	44
<b>Anexo D.</b> Especificaciones de calidad de los alcoholes grasos.	48
<b>Anexo E.</b> Propiedades fisicoquímicas y reacciones químicas principales de los alcoholes grasos.	52
<b>Anexo F.</b> Comparaciones entre surfactantes provenientes de alcoholes grasos naturales y surfactantes de origen petroquímico.	54
<b>Anexo G.</b> Diagramas de flujo general para las tecnologías de producción de alcoholes grasos naturales a partir de ácidos grasos o metil ésteres.	55
<b>Anexo H.</b> Localización de los países productores de alcoholes grasos a nivel mundial.	57
<b>Anexo I.</b> Diagramas de flujo y de Bloques de las tecnologías ofrecidas por Lurgi.	59
<b>Anexo J.</b> Resumen de las principales tecnologías de producción de alcoholes grasos naturales en la región asiática.	62
<b>Anexo K.</b> Productores de alcoholes grasos a nivel mundial.	63
<b>Anexo L.</b> Otras referencias bibliográficas	68

## RESUMEN

**TÍTULO:**  
**ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES GRASOS A PARTIR DE ACEITE DE PALMISTE\*.**

**AUTORES:**

Iván José Paba Martínez\*\*  
María del Rosario González Fragozo\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Aceite de palmiste, Hidrogenación Catalítica Heterogénea, Trickle-bed,

**DESCRIPCIÓN:**

La subutilización del aceite de palmiste y la dinámica del mercado de los alcoholes grasos en nuestro país muestra la importancia del desarrollo de nuevas tecnologías con el fin de darle valor agregado a esta materia prima.

El objetivo principal de este proyecto es estudiar las tecnologías actuales para llevar a cabo la producción de alcoholes grasos naturales a partir de aceite de palmiste, del cual se pueden obtener principalmente alcoholes grasos de cortes medios (alcohol laurílico y miristílico) C12 y C14 respectivamente y que son utilizados ampliamente en la industria de los detergentes.

Para llevar a cabo el estudio fue necesario mirar las tecnologías de producción en países que cuentan con una gran capacidad instalada de plantas oleoquímicas para la obtención de alcoholes grasos como lo son los países del sur y sur este asiático (ASEAN).

Se encontró que la industria está enfocada en los procesos de hidrogenación catalítica heterogénea usando tres tipos de tecnologías para llevar a cabo la obtención de dichos alcoholes, estas tecnologías son: hidrogenación en fase gaseosa, hidrogenación en fase líquida (Trickle-bed) e hidrogenación en fase suspendida (Slurry). La tecnología Trickle – bed es la más usada para obtener los alcoholes grasos usando catalizadores basados en Cu-Cr y Cu-Zn y en algunos casos Cu-Al-Fe y la ruta preferida para la materia prima de hidrogenación es la ruta metil ésteres de ácidos grasos .

Por último también se presentan las condiciones operacionales de cada una de las tecnologías y basadas en estas se realiza una discusión pertinente con respecto a cada una, con la finalidad de llegar a proponer una tecnología en las condiciones más favorables para el país.

---

\* Proyecto de grado.

\*\* Universidad Industrial de Santander. Facultad de Físicoquímica, Escuela de Ingeniería Química, Mario Álvarez Cifuentes.

## ABSTRACT

### TITLE:

**STUDY OF TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCCIÓN OF FATTY ALCOHOL FROM PALM KERNEL OIL\*.**

### AUTHORS:

Iván José Paba Martínez\*\*

María del Rosario González Fragozo\*\*

**KEY WORDS:** palm kernel oil, Heterogeneous Catalytic Hydrogenation, Trickle- bed.

### DESCRIPTION:

The subuse of the palm kernel oil and the dynamics of the market for fatty alcohols in our country shows the importance of development new technologies to give added value to this raw material.

The main objective of this project is to study existing technologies to carry out the production of natural fatty alcohols from palm kernel oil, which can be obtained mainly fatty alcohols middle cuts (Lauryl and miristyl alcohol) C12 and C14 respectively, and are widely used in industrial detergents.

To performance the study was necessary to look at the production technologies in countries with a large installed capacity of oleochemical plants for obtaining fatty alcohols such as the Southern and South East Asian Nations (ASEAN).

It was found that the industry is focused on the processes of heterogeneous catalytic hydrogenation using three types of technologies for the production of such alcohols, these technologies are the gas phase hydrogenation, hydrogenation in the liquid phase (trickle-bed) and hydrogenation in suspended phase (Slurry). Technology Trickle - bed is the most widely used to obtain the fatty alcohols using catalysts based on Cu-Cr and Cu-Zn and in some cases Cu-Al-Fe and the preferred route for the raw material for hydrogenation route is the methyl esters fatty acids.

Finally also presents the operational conditions of each of these technologies and is based on a discussion relevant to each, with the goal to propose a technology in the most favorable conditions for the country.

---

\* Project of degree.

\*\* Universidad Industrial de Santander. Faculty of Physical Chemistry, School of Chemical Engineering, Mario Alvarez Cifuentes.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia existe una gran proporción de tierra dedicada a la siembra del cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), en el año 2008 se alcanzaron valores en la producción de aceite y almendra de 777 558 y 177 691 toneladas respectivamente con un incremento en la producción del 6.1% respecto al año 2007 ubicándose en el quinto lugar de los países mayores productores de aceite de palma, se estima que para el 2009 se alcance una producción de 858 071 toneladas de aceite y 197.416 toneladas de almendra de palma.

El aceite obtenido de la almendra de palma o palmiste no ha sido explotado por completo, actualmente una gran parte de este se exporta a países como México y Reino Unido y otra presenta usos limitados en la preparación de mezclas de aceites, fabricación de jabones y en la industria de la confitería. La oferta disponible del mismo aceite ha disminuido a causa de un aumento en la exportaciones, lo cual hace pensar en el desarrollo de nuevas tecnologías para darle un mayor valor agregado a nuestra materia prima.

El aceite de palmiste al igual que el aceite de coco es un aceite muypreciado por la composición de ácido láurico y mirístico que este contiene, estos compuestos C12 y C14 son la base para la elaboración de detergentes con buenas propiedades de detergencia y menor impacto ambiental que los detergentes sintéticos provenientes del petróleo.

El aceite de palmiste puede ser usado para producir los alcoholes grasos del tipo C12 y C14 (alcohol laurílico y miristílico respectivamente), estos alcoholes son usados para la elaboración de ingredientes activos tales como alcoholes

etoxilados y sulfatados que van a las formulaciones finales de detergentes y productos de cuidado personal, cabe destacar que en nuestro país no se cuenta con una producción de este tipo de alcoholes.

Este trabajo de grado tiene como objetivo llevar a cabo un estudio sobre las tecnologías existentes en otros países para la producción de alcoholes grasos a partir de aceite de palmiste con miras a discutir y proponer una tecnología de producción en las condiciones más favorable para Colombia. Se determinaron parámetros operacionales de las tecnologías utilizadas en el sur y sur este asiático y con base a esos parámetros se lleva a cabo la discusión pertinente.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 GENERALIDADES SOBRE ALCOHOLES GRASOS

Los alcoholes grasos o alcoholes superiores como muchas veces son llamados, son alcoholes monohídricos alifáticos que contienen seis o más átomos de carbono y normalmente son derivados de fuentes naturales renovables como las grasas y los aceites tanto animal como vegetal, o de fuentes no renovables como materias primas petroquímicas [1].

Se suelen clasificar por su uso en el mercado; Los alcoholes que contienen entre 6 y 11 átomos de carbono utilizan el término alcoholes plastificantes debido a que se usan en la producción de surfactantes no iónicos de C8 –C10 y de ésteres plastificantes utilizados para mejorar las propiedades mecánicas de algunos plásticos como el PVC, estos le dan mayor maleabilidad y hace más sencillo su tratamiento industrial. Los alcoholes que tienen alrededor de 11 a 20 átomos de carbono se usan en la producción de detergentes, en este caso son llamados alcoholes detergentes [2].

Para la producción industrial de alcoholes grasos saturados del tipo C12–C14 el aceite de coco y el aceite de palmiste son los más usados ya que estas materias primas contienen en promedio un 70% en composición de ácido láurico y ácido mirístico, C12 y C14 respectivamente, ver Tabla B1 del Anexo B. El aceite de palma, el aceite de soya y el cebo animal son utilizados para la producción de alcoholes insaturados [3].

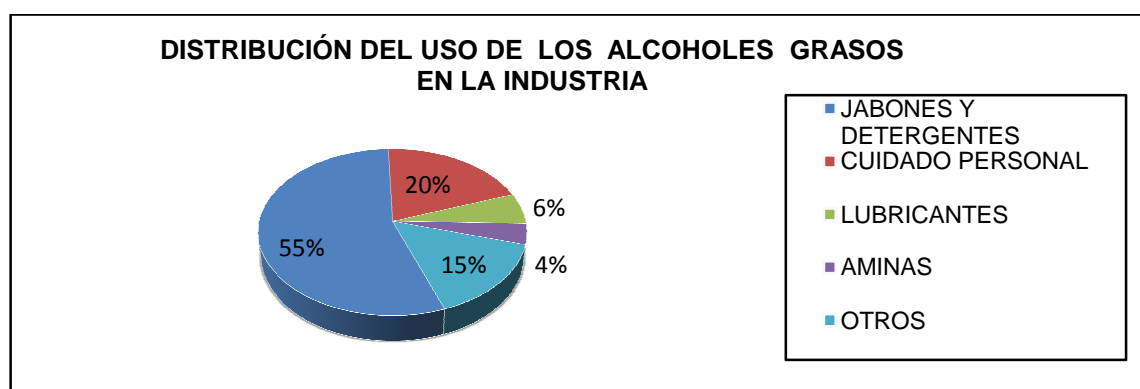
Durante los últimos 30 años los alcoholes grasos de cadena larga provenientes de triglicéridos han venido ganando mercado sobre sus rivales petroquímicos. Hoy en día cerca del 65% de la producción global de los alcoholes grasos es fabricada a partir de materias primas oleoquímicas [31].

Actualmente se están construyendo muchas plantas, la mayoría instaladas en Asia y todas utilizan materias primas oleoquímicas.

### 1.1.1 Aplicaciones de los alcoholes grasos.

La mayoría de los alcoholes grasos son usados como intermedios o commodities de muchos productos en la industria tales como sulfatos de alcoholes grasos, éter sulfatos, alcoholes etoxilados y alquilpoliglucósidos [4], ver (Tabla C1) del anexo C, cuyo uso directo en las formulaciones es muy limitado, estos se usan básicamente para obtener los especialities que van a las formulaciones finales de lubricantes, jabones, detergentes y cosméticos ver (Figura 1).

**Figura 1.** Distribución del uso de los alcoholes grasos en la industria.



Fuente: Wolfgang Rupilius y Salmiah Ahmad:  
The Changing World of Oleochemicals, 2005

Los alcoholes grasos se usan muy poco en forma directa por una razón, los alcoholes de cadena larga tiene un grupo hidrófobo notable, pero su grupo hidrofílico (-OH) no está ionizado y por tanto no presenta una afinidad para el agua que sea comparable a la de un grupo carboxilato o sulfonato. En realidad hacen falta varios grupos -OH para permitir la solubilidad en el agua (ver por ejemplo los azúcares). El dodecanol tampoco va a adsorberse significativamente en la interfase sino que se queda en la fase aceite, por lo que no es un surfactante sino un aceite polar [5], por tal razón se somete a

procesos que causa que uno de los extremos se haga mucho más polar, ver Figura C2 del anexo C.

### **1.1.2 Propiedades físicas de los alcoholes grasos.**

Los alcoholes grasos saturados hasta el dodecanol son claros, líquidos incoloros. Del tetradecanol en adelante presentan una consistencia cerosa. Se pueden clasificar en dos grupos homólogos; los homólogos de bajo peso molecular y los homólogos de alto peso molecular. Los homólogos de bajo peso molecular tienen olores característicos, los de alto peso molecular son inodoros, excepto si tienen trazas de impurezas como compuestos carbonílicos o hidrocarburos que usualmente están presentes.

El punto de ebullición se incrementa a medida que aumenta el número carbonos en el alcohol graso. El impacto de la polaridad del grupo hidroxilo disminuye con el aumento en la longitud de la cadena carbonada. Algunos solventes adecuados para los alcoholes grasos son compuestos orgánicos comunes como el éter de petróleo, alcoholes de bajo peso molecular y dietíleter.

La Tabla E1 del anexo E muestra propiedades fisicoquímicas los alcoholes grasos de cortes medio obtenidos por la empresa Procter and Gamble en Sacramento California, USA.

### **1.1.3 Propiedades químicas de los alcoholes grasos.**

La importancia industrial de los alcoholes grasos radica en el gran número de reacciones que el grupo hidroxilo puede efectuar, la Figura E1 del anexo E muestra las principales reacciones químicas efectuadas en la industria con los alcoholes grasos, cabe destacar que las reacciones químicas de mayor uso son las de sulfatación y etoxilación de alcoholes grasos para la producción de surfactantes aniónicos y no iónicos.

### 1.1.4 Rutas de producción de alcoholes grasos.

Los alcoholes grasos pueden ser producidos de dos formas; por vía oleoquímica o petroquímica. En su forma más general por vía oleoquímica se pueden obtener alcoholes grasos por hidrogenación catalítica de metil ésteres o de ácidos grasos. Por vía petroquímica los alcoholes grasos (sintéticos) son obtenidos a partir de materias primas como el etileno, olefinas y parafinas. Los procesos más reconocidos para llevar a cabo la producción de alcoholes en la industria petroquímica son Ziegler<sup>1</sup>, Oxo<sup>2</sup>[9] y entre otros la oxidación de parafinas. También es posible la obtención de alcoholes a partir del carbón bituminoso, tecnología desarrollada por la compañía sudafricana Sasol durante la década de los 50 [6]. La Figura C2 del anexo C muestra los procesos más importantes en la producción industrial de alcoholes grasos.

### 1.1.5 Ventajas comparativas de los alcoholes grasos naturales respecto a los alcoholes grasos sintéticos.

Los surfactantes basados en alcoholes grasos han venido ganando un espacio en el mercado debido a sus excelentes propiedades de lavado y su superior biodegradabilidad en comparación con los detergentes convencionales provenientes de materias primas petroquímica [7].

Los alcoholes grasos naturales presentan algunas ventajas comparativas con respecto a los alcoholes sintéticos. Pruebas de laboratorio demuestran que bajo las mismas condiciones, surfactantes no iónicos provenientes de alcoholes láuricos C12 y C14 sulfatados y C16 y C18 etoxilados mostraron un 99% de biodegradabilidad mientras que los C13 – C15 Oxo alcoholes etoxilados y C8 –

---

<sup>1</sup> ZIEGLER- PROCESS es un proceso que utiliza el etileno como materia prima y un catalizador basado en un componente orgánico de aluminio, existen dos variantes el proceso ALFOL y el proceso EPAL, estos producen alcoholes estructuralmente idénticos a los alcoholes grasos naturales.

<sup>2</sup> OXO- PROCESS es un proceso basado en la hidroformilación de olefinas con una mezcla de gas que contiene (H<sub>2</sub>/CO) en presencia de un catalizador adecuado normalmente se utiliza un catalizador basado en cobaltocarbónilo o rodicarbonilo o una mezcla de los anteriores con un complejo (PH<sub>3</sub>) fosfanoamina o fosfina utilizados por Shell y Union Carbide.

C10 n-alquífenoles etoxilados se encontraron con un 93 y 84% respectivamente [8], la Tabla F1 del anexo F muestra la facilidad de biodegradación que tienen los surfactantes derivados de los alcoholes grasos naturales en comparación con los petroquímicos.

La importancia de la linealidad está directamente relacionada con las propiedades de detergencia, es por ello que los surfactantes derivados de los alcoholes grasos naturales presentan unas excelentes propiedades de lavado en comparación con los surfactantes sintéticos.

La Tabla F2 del anexo F, muestra el grado de linealidad obtenida por los diferentes procesos para la producción de alcoholes grasos, en donde se puede apreciar que los alcoholes grasos obtenidos por procesos de hidrogenación tienen una linealidad del 100% y solo el proceso petroquímico Ziegler puede llegar a producir alcoholes muy parecidos a los alcoholes naturales obtenidos por hidrogenación catalítica de metil ésteres o ácidos grasos, para el proceso Oxo se obtienen alcoholes semilineales o ramificados [9].

#### **1.1.6 Parámetros de calidad de los alcoholes grasos.**

Para poder acceder a mercados internacionales los alcoholes grasos deben cumplir con unas especificaciones de calidad mínimas. En el anexo D se definen cada uno de los términos utilizados como especificaciones de calidad.

La calidad de los alcoholes puede ser representada con un bajo valor ácido o un bajo valor de saponificación, el valor de iodo se relaciona directamente con la cantidad de enlaces olefínicos en el alcohol.

Las Tablas D1, D2 y D3 del anexo D, muestran especificaciones de calidad de los cortes medios de alcoholes (alcohol laurílico y miristílico) de la empresa Procter and Gamble y las marcas comerciales de alcoholes grasos.

## 2. TECNOLOGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES GRASOS NATURALES

Los alcoholes grasos naturales pueden ser obtenidos en forma general a partir de dos clases de fuentes naturales; a partir del aceite de ballena o partir de aceites y grasas vegetales. El aceite de ballena es apropiado ya que este aceite contiene ésteres grasos (wax ester) en una composición aproximada del 70%, estos reaccionan para producir alcoholes por hidrólisis con NaOH, o reducción con sodio metálico. Este proceso tiene una limitada importancia actualmente debido a que la explotación industrial de estos alcoholes ha disminuido la población de ballenas en algunos países [3].

A partir de aceites y grasas vegetales pueden ser obtenidos directamente a partir de sus triglicéridos transesterificando o realizando una hidrólisis sobre los mismos para obtener los correspondientes alquíl ésteres o ácidos grasos libres, que posteriormente se someten a un proceso de hidrogenación catalítica [3].

Con la reducción metálica con sodio de aceites y grasas vegetales también es posible obtener alcoholes grasos, este último proceso está hoy en día abandonado por el riesgo que implica el manejo de sodio metálico [10].

### 2.1 PROCESOS DE HIDROGENACIÓN

Las tecnologías actuales para la producción de alcoholes grasos naturales están enfocadas principalmente en la hidrogenación catalítica de alquíl ésteres (metil ésteres o ésteres grasos) o ácidos grasos libres por diferentes razones respecto a las tecnologías antes mencionadas, incluyendo criterios de seguridad, preservación del medio ambiente y aspecto económico [3].

Enfatizando en los procesos de hidrogenación se podría decir que hay tres escalas de procesos usadas comercialmente:

1. Hidrogenación en fase gaseosa
2. Hidrogenación fase líquida (Trickle – Bed)
3. Hidrogenación en fase suspendida (Slurry)

La selección tecnológica depende principalmente de las condiciones de la materia prima a procesar [7].

En la mayoría de los casos la hidrogenación es llevada a cabo con catalizadores basados en cobre mas ciertos promotores metálicos en condiciones de operación que varían desde 200–300 °C y 200–300 bares de presión [3].

### 2.1.1 Hidrogenación en fase gaseosa.

Este proceso requiere vaporizar el sustrato( alquil ésteres o ácidos grasos) que ingresa al sistema de hidrogenación para llevar a cabo esta sobre un catalizador en lecho fijo preferiblemente metil ésteres, normalmente usa catalizadores basados en cobre/zinc (CuZn) o cobre/cromo (CuCr) mezclados en forma de óxido en algún soporte y en forma de lecho fijo [13].

Se requieren condiciones de operación por debajo de 100 Atmosferas de presión y temperaturas que oscilan entre 220 y 250°C y en términos de velocidad de espacio de líquido LHSV<sup>3</sup> (Liquid Hourly Space Velocity) están alrededor de 0.3 l/l\*h, utiliza relaciones de hidrogeno alrededor de 600 mol de H<sub>2</sub> por mol de Ester alimentado.

Las conversiones de alcohol están alrededor del 99% y el consumo del catalizador es del 0.3% basado en el alimento. La mezcla del producto es separada en una fase gaseosa y una fase líquida; el hidrógeno es reciclado, el metanol es separado (Stripped) del alcohol graso y el alcohol graso es purificado por destilación. Esta tecnología es efectuada por la ruta metil ésteres. El diagrama de flujo en general para este tipo de tecnología se muestra en la Figura G1 del anexo G [11, 12, 13].

---

<sup>3</sup> LHSV, término usado en catálisis heterogénea para tener en cuenta la relación de caudal sobre volumen de catalizador, tiene unidades de V/V\* h.

### **2.1.2 Hidrogenación en fase líquida (Trickle – Bed).**

En este proceso, el sustrato de hidrogenación es usado en forma líquida (alquíl ésteres o ácidos grasos) y el sistema de hidrogenación está por lo general referido a catalizadores basados en Cu-Cr, Cu-Zn forma de óxidos y también catalizadores basados en Cu-Cr soportados en sílice  $\text{SiO}_2$  son usados en este tipo de tecnología [13].

Se requieren condiciones de operación entre 200 y 300 bares de presión y temperaturas entre 200 y 280°C, velocidad de espacio de líquido (LHSV) que varían desde 0.4 hasta 2 l/l\*h y relaciones de alimentación de hidrógeno entre 100 y 200 mol de  $\text{H}_2$  por mol de éster o Ácido graso, donde el éster puede ser metil éster o éster graso.

### **2.1.3 Hidrogenación en fase suspendida.**

Este proceso es aplicable tanto a metil ésteres como a ácidos grasos y se alimentan con el hidrógeno en forma separada, sobre un catalizador que se encuentra en forma de polvo, que por lo general es Cu-Cr, la mezcla del producto es separada en una fase líquida y una fase gaseosa que es alimentada para circular la mezcla y efectuar un proceso de mezclado sobre ella [13].

Requiere condiciones de operación alrededor de 300 bares de presión y temperaturas que oscilan alrededor de los 250-280° C y en términos de velocidad de espacio de líquido LHSV maneja valores alrededor de 1 l/l\*h, utiliza relaciones de hidrógeno alrededor de 50-200 moles de  $\text{H}_2$  por mol de éster o ácido graso.

La selectividad del proceso es alta, alrededor del 99%, y debido a que el catalizador gastado es mezclado continuamente con catalizador fresco, la actividad del catalizador se mantiene constante.

### **3. DISPONIBILIDAD DE TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES GRASOS**

Para garantizar la entrada a los mercados nacionales e internacionales, es necesario contar con tecnologías de punta y que alcancen a ser competitivas y altamente atractivas desde el punto de vista económico. En el mercado internacional de tecnologías encontramos varias opciones para llevar a cabo la producción a gran escala de alcoholes grasos naturales, entre los grandes fabricantes figuran Davy Process Technology y Lurgi.

Existen empresas que han desarrollado sus propias tecnologías como Kao corp., Procter and Gamble, Cognis (Henkel), Oleon, Basf y cuentan con diseños patentados en cuanto a sus tecnologías y también con el desarrollo de sus propios catalizadores, a continuación se muestran las tecnologías disponibles en el mercado y las usadas por los grandes productores de alcoholes grasos naturales en el mundo.

Para la realización de este proyecto fue necesaria una revisión completa a nivel mundial sobre las tecnologías utilizadas actualmente en los países productores de alcoholes grasos. En la figura H1 del Anexo H se muestra la localización de los países productores de alcoholes grasos a nivel mundial, estos están localizados en 3 regiones (América, Europa y Asia). Se tomó Asia como referencia puesto que se considera la zona con mayor producción de alcoholes grasos naturales en el mundo. En las figuras H2 y H3 se puede apreciar la ubicación de los países productores en el sur y sureste asiático

#### **3.1.1 Tecnologías ofrecida por Davy Process Technology.**

Davy Process Technology es una empresa constructora de plantas petroquímicas y oleoquímicas con sede en Reino Unido. Su tecnología está basada en la utilización de metil ésteres intermedios, estos metil ésteres son

formados primero que todo por esterificación de ácidos grasos libres con metanol.

La etapa de esterificación utiliza actualmente un catalizador desarrollado por la misma compañía para convertir eficientemente los ácidos grasos a metil ésteres intermedios [11].

El proceso de hidrogenación es llevado a cabo a presiones de hidrógeno de alrededor de 40atm sobre un catalizador de lecho fijo que convierte los metil ésteres de ácidos grasos en alcohol graso. La reacción química del metil éster ocurre en la fase de vapor y tiene la ventaja de producir pocos subproductos debido a las bajas condiciones de presión con la cual trabaja.

El metanol, que es un subproducto en la reacción de hidrogenación es recuperado y reciclado para ser usado nuevamente en el proceso.

Las condiciones de operación de esta tecnología son condiciones de operación medias de presión y actualmente se trabaja con 40 atmosferas, 220°C de temperatura, con una relación de alimentación de 600mol de H<sub>2</sub>/mol de éster y una velocidad de espacio de 0.3 l/l\*h [11,12, 13].

El proceso utilizado por Davy virtualmente no contiene efluentes y las pequeñas cantidades de subproductos son consumidas dentro de la planta, además no hay requerimientos de neutralización ni remoción del catalizador.

Actualmente existen 6 compañías utilizando esta tecnología, la mayoría en el sureste asiático con más de 430 000 ton/año de alcoholes naturales [11].

### **3.1.2 Tecnologías usada por Kao corp.**

Kao es una empresa japonesa dedicada a la elaboración de productos de consumo masivo tales como: detergentes, cosméticos, productos para el

cuidado personal, aceites para cocina y oleoquímicos (aminas grasas, ácidos grasos, glicerina y alcoholes grasos) [14].

La tecnología utilizada por Kao Corporation, está basada en la hidrogenación de metil ésteres en lecho fluidizado (Slurry) para la obtención de los respectivos alcoholes grasos usando un catalizador especial desarrollado por la misma compañía [15,16]. Los metil ésteres iniciales se obtienen por transesterificación de aceite de coco o palmiste con metanol a condiciones de 80°C con 0.5%wt en NaOH.

El catalizador para el proceso de hidrogenación actualmente está basado en una mezcla de Cu-Fe-Al en forma de óxidos que permite llevar a cabo la hidrogenación con rendimientos comparables a los del catalizador Cu-Cr. Hasta el año 2000 fue probado en una planta piloto de 35 000 ton/año de capacidad [15].

Las condiciones de operación de esta tecnología son de 250 bares y temperatura de hidrogenación de 275°C sobre un catalizador lecho fluidizado con una razón de alimentación de hidrógeno a metil éster de 100 (mol de H<sub>2</sub>/mol de éster) y una velocidad de espacio de líquido (LHSV) de 0.75 (l/l\*h) [15].

La anterior tecnología que fue desarrollada por Kao Corporation se basaba en el uso del Cu-Cr y trabajaba con presiones de alrededor de 300 bares y con la tecnología (Slurry) [15 - 21].

### **3.1.3 Tecnologías usada por P & G (Procter and Gamble).**

Procter and Gamble es una compañía multinacional que se dedica a la producción y distribución de productos de consumo masivo (aseo, cuidado personal y de alimento) [22].

La tecnología usada por Procter and Gamble está basada en la hidrogenación en fase suspendida (Slurry) [22].

P&G inició en 1942 con una planta construida en Cincinnati, Ohio, USA, pero utilizaba la tecnología de reducción con sodio. La primera planta de operación con alcoholes grasos naturales por procesos de hidrogenación de P&G fue construida en 1952 en la ciudad de Sacramento, California, USA.

La tecnología de producción de alcoholes grasos de Procter and Gamble se basa en la hidrogenación en fase suspendida (Slurry) de metil ésteres usando como catalizador Cu-Cr en forma de polvo fino, en condiciones de 300 bares de presión y temperatura de 260°C [4,23].

### **3.1.4 Tecnologías ofrecidas por Lurgi.**

Lurgi es una compañía alemana dedicada a la fabricación de plantas petroquímicas y oleoquímicas. En el campo de la oleoquímica incluye tecnologías para la fabricación de productos clásicos como aceites comestibles, alcoholes grasos y ácidos grasos. La revisión Bibliográfica realizada indica que Lurgi posee tres rutas oleoquímicas para la producción de alcoholes grasos explicadas a continuación:

#### ***3.1.4.1 Producción de alcoholes grasos por hidrogenación de ácidos grasos (Slurry).***

Lurgi ha desarrollado un proceso que hace posible la hidrogenación de ácidos grasos directamente sin previa esterificación de alcoholes grasos. En este proceso se utiliza cromito-cobre como catalizador con el fin de agilizar la reacción de hidrogenación, dando lugar a un bajo consumo de catalizador por ataque ácido. Este proceso se lleva a cabo en fase líquida a aproximadamente 300 bar y 280° C, con una velocidad de espacio de líquido (LHSV) de alrededor de 1(1/h) y 50 moles de H<sub>2</sub> por cada mol de éster [24].

El proceso en realidad no efectúa una hidrogenación directa sobre los ácidos grasos si no que ocurre la formación de un éster graso como primera medida

debido a que se introduce alcohol graso producido con el catalizador reciclado y en un segundo paso el Cu-Cr hidrogena este éster graso,

#### **3.1.4.2 Producción de alcoholes grasos por hidrogenación de metil ésteres.**

El proceso utiliza un reactor de lecho fijo para la producción de alcoholes grasos mediante hidrogenación de metil esterés a partir de materia prima vegetal o animal, para obtener alcoholes grasos cuya longitud de cadena depende del número de carbono correspondiente al éster metílico utilizado. Como subproducto adicional se forma una mezcla de metanol-agua.

La tecnología de Lurgi del éster metílico de ácido graso se basa en la hidrogenación catalítica sobre un lecho fijo de catalizador basado en Cu–Cr, el hidrógeno se comprime a 250 bares y se ajustan a una temperatura de 210 °C. Las corrientes individuales se introducen en el reactor con una velocidad de espacio de líquido (LHSV) de alrededor de 0.4 (1/h) y una razón de alimentación de 100 moles de H<sub>2</sub> por mol de éster, donde los ésteres metílicos se transforman en alcohol graso y metanol. [7]

#### **3.1.4.3 Producción de alcohol graso mediante hidrogenación de ésteres de cera (Wax éster).**

Este proceso incluye la obtención del éster de cera del ácido graso y la posterior hidrogenación del mismo para producir alcohol graso en un reactor de lecho fijo. El punto de partida es el ácido graso destilado o fraccionado para la elaboración de detergentes (preferiblemente las longitudes de cadena C 12 / 14) y obtener alcohol graso de igual longitud de cadena del ácido graso utilizado.

El ácido graso a procesar se calienta y se conduce junto con el alcohol graso reciclado a un sistema de reacción. En éste se produce la formación de éster de cera por esterificación. La esterificación tiene lugar a presión atmosférica.

La tecnología de Lurgi del éster metílico de ácido graso se basa en la hidrogenación catalítica sobre un lecho fijo de catalizador basado en Cu–Cr, el hidrógeno se comprime a 250 bares y se ajustan a una temperatura de 250 °C. Las corrientes individuales se introducen en el reactor con una velocidad de espacio de líquido (LHSV) de alrededor de 0.4 (1/h) y una razón de alimentación de 100 moles de H<sub>2</sub> por mol de éster, donde los ésteres metílicos se transforman en alcohol graso y metanol. El anexo I muestra todos los diagramas de flujos y diagramas de bloques de las tecnologías ofrecidas por la empresa alemana Lurgi así como los factores tecnológicos de materia prima y servicios requeridos por cada una de ellas [24,7].

### **3.1.5 Tecnología usada por Cognis. (Henkel)**

Henkel es una compañía fundada en 1876 que tiene su sede central en Düsseldorf, Alemania y cuenta con filiales en más de 75 países diferentes en tres unidades de negocio estratégicas: Cuidado del Hogar; Cuidado Personal; Adhesivos, Selladores y Tratamientos de Superficie .

La ruta tecnológica de Henkel consiste básicamente en hidrogenar continuamente grasas naturales y aceites a alcoholes grasos en un reactor de lecho fijo en presencia de hidrógeno y de catalizadores de hidrogenación (Cu-Zn, Cu-Cr), Henkel a probado diferentes condiciones operacionales presiones de 50 a 300 bar y a temperaturas de 160-240° C. la reacción de hidrogenación se lleva a cabo a presiones de aproximadamente 200 bares. Las corrientes individuales se introducen en el reactor con una velocidad de espacio de líquido (LHSV) de alrededor de 1,5 (1/h) y razones de alimentación de hidrogeno de 100 moles de H<sub>2</sub> por mol de éster.

La tabla J1 del anexo J, muestra un resumen de las principales tecnologías de Asia con la localización de las plantas, la tecnología y la fecha de puesta en marcha de cada una de estas tecnologías [16-18].

## **4. DISCUSIÓN SOBRE LAS TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOLES GRASOS**

### **4.1 DISCUSIÓN RESPECTO A LAS MATERIAS PRIMAS DE HIDROGENACIÓN**

Las materias primas para los procesos de hidrogenación en su forma más general se pueden clasificar químicamente en dos grupos: alquíl ésteres obtenidos por esterificación o por transesterificación y ácidos grasos libres obtenidos por hidrólisis.

Se requiere baja energía térmica para producir ésteres vía transesterificación en comparación con el fraccionamiento (fat splitting) seguido de esterificación.

Esencialmente la glicerina que se produce por la ruta Metil ésteres resultante sale libre de agua mientras que la que se obtiene por la hidrólisis de triglicéridos contiene apreciables cantidades de agua, dado que se produce agua en la reacción de esterificación.

Cuando la destilación fraccionada es requerida, la destilación es más eficiente con ésteres que con ácidos grasos libres.

Debido a que los aceites usados para la obtención de la materia prima de hidrogenación contienen triglicéridos de diferentes rangos de ácidos grasos es necesario hacer un fraccionamiento para la posterior hidrogenación, por la ruta metil ésteres las fracciones C12 –C14 son ampliamente usadas pero en cambio las fracciones C8-C10 y C16-C18 pueden no encontrar mercado, en cambio para los ácidos grasos todas las fracciones antes de la hidrogenación tienen aplicaciones.

Los metil ésteres pueden ser procesados en equipos fabricados en acero al carbono, mientras que los ácidos grasos necesitan recurrir a equipos en acero inoxidable debido a que estos resultan ser corrosivos a altas temperaturas, esto

hace que los costos de inversión se incrementen dado que los de acero inoxidable son más costosos e inclusive en algunos casos los ácidos grasos atacan químicamente al catalizador utilizado.

Se ha demostrado que los costos de producción para algunos oleoquímicos básicos tales como superamidas, alcoholes grasos y algunos derivados de oleoquímicos básicos como alquíglucosidos y políglucósidos suelen ser menor realizando primero la transesterificación de los aceites o grasas de partida que llevando los mismos hasta ácidos grasos.

La utilización de metil ésteres presenta la desventaja en el proceso de refinamiento del alcohol graso debido a que el metil éster que contiene la misma parte ácida que el alcohol, suele tener un punto de ebullición muy cercano haciendo muy difícil la separación por destilación. En la Tabla 1 se pueden comparar algunos puntos de ebullición para metil ésteres y Alcoholes graso en donde se muestra la cercanía en los puntos de ebullición para una sustancia con mismo número de carbonos.

**Tabla 1.** Puntos de ebullición para algunos metil ésteres y alcoholes grasos

SUSTANCIA	PUNTO DE EBULLICIÓN °C	PRESIÓN DE SATURACIÓN mm de Hg
1-Dodecanol	150,0	20
Metil-Laureato	149,0	20
1-Tetradecanol	167,0	15
Metil- Miristato	170,0	15
1-Hexadecanol	189,5	15
Metil-Palmitato	192,0	15
1-Octodecanol	210,0	15
Metil- Estearato	213,0	15

Fuente: patente WO 90/08121

## 4.2 DISCUSIÓN RESPECTO A LAS TECNOLOGÍAS

Para el análisis llevado a cabo sobre las tecnologías de producción en el sureste asiático se pueden analizar diferentes aspectos enfatizando en los principales parámetros de diseños de cada una de las tecnologías, con miras a

una toma de decisiones sobre la elección de tecnología más adecuada para procesar el aceite de palmiste.

### **Proceso Slurry**

El proceso Slurry llevado a cabo por Lurgi y P&G en algunas plantas asiáticas consiste en hidrogenar ácidos grasos y metil ésteres a condiciones drásticas de presión utilizando como catalizador Cu-Cr. Una desventaja de esta tecnología es que los catalizadores utilizados están propensos al ataque de ácidos grasos a las condiciones de reacción y también dan lugar a la formación de jabones de cobre que se precipitan y se depositan en las tuberías y equipos de procesos ocasionando una disminución en la eficiencia de los equipos de transferencia de calor y problemas de corrosión en la planta [28]. Hay presencia de hidrocarburos y ésteres grasos que no reaccionaron en la corriente de salida con un porcentaje aproximado del 1 -3%p/p.

La tecnología Slurry de Lurgi, P&G y Kao Corporation tienen una ventaja con respecto a las demás porque garantiza una actividad constante en el catalizador, mientras que las tecnologías basadas en catalizadores de lecho fijo presentan una disminución en la actividad catalítica porque los sitios activos son muy propensos a ser envenenados por sustancias presentes en las materias primas, como por ejemplo S, P y Cl ocasionándoles una disminución en la producción de alcohol y hay que reemplazarlos periódicamente.

El proceso Slurry llevado a cabo por Kao Corporation utiliza un catalizador basado en Cu-Fe-Al libre de cromo pensando en los efectos medioambientales ya que este presenta varios estados de oxidación y algunos resultan ser tóxicos para los humanos.

### **Procesos de hidrogenación en fase gaseosa**

Tienen la ventaja de producir pocos subproductos gracias a las condiciones de operación en las cuales trabaja ya que la actividad del catalizador está

directamente relacionada con las condiciones de operación, así a condiciones más drásticas se generan mayores subproductos y se pierde la selectividad hacia el alcohol graso provocando una disminución en el rendimiento.

La tecnología de Davy Presenta dos etapas adicionales que son la etapa de hidrólisis de triglicéridos y la de esterificación de ácidos grasos libres respectivamente. Esto hace que se incrementen los costos en comparación con un proceso que implique la transesterificación.

El proceso de hidrogenación en fase gaseosa llevado a cabo por Davy Process Technology requiere alimentar grandes cantidades de hidrógeno hasta de 600mol de  $H_2$  /mol de éster, lo cual requiere el uso de compresores de gran capacidad para manejar el gran reciclo provocado por el hidrógeno en exceso que se alimenta, elevando los costos de inversión y de funcionamiento.

### **Procesos de hidrogenación en fase líquida (Trickle bed)**

Esta tecnología es ampliamente usada en la región asiática utilizando metil ésteres de ácidos grasos como materia prima de hidrogenación. Desde el punto de vista energético es una buena tecnología, ya que trabaja a condiciones de presión y temperatura un poco más bajas que por la ruta ácidos grasos (ver resumen de las principales tecnologías Tabla J1 del Anexo J).

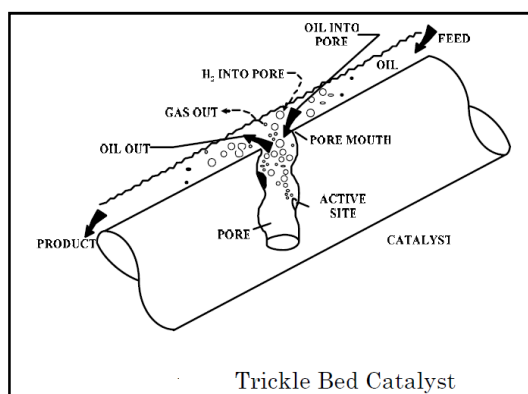
La ruta de metil éster es preferida ampliamente sobre la ruta ácida en este tipo de tecnología porque los metil ésteres no atacan químicamente al catalizador como lo hacen los ácidos grasos.

Debido a que la hidrogenación del metil éster produce metanol como un subproducto, es necesario implementar un proceso de recuperación de metanol. Etapa que por lo general se produce por flash de separación y posterior reciclaje dentro del mismo proceso.

Para el proceso de hidrogenación de metil ésteres por tecnología Trickle-bed trazas de ácidos grasos libres que estén en la corriente de alimento del reactor también pueden generar jabones de cobre. Por lo general en la corriente de salida se encuentran impurezas como hidrocarburos y metil ésteres que no reaccionaron en el reactor de hidrogenación en cantidades de 1 a 3% en peso.[28]

Utilizando tecnología Trickle-Bed se obtiene un producto de mayor calidad en comparación con la tecnología Slurry y es más económica operacionalmente que la tecnología de hidrogenación de metil ésteres en forma gaseosa.

**Figura 2.** Catalizador de hidrogenación Trickle-Bed



Fuente: Chemical Reaction Engineering & Catalysis

Sustancias tales como S, P, monoglicéridos, glicerina y ácidos grasos pueden causar cierto daño y hasta desactivar el catalizador basado en Cu-Cr.

Debido a las características del aceite de palmiste colombiano y a las ventajas económicas, la ruta metil ésteres es la más conveniente para hidrogenar catalíticamente y la tecnología para llevar a cabo la hidrogenación catalítica de los metil ésteres es la tecnología Trickle-Bed puesto que es la que genera menos subproductos y es mas apetecida económicamente en comparación con la de fase gaseosa.

## CONCLUSIONES

Se propone la obtención de alcoholes grasos a partir de aceite de palmiste mediante la formación de metil ésteres de ácidos grasos obtenidos por transesterificación y posteriormente la hidrogenación de los mismos con una tecnología basada en el sistema (Trickle-Bed) hidrogenación de metil ésteres en fase líquida.

En la etapa de transesterificación se requiere que el aceite de palmiste utilizado esté libre de ácidos grasos libres (FFA) o contenga un porcentaje de acidez menor del 1%; ya que un alto contenido de FFA influye negativamente en el rendimiento del proceso de éster metílico así como en la etapa de hidrogenación provocando la formación de jabones y daños al catalizador.

El proceso de hidrogenación de ésteres de metilo (lecho fijo) se hace muy atractivo desde el punto de vista ambiental, debido a que no tiene emisiones ni vertimientos de alto impacto ambiental.

## RECOMENDACIONES

Sería conveniente la realización de pruebas a escala piloto a fin de obtener datos confiables para realizar un análisis financiero y poder evaluar la factibilidad económica de la producción de alcoholes grasos a partir de aceite de palmiste.

El índice de acidez del palmiste crudo colombiano presenta una acidez mayor del límite establecido por lo tanto se recomienda llevar a cabo una etapa de pre-esterificación.

Se recomienda optar por una ruta básica para la transesterificación ya que si se elige una ruta ácida para realizar la misma donde por lo general se utiliza  $\text{H}_2\text{SO}_4$  o  $\text{H-S(=O)}_2\text{-OH}$  (ácido sulfúrico o sulfónico), las materias primas de hidrogenación (metil ésteres) pueden quedar con trazas de azufre (elemento que bloqueara los sitios activos del catalizador de cromito cobre (Cu-Cr)).

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. WILMOTT, Martyn, HARRYSON, George E. Fatty alcohols. U.S, 5  
'138 .106. C07C 29/128. Aug. 11, 1992.
- [2]. WILMOTT, Martyn, HARRYSON, George E. Fatty alcohols. US. 5  
'157 168. C07C 37/125. Oct. 20, 1992.
- [3]. LEVINSON, Matthew, I. Surfactant production: present realities and future perspectives. En: Zoller, Uri. Handbook of detergent, part F: Production. New York.CRS Press.2008. Pag 1-38.
- [4]. PETERS, Richard, A. Fatty alcohols production and use. Oleochemicals,7(5):Pag 502-504.
- [5]. SALAGER, Jean-Louis; FERNANDEZ, Álvaro. Cuaderno FIRP 301 (laboratorio de formulaciones, interfaces, reología y procesos [en línea]. Universidad de los andes, 2004[fecha de consulta 23 de enero de 2009] disponible en:[http://www.firp.ula.ve/s04\\_270.html](http://www.firp.ula.ve/s04_270.html)
- [6]. PUTTER, Anton. The future of surfactant feedstock En: 5<sup>th</sup> World Conference on detergent, Reinventing the Industry: opportunities and challenges. The American oil chemists' society. 2003. Pag 110-122.
- [7] Fatty Alcohols Technology. "Lurgi life Science Technologies Technical. Brochure 2006.
- [8] FRIEDMAN, Marcel. Detergents and the environment: Historical review En: ZOLLER, Uri. Handbook of detergent part B: Environmental impact. New York. Marcel Dekker. 2004. Pag 11-19.
- [9] DOLKEMEYER, Wilfried. Status and Future of the hidrofobic feedstocks En: Proceedings of the 4th conference on detergent , strategies for the 21st Century . ARNO, Cahn [electronic resource]. Champaing, I11: A AOCS press.1999. Pag 150-154.
- [10] GLENN, Wilson R. Fatty Alcohols. The journal of the American Oil Society, 31(17): Pag 564-568.1954.
- [11] Brochure portfolio Davy Process Technology. " Naturals detergent Alcohols".  
[www.davyprotech.com](http://www.davyprotech.com)
- [12] Pat DE 439 55 01
- [13] CONDEA. All about fatty alcohols. Electronic resource: 2000 [Fecha de consulta 18 octubre de 2008] disponible en

[www.zenitech.com/documents/new%20pdfs/articles/All%20about%20fatty%20alcohols%20Condea.pdf](http://www.zenitech.com/documents/new%20pdfs/articles/All%20about%20fatty%20alcohols%20Condea.pdf).

[14] [www.kao.com](http://www.kao.com)

[15] The Development of nonchromium Catalyst for fatty Alcohols production by HATTORY, Yasuyuji; YAMAMOTO, Katsutoshi; KAITA, Jun; MATSUDA, Morio and YAMADA, Shuichi. The journal of the American Oil Chemists' Society, Vol 77(12): Pág 1283-1287.2000.

[16] MATSUDA, Morio; HORIO, Masamitsu; TSUKADA, Kiyoshi. Process for producing Hydrogenation catalyst. U.S, 5 120 700. Int Cl B01J 21/02. Jun 9,1992. May 31, 1991. 8 Pag.

[17]UEOKA, Hideaki; TABATA, Osamu; SAKAMOTO, Tohru. Method for producing Alcohols. U.S. 6 049 013. Int Cl. C07C 27/10. Apr. 11 6, 2005. Feb. 25, 1998. 7 Pág

[18] TAMURA, Hiroyoki; TAHARA, Hideo; MITSUDA, Yoshinori; Unsaturated Alcohol. U.S, 5 817 892. Int Cl. C07C 29/136. Oct.6, 1998. Aug. 21. 1997. 9 Pag.

[19] NAMBA, Masanori; SAKAMOTO, Tohru. Process for producing Fatty alcohol. U.S, 2005/0222469 A1. Int. Cl. C07C 27/04. Oct. 6, 2005. Mar. 21, 2005. 6 pag

[20] SAKAMOTO, thoru; TATSUMI, nobuhiro; UEOKA, hideaki. Process for producing Fatty alcohol U.S 2006/ 0205965 A1. Int Cl. 27/04. Sep 14, 2006. Mar 6, 2006. 5 Pag.

[21] NAMBA, Masanori; SAKAMOTO, Thoru. Process for producing fatty alcohols.U.S, 7 208 643. Int. Cl C07C 29/149. Apr 24, 2007. Mar. 21, 2005. 6 Pag.

[22] [www.pg.com](http://www.pg.com)

[23] fatty methyl ester hydrogenation to fatty alcohol part I: correlation between catalyst properties and activity/selectivity By RIEKE, Ross D; THAKUR, Depaks; WHITE, Geoffrey. The Journal of the American Oil Chemists' Society, Vol 74(4); Pag 333-339, 1997

[24] VOESTE, Theodor; BUCHOLD, Henning. Production of fatty alcohols from fatty acids. The journal of the American chemists' society, Vol 61(2): 350-352, February 1984.

[25] FLECKENSTEIN, Theo; GOEBEJ, Gerd; CARDUCK, Franz- Josef. Process for the catalytic hydrogenation of liquid fatty acid methyl ester. U.S, 5 180 858. Int Cl. C07C 29/149. Jan 19, 1993. Apr. 17, 1990. 4 Pag.

[26] FLECKENSTEIN, Theo; GOEBEJ, Gerd; CARDUCK, Franz- Josef. Process for the hydrogenation of fatty acid methyl ester mixture. U.S, 5 043 485. Int Cl. C07C 29/136. Jan 11, 1990. Aug 27, 1991 . 5 Pag.

[27] FLECKENSTEIN, Theo; GOEBEJ, Gerd; CARDUCK, Franz- Josef. Process for the hydrogenation of fatty acid methyl ester. U.S, 5 124 491. Int. Cl C07C 29/149. Jun 23, 1992. Apr 3, 1990. 6 Pag

[28] Catalyst in Basic Oleochemicals. Por SUTANTO, Edwin; SUYENTY, eva; SENTOJA, herlina; AGUSTINE, marini; ANWAR, jenn y LIE, abund. Chemical Reaction Engineering & Catalysis, 2(2-3), 2007. Pag 22-31

[29] KAUFMAN, A; J.REUBUSH, R, and J. Oleochemicals: A World Overview. World Conference on Oleochemicals Intro the 21<sup>st</sup> Century (Oct. 8-12, 1990, in Kuala Lumpur, Malaysia).

[30]. [www.cenipalma.org/arch/oleoquímica.pdf](http://www.cenipalma.org/arch/oleoquímica.pdf)

[31]. RUPILUS, Wolfgang. Oleo & Speciality Chemicals: Petrochemicals vs. Oleochemicals. International Palm Oil Congress International Palm Oil Congress 2007 (PIPOC). (August 26-30, 2007, in Kuala Lumpur, Malaysia)).

[32]. [www.klkoleo.com.my](http://www.klkoleo.com.my)

[33] <http://www.mosta.org.my/events/1.%20Alan%20Brunskill.pdf>

[34]. <http://www.fedepalma.org/>

[35]. BAYLEI, Alton E. Aceites y Grasas Industriales. Sec edición. Barcelona, España. 1979. Editorial Reverté. Pág. 10.

[36]. [www.indupalma.com](http://www.indupalma.com)

[37] [www.fedepalma.org/documen/2008/Balance\\_2008.pdf](http://www.fedepalma.org/documen/2008/Balance_2008.pdf)

## ANEXOS

### **Anexo A** Generalidades sobre oleoquímicos básicos.

Los oleoquímicos básicos son aquellas sustancias provenientes de aceites y grasas naturales, que son obtenidos por una transformación primaria de estas. Los derivados principalmente de materias primas naturales son llamados oleoquímicos básicos naturales, los derivados del petróleo son llamados oleoquímicos básicos sintéticos [29].

Los oleoquímicos básicos naturales son obtenidos a partir de triglicéridos provenientes de sebo vacuno, manteca de cerdo o aceites vegetales, ya sea por hidrólisis (fat splitting) o por metilación (formación de metil ésteres). Los oleoquímicos sintéticos son provenientes de materias primas tales como etileno, propileno y olefinas [29].

Dentro de los principales oleoquímicos básicos se encuentran los ácidos grasos, alcoholes grasos, metil ésteres, aminas grasas y glicerina [30].

En la década de los 60 la industria petroquímica empezó a desarrollar procesos para la obtención de ácidos grasos de cadena larga, Metil ésteres y alcoholes grasos. Las materias primas iniciales para estos oleoquímicos eran olefinas obtenidas a partir del etileno y olefinas de cadena larga. Desde la primera crisis del petróleo en 1974, Los oleoquímicos básicos (alcoholes grasos, metil ésteres, ácidos grasos y glicerina), han venido reemplazando productos similares basados en el petróleo en un mercado selecto, sin embargo este desarrollo solo fue posible, por el rápido crecimiento de la industria del aceite de palma y el aceite de palmiste en el sureste asiático [31].

La disponibilidad de grasas y aceites con relativamente bajos precios fue el catalizador para el desarrollo de la oleoquímica durante los últimos 25 años. Con la reciente introducción global de los biocombustible subsidiados basados

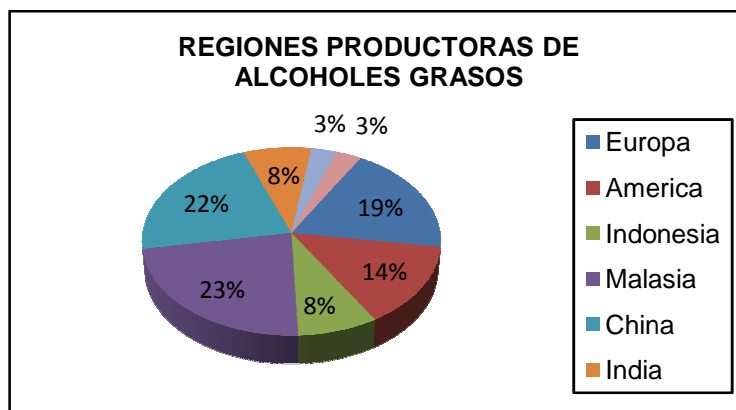
en aceites y grasas y otras materias primas agrícolas, la situación está cambiando. Los precios de las grasas y aceites han alcanzado niveles record durante los últimos años [31], la Figura A3, muestra datos históricos de los precios de de aceite de palma y el petróleo crudo desde el año 1998 hasta el año 2008, donde se logra observar que desde mediados de 2004 el crudo y el aceite empiezan a tener una diferencia notable de precios y la Figura A4 muestra el comportamiento del precio de los aceites láuricos en comparación con el etileno, materia prima petroquímica básica .

Hasta el año 2008 la capacidad mundial de oleoquímicos fue de 8.5 millones de toneladas, y Malasia tiene la mayor contribución en la producción de oleoquímicos en general [32], ver Figura A1.

La mayor capacidad de oleoquímicos básicos seguidos de metil ésteres (biodiesel), está dada en su mayoría con ácidos grasos y con alcoholes grasos en países como Malasia y China, esta última ganando una gran parte del mercado durante los últimos 5 años [33], la Figura A2 muestra la distribución de la producción para los dos más grandes productores de oleoquímicos, Malasia y China en el año 2007.

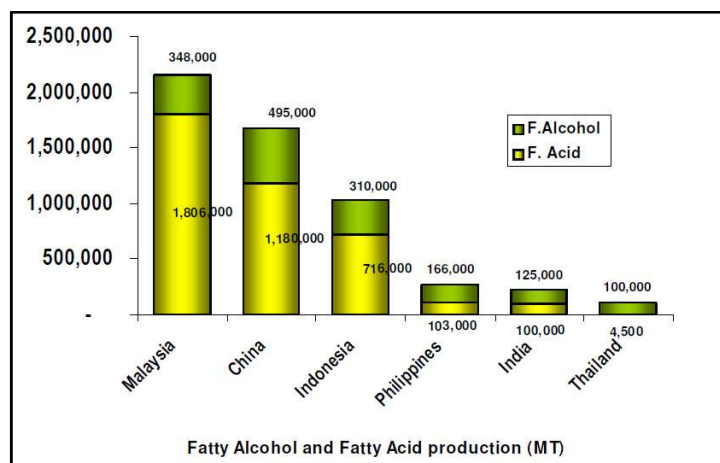
Hoy en día los oleoquímicos tienen un gran problema, debido principalmente a la sobrecapacidad de producción a nivel mundial, cuyas causas se originaron durante los últimos años debido al incremento del precio del petróleo que dio base para que se originaran nuevas plantas oleoquímicas fundamentalmente en la región asiática, en vista de la abundancia de materia prima especialmente en la ASEAN (países del sureste asiático). En la Figura A5 y A6, se puede apreciar el fenómeno de sobrecapacidad a nivel mundial en la producción de ácidos grasos y alcoholes grasos como buenos representantes oleoquímicos.

**Figura A1.** Producción mundial y distribución de la producción de oleoquímicos año 2008 basadas en 8.5 millones de toneladas.



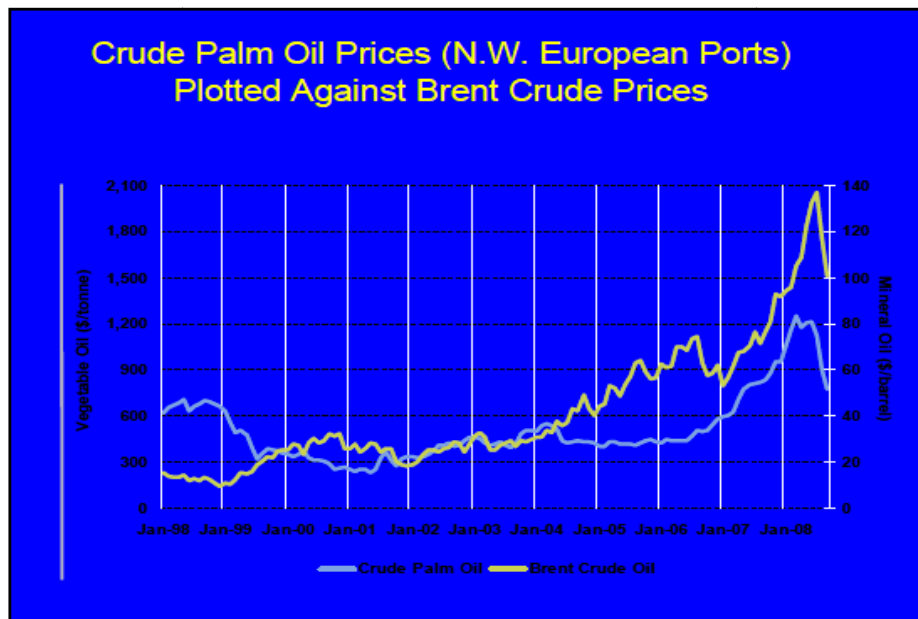
Fuente: Estadísticas Kuala Lumpur Kepong Oleo. Malaysia

**Figura A2.** Mayores productores de oleoquímicos a nivel del sur y sureste asiático, haciendo énfasis en ácidos grasos y alcoholes grasos año 2007.



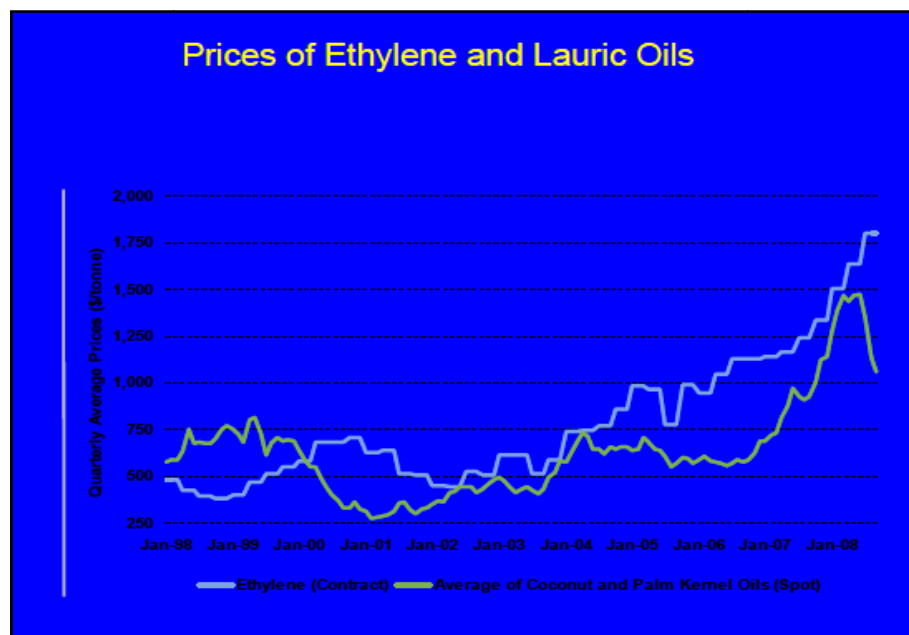
Fuente: AOMG (ASEAN Oleochemical Manufacturers Group)

**Figura A3.** Evolución de los precios del petróleo (Brent crude) y el aceite de palma desde el año 1998 hasta el año 2008.



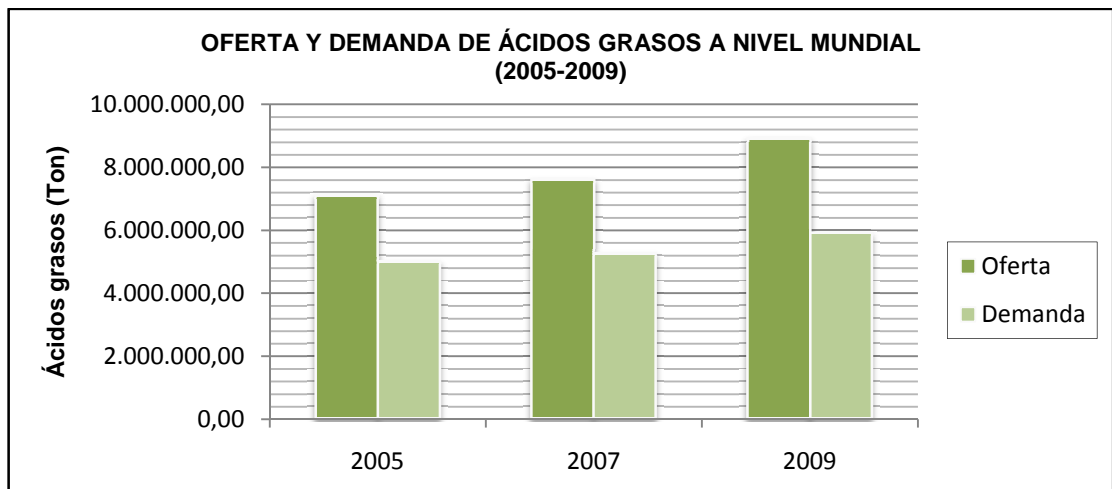
Fuente: Conference Alan brunskill October 2008

**Figura A4.** Evolución del precio de los aceites láuricos con respecto al etileno.



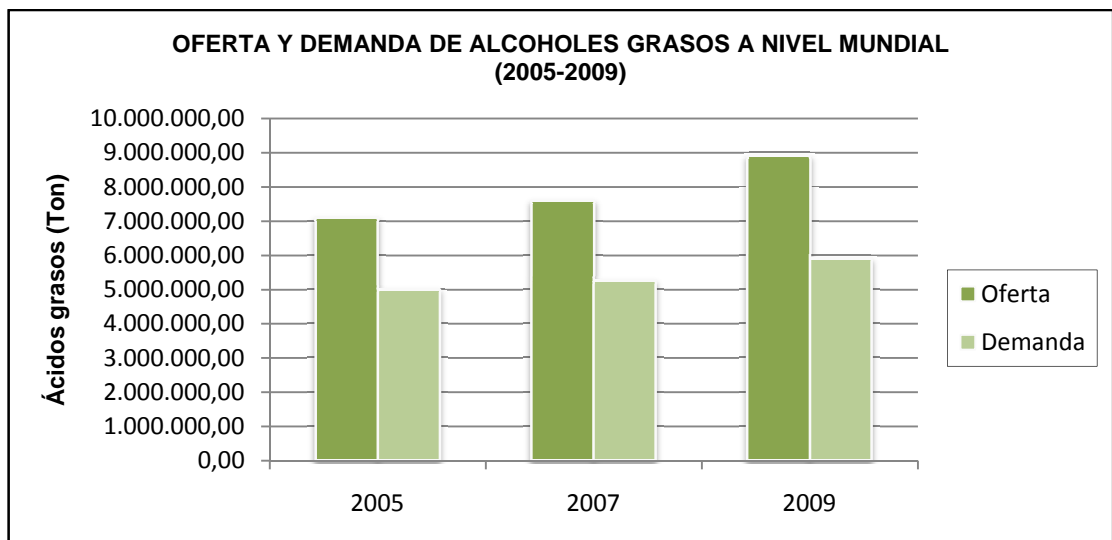
Fuente: Conference Alan brunskill October 2008

**Figura A5.** Grafica de oferta y demanda mundial de ácidos grasos



Fuente: Estadísticas del grupo IOI Oleochemicals

**Figura A6.** Grafica de oferta y demanda mundial de ácidos grasos



Fuente: Estadísticas del grupo IOI Oleochemicals

## Anexo B. Generalidades del aceite de palmiste

La palma africana *Elaeis guineensis*, es la oleaginosa de mayor rendimiento por hectárea y es la única que produce dos tipos de aceite diferentes a la vez, el aceite de palma y el aceite de palmiste. El aceite de palma (PO) es obtenido a partir del mesocarpio de la fruta de palma y el aceite de palmiste (PKO) es obtenido de la almendra del fruto [34], ver (Figura B1).

**Figura B1.** Fruto de la palma de aceite.



Fuente: Palmas Monterrey S.A

El aceite de palmiste (PKO) tiene una composición similar a la del aceite de coco (CNO), pero a diferencia del aceite de coco este contiene un índice de iodo más alto, debido a un mayor contenido de ácidos grasos insaturados [35], la Tabla B1 muestra la composición de los aceites de coco y palmiste.

El aceite de palmiste junto con el aceite de coco, se les designa como aceites láuricos, ya que contienen como compuesto mayoritario el ácido láurico, que

deriva su nombre de las *Lauráceas*, familia botánica que agrupa una serie de especies cuyas semillas contienen aceite con una composición de ácido láurico hasta el 90% [35].

Las fuentes más viables para obtener los aceites láuricos industrialmente son el aceite de coco y aceite de palmiste que contienen en promedio un 40 a 50% de aceite y cuentan con gran producción a nivel mundial, la Figura B2 muestra el comportamiento histórico de la producción de aceites láuricos a nivel mundial desde 1980 hasta 2007.

El aceite de palmiste actualmente cuenta con una participación del 2.89% dentro de la producción total de grasas y aceites a nivel mundial, la Figura B3 muestra la participación de los 17 aceites y grasas principales producidos en el mundo, incluyendo al aceite de palmiste, que hasta el año 2008 tuvo una producción de 4,453 millones de toneladas.

En su forma más general aceite de palmiste (PKO) no posee aplicaciones tan amplias en productos alimenticios como el aceite de palma, pero los ácidos grasos de cadena intermedia (C12-C14) que están presentes en el (PKO) tienen aplicaciones industriales en la fabricación de detergentes y emulsificantes [34].

### **Caracterización del aceite de palmiste colombiano**

El aceite de palmiste colombiano se podría decir que es una grasa en forma líquida o semisólida de acuerdo con la temperatura ambiente[8], que cuando está en estado crudo es ligeramente amarilla, pero una vez refinado es completamente claro lo que le permite ser usado en muchas aplicaciones tanto comestibles como no comestibles.

Las Tablas B1, B2, B3 y B4, muestran las especificaciones de calidad, parámetros fisicoquímicos y perfil de ácidos grasos típicos del aceite de palmiste producido en la región central productora en aceite de palmas.

## **Situación actual del aceite de palmiste en Colombia**

Colombia juega un papel importante en la producción de aceites vegetales y actualmente es el quinto país a nivel mundial en producción de aceite y almendra de palma, los cuales alcanzaron un valor de 777 558 y 177 691 toneladas respectivamente durante el año 2008 (balance enero-diciembre), con un incremento en la producción del 6.1%, para el mismo periodo en el año 2007 el incremento fue de 2.6% [37].

La producción en Colombia está clasificada en zonas productoras que comprenden: la zona norte, central, occidental y oriental, las Tablas B5 y B6 muestran la producción de aceite de palma y almendra de palma por zonas productoras, en donde se puede apreciar que la mejor zona productora en aceite y almendra de palma estos momentos es la región central, dado que muestra la mayor producción, mayor índice de crecimiento en la producción y mayor rendimiento por hectárea ver Figura B4.

Las ventas locales de aceite de palmiste tuvieron una disminución con respecto al año 2007, registrando una caída del 6.2% con un total de ventas en el 2008 de 33 549 toneladas en el periodo de enero–diciembre, las exportaciones del aceite de palmiste crudo crecieron en un 3.1% entre enero y diciembre de 2008, llegando a 30 700 toneladas, las exportaciones aumentaron a 2 638 toneladas mientras que las de aceite incorporado en productos procesados, tales como jabones, cosméticos y margarinas, aumentaron 671 toneladas, la Figura B5 y la Tabla B7 del anexo B, muestran el comportamiento de las ventas locales y las exportaciones del aceite de palmiste durante el año 2008.

Los países de destino de las exportaciones del aceite de palmiste son México, Reino unido, Alemania, Chile, Venezuela, Ecuador, Perú y otros, en la Figura B6 Del anexo B muestra la distribución de las exportaciones según país destino donde se puede ver que los países que más importan aceite de palmiste crudo de nuestro país son México y Reino Unido con una participación en el año 2008 del 50 y 22% del total de las exportaciones.

El pronóstico de la producción de aceite de palma en Colombia para 2009 es de 858 071 toneladas, 10.2% superior a la producción observada en 2008. En cuanto a la almendra de palma se espera que la producción sea de 197.416 toneladas, 11.1% más que la cifra esperada para el presente año. Se estima que el área en producción para 2009 llegue a 241 504 hectáreas con un rendimiento promedio de 3,5 toneladas de aceite por hectárea.

### **Oferta y demanda de aceite de palmiste en Colombia**

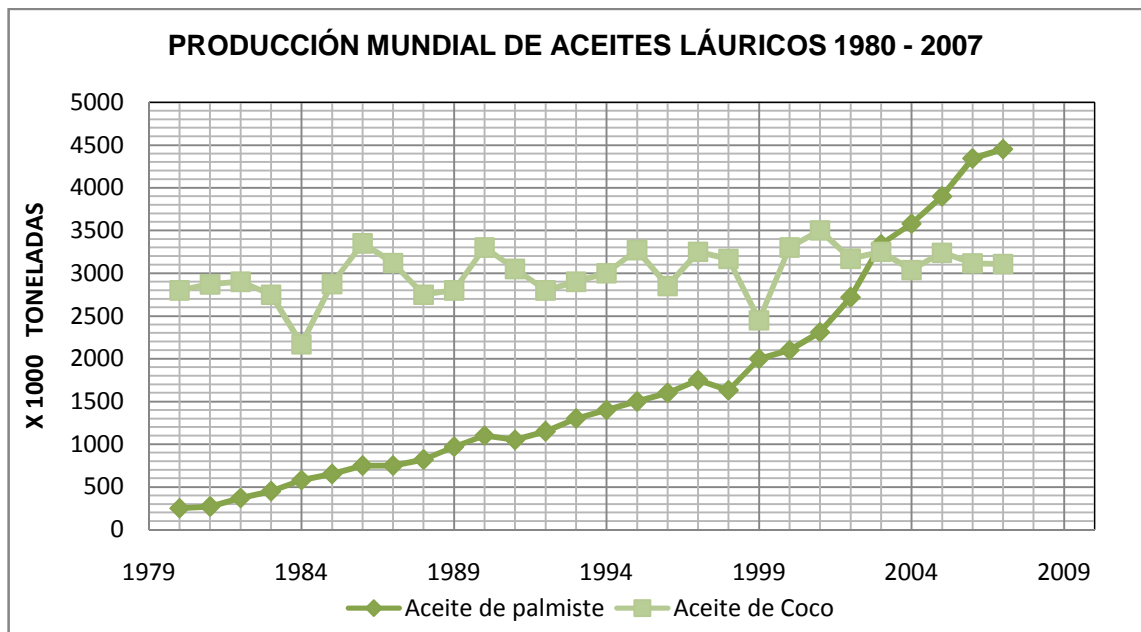
La Figura B7 del Anexo B muestra el comportamiento comercial del palmiste desde el año 2003 hasta el 2007 y se puede apreciar que la producción nacional de aceite de palmiste se ha incrementado considerablemente durante los últimos años. Sin embargo la oferta disponible ha disminuido levemente en el año 2007 a causa del aumento en las exportaciones, mientras el consumo aparente mantiene un constante crecimiento desde el año 2003, la figura B8 del anexo B muestra la tendencia de la oferta disponible según una proyección de línea recta.

Las exportaciones de aceite de palmiste en Colombia han variado de una manera considerable durante los años 2003-2008, ya que como se observa hubo un aumento creciente desde el año 2003 hasta el 2005 pero disminuyó considerablemente en el año 2006, a partir de este año se ha visto un aumento notorio en las exportaciones siendo el 2008 el año de mayor exportaciones en los últimos 3 años con un total de 30 700 Toneladas como se observa en la Figura B7.

El precio local promedio anual del aceite de palmiste aumentó 29,3% a \$2'201.300/ton en el 2008 a la par con el comportamiento de su precio internacional, el cual subió 27,3% a US\$1.130/ton. La almendra de palma subió 25,6%, de \$589.000/ton en el 2007 a \$740.000/ton en el 2008, las Figuras B9 y B10 muestran el histórico de precios tanto nacional e internacional de palmiste.

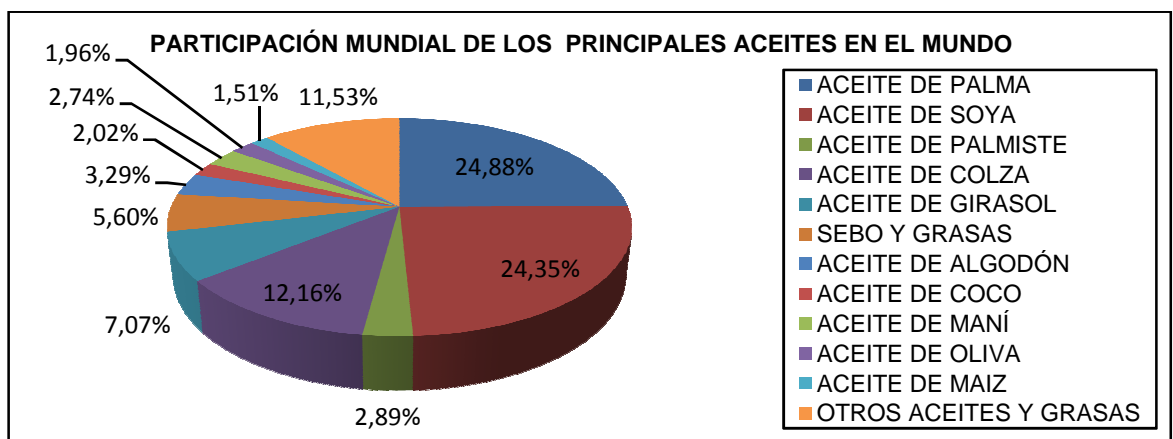
Todo lo anterior indica que existe una oferta disponible para pensar en el desarrollo de la oleoquímica del aceite de palmiste en Colombia.

**Figura B2.** Producción mundial de aceite de palmiste y aceite de coco a nivel mundial desde el año 1980 hasta el 2007.



Fuente: Estadísticas del grupo IOI Oleochemical

**Figura B3.** Participación mundial de los principales aceites y grasas en el mundo.



Fuente: Oil World Annual 2008

**Tabla B1.** Composición de los aceites láuricos y aceite de palma.

NOMBRE (ÁCIDO CARBOXÍLICO)	TIPO	Aceite De Palma	Aceite De Palmiste	Aceite De Coco
Capróico	C 6:0	---	0.3	0.2
Caprílico	C8:0	---	4.4	8.0
Cáprico	C10:0	---	3.7	7.0
Láurico	C12:0	0.2	48.3	48.2
Mirístico	C14:0	1.1	15.6	18.0
Palmítico	C16:0	44.4	7.8	8.5
Esteárico	C18:0	4.5	2.0	2.3
Oleico	C18:1	39.2	15.1	5.7
Linoléico	C18:2	10.1	2.7	2.1
α-Linolénico	C18:3	0.5	---	0.1
-----	C20:0 – 24:1			

Fuente: Garcés, Isabel y Cuellar, Mónica.  
 “Productos de la industria de palma de aceite”. Cenipalma. 1999

### Especificaciones Del Aceite De Palmiste Producido Por Indupalma.

**Tabla B2.** Especificaciones de calidad.

ESPECIFICACIONES	MAX
Acidez como Ácido Láurico	2.5 %
Humedad mas impurezas	0.3%
Color lovibond celda= 133.35 mm	6 unidades rojas X 70 (5 1/4pulg) unidades amarillas

Pruebas realizadas por indupalma

**Tabla B3.** Características Genéricas del producto.

CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS	MIN	MAX
Punto de Fusión °C	23	30
Densidad a 40/25 °C	0.9	0.92
Índice de yodo	14.5	19.5
Materia Insaponificable %	---	1.5
Índice de Refracción a 40° C	1.448	1.452
Índice de Saponificación	240	255

Fuente: Indupalma

**Tabla B4.** Perfil De Ácidos Grasos.

NOMBRE (ACIDO)	TIPO	NIVEL
Caprónico	C 6:0	<0,8
Caprílico	C8:0	2,4 – 6,2
Cáprico	C10:0	2,6 – 5,0
Láurico	C12:0	41 - 55
Mirístico	C14:0	14 - 16
Palmítico	C16:0	6,5 - 10
Estearico	C18:0	1,3 – 3,0
Oleico	C18:1	12 - 19
Linoléico	C18:2	1,0 – 3,5
Linolenico	C18:3	-----
-----	C20:0 – 24:1	-----

Fuente: Indupalma

**Tabla B5.** Producción de aceite de palma en Colombia, dividido por zona productiva.

Zona	Enero - Diciembre		Variación	
	2007	2008	Absoluta	%
Central	223.3	266.7	43.4	19.4
Norte	221.5	244.0	22.5	10.2
Occidental	72.4	39.9	-32.5	-44.9
Oriental	215.9	227.0	11.1	5.1

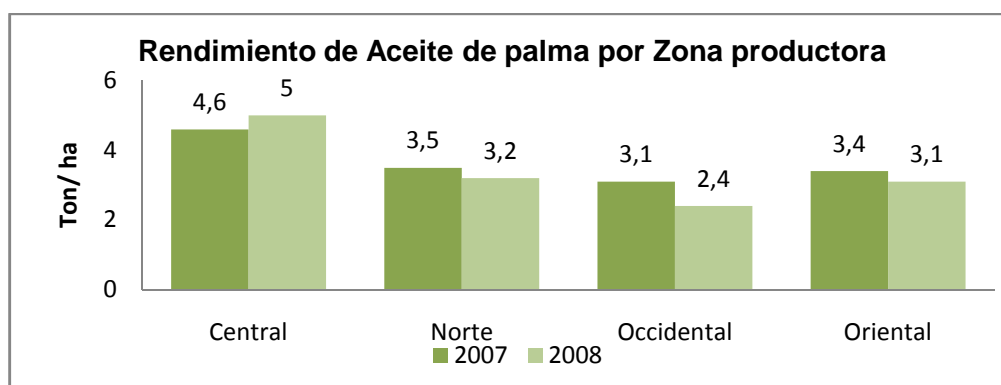
Fuente: Estadísticas fedepalma

**Tabla B6.** Producción de almendra de palma en Colombia, dividido por zona productiva.

Zona	Enero - Septiembre		Variación	
	2007	2008	Absoluta	%
Central	43,1	50,6	7,5	17,3
Norte	39,9	43,1	3,2	8,1
Occidental	12,4	7,9	-4,5	-36,6
Oriental	40,9	44,6	3,7	9,0

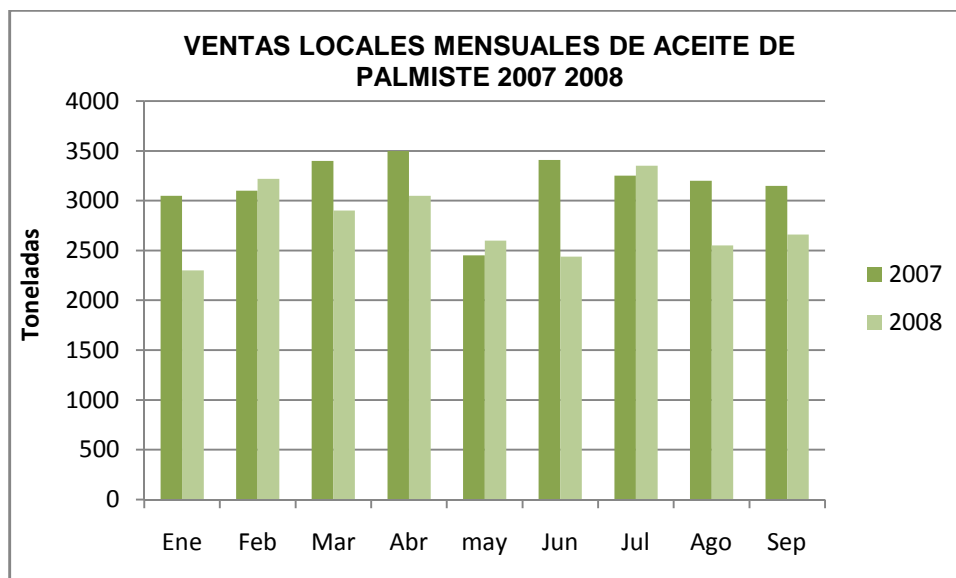
Fuente: Estadísticas fedepalma

**Figura B4** Rendimiento de aceite de palma en Colombia (Distribución por zonas).



Fuente: Estadísticas Fedepalma

**Figura B5.** Ventas locales de aceite de palmiste en Colombia durante los años 2007 y 2008 para el periodo comprendido entre enero septiembre.



Fuente: Estadísticas Fedepalma

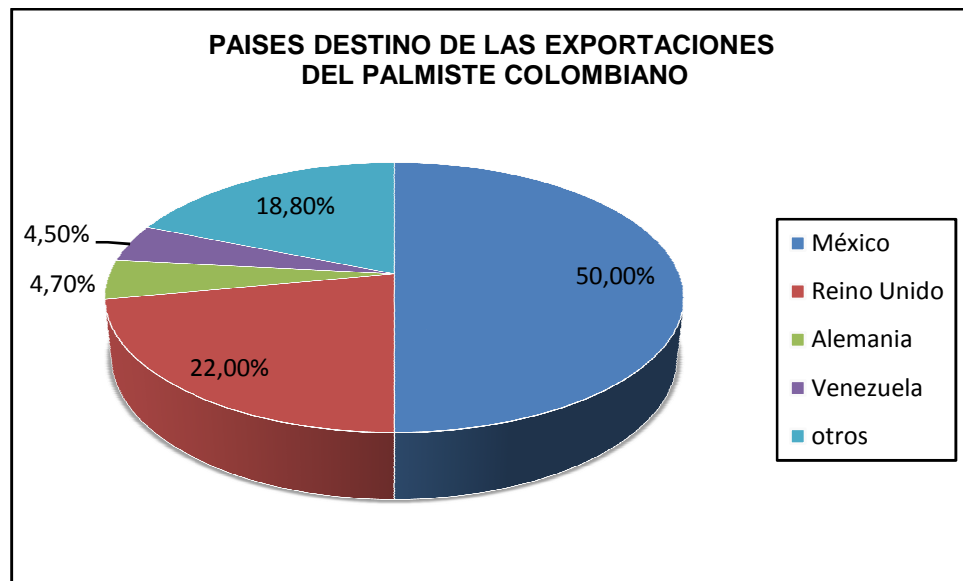
**Tabla B7.** Exportaciones de aceite de palmiste año 2007 y 2008 periodo enero-diciembre.

Concepto	Enero - diciembre		Variación	
	2007	2008	Abs	%
Aceite de palmiste crudo	29.8	30.7	0.9	3.1
Aceite de palmiste los demas <sup>1/</sup>	7.0	7.2	0.2	3.0

1/ aceite incorporado en aceites, mezclas alimenticias, margarinas, mantecas y jabones.

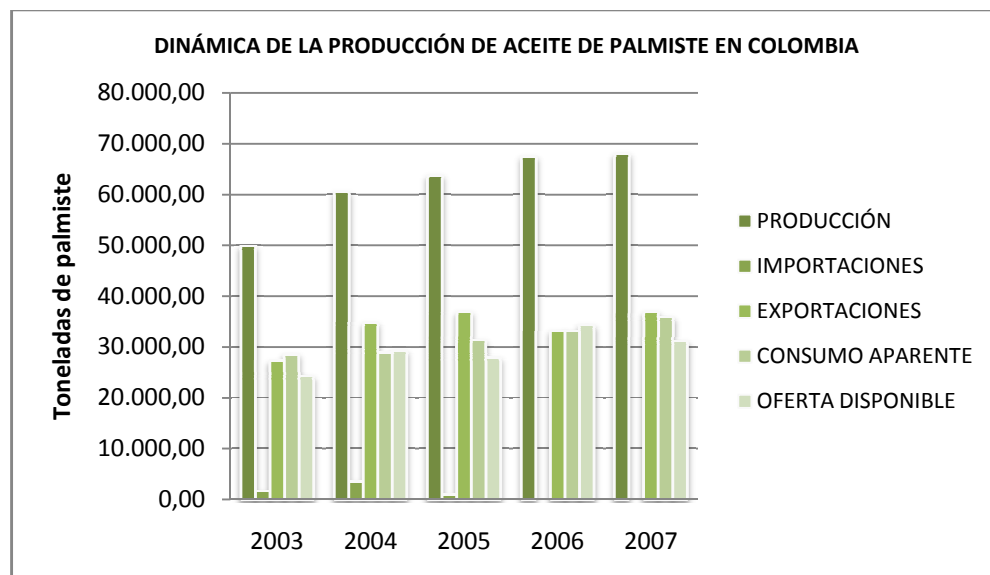
Fuente: Fedepalma y DANE

**Figura B6.** Destino de las exportaciones de aceite de palmiste



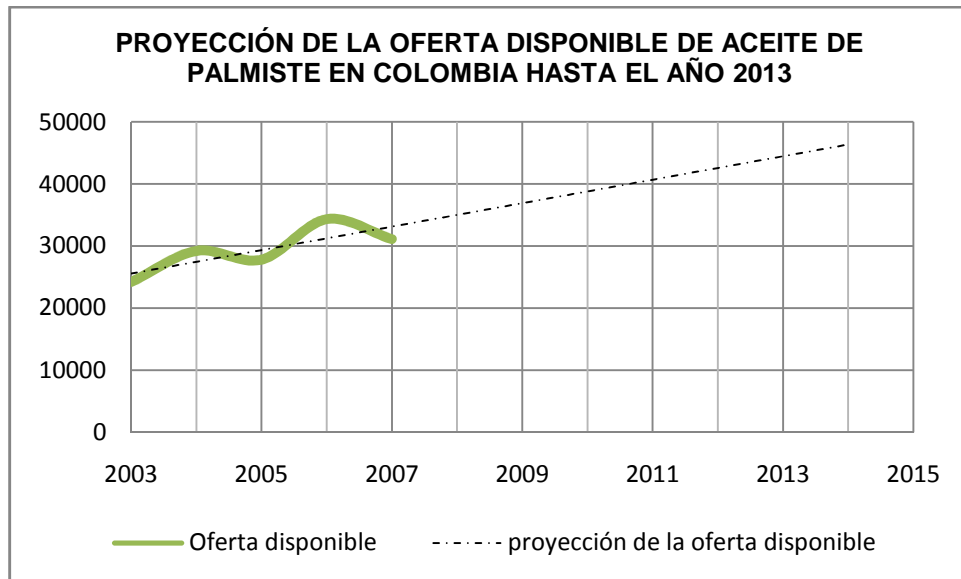
Fuente: Estadística Fedepalma

**Figura B7.** Dinámica de la producción de aceite de palmiste en Colombia desde el año 2003 hasta el 2007.



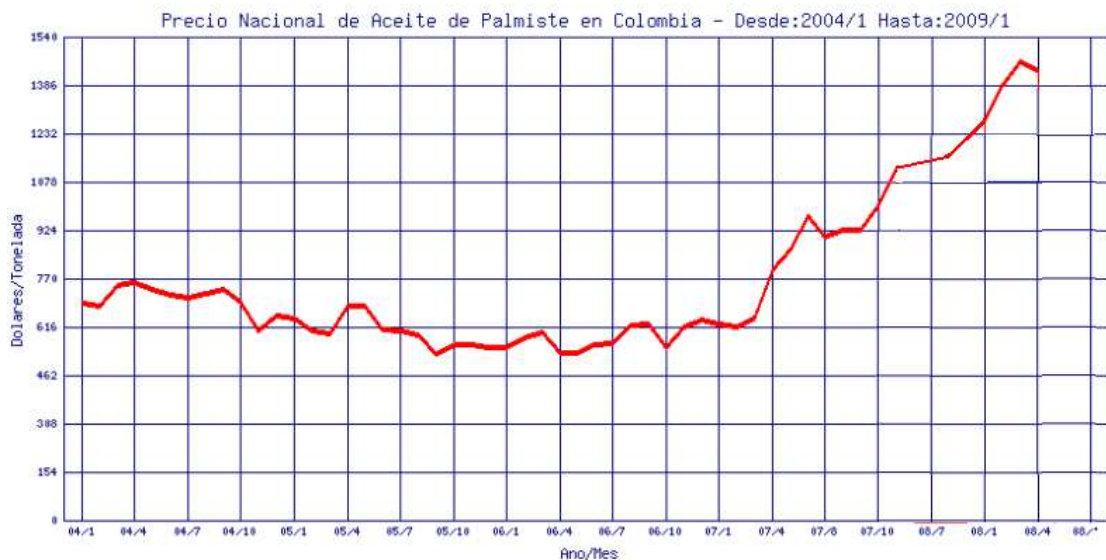
Fuente: Estadísticas fedepalma

**Figura B8.** Proyección de la demanda de palmiste



Fuente: Estadísticas fedepalma

**Figura B9** Precio nacional del aceite de palmiste en Colombia desde 2004-2009.



Fuente: Fedepalma

**Figura B10.** Precio internacional del aceite de palmiste desde el 2003-2009



Fuente: Fedepalma

## Anexo C Aplicaciones de alcoholes grasos

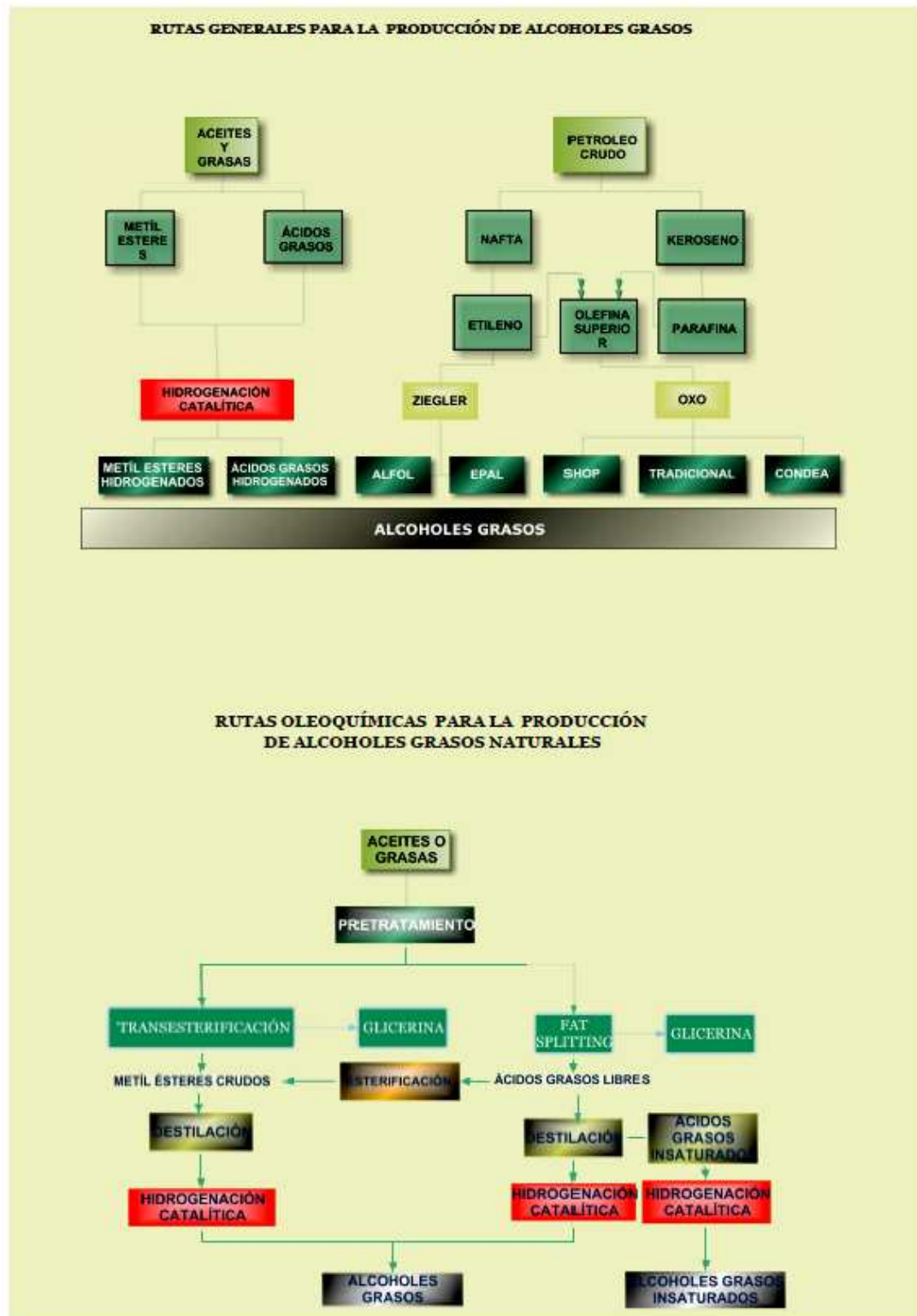
**Tabla C1.** Cuadro de aplicaciones de los alcoholes grasos y sus derivados.

APLICACIÓN	USADO EN FORMA DE	USO FINAL	CATEGORIA
<b>CUIDADO PERSONAL</b>	Alcohol Graso	Cremas, Lociones, Productos Para El Cabello, Productos Para La Piel	Acondicionadores, Espesantes, Emolientes, Agentes De Superficie, Modificadores De Viscosidad, Agentes Abrillantadores
	Alcoholes Etoxilados	Cremas, Champuses, Productos Para El Cabello, Productos Para La Piel, Productos Para Afeitar, Aceites De Baño, Lociones, Productos Perfumados	Acondicionadores, Espesantes, Emolientes, Agentes De Superficie, Modificadores De Viscosidad, Agentes Abrillantadores, Gelificantes, Solubilizantes, Dispersantes, Emulsionantes
	Sales De Cuaternarias De Amonio, Aminas Grasas, Óxidos De Aminas	Cremas Limpiadoras, Lociones, Productos Para El Cabello, Rinses, Champuses, Cosméticos Medicados	Acondicionadores, Espesantes, Modificadores De Viscosidad, Agentes Antiestáticos.
	Ésteres	Productos De Baño, Barra Labial, Protectores Solares, Productos Cosméticos.	Potenciadores De Brillo, Solubilizantes, Espesantes
<b>HOGAR</b>	Alcohol	Detergentes En Polvos Y Líquidos, Suavizantes	Controlador De Espuma, Agente Antiestático, Emoliente
	Alcohol Sulfato Y Alcohol Éter Sulfato	Polvos De Lavado, Lavavajillas En Crema Y Líquidos, Detergentes Líquidos	Surfactantes, Suavizantes, Agentes Humectantes, Dispersantes
	Alcohol Etoxilado	Polvos De Lavado, Lavavajillas En Crema Y Líquidos, Detergentes Líquidos	Surfactantes, Suavizantes, Agentes Humectantes, Dispersantes
	Sales De Cuaternarias De Amonio, Aminas Grasas, Óxidos De Aminas	Productos De Lavado, Limpiadores De Lanas	Suavizantes, Antiestáticos, Estabilizadores De Espuma
<b>INDUSTRIA Y LIMPIADORES DE SUPERFICIES DURAS</b>	Alcohol Sulfato Y Alcohol Éter Sulfato	Limpiadores De Piso, Baños, Metales, Botellas, Limpiadores Abrasivos	Controlador De Espuma, Agentes Humectantes, Dispersantes, Surfactantes
	Sales Cuaternarias De Amonio, Aminas Grasas, Óxidos De Aminas	Limpiadores De Piso, Baños, Metales, Botellas, Limpiadores Abrasivos	Desinfectantes Germicidas

<b>OTROS USOS INDUSTRIALES</b>	<b>Alcohol Graso, Sales Cuaternarias De Amonio, Alcoholes Etoxilados</b>	<b>Textil</b>	<b>Suavizantes, Antiestáticos, Preparaciones De Hilos</b>
		Cuero	Control De Espuma, Agentes Niveladores
		Papel	Controladores De Tensión Superficial, Espumantes, Destintado Del Papel
		Plásticos Y Polímeros	Aditivos Lubricantes, Auxiliares De Polimerización, Agentes Antiestáticos
		Trabajo Con Metales	Agente De Uniones, Aceites Hidráulicos, Agentes Anticorrosivos
		Petróleo Crudo Y Aceites Lubricantes	Modificador Del Punto De Fluencia
		Tratamiento De Aguas Y Preservación Del Agua	Bacteriostático, Retardante En La Evaporación Del Agua
		Farmacéutica	Desodorantes, Depilatorios Ungüentos
		Comidas Procesadas	Emulsificantes

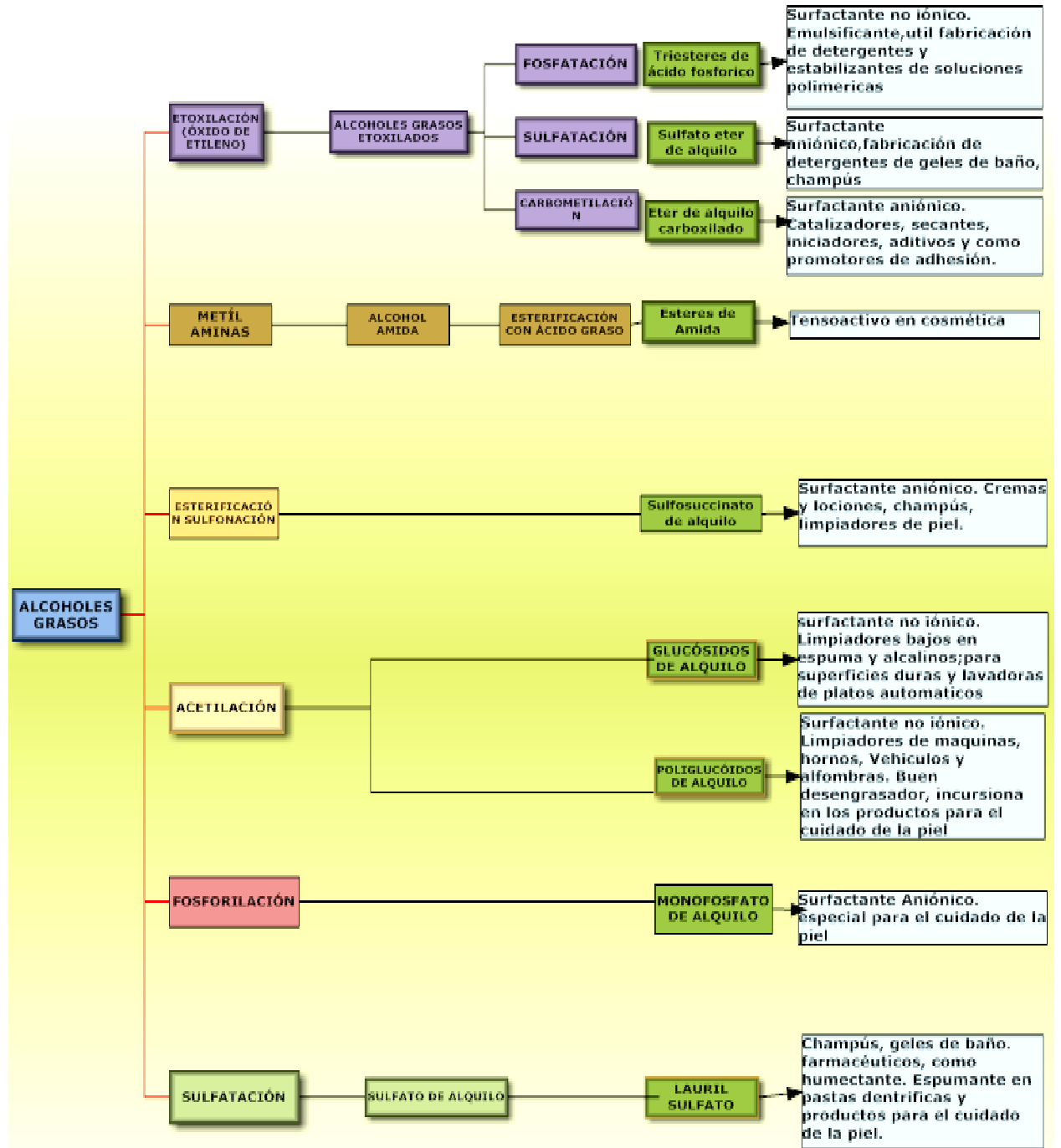
Fuente: Grupo Godrej (india)

**Figura C1.** Esquema de la producción de alcoholes grasos a nivel industrial (rutas oleoquímicas y petroquímicas).



Fuente: Autores del proyecto basados en varias referencias

Figura C2. Rutas industriales de transformación de los alcoholes grasos



Fuente: grupo interfase

## Anexo D. Especificaciones de calidad de los alcoholes grasos.

### **Términos usados en las especificaciones de calidad de los alcoholes grasos.**

Los alcoholes grasos de uso comercial, generalmente deben tener un bajo valor de saponificación y bajo valor ácido, a continuación se definen cada uno de los términos usados para especificar la calidad de los alcoholes grasos.

- 1) Valor ácido (AV): el valor ácido es una medida del contenido de ácidos grasos libres contenido en el alcohol y se define como el número de miligramos de KOH requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres en 1 gramo de alcohol.
- 2) Valor de saponificación (SV): da junto con el valor ácido una medida del contenido de ésteres libres en el alcohol producido y se define como el número de mg de KOH requerido para saponificar completamente los ésteres y ácidos grasos libres en 1 gramo de alcohol.
- 3) Valor éster (EV): es el número que se obtiene por sustracción entre el valor de saponificación y el valor ácido.
- 4) Valor de iodo (IV): se mide como el número de gramos de I<sub>2</sub> que son absorbidos por 100 gramos de alcohol. El valor de iodo indica la cantidad de enlaces dobles contenido en el alcohol producido.

Fuente: Pat US 5 138 106

**Tabla D1.** Especificaciones de calidad para los cortes medios C12-C14 alcohol láurico y alcohol mirístico.



### Mid Cut Fatty Alcohols (Lauryl and Myristyl)

Chemical Properties	CO-1214	CO-1270	CO-1298	CO-1495
	Lauryl/Myristyl	Lauryl/Myristyl	Lauryl	Myristyl
Hydroxyl Value	280 - 290 (286)	285 - 295 (289)	298 - 302	255 - 264
Acid Value	0.1 max (0)	0.03 max (0)	0.1 max	0.07 max
Saponification Value	0.5 max (0.1)	0.4 max (0.1)	0.4 max	1 max
Iodine Value	0.3 max (0.0)	0.15 max (0.0)	0.2 max	0.4 max
Moisture (%KF)	0.1 max (0.04)	0.1 max (0.04)	0.1 max	0.1 max
Acid Heat Stability (%T @ 450 nm)	90 min	90 min	90 min	90 min
<b>Physical Properties</b>				
Color—APHA	10 max (5)	10 max (5)	10 max	15 max
Melting Point (C)	(22)	(22)	(24)	(38)
Appearance	Water White Mobile Liquid	Water White Mobile Liquid	Clear, No Extraneous Matter	Waxy White Solid
<b>Composition; % by GC</b>				
C8: Caprylic Alcohol	0.3 max (0.1)			
C10: Decyl Alcohol	1 max (0.5)	1.5 max (0.5)	1 max	
C12: Lauryl Alcohol	65 min (67.4)	68 - 74 (71)	98 min	2 max
C14: Myristyl Alcohol	21 - 28 (26)	24 - 30 (27.5)	1.5 max	96 min
C16: Cetyl Alcohol	4 - 8 (5.5)	1.5 max (0.8)		2 max
C18: Stearyl Alcohol	0.5 max (0)			
Hydrocarbon	1 max (0.3)	1 max (0.3)	1 max	1 max
CAS Number	67762-41-8	67762-41-8	112-53-8	112-72-1

**Derivation/Allergen/BSE:**

All of our fatty alcohol brands are produced in P&G Chemicals' global fatty alcohol network. They are manufactured entirely from naturally occurring vegetable oils (blends of: palm kernel, palm oil, coconut, soy and palm oil stearin).

- No preservatives or additives are present.
- No gluten/wheat, corn, dairy, egg, fish/shellfish, sulfites, yeast, starch, MSG, peanut, other nut, rice, sugar, sodium, or soy potential allergens are present.
- Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE) and Transmissible Spongiform Encephalopathy (TSE) are not a concern with these products.

**Shelf Life**

We expect the shelf life of Fatty Alcohols to be about 1 year if it is kept under the recommended storage and handling conditions. We recommend to test the product for key specifications like color, hydroxyl value, moisture and acid value every 6-12 months.

**P&G CHEMICALS DOES NOT PROVIDE EXPIRY DATES**

(TYPICAL VALUE)  
NA-MCA-072605

For further information; such as Samples and MSDS, visit our website:  
[www.pgchemicals.com](http://www.pgchemicals.com)

**THIS INFORMATION IS PUBLISHED FOR GUIDANCE AND IS SUBJECT TO CHANGE**

Fuente: P&G

**Tabla D2.** Especificaciones de calidad y propiedades fisicoquímicas para los alcoholes grasos lineales comerciales petroquímicos y oleoquímicos.

Typical Specifications for Commercial Linear Detergent Range Alcohols												
Descriptive Name	Alcohol (%) Minimum	Hydro-Carbon (%) Maximum	Hydroxyl Value	Saponification		Iodine Value (Maximum)	Acid Value (Maximum)	Specific Gravity	Melting Point (°C)	Boiling Range (°C)	Color, APHA (Maximum)	Moisture (% Maximum)
				Value (Maximum)	Value (Maximum)							
Dodecanol (99% C <sub>12</sub> )	98.5	—	295-302	1.0	0.4	0.2	0.832 <sup>a,b</sup>	24	255-259	15	0.1	
Dodecanol (67% C <sub>12</sub> )	98.5	1.0	280-290	0.7	0.1	1.0	0.823 <sup>a,b</sup>	22	272-299	10	0.1	
Dodecanol-tridecanol	98.7	0.5	271-282	0.5	0.5	0.4	0.832 <sup>a,b</sup>	21-23	270-293	25	0.1	
Hexadecanol	98.0	1.5	225-235	1.0	0.5	2.0	0.814 <sup>a,b</sup>	50	311-316	35	0.1	
Hexadecanol-octadecanol (tallow)	96.0	1.5	204-215	3.0	1.0	3.0	0.810 <sup>a,b</sup>	52	316-332	35	0.1	
Octadecanol	97.0	1.5	200-215	2.0	0.5	2.0	0.811 <sup>a,b</sup>	58	326-d	35	0.1	
Octadecanol	—	—	200-210	1.0	0.7	0.3-0.6	0.83-0.84 <sup>a,b</sup>	4	—	—	—	

Note: APHA, American Public Health Association.

Fuente: handbook of detergent part F: production

**Tabla D3.** Composición y nombres comerciales de algunos alcoholes grasos a nivel mundial petroquímicos y oleoquímicos.

Descriptive Name	Representative Trade Names	Derived From	Approximate Composition (wt%, 100% Alcohol Basis)							
			C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>20</sub>	
Dodecanol	Alfol <sup>a</sup> 12	Ethylene	99		1					
	Epal <sup>b</sup> 1214	Ethylene	66		27		7			
	Alfol 1216	Ethylene	65		25		10			
	CO-1214	Coconut	67		26		7			
	Alfol 1218	Ethylene	40		30		20		10	
	Dehydag <sup>c</sup>	Coconut	72		27		1			
Tetradecanol	Alfol 14	Ethylene	1		99					
Tetradecanol-octadecanol	CO-1418	Coconut	12		43		22		23	
	Epal 1418	Ethylene			36		40		23	1
Dodecanol-tridecanol	Neodol <sup>d</sup> 23	Olefin	32	66	2					
	Neodol 25	Olefin	20	30	30	20				
Hexadecanol	CO-1695	Coconut			1		96	3	1	
Hexadecanol-Octadecanol	TA-1618 <sup>e</sup>	Tallow			4		28	67 <sup>f</sup>	1	
	Alfol 1618	Ethylene					61	37	2	
Octadecanol	CO-1895	Coconut					2	97	1	
Octadecanol	Dehydag HD	Natural Oils					4	94 <sup>g</sup>	2	
Octadecanol-Octadecanol	Dehydag 60/65	Natural Oils	1		4		26	68 <sup>g</sup>	1	

<sup>a</sup> Registered trademark for Continental Oil Company alcohols.  
<sup>b</sup> Registered trademark for Ethyl Corporation alcohols.  
<sup>c</sup> Registered trademark for Henkel alcohols.  
<sup>d</sup> Registered trademark for Shell alcohols.  
<sup>e</sup> Registered trademark for Procter & Gamble alcohols.  
<sup>f</sup> Includes 1% C17 alcohol.  
<sup>g</sup> Octadecanol.

Fuente: handbook of detergent part F: production, ZOLLER, Uri

## Anexo E. Propiedades fisicoquímicas de los alcoholes grasos y reacciones químicas principales de los alcoholes grasos.

**Tabla E1.** Propiedades fisicoquímicas de alcoholes de cortes medios C12 -C14 empresa procter and gamble, mezcla obtenida de aceite de palmiste.



<b>PRODUCT INFORMATION SHEET</b>	<b>CO-1214 Lauryl/Myristyl Alcohol</b>
----------------------------------	--

**Description:**  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{n-2}\text{CH}_2\text{-OH}$

**Lauryl/Myristyl Alcohol**

**CAS#** 67762-41-8; **Formula:**  $\text{C}_{12/14}\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ ; n=10,12

CO-1214 is a mixture of Lauryl (65%) and Myristyl (21-28%) and Cetyl (4-8%); 'n' in the structural diagram above refers to the different carbon chain lengths present, from C8 up to C18. It is a water white mobile liquid under ambient conditions with a fresh waxy odor.

### PHYSICAL PROPERTIES

(all properties @ 22°C (72°F), 760mmHg unless stated)

Equivalent Weight: 196  
 Specific Gravity: 0.823 @ 40°C  
 Vapor Pressure: < 10mmHg  
 Melting Point: 70°F (21°C)  
 Viscosity: 12cp @ 30°C  
 Specific Heat: 0.5 cal/g. °C  
 Boiling Point: > 177°C

Insoluble in water under ambient conditions, but suitable solvents include acetone, benzene, ethyl ether, and turpentine.

### GENERAL INFORMATION

#### Application Uses

End-use applications for CO-1214 include alkyl amines, aluminum rolling lubricants, tertiary amines, antioxidants, concrete anti-spalling agents, cosmetics, defoamers, ethoxylates, halides/mercaptans, lubricant oil additives, methacrylates, phosphated alcohols, plasticizers, plastic lubricants/mold release, polymerization stabilizers, sulphation, sulfated ethoxylates, and epoxy resin diluent.

### GENERAL INFORMATION cont...

#### Oil Derivation/Allergen/BSE/Microbial:

All of our fatty alcohol brands are produced in P&G Chemicals' global fatty alcohol network. They are manufactured entirely from naturally occurring vegetable oils.

- No preservatives or additives are present.
- No gluten/wheat, corn, dairy, egg, fish/shellfish, sulfites, yeast, starch, MSG, peanut, other nut, rice, sugar, or sodium potential allergens are present.
- Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE) and Transmissible Spongiform Encephalopathy (TSE) are not a concern with CO-1214, Lauryl/Myristyl Alcohol.
- At the low vacuum (12-18 mmHg) and high temperature (up to 550 degF) at which our process operates, we do not believe that microbiological activities exist.

#### Shelf Life

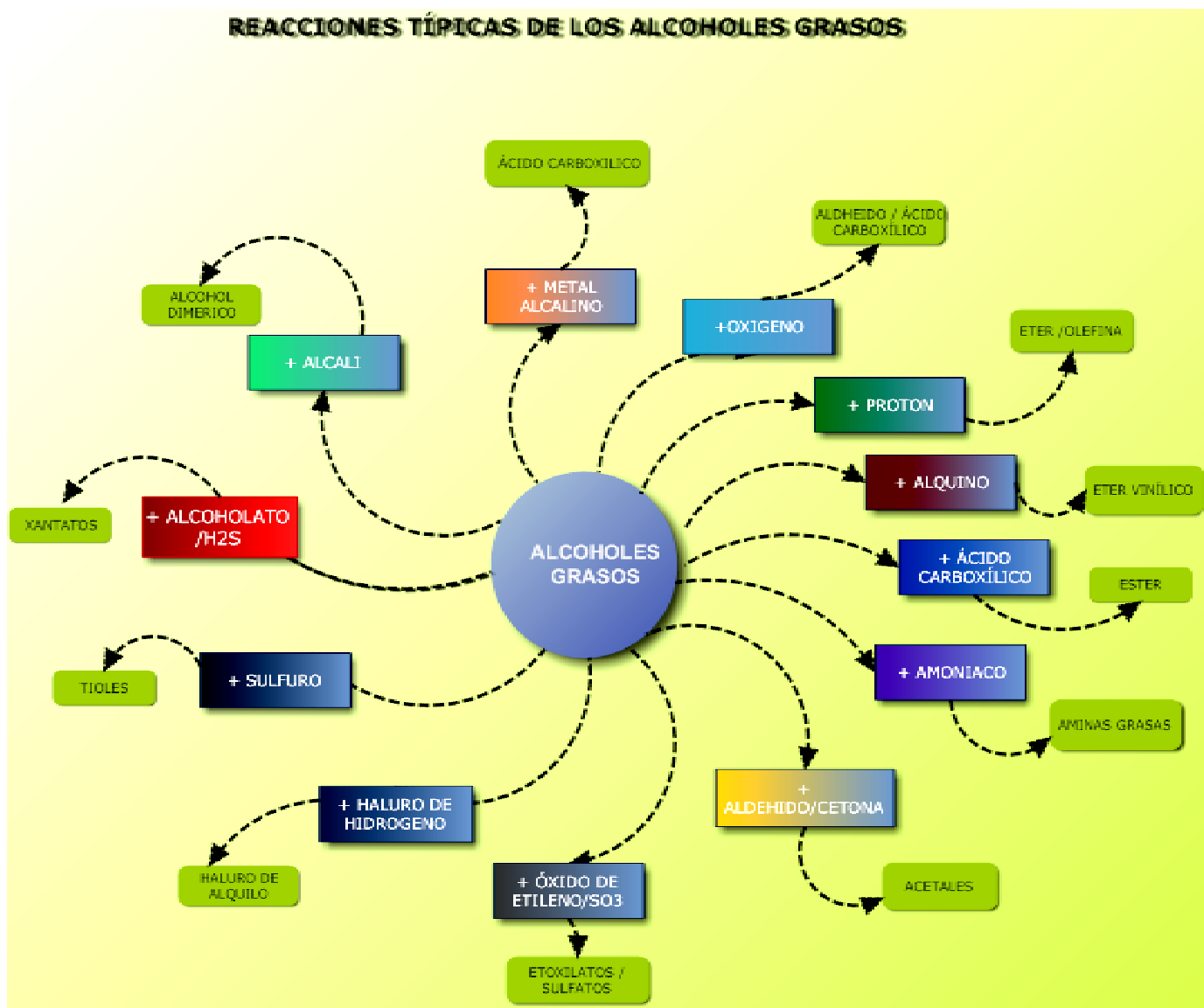
Shelf life is affected by how a product is stored. P&G Chemicals has conducted extensive stability study tests for our NF Fatty Alcohols. For this reason, P&G Chemicals only provides shelf life for NF Alcohols for which a stability study has been conducted. **For all other Alcohol and Related products, P&G Chemicals does not provide a shelf life or expiration date.**

#### Storage and Handling (recommended)

**Storage Temp Targets:** Ambient  
**Handling Temp Min-Max:** 75 - 90°F (24-32°C)  
**Sensitive Properties:** AHS, Carbonyl, Color  
**Max Steam, psig:** 30  
**Nitrogen Blanket:** YES (4 to 8 oz. of pressure)  
**Load out filter:** 1 micron  
**Rail Car or Tank Truck:** Lined or Stainless Steel  
**Agitation/Recirculation:** Yes  
**Storage Tank:** Stainless, Aluminum, or Lined Carbon Steel with Dimetcote IV or Ceilcote 252  
**Pumps and Lines:** Carbon Steel

Fuente: Web site de la compañía Procter and Gamble

Figura E1. Reacciones típicas efectuada con los alcoholes grasos o superiores.



Fuente: Síntesis de los autores

**Anexo F.** Comparaciones entre surfactantes provenientes de alcoholes grasos naturales y surfactantes de origen petroquímico.

**Tabla F1.** Ventajas comparativas de biodegradabilidad de surfactantes sintéticos vs naturales.

Surfactante	Biodegradabilidad	% remoción de carbono
<b>LABS</b>	90-94	73 ± 6
<b>DBBS</b>	36	41 ± 9
<b>C12 – C14 alcohol graso sulfatado</b>	99	97 ± 7
<b>C16 – C18 Alcohol graso Etoxilado</b>	98	90 ± 16
<b>C13 – C15 Alcohol Oxo Etoxilado</b>	93	59 ± 6
<b>C8 – C10 n-Alquílfenoles</b>	84	68 ± 3

Fuente: handbook of detergent part B: Environmental Impact. ZOLLER, Uri

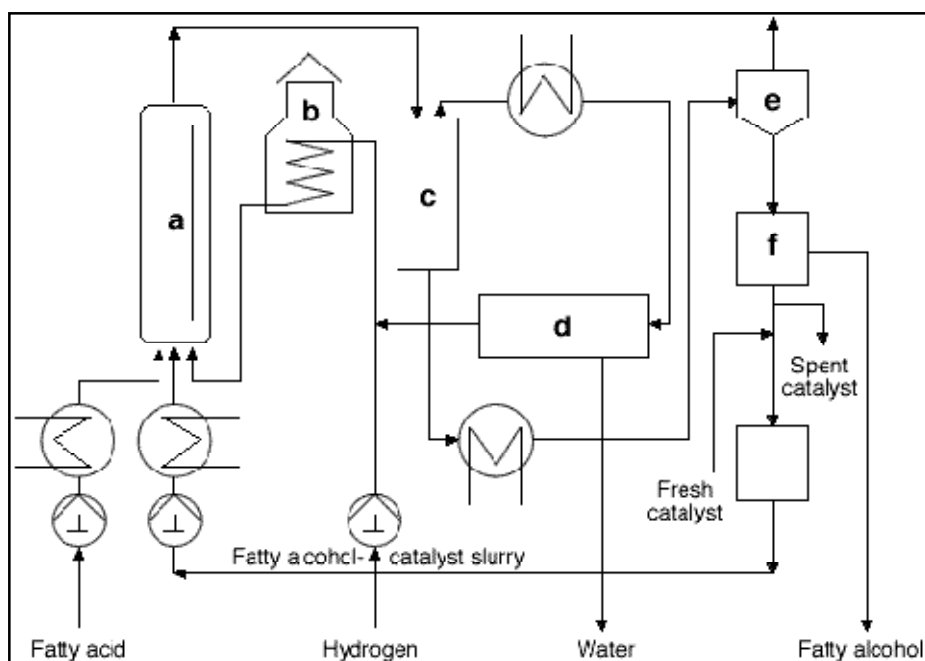
**Tabla F2.** Linealidad de los procesos típicos para la producción de alcoholes grasos.

Proceso	Tipo	Materia prima	Cadena de carbonos	Linealidad %
<b>Hidrogenación</b>	Lineal	Ácidos grasos	C8 – C18	100
<b>Hidrogenación</b>	Lineal	Metil ésteres	C8 – C18	100
<b>Ziegler</b>	Lineal	Etileno	C2 – C20	100
<b>Oxo (Shop)</b>	Semilineal	Etileno i-olefinas	C9 – C15	75
<b>Oxo (convencional)</b>	Ramificado	Etileno $\alpha$ -olefinas	C7 – C15	50 – 60
<b>Oxo (condea)</b>	Ramificado	Parafina i-olefinas	C11 – C15	40 - 50

Fuente: Status and Future of the hydrophobic feedstocks En: Proceedings of the 4th conference on detergent , strategies for the 21st Century, CAHN, Arno.

**Anexo G.** Diagramas de flujo general para las tecnologías de producción de alcoholes grasos naturales a partir de ácidos grasos o metil ésteres.

**Figura G1.** Diagrama de flujo para la Hidrogenación en fase suspendida

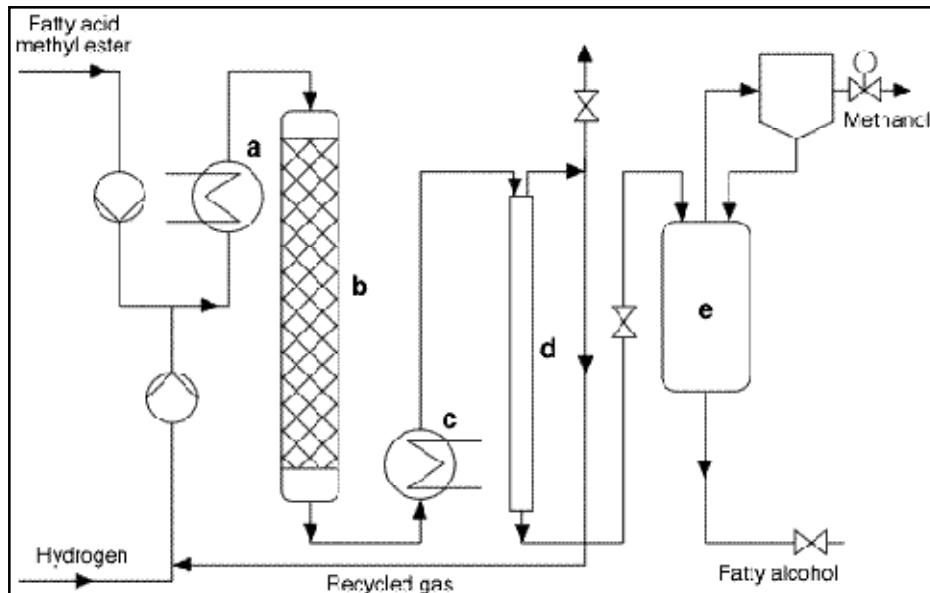


Fuente: Lurgi

Diagrama Lurgi para hidrogenación en fase suspendida.

- a. Reactor de Hidrogenación
- b. Intercambiador de calor( calentando)
- c. Evaporador
- d. Condensador
- e. Unidad de flash
- f. Filtro

**Figura G2.** Diagramas de flujo para una hidrogenación con la tecnología (Trickle – Bed) tanto para hidrogenación en fase gaseosa y fase líquida.



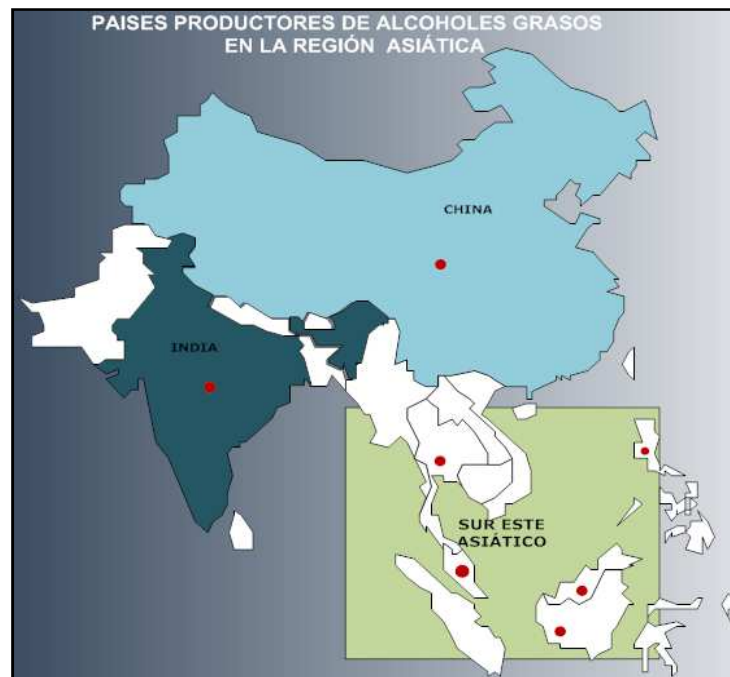
Esquema utilizado para procesar ácidos grasos o metil ésteres ya sea en fase líquida o fase gaseosa, con catalizador en lecho fijo.

Esquema utilizado por Henkel (Cognis), Lurgi y Davy Process Technology.

- Intercambiador de calor(calentando)
- Reactor de hidrogenación
- Intercambiador de calor(enfriando)
- Sistema de separación
- Unidad de flash

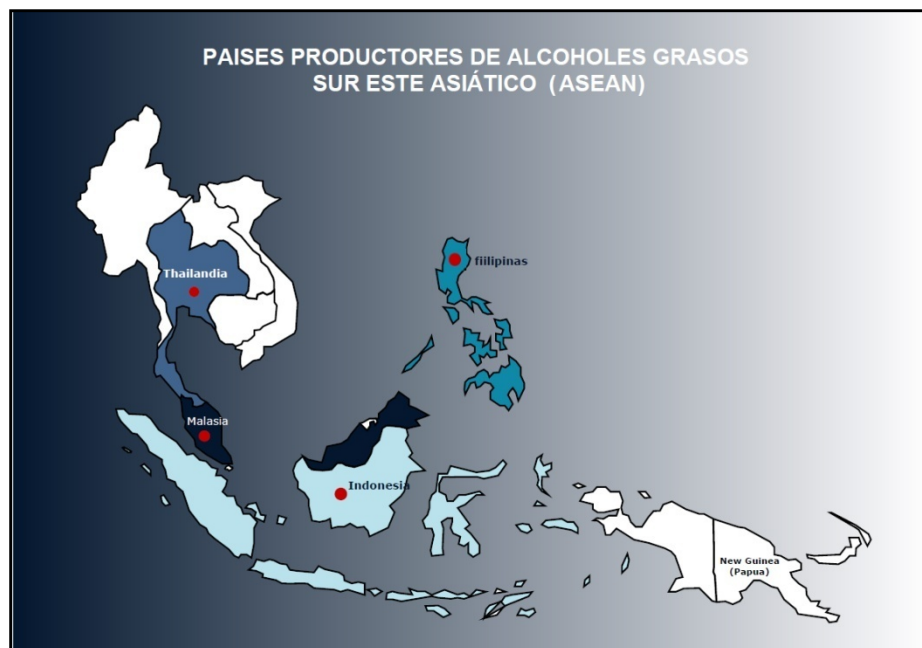


Figura H2. Países productores de alcoholes grasos en la región asiática



Fuente: Autores del proyecto

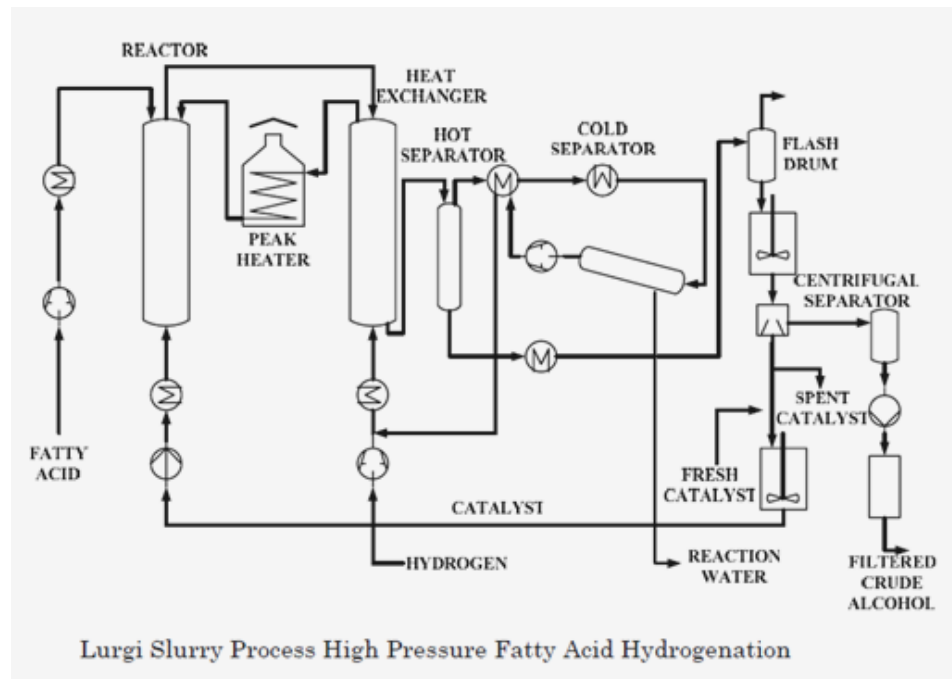
Figura H3. Países productores de alcoholes grasos en el sureste asiático



Fuente: Autores del proyecto

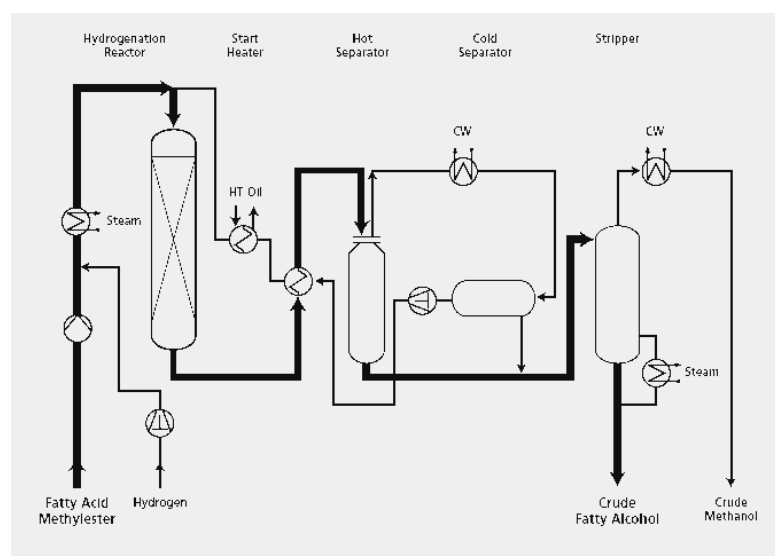
**Anexo I.** Diagramas de flujo y de Bloques de las tecnologías ofrecidas por Lurgi.

**Figura I1.** Diagrama de flujo para la tecnología Slurry de Lurgi



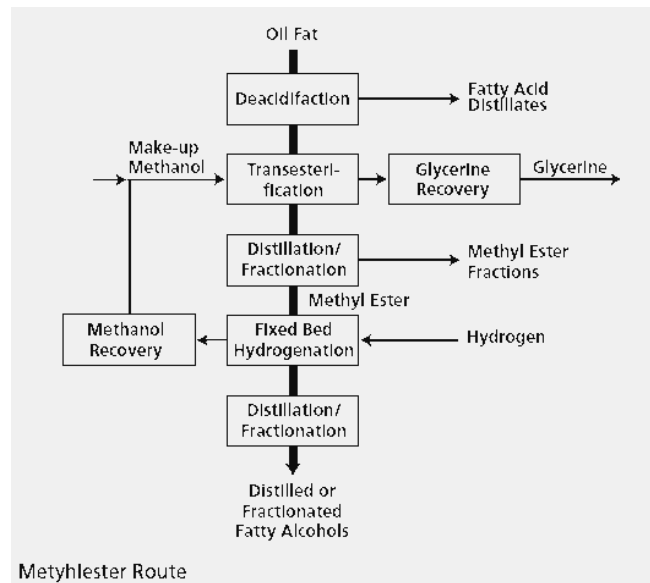
Fuente: VOESTE, Theodor; BUCHOLD, Henning. Production of fatty alcohols from fatty acids.1984

**Figura I2.** Diagrama de flujo para la hidrogenación de metil ésteres con tecnología Trickle-bed.



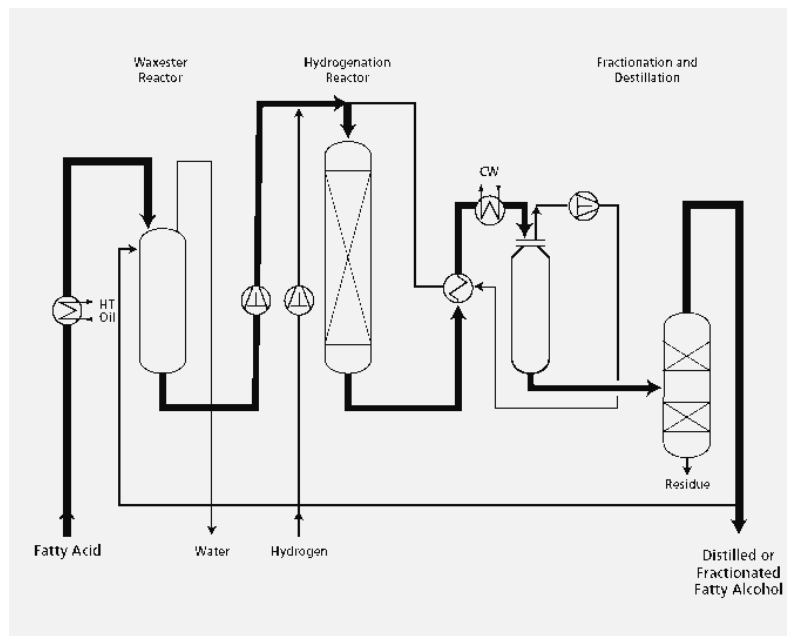
Fuente: Fatty Alcohols Technology. "Lurgi life Science Technologies Technical. Brochure 2006

**Figura 13.** Diagrama de bloques para la ruta metil ésteres



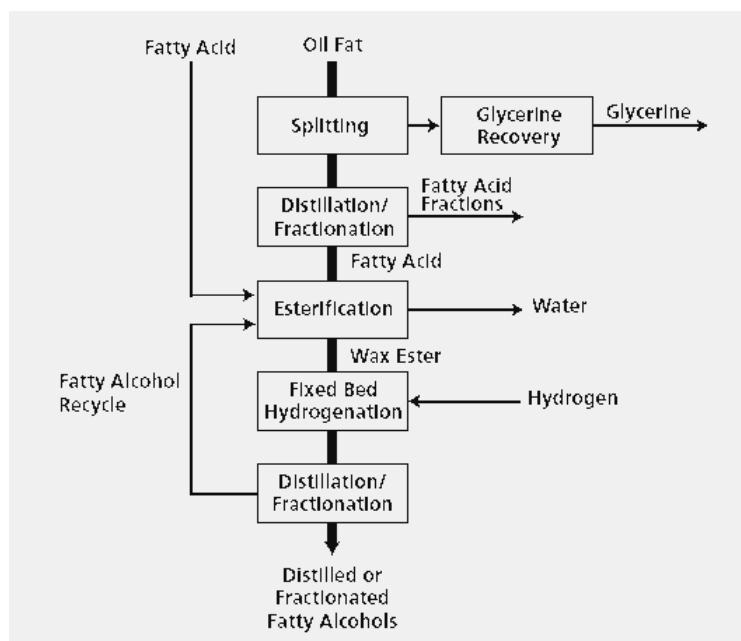
Fuente: Fatty Alcohols Technology. "Lurgi life Science Technologies Technical. Brochure 2006

**Figura 14.** Diagrama de flujo para la hidrogenación de ésteres grasos (Wax ester) tecnología Trickle-bed.



Fuente: Fatty Alcohols Technology. "Lurgi life Science Technologies Technical. Brochure 2006

**Figura I5.** Diagrama de Bloques para la hidrogenación de ésteres grasos



Fuente: Fatty Alcohols Technology. "Lurgi life Science Technologies Technical. Brochure 2006

**Tabla I1.** Comparación de algunos gastos en servicios y materias primas para las tres tecnologías ofrecidas por Lurgi.

		WAX ESTER	METIL ESTER	SLURRY
Ácido graso/metil éster	Kg	1100	1130	
Cat.	Kg	<0.8	<0.8	5
H2	m <sup>3</sup>	230	230	280
99.99% pureza				
Agua de enfriamiento		55	85	20
Δ10° C	m <sup>3</sup>			
Vapor	Kg	30	180	150
Energía Eléctrica	Kw	160	175	130
Combustible	Mj	1500	1000	1150

## Anexo J. Resumen de las principales tecnologías de producción de alcoholes grasos naturales en la región asiática.

**Tabla J1.** Resumen de las principales tecnologías de producción, condiciones de operación, tipo de catalizador usado por cada una de las tecnologías

COMPAÑÍA	SISTEMA DE CATALISIS	CAT.	MATERIA PRIMA	Relación Alimentación	Vel. (LHSV)	CONDICIONES DE OPERACIÓN	
				mol H <sub>2</sub> /mol éster	l/l*h	P(Bar)	T(°C)
COGNIS	LECHO FIJO	Cu-Cr	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS	100	1.5	250	228
P & G	SLURRY	Cu-Cr	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS	50	1.0	300	250
KAO CORP	SLURRY	Cu-Cr	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS	100	0.75	245	285
KAO CORP	SLURRY	Cu-Fe -Al	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS	200	0,75	250	275
DAVY PROCESS TECHNOLOGY	LECHO FIJO	Cu-Zn	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS ( vapor)	600	0,3	40	220
LURGI	SLURRY	Cu-Cr	ÁCIDOS GRASOS	50	1	300	280
LURGI	LECHO FIJO	Cu-Cr	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS	100	0,4	250	210
LURGI	LECHO FIJO	Cu-Cr	ÉSTERES GRASOS ( WAX ESTER)	100	0,4	250	250
ALGUNAS TECNOLOGÍAS PROBADAS POR HENKEL							
HENKEL	LECHO FIJO	Cu-Cr+ Ba+ grafito	TRIGLICÉRIDOS	200	1.0	100	200
HENKEL	LECHO FIJO	Cu-Zn	TRIGLICERIDOS	200		200-280	200-230
HENKEL	LECHO FIJO	Cu-Zn	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS	100	1,5	250	240
HENKEL	LECHO FIJO	Cu+CR+ Mn+Ba	METÍL ÉSTERES DE ÁCIDOS GRASOS	100	2	250	200

Fuente: autores del proyecto

## Anexo K .Productores de alcoholes grasos a nivel mundial

**Tabla K1.** Listados de las compañías productoras de alcoholes grasos en América

PAIS	NOMBRE DE LA EMPRESA
<b>ESTADOS UNIDOS</b>	COGNIS CORP, CHEMICAL GROUP (CINCINNATI,OH)
	P & G SACRAMENTO
	ALFA CHEMICAL CORP.
	EXXON MOBIL
	SHELL QUÍMICA
	BP AMOCO
	CONDEA VISTA empresa ABSORBIDA POR SASOL(2001)
<b>MÉXICO</b>	INDUSTRIAS QUIMICAS DEL CENTRO
	HENKEL SURFACE TECHNOLOGY
	QUIMICA VAID
<b>BRASIL</b>	OLEOQUIMICA INDUTRIA E COMERCIO DE PRODUCTOS

Observaciones de la Zona:

El 70% de la producción de alcoholes grasos está dominada por la compañía Shell, BP Amoco y Condea Vista (empresa absorbida por la multinacional Sasol).

Solo 170 000 toneladas de alcohol graso natural es producido en estados unidos por las compañías Cognis y Procter and Gamble.

La planta que opera en Brasil, tiene una capacidad instalada de 77 000 ton/año, puesta en marcha en el 2008, pertenece al grupo Oxiteno y trabaja con la tecnología de Davy Process Technology.

**Tabla K2.** Listado de compañías productoras de alcoholes grasos en Europa

<b>PAIS</b>	<b>NOMBRE DE LA EMPRESA</b>
<b>ALEMANIA</b>	CLARIANT Gmbh
	HANZA GROUP A.G
	OLEON DEUTSCHLAND Gmbh
	AMOCO CHEMICAL DEUTSCHLAND
	BASF CHEMICAL
	COGNIS OLEOCHEMICALS GmbH
	COGNIS DEUTSCHLAND
<b>AUSTRIA</b>	CLARIANT OSTERRICH Gesmbh
<b>BELGICA</b>	SASOL BENELUX, Un
	EXXON MOBIL
	BP CHEMBEL
	OLEON N.V
	CLARIANT
	MOSELMANT
<b>DIANAMARCA</b>	CLARIANT
	COGNIS (HENKEL NURDEN A/S)
<b>ESPAÑA</b>	CLARIANT IBÉRICA S.A
	SASOL QUÍMICA IBERICA
	UNION DERIVAN S.A
<b>FRANCIA</b>	CLARIANT FRANCE S.A
	SYNRISE S.A
	HUNTSMAN
	SASOL FRANCE
	OLEON FRANCE SAS
<b>GRECIA</b>	CLARIANT HELLAS S.A
	COGNIS (HENKEL HELLAS S.A9
<b>ITALIA</b>	COGNIS (HENKEL S.P.A)
	ASHLAND ITALIA
	SASOL ITALIA
	OLEON SOUTHERN EUROPE
	CLARIANT ITALIA
	ALBRIGHT & WILSON SRL
<b>NORUEGA</b>	OLEON NORTHERN EUROPE
	GONIS (HENKEL NORWAY ASA)
	CLARIANT NOWAY
<b>HOLANDA</b>	ASHLAND NEDERLAND BR

<b>REINO UNIDO</b>	<b>OLEON UK</b>
	COGNIS UK
	CLARIANT UK LTD
	SHELL (STANLOW)
	SHELL (WILTON)
	SYNRISE LTD
<b>SUECIA</b>	COGNIS NORDEN
	CLARIANT SUERIGE AB
	LARODAN FINE CHEMICAL AB
	ASLAND

Fuente: buscador Thomasglobal.net y web sites de las empresas

Observaciones de la zona:

El mercado de los alcoholes grasos está representado en un 65% por las compañías Cognis Sasol y Shell.

Cognis y Oleon producen alcoholes naturales mientras que Sasol y Shell producen alcoholes sintéticos.

Shell solo produce alcoholes grasos en dos plantas ubicadas en reino unido con una capacidad aproximada de 210 000 ton/año.

Oleon es una compañía que tiene 3 sitios de manufactura y la ruta de producción escogida por Oleon para producir los alcoholes grasos es por la ruta metil ésteres en forma líquida como materia prima y utilizando la tecnología Trickle-Bed para el proceso de hidrogenación.

**Tabla K3.** Listado de compañías productoras de alcoholes grasos en Asia

PAIS	NOMBRE DE LA EMPRESA	CAPACIDAD INSTALADA (MT/Y)	TECNOLOGÍA UTILIZADA	FABRICANTE	PUESTA EN MARCHA
<b>MALASIA</b>	FATTY CHEMICALS	200.000,00	FAME(Slurry)	KAO CORP	1988 2002
	RIKA(Cognis)	80.000,00	FAME(I-F)	HENKEL	1991
	INAI BUMI (Sdn Bhd)	10.000,00	FAWE	LURGI	
	FPG (P & G) (kuantan)	80.000,00	FAME(Slurry)	P&G	1992
	KUALA LUMPUR KEPONG OLEOMAS (Sdn Bhd)	120.000,00	FAME(VAPOR)	DAVY PROCESS TECNOLOGY	2007
<b>INDONESIA</b>	PT. ECOGREEN batam	60.000,00	FAME(I-F)	LURGI	1991
	PT. ECOGREEN batam (expansión)	50.000,00	FAME(VAPOR)	DAVY PROCESS TECNOLOGY	2007
	PT. ECOGREEN Medan	30.000,00	FAME(L-F)	LURGI	1994
	PT. ECOGREEN Medan (expansión)	20.000,00	FAME(VAPOR)	DAVY PROCESS TECNOLOGY	2006
	PT. MUSIM MAS	100.000,00	FAME(VAPOR)	DAVY PROCESS TECNOLOGY	2007
	PT. FLORA SAWITA	39.250,00			
	DOMAS AGROINTI PRIMA	40.000,00	FAME(I-F)	LURGI	
	SAWIT MAS AGRO PERCASA	120.000,00	FAWE	LURGI	2006
<b>THAILANDIA</b>	THAI FATTY ALCOHOLS OLEOCHEMICALS	100.000,00	FAME(L-F)	HENKEL	2008
<b>PHILIPPINAS</b>	PHILIPPINAS KAO	100.000,00	FAME(Slurry)	KAO CORP	1979 2007
	COCOHEM(United Coconut chemicals)	36.000,00	ÁCIDOS GRASOS	LURGY	2006
	PAN CENTURY SURFACTANT	30.000,00	FAME(VAPOR)	DAVY PROCESS TECNOLOGY	
	SENBEL FINE CHEMICALS COMPANY	12.000,00	FAME(I-F)	propia	1997
	PRIME CHEM OLEOCHEMICAL	30.000,00	FAME(VAPOR)	DAVY PROCESS TECNOLOGY	1998

<b>CHINA</b>	<b>LIAOYANG HUAXING CHEMICALS</b>	<b>60.000,00</b>	<b>FAME(I-F)</b>	<b>HENKEL</b>	<b>2005</b>
	LIAOYANG LIGHTTOWER NORTH CHEMICALS COMPANY	140.000,00	FAME(I-F)	HENKEL	2007
	TECK GUAN	80.000,00	FAWE	LURGI	2008
	YIHAY SASOL OLEOCHEMICALS ALCOHOL INDUSTRY CO	60.000,00	FAME (VAPOR)	DAVY PROCESS TECHNOLOGY	2007
	SHANGQIU LUNGYU	40.000,00	FAME(I-F)	PROPIA	2008
	WUXI DONGTAI FIEN CHEMICAL INDUSTRY CO.	20.000,00	FAME(I-F)	PROPIA	2003
	SHANGHAI ZHONGLE OIL CHEMICAL ENGINEERING CO	50.000,00	Pre-ester FAME(I-F)	PROPIA	2008
	SHANGHAI SHUANGLE OIL CHEMICAL ENGINEERING CO	20.000,00	ÁCIDOS FAME(I-F)	PROPIA	2005
	CHANGZHI SHAUNGLE OIL CHEMICAL ENGINEERING CO	5.000,00	Pre-ester FAME(I-F)	PROPIA	2005
	DALIANG HUANENG CHEMICAL PLANT	15.000,00	FAME(I-F)	HENKEL	desc
	JIANGMEN BRANCH OF CHINA NATIONAL LIGHT INDUSTRIALS MATERIALS CO.	12.000,00	FAME (Slurry)	P&G	desc
	SICHUAN YIFENG OIL	6.000,00	FAME (Slurry)	PROPIA	2006
	ZHEJIANG FENHUANG CHEMICAL CO(LANXI)	15.000,00	Pre-ester FAME(L-F)	PROPIA	2004
	WUHAN SIFANGHANG CHEMICAL CO	15.000,00	Pre-ester FAME(L-F)	PROPIA	2006
	PETROCHINA JILIN PETROCHEMICAL COMPANY LIMITED	100.000,00	OXO-ALCOHOL	DAVY PROCESS TECHNOLOGY	
	FUSHUM	50.000,00	ZIEGLER		
	OTRAS	40.000,00			
<b>INDIA</b>	VVF-TALOJA	60.000,00	FAWE	LURGI	2005
	GODREJ	30.000,00	ACIDOS GRASOS	PROPIA	
	HINDUSTAN LEVER LTDA	30.000,00			

Fuente: Autores del Proyecto

## Anexo L. Otras referencias Bibliográficas.

<http://chemical.kao.com/global/business/history.html>

<http://www.importgenius.com/shipments/fatty-chemical-malaysia-sdn-bhd.html>

[http://www.fpg.com.my/technology\\_technology.html](http://www.fpg.com.my/technology_technology.html)

<http://www.fpg.com.my>

<http://www.ecogreenoleo.de/facilities.html>

<http://www.oleon.com/fattyalcohols.html>

<http://www.chemeurope.com/news/e/41754/>

<http://www.icis.com/Articles/2003/05/02/194856/oleochemical-industry-stuck-in-a-rut.html>

<http://www.cocochem.ph/html/plant.html>

<http://www.kao-phil.com/history.php?it=00>

[http://www.huaxingchemical.com/gsjj\\_en.asp?pid=41](http://www.huaxingchemical.com/gsjj_en.asp?pid=41)

<http://www.made-in-china.com/showroom/fjzmchem/product-detailcWmnkCQZhJKe/China-Fatty-Alcohol.html>

[http://www.mpoc.org.my/download/mktstat/fortune/Vol4\\_July2006.pdf](http://www.mpoc.org.my/download/mktstat/fortune/Vol4_July2006.pdf)

[http://www.adityabirla.com/our\\_companies/international\\_companies/pan\\_century\\_surfactants.html](http://www.adityabirla.com/our_companies/international_companies/pan_century_surfactants.html)

<http://www.senbel.com.ph/>

<http://www.allbusiness.com/manufacturing/food-manufacturing-grain-oilseed-milling/859930-1.html>

<http://www.allbusiness.com/manufacturing/food-manufacturing-grain-oilseed-milling/367425-1.html>

<http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?docid=11075449>

[http://www.aomg.org.my/index.php?option=com\\_content&task=view&id=22&Itemid=34](http://www.aomg.org.my/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=34)

<http://www.vvfltd.com/oleo-products.html>

[http://www.malaysiapalmoil.org/pdf/gofb\\_5\\_2\\_pullout2.pdf](http://www.malaysiapalmoil.org/pdf/gofb_5_2_pullout2.pdf)

<http://oleo-chemicals.com.my/service-center>

[http://www.cognis.com/NR/rdonlyres/F8249F3D-564C-430E-BEEC-FB153A23EC7D/0/Cognis\\_en\\_s%C3%ADntesis\\_2008.pdf](http://www.cognis.com/NR/rdonlyres/F8249F3D-564C-430E-BEEC-FB153A23EC7D/0/Cognis_en_s%C3%ADntesis_2008.pdf)

<http://www.davyprotech.com/default.aspx?cid=475>

<http://www.davyprotech.com/pdfs/Natural%20Detergent.pdf>

<http://www.teckguan.com/cn/main.htm>

<http://www.mosta.org.my/events/1.%20Alan%20Brunskill.pdf>

<http://www.shell.com>

<http://oleochemicals-indonesia.blogspot.com/search/label/Procter%20and%20Gamble>

<http://www.palmasmonterrey.com/>

DEREK, N. Oleochemicals Industry Development in China. Second China International Oils and Oilseeds Conference (CIOC 2007) (November 19-21, 2007, in Guangzhou, China)

[http://www.aomg.org.my/index.php?option=com\\_content&task=view&id=32&Itemid=45](http://www.aomg.org.my/index.php?option=com_content&task=view&id=32&Itemid=45)

SUTANTO, Willy. Emerging Markets: Asia. 2<sup>nd</sup> International Conference on Soaps, Detergent & Cosmetics. (October 13<sup>th</sup> 2008, in Goa ;India).

[http://www.aomg.org.my/images/Conf\\_Papers/emerging%20market-asia\\_willy%20sutanto\\_speech.pdf](http://www.aomg.org.my/images/Conf_Papers/emerging%20market-asia_willy%20sutanto_speech.pdf)

LEAL Mesa, Soul Annie. OJEDA Hernández, Alejandra. “Estudio de Prefactibilidad Técnico-Económica de la Producción de Alcoholes grasos”. Tesis de Grado Universidad Industrial de Santander, escuela de ingeniería química 2004.

HERNÁNDEZ Caicedo, Flavio Alexander. REYES Badillo, Ingrid Jhoanna. “Diseño de una Planta Industrial para la Producción de Surfactantes aniónicos a Partir de Aceite de Palmiste Y Análisis del Impacto Técnico-Económico-Ambiental. Tesis de Grado. Universidad Industrial de Santander, escuela de ingeniería química. 2006.

ÁLVAREZ Rosales, Cristina. PEÑA Peña, Laura Isabel.”. Determinación del comportamiento del catalizador ru-sn/γ-al<sub>2</sub>o<sub>3</sub> en la hidrogenación de ésteres provenientes del aceite de palma para la obtención de alcoholes insaturados”. tesis de grado. Universidad industrial de santander, escuela de ingeniería química. 2005.