

# Principales tecnologías para la elaboración de oleoquímicos a partir de los aceites de palma y de palmiste

## Segunda parte:\* Tecnología para la producción de oleoquímicos derivados

### Main Technologies for Production of Oleochemicals From Palm Oil and Palm Kernel Oil

#### Second Part: Technology for Production of Derivated Oleochemicals

**Diana I. Jaimes M.,  
Carlos A. Romero P.,  
Paulo C. Narváez R.<sup>1</sup>**

#### Resumen

En este artículo se presenta un resumen de las tecnologías disponibles para la producción de oleoquímicos derivados de los aceites de palma y de palmiste fruto de la recopilación de la información disponible en libros, artículos y patentes. Se inicia con la tecnología para la producción de ésteres grasos, seguido de la tecnología para la producción de jabones y sales metálicas, amidas grasas, tensoactivos catiónicos, amónicos, terminando con la tecnología para la producción de otros derivados de los aceites de palma y de palmiste, tales como el aceite de palma epoxidado, los alcohólos, Guerbert y las resinas alquídicas.

#### Summary

In this paper, a summary of the available technologies for the production of basic oleochemicals is presented, thanks to the compilation of the available information in books, articles and patents. It begins with the technology for the production of fatty esters, followed by the technology for producing soaps and metallic salts, **fatty** amides, cationic, anionic, tensoactives, and it ends with the technology for the production of other products derived from the palm and palmist oils, like the epoxy palm oil, the Guerbert alcohols and the alkyd resins.

#### Palabras Clave

Oleoquímica, ésteres grasos, sales metálicas, amidas grasas, tensoactivos.

\*. La primera parte se publicó en la revista Palmas Vol. 24 No. 4.

1. Departamento de Ingeniería Química - Universidad Nacional de Colombia.

Recibido 5 de febrero de 2003. Aprobado: 8 de octubre de 2003

## Introducción

Los oleoquímicos básicos se utilizan directamente en la industria o pueden transformarse a otros productos químicos, con una amplia gama de aplicaciones. Oleoquímicos derivados, intermedios o surfactantes son los términos que se usan para denominar estos productos químicos. Los oleoquímicos derivados encuentran aplicación industrial en las áreas de limpieza, productos de cuidado personal, productos farmacéuticos, recubrimientos, lubricantes y grasas, caucho y productos plásticos, agroquímicos, poliuretanos y en especialidades químicas.

Este artículo presenta las principales tecnologías disponibles a nivel mundial para la elaboración de los oleoquímicos derivados, señalando las condiciones de operación de los procesos y equipos, así como las químicas de formación. Igualmente se presentan las aplicaciones directas de los productos y el mapa de productos oleoquímicos que puede obtenerse a partir de los aceites de palma y de palmiste.

## Tecnología para la producción de oleoquímicos derivados

Los oleoquímicos derivados son la base de muchos procesos en la industria de los plásticos, las pinturas, los detergentes biodegradables, los jabones de tocador y en general en la fabricación de la mayoría de los productos de cuidado personal, en la industria

cosmética, farmacéutica, la industria de productos agrícolas, de textiles y de explosivos (Cala, 1999; Ismael et al, 1997).

## Esteres grasos

Los ésteres grasos pueden obtenerse por la reacción de una gran variedad de alcoholes mono y polihídricos con ácidos grasos. Es posible hacer reaccionar una mezcla de alcoholes y ácidos grasos, generando una gran variedad de ésteres con propiedades específicas (Margeson et al, 1991). De estos, los ésteres metílicos son los más importantes, y a su vez, son materia prima para la fabricación de otros ésteres grasos. A partir de los aceites de palma y de palmiste también pueden obtenerse ésteres de glicerol, de sorbitol, de etilenglicol y polietilenglicol, y de alcoholes monohídricos, como el butanol y el propanol, entre otros (Jaimes et al, 2003).

## Producción de ésteres grasos

La esterificación de los ácidos grasos con alcohol y la alcoholisis de los triglicéridos son los métodos más utilizados para la producción de ésteres grasos (Ahmad, 1995). Sin embargo, se han desarrollado procesos mixtos de esterificación - interesterificación para aumentar la conversión. Los ésteres de etilenglicol y polietilenglicol son un caso especial, porque se producen por la reacción de un ácido graso con óxido de etileno (Jaimes et al, 2003).

*Esterificación directa de los ácidos grasos.* Las reacciones de esterificación son reversibles, por lo que es necesario garantizar el desplazamiento del equilibrio hacia los productos, retirando uno de estos de la reacción y alimentando un reactivo en exceso respecto a la cantidad estequiométrica (Sarria, 1991). La reacción de esterificación se muestra en la figura 1.

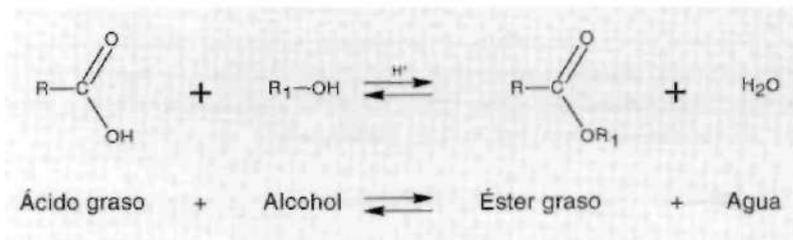


Figura 1

Esterificación de ácidos grasos

- Esterificación con sorbitol. El sorbitol se esterifica fácilmente con los

ácidos grasos a temperaturas superiores a 200°C y bajo presiones reducidas. En la producción de ésteres de sorbitol, éste se alimenta al reactor en una solución acuosa del 70%. Durante el período de calentamiento, el agua libre de esta solución se evapora. Cuando la temperatura se aproxima a los 200°C, el sorbitol se deshidrata a 1,4 sorbital, y la esterificación tiene lugar (Technical insights, 2001).

- Esterificación con polietilenglicol. Esta reacción ocurre normalmente en reactores tipo batch y el producto es una mezcla de mono- y diésteres. Los ésteres producidos con este alcohol son derivados de los ácidos esteárico y oleico (Technical insights, 2001).

#### Transesterificación de los triglicéridos.

En la transesterificación el alcohol de un éster es desplazado por otro (ver figura 2). La transesterificación, catalizada por ácidos ( $H_2SO_4$  o HCl seco) o bases (generalmente un ion alcóxido), es una reacción de equilibrio, y por lo tanto para lograr conversiones cercanas al 100%, es necesario utilizar un gran exceso del alcohol cuyo éster desea obtenerse y eliminar los productos de la mezcla reaccionante (Kiehtreiber, 1993; Ong et al, 1990; Wimmer, 1995).

- Glicerólisis. En ésta reacción el triglicérido reacciona con glicerol

bajo la acción catalítica de una base, generalmente NaOH o KOH, a temperaturas de 250°C y con exceso de glicerol (110 - 140% con respecto al estequiométrico). Una vez finalizada la reacción, el catalizador debe neutralizarse con ácido fosfórico para desplazar la reacción hacia los productos. Posteriormente, la mezcla se lleva a temperatura ambiente y el catalizador se absorbe con arcillas. En contraste con la reacción entre un alcohol monohídrico y un ácido graso, no hay producción de agua (Tschampel et al, 1994).

*Reacción de óxido de etileno con un ácido graso para obtener ésteres de polietilenglicol.* Esta reacción demanda equipos especializados para el manejo de óxido de etileno (debido a su alta inflamabilidad requiere un suministro de gas inerte) y que resistan presiones elevadas. Los productos obtenidos en esta reacción tienen trazas de óxido de etileno, polietilenglicol, diésteres, metóxido de sodio (catalizador para el óxido de etileno) y ácido acético (agente de neutralización para metóxido de sodio), razón por la cual la purificación de estos productos es compleja (Behler et al, 1999; Technical insights, 2001). La reacción que se lleva a cabo para la obtención de ésteres de polietilenglicol se muestra en la figura 3.

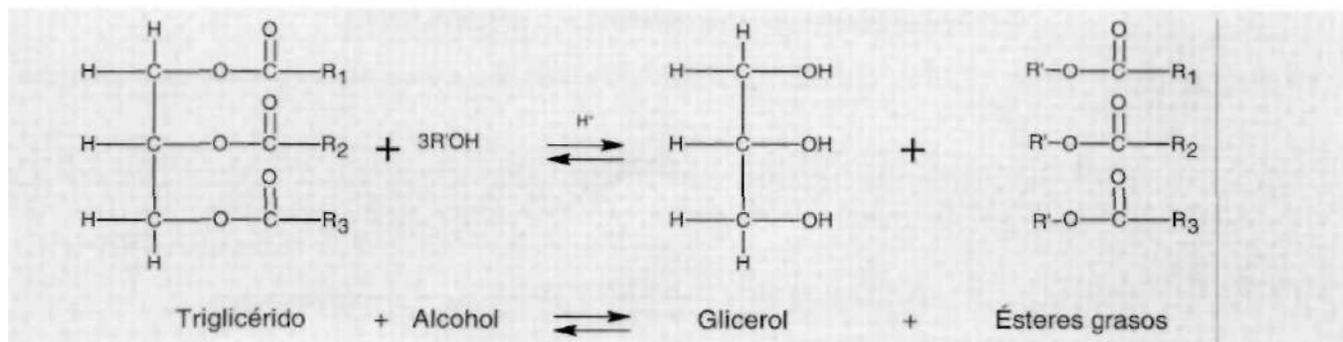


Figura  
2

Transesterificación de compuestos grasos

*Procesos mixtos de producción de ésteres grasos.* Para la producción de varios tipos de ésteres se utilizan métodos en donde se combinan dos procesos de los anteriormente descritos. En estos casos, las condiciones de operación de los procesos cambian considerablemente respecto a las de los procesos individuales (Stern et al, 1995).

- Esterificación - Interesterificación. Para la obtención de monooleato de sorbitol se aplica un proceso mixto que incluye una reacción inicial en donde se esterifica el ácido oleico con metanol, seguida de una reacción de interesterificación del oleato de metilo con sorbitol. El proceso de esterificación del ácido oleico con metanol emplea catalizadores básicos como NaOH y KOH, y catalizadores como HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ácido metanosulfónico y ácido *p*-toluensulfónico. La reacción se realiza en atmósfera inerte para evitar la oxidación del doble enlace del ácido oleico con el oxígeno del aire. La temperatura del medio de reacción es 55°C. El proceso de interesterificación emplea un solvente prótico, como la dimetilformamida, dimetilsulfóxido, dimetilacetamida, piridina o *n*-metilpirrolidina, para romper la incompatibilidad de los reactantes. La operación del proceso al vacío mantiene los componentes de la reacción aislados de una atmósfera

oxidante y retira el metanol formado durante la reacción y, progresivamente, el solvente. La carga al reactor tiene una proporción molar 3:1 de sorbitol : oleato de metilo a una temperatura de 80°C (Galindo et al, 1998).

#### *Aplicaciones de los ésteres grasos*

Los ésteres grasos se emplean en las industrias textil, cosmética, farmacéutica, de plásticos y de lubricantes. En la industria de lubricantes, los ésteres grasos son muy apetecidos debido a la buena capacidad lubricante, el mínimo cambio de la viscosidad con la temperatura (alto índice de viscosidad), el bajo punto de fluidez y alta estabilidad a la oxidación (Kifli et al, 1985).

*Esteres de glicerol.* Se usan como emulsificantes y emolientes en productos cosméticos y de cuidado personal. Además se utilizan como modificadores aniónicos, en emulsiones aceite-agua, estabilizantes electrolíticos, aplicaciones farmacéuticas, emulsificantes para materia grasa, en panadería y repostería, agentes dispersantes o solubilizantes, aceites esenciales y vitaminas, agentes antiespumantes para alimentos, lubricantes para aplicaciones en alimentos, agentes dispersantes en cosméticos y tintas, sustituto de aceite mineral, en la elaboración de fluidos hidráulicos sintéticos, lubricantes y emulsificantes para textiles (www.stepan.com).

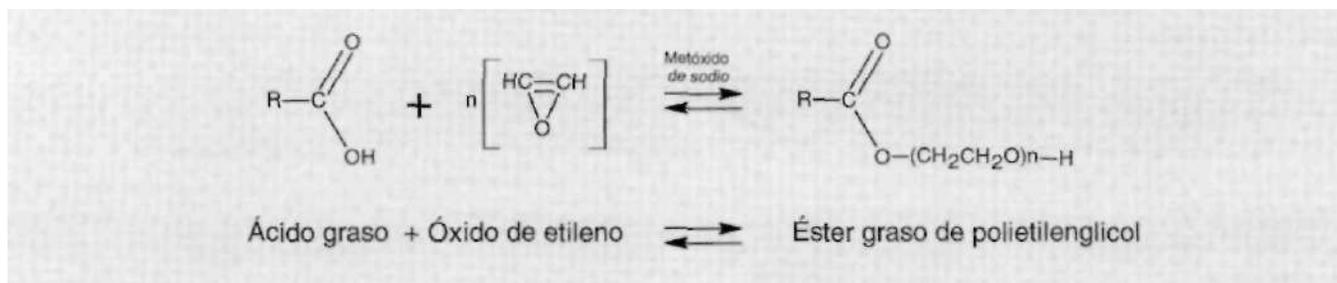


Figura 3 Producción de ésteres de polietilenglicol.

*Esteres de etilenglicol y polietilenglicol.* Se emplean como emolientes, emulsificantes, aglutinantes, iniciadores de viscosidad, agentes de granulación y acondicionadores en productos cosméticos y de cuidado personal (Sarria, 1991; www.stepan.com).

*Esteres de alcoholes monohidricos.* Se usan como emolientes primarios o secundarios en productos cosméticos y de cuidado personal. Además como solubilizantes de fragancias en cremas y lociones, agentes humectantes para pigmentos, lubricantes en tratamiento de metales y textiles, y acondicionadores de cabello (44). Pueden ser epoxidados y tener amplia aplicación en la industria de productos PVC como plastificantes primarios y estabilizantes (www.stepan.com).

*Esteres de sorbitol.* Son emulsificantes en mezclas, mejoran la aspersion de grasas durante la cocción de pasteles, mejoran el secado de productos de fritura, son materias primas de helados, saborizantes, colorantes, bebidas blancas, aderezos para ensaladas y productos lácteos (www.stepan.com).

#### Jabones y sales metálicas

Una de las aplicaciones no alimenticias más importantes del aceite de palma y de sus productos derivados es la fabricación de jabones. Una in-

vestigación llevada a cabo por el PORIM muestra que los ácidos grasos de la palma y del palmiste presentan excelentes propiedades de estabilidad, solubilidad, buena espuma y detergencia (Kifli et al, 1997). El término jabón comprende las sales de sodio o potasio de varios ácidos grasos, pero principalmente de oleico, esteárico, palmítico, láurico y mirístico (Austin, 1988).

El término jabón metálico se usó inicialmente para designar a las sales metálicas de los ácidos grasos que se producían de forma natural en aceites y grasas. Hoy, los jabones metálicos son aquellas sales insolubles o poco solubles en agua, que se obtienen a partir de ácidos carboxílicos alifáticos, saturados o no, de cadena lineal o ramificada, con 8 a 22 átomos de carbono (Ullmann, 1988).

#### Producción de jabones de sodio y potasio

Los jabones de sodio y potasio pueden producirse por neutralización de ácidos grasos o por saponificación de aceites o grasas, en procesos por lotes o continuos ver figura 4). Este último proceso es más moderno y eficiente. El jabón se produce en un neutralizador/saponificador-mezclador de alta velocidad, en donde los ácidos grasos o los compuestos grasos se hacen reaccionar con soda cáustica en solución acuosa al 50% (Austin, 1988).

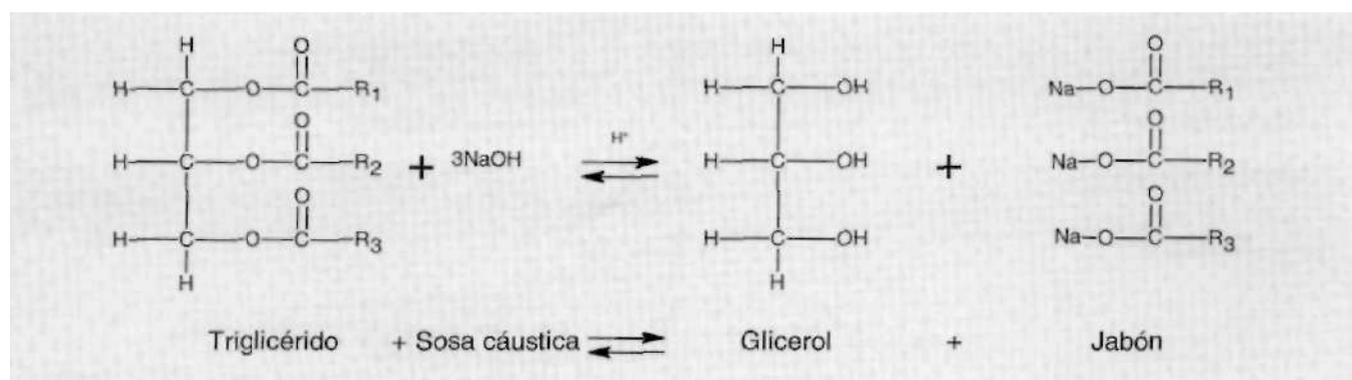


Figura 4

Saponificación de un compuesto graso

Tabla  
1

## Aplicaciones de los jabones y las sales metálicas

Producto	Aplicaciones directas
Jabones de sodio y potasio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos de lavandería</li> <li>• Jabones de tocador</li> <li>• Productos para el lavado de enseres de cocina y de limpieza</li> </ul>
Jabones de litio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesante natural</li> <li>• Aceite sintético</li> <li>• Aditivo en ceras</li> </ul>
Jabones de magnesio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricante en la obtención de artículos inyectado-moldeados</li> <li>• Lubricante en la industria del plástico</li> <li>• Agentes de moldeo-liberación en termoplásticos</li> <li>• En industria farmacéutica, en la producción de dragécs y agentes lubricantes en la fabricación de astillas</li> <li>• En la industria de cosméticos como componente en polvo y para la consistencia de los ungüentos en agua</li> <li>• En la producción de ceras lubricantes</li> <li>• Como agente antiendurecedor y aislante para sustancias gros cópicas</li> </ul>
Jabones de calcio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son utilizados como lubricantes inertes y estabilizadores secundarios en la industria del plástico</li> <li>• Se utilizan junto con las jabones de magnesio como lubricante en la fabricación de pastillas</li> <li>• En la industria del papel para la elaboración de papel de grabado y formularios</li> </ul>
Jabones de bario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación de pigmentos</li> <li>• Agente de dispersión en pinturas</li> </ul>
Jabones de aluminio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricantes y coestabilizantes en la industria de plásticos</li> <li>• Como formador de gel en aceites minerales, cosméticos, y en productos farmacéuticos</li> <li>• En la industria de pinturas, como agente para evitar la sedimentación.</li> <li>• En la producción de pigmentos</li> <li>• En polvo se utilizan como lubricantes en termoplásticos</li> </ul>
Jabones de plomo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricantes y estabilizantes en el procesamiento del PVC</li> <li>• Como lubricantes en la industria de lápices</li> <li>• Aditivos para papeles especiales</li> <li>• En la industria de pinturas se usan en la fabricación de pigmentos y como secadores</li> <li>• Son componentes de lubricantes de alta presión</li> </ul>
Jabones de cobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funguicidas en madera</li> <li>• Fabricación de pinturas para barcos, textiles, papel y cartón</li> </ul>
Jabones de zinc	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la industria del plástico como lubricantes, agentes de liberación y componentes de PVC</li> <li>• En la industria del caucho, como agentes de liberación en productos no vulcanizados</li> <li>• Como abrasivos en pinturas</li> <li>• Como aislantes para la protección de edificios</li> <li>• Agentes aislantes en textiles</li> <li>• Aditivos de productos para el cuerpo y polvos para la cara</li> <li>• En pinturas, como componente de secadores y antiendurecedor para productos en polvo</li> </ul>
Jabones de cadmio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilizadores de calor y luz, y lubricantes en el procesamiento de PVC</li> </ul>
Jabones de manganeso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secadores en pinturas, tintas de impresión y barnices</li> <li>• Catalizador en la oxidación de parafinas o en la reducción de ácidos grasos a alcohol</li> </ul>
Jabones de hierro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componentes de secadores</li> <li>• Fabricación de tintas oscuras</li> <li>• Secador en polimerizaciones a alta temperatura</li> <li>• Lubricante en la formación de capas adhesivas monomoleculares</li> <li>• En la producción de papel para copiado rápido</li> <li>• Como compuestos de hierro solubles en aceite para el tratamiento de anemia</li> </ul>
Jabones de níquel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Catalizadores en oxidación para secadores</li> <li>• Como catalizadores solubles en aceite para hidrogenación</li> <li>• Como detergente en éter de petróleo</li> <li>• Aditivo en agentes lubricantes</li> </ul>

Los jabones de sodio y potasio son utilizados en la elaboración de productos de lavandería, jabones de tocador y productos para el lavado de enseres de cocina y de limpieza (Ainsworth, 1994; www.uniquema.com).

#### ***Producción de sales metálicas***

Para la producción de las sales metálicas pueden emplearse tres tipos de procesos: reacción de doble descomposición, reacción directa con óxidos de metal, hidróxidos de metal o sales metálicas de ácidos volátiles, y reacción directa con un metal (Ullmann, 1988).

*Producción de sales metálicas por doble descomposición.* En el primer paso del proceso de doble descomposición (precipitación) el ácido se neutraliza o el compuesto graso se saponifica, con un álcali. En el segundo paso, el jabón resultante se precipita por adición de una solución de una sal metálica soluble en agua. La solución de jabón también se adiciona a la solución de la sal metálica, o ambas pueden depositarse simultáneamente en un recipiente de precipitación. Para jabones moderadamente solubles, se usan soluciones alcalinas como medio de reacción (Ullmann, 1988).

*Producción de sales metálicas por reacción directa con compuestos metálicos.* La reacción de ácidos orgánicos con óxidos de metales, hidróxidos de metales o sales de ácidos volátiles tales como carbonatos, acetatos o formiatos, pueden ocurrir por lo siguientes procesos:

- Proceso de fusión. En este proceso, el compuesto metálico se adiciona al ácido graso fundido. La velocidad de adición del compuesto debe adaptarse a la velocidad de reacción para prevenir la producción de espuma como consecuencia de la evaporación del agua o de los ácidos volátiles. Con compuestos de metales no reactivos, puede ocurrir

un retraso en la fase inicial. Para iniciar la reacción se adicionan pequeñas cantidades de agua o ácidos volátiles. Este proceso es adecuado para jabones metálicos con puntos de fusión por debajo de 140°C (Ullmann, 1988).

- Reacción en la fase acuosa. En este procedimiento, los óxidos o los hidróxidos del metal reaccionan en presencia de catalizadores tales como aminas, alcoholes moderadamente solubles u otros agentes hidratantes. El proceso se aplica sólo a jabones metálicos sólidos (estearatos de bario, magnesio, zinc, plomo y calcio) (Ullmann, 1988).
- Reacción en solventes o lubricantes. Este procedimiento se prefiere si el proceso de fusión no es posible, si los productos son de baja calidad o si los jabones metálicos se usan en solución. El solvente (nafta o alcoholes blancos) también actúa como tren para la remoción de agua. Para sales metálicas sólidas, el solvente se puede reemplazar por compuestos orgánicos como alcanos o alcoholes grasos, los cuales son sólidos a temperatura ambiente y no son saponificables por óxidos metálicos. El medio de reacción no se puede remover y permanece en el producto final, el cual se usa, por ejemplo, como lubricante para plásticos (Ullmann, 1988).
- Proceso continuo. Los óxidos metálicos se disuelven en hidróxido de amonio y se convierten en carbonatos de metales básicos por el paso de dióxido de carbono gaseoso. El ácido graso solubilizado se transforma en una solución saponificada. Los dos componentes están continuamente mezclados (Ullmann, 1988).

*Producción de sales metálicas por reacción directa con metales.* Los ácidos orgánicos se tratan con un metal

granulado o en polvo a elevadas temperaturas, usualmente con un solvente como medio de reacción. La reacción directa con el metal se utiliza cuando ésta ofrece ventajas económicas o cuando permite reemplazar un óxido metálico no reactivo por el metal correspondiente (Basiron, 2000).

#### ***Aplicaciones de las sales metálicas***

Las sales metálicas más comunes son los estearatos y palmitatos de calcio y cinc (Mohamed et al, 1989). En un estudio realizado por el PORIM se prepararon jabones de cinc y calcio con base en ácidos grasos provenientes de la estearina de palma, ácidos grasos del aceite de palma y ácido palmítico y se evaluaron como ayudas de proceso en la composición del caucho, se demostró su efectividad en reducir la viscosidad, la masticación y la energía de mezcla y la extrusión (Kifli et al, 1997). En el cuadro 1 se muestran las principales aplicaciones de las sales metálicas más importantes.

#### ***Amidas grasas***

Los ácidos grasos pueden reaccionar fácilmente con el amoníaco de forma tal que este último sustituya el grupo hidroxilo del ácido graso, para formar una amida.

#### ***Producción de amidas grasas***

La producción de amidas grasas se hace por amonólisis de los ácidos grasos o de los ésteres metílicos. En el primer caso, los ácidos grasos reaccionan con amoniaco utilizando como catalizador ácido bórico a una temperatura de 180°C y presión de 50 a 100 psi. El agua y el amoniaco deben retirarse continuamente. En el segundo proceso, la reacción ocurre a elevadas temperaturas y presiones, 220°C y 1800 psi (Technical insights, 2001).

#### ***Aplicaciones de las amidas grasas***

Las amidas son apreciadas en la industria y se emplean como agentes de separación o deslizamiento para evitar

que el plástico se adhiera al molde durante la extrusión (Mariwala, 1998; Wittcoff et al 1995). En el cuadro 2 se muestran las principales aplicaciones de las amidas grasas.

#### ***Tensoactivos***

Los agentes tensoactivos son compuestos químicos que al disolverse en agua o en otros solventes, se orientan a la interfase entre el líquido y una fase sólida, líquida o gaseosa, modificando las propiedades de la interfase (Ismael et al, 1997). Las modificaciones pueden estar acompañadas por formación de espuma y de coloides, emulsiones o suspensiones, dispersiones o aerosoles. Los tensoactivos se clasifican químicamente de acuerdo con sus grupos hidrofílicos como aniónicos, catiónicos, no iónicos o anfotéricos (Wittcoff, 1999). Con respecto a las categorías de surfactantes utilizados mundialmente, el 65% son aniónicos, el 25% son no iónicos, el 7% catiónicos y el 3% anfotéricos. (Malaysia Palm Oil Promotion Council, 2000; Parker, 1997).

#### ***Producción de tensoactivos aniónicos***

Los tensoactivos aniónicos pueden ser de origen petroquímico u oleoquímico. Sin embargo, los recientes desarrollos en oleoquímica revelan que existe una alternativa de desplazar los productos tradicionalmente petroquímicos tales como los alquilbencenos sulfonados por productos de origen oleoquímico, tales como los esteres metílicos alfa sulfonados ( $\alpha$ -SME) (Guzman, 2002). Se espera que los  $\alpha$ -SME jueguen un papel significativo en la formulación de detergentes en el futuro, ya que algunos gobiernos, como el de Malasia, prohibieron el uso de los alquilbencenos sulfonados ramificados en todos los productos detergentes desde 1995 y planean reducir el uso de los lineales (Kifli et al, 1997).

La ruta dominante para la producción de estos tensoactivos es la

Tabla  
2

Aplicaciones de las amidas grasas

Producto	Aplicaciones directas
Estearil amidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lubricantes y deslizantes en la fabricación de plásticos</li> <li>• Lubricante y desmoldeante en la fabricación de objetos de caucho blando</li> <li>• Proporciona un efecto antideslizante en las ceras para pisos</li> <li>• Dispersante en tintas de imprenta</li> </ul>
Lauril amidas	<p>Se usan como iniciadores de viscosidad y como iniciadores y estabilizantes de espuma en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acondicionadores de shampoo</li> <li>• Baños de burbujas</li> <li>• Geles de baño</li> <li>• Jabones de tocador líquidos</li> <li>• Desengrasantes</li> <li>• Cremas y lociones</li> </ul> <p>También se usan como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solubilizantes para fragancias y aceites</li> <li>• Agente acondicionador para el cabello</li> </ul>
Oleil amidas	<p>Se usan como iniciadores de viscosidad en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acondicionadores de shampoo</li> <li>• Baños de burbujas</li> <li>• Jabones de tocador líquidos</li> <li>• Detergentes</li> <li>• Tintes y colorantes para el cabello</li> <li>• Desodorantes</li> </ul> <p>También se usan como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhibidores de corrosión</li> <li>• Lubricantes y deslizantes en la fabricación de plásticos</li> <li>• Lubricante y desmoldeante en la fabricación de objetos de caucho blando</li> <li>• Proporciona un efecto antideslizante en las ceras para pisos</li> <li>• Dispersante en tintas de imprenta</li> </ul>

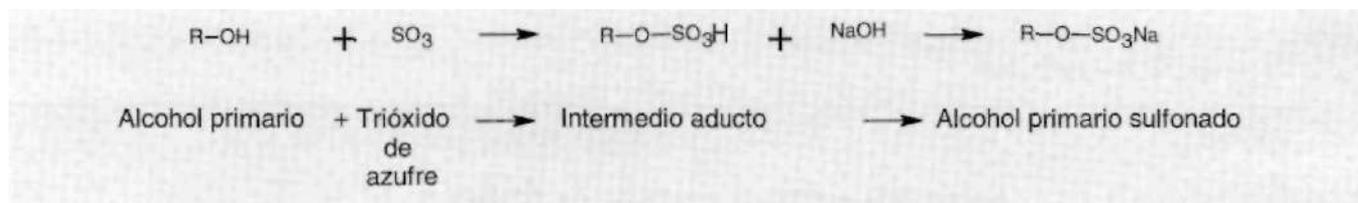
sulfonación o sulfatación. Esta se aplica tanto a los de origen petroquímico como a los oleoquímicos. La mayoría de los surfactantes oleoquímicos son alcoholes primarios sulfatados, hechos por sulfatación de alcoholes, etoxisulfatos de alcoholes grasos (AES), producidos por sulfatación de alcoholes etoxilados, y los ésteres metílicos sulfonados, obtenidos por sulfonación del éster graso (Groot, 1991; Ismail et al, 1997). A continuación se presentan los principales tensoactivos amónicos:

*Alcoholes lineales sulfatados (LAS)*. Los sulfatos de alcoholes lineales son tensoactivos de elevada formación de espuma pero sensibles a la dureza del agua y, por lo tanto, se utilizan en formulaciones que tiene altos niveles de sulfatos o de otros agentes secuestrantes. Los sulfatos de alcoholes, por lo general, se fabrican por sulfatación de un alcohol primario con trióxido de

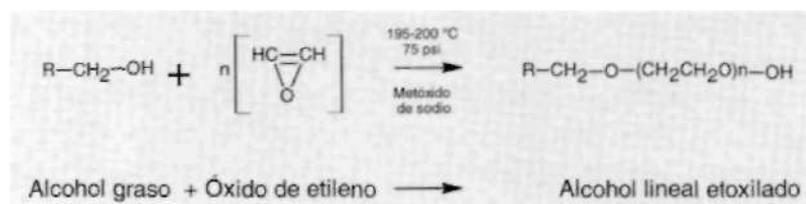
azufre, seguida de una neutralización con hidróxido de sodio (Wittcoff et al, 1995). La reacción de sulfatación se muestra en la figura 5.

*Alcoholes lineales etoxilados sulfatados (AES)*. Son tensoactivos aniónicos que poseen menor sensibilidad a la dureza del agua y, debido a su tendencia a eliminar los fosfatos, son muy usados en la fabricación de detergentes de lavandería. Los AES se forman por condensación de tres a cuatro moles de óxido de etileno con un alcohol primario  $C_{12}$  a  $C_{14}$  (ver figura 6), que después se sulfata con trióxido de azufre (ver figura 7) (Schmid et al, 1998; Wittcoff et al, 1995).

*Esteres metílicos sulfonados (MES)*. Adicionalmente a los alcoholes grasos y sus correspondientes derivados, los ésteres metílicos sulfonados (MES), son nuevos surfactantes aniónicos que se pueden producir a partir de los



**Figura 5** Sulfatación de un alcohol primario



**Figura 6** Etoxilación de un alcohol graso

ésteres metílicos. Los MES tienen alta demanda por poseer muy buenas propiedades detergentes, buenas características de biodegradación, menos sensibilidad a la dureza del agua y menores costos de producción que los LAS. Los MES se preparan por la reacción de un éster metílico saturado con trióxido de azufre (Heredia, 1998). La reacción de sulfonación de un éster metílico se muestra en la figura 8.

*Esteres metílicos etoxilados.* Como los ésteres metílicos carecen de un hidrógeno activo, no es fácil etoxilarlos usando la catálisis básica convencional, pero otros sistemas de catalizadores permiten la etoxilación directa de los ésteres a formas surfactantes de propiedades similares a las de los alcoholes etoxilados. Los catalizadores típicos utilizados son alcoxietoxilatos de calcio y aluminio o catalizadores óxidos de aluminio/magnesio (Foster et al, 1997).

#### ***Aplicaciones de los tensoactivos amónicos***

*Alcoholes lineales sulfatados.* Forman espuma en formulaciones con altos niveles de fosfato o de otros agentes secuestrantes (Cuellar, 2000), son

constituyentes de Champús, cosméticos y crema de dientes, se usan en algunas pastas anticonceptivas (Wittcoff et al, 1995).

*Alcoholes lineales etoxilados.* Se utilizan en formulaciones de jabones y detergentes para el hogar, detergentes de lavandería (Wittcoff et al, 1995) y como agentes espumantes (Cuellar, 2000).

*Esteres metílicos sulfonados.* Son dispersantes y productores de espuma por lo cual se usan en: bases para detergentes líquidos y en polvo, champús, líquidos lavaplatos, dispersantes para textiles, desengrasantes y agroquímicos en forma de emulsiones (Heredia, 1998; Ryklin et al, 1997; Ryklin et al, 1995).

#### ***Producción de surfactantes no iónicos***

Los alcoholes grasos etoxilados son los surfactantes del tipo no iónico más importantes (Ismail et al, 1997). El proceso involucra la reacción del alcohol graso C<sub>12</sub> - C<sub>18</sub>, con 7 a 10 moles de óxido de etileno, a una presión de 90 - 400 mm Hg. Requiere del uso de catalizadores tales como hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, metóxido o etóxido de sodio (Kang, 1998). La mayoría de los catalizadores de etoxilación comerciales son del tipo batch y requieren de la utilización de un gas inerte en la reacción debido a la alta volatilidad del óxido de etileno (Technical insights, Industrial and institutional detergents and surfactants in Western Europe, North America and Japan, 2001).

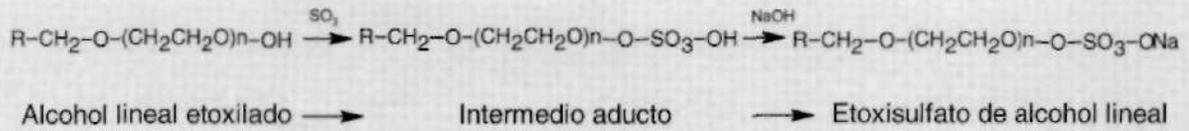


Figura 7

Sulfatación de un alcohol lineal etoxilado

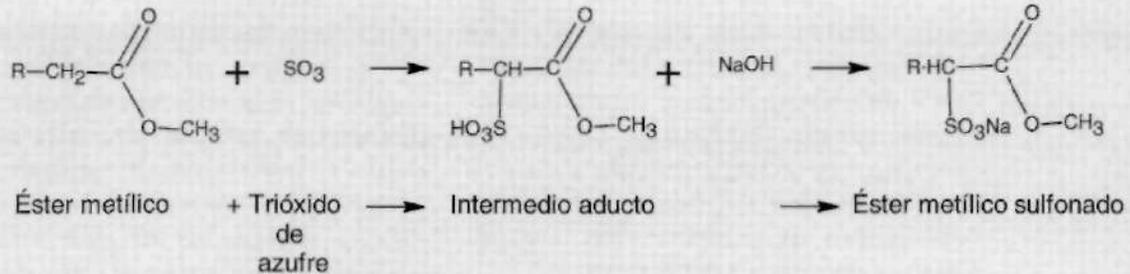


Figura 8

Sulfonación de un éster metílico

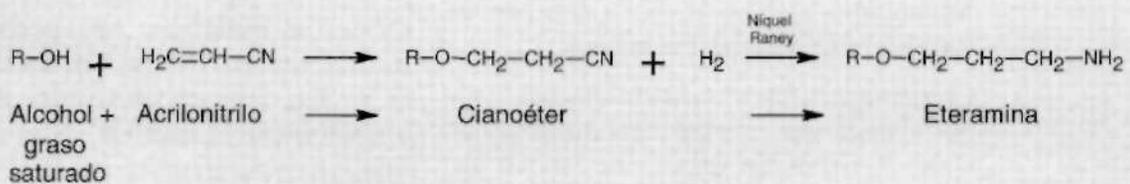


Figura 9

Producción de una eteramina

Los alcoholes grasos etoxilados son auxiliares humectantes y de lavado en la industria textiles (Baumann et al, 1994), se emplean como componentes de los agentes de lavado líquidos, concentrados, suavizantes y detergentes de lavado a baja temperatura, se emplean como blanqueadores líquidos en la manufactura del papel, son emulsificantes en aplicaciones cosmético - farmacéuticas, son estabilizadores en el procesamiento del caucho y en pinturas de agua, son dispersantes de pigmentos y tintas de impresión (Gadberry et al, 1998). Recientemente, Henkel Corporation ha estudiado la aplicación de los alcoholes grasos etoxilados en plaguicidas para la agricultura y en formulaciones adyuvantes (Mueninghoff, 1999).

### Producción de tensoactivos catiónicos

Los tensoactivos catiónicos son compuestos grasos nitrogenados, que se derivan principalmente de las aminas grasas. Éstos son de poca utilidad en limpieza porque la mayoría de las superficies tienen carga negativa y los cationes se absorben sobre ella en lugar de solubilizar la suciedad. Sin embargo, debido a esta propiedad tienen numerosas aplicaciones especializadas (Wittcoff, 1999). Los siguientes son los principales tensoactivos catiónicos:

**Éteraminas.** La principal diferencia entre una eteramina y la correspondiente amina grasa es su fluidez. Las éteraminas son más líquidas, por tener menor punto de fusión (Guns-

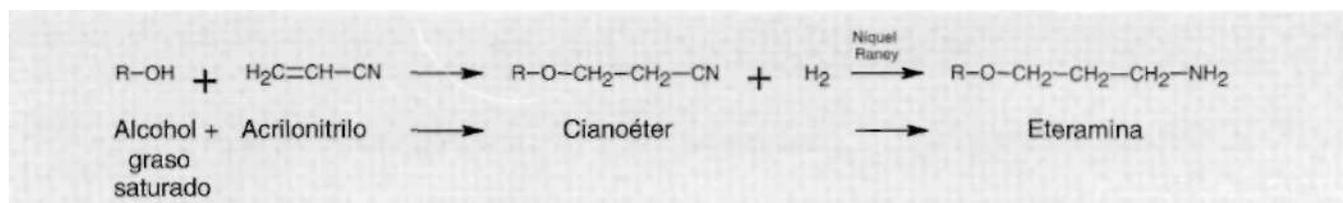


Figura  
9

Producción de una eteramina

tone, 2001). Las eteraminas se obtienen por cianoetilación de un alcohol de cadena larga y una posterior hidrogenación (Mariwala, 1998). Por ejemplo, la trietanolamina puede reaccionar con un ácido graso bajo condiciones de esterificación, temperatura superior a 100°C y con presión de vacío. El grado de conversión se controla por la razón molar de ácido graso a amino alcohol (Dahlgren, 2000). En la figura 9 se muestran las reacciones que se llevan a cabo en la producción de una eteramina.

*Aminoamidas e imidazolinas.* Las amidoaminas se obtienen de la reacción de un ácido graso, un éster o un triglicérido con un poliamina, como la dietilentriamina, eliminándose una molécula de agua (ver figura 10). Una mayor deshidratación produce la ciclización hasta la imidazolina (Kifli et al, 1991; Wittcoff, 1999).

*Alquil poliaminas.* Esta clasificación general cubre una gama de aminas producidas por cianoetilación e hidrogenación de una alquilamina (Gunstone, 2001). La figura 11 muestra la producción de una diamina.

*Aminas grasas alcoxiladas.* Son surfactantes producto de la alcoxilación de la correspondiente alquilamina. El principal agente de alcoxilación es el óxido de etileno, pero se usan en menor grado el óxido de propileno y el óxido de butileno. El proceso de etoxilación de aminas grasas se lleva a cabo en dos etapas: en la primera, el óxido de etileno se adiciona a la amina en una cantidad

cercana a la estequiométrica, esta etapa ocurre sin catalizador; en la segunda, el producto resultante de la primera se cataliza con hidróxido de sodio o hidróxido de potasio, para completar la reacción con el óxido de etileno, hasta formar una polioxi-etilamina (Gunstone, 2001). La reacción de alcoxilación se muestra en la figura 12.

*Óxidos amínicos.* El proceso más practicado es la oxidación de aminas terciarias alifáticas, con peróxido de hidrógeno (ver figura 13). La reacción se lleva a cabo en un reactor de acero inoxidable o de acero al carbón revestido en vidrio (Gunstone, 2001).

*Sales cuaternarias de amonio.* Los compuestos cuaternarios de amonio tienen la fórmula general  $\text{R}_4\text{N X}$ , lo cual significa que hay un átomo de nitrógeno cargado positivamente y que tiene cuatro grupos hidrocarburo adheridos a este por enlaces covalentes (Gunstone, 2001). Son los productos comerciales más importantes del grupo de surfactantes catiónicos y anfotéricos, ocupando el 40% del mercado total de estos productos (Technical insights, Industrial and institutional detergents and surfactants in Western Europe, North America and Japan, 2001). Las sales pueden producirse por la reacción de aminas primarias, secundarias o terciarias con un agente alquilante tal como cloruro de metilo, bromuro de metilo, dimetil o dietil sulfato, óxido de etileno y cloruro de bencilo. Cuando provienen de aminas secundarias o

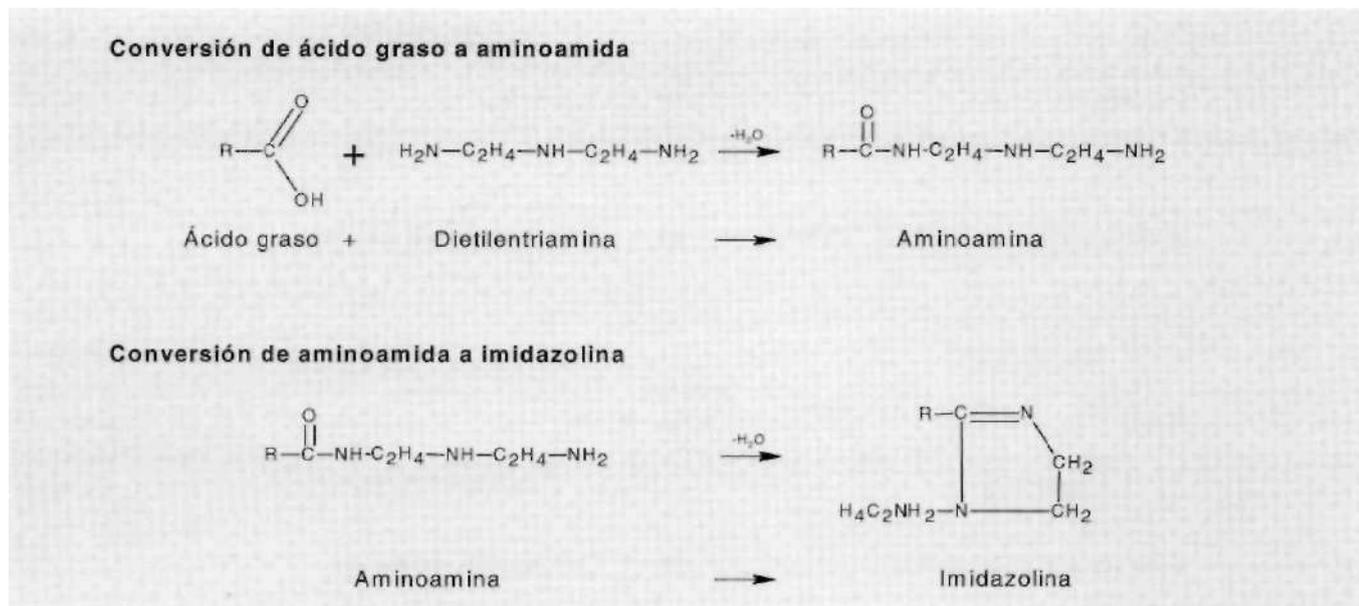


Figura 10

Producción de una imidazolina

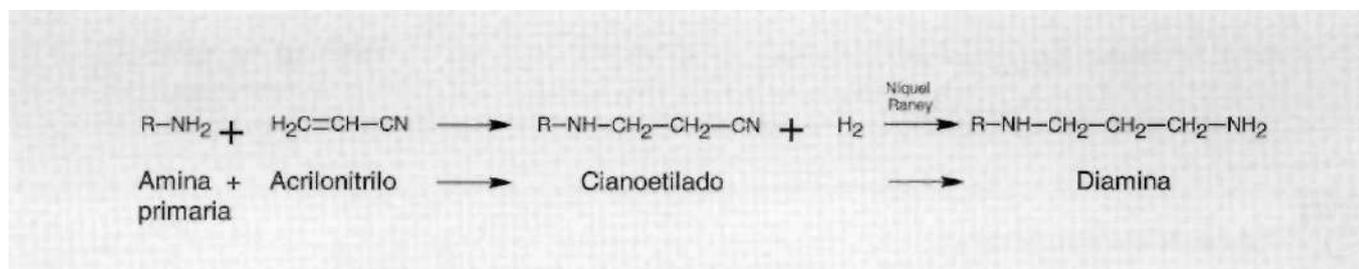


Figura 11

Producción de una diamina

terciarias, deben primero convertirse a aminas terciarias por procesos de alquilación reductiva (Raths et al, 1996). La producción de una sal cuaternaria se muestra en la figura 14.

#### Aplicaciones de los Tensoactivos catiónicos

**Eteraminas.** Son inhibidores de corrosión, aditivos para lubricantes, se utilizan en el tratamiento y procesamiento de textiles, son purificadores en procesamiento de minerales (Falbe, 1986; Gunstone, 2001).

**Amidoaminas e imidazolinas.** Son ablandadores textiles, inhibidores de corrosión, principalmente en la industria del petróleo, emulsifican el asfalto

y evitan que éste se desprege, en minería se utilizan como purificadores de minerales de fosfato, funcionan como modificadores de viscosidad y agentes de suspensión (Falbe, 1986; Gunstone, 2001).

**Alquil poliaminas.** Son inhibidores de corrosión, lubricantes en la industria del petróleo, son dispersantes en las formulaciones de pigmentos de pinturas anticorrosivas y recubrimientos base aceite. Son productos intermedios en la preparación de tintas (Falbe, 1986; Gunstone, 2001).

**Óxidos amínicos.** Se utilizan como surfactantes en detergentes de lavado, desodorizantes sanitarios y blanquea-

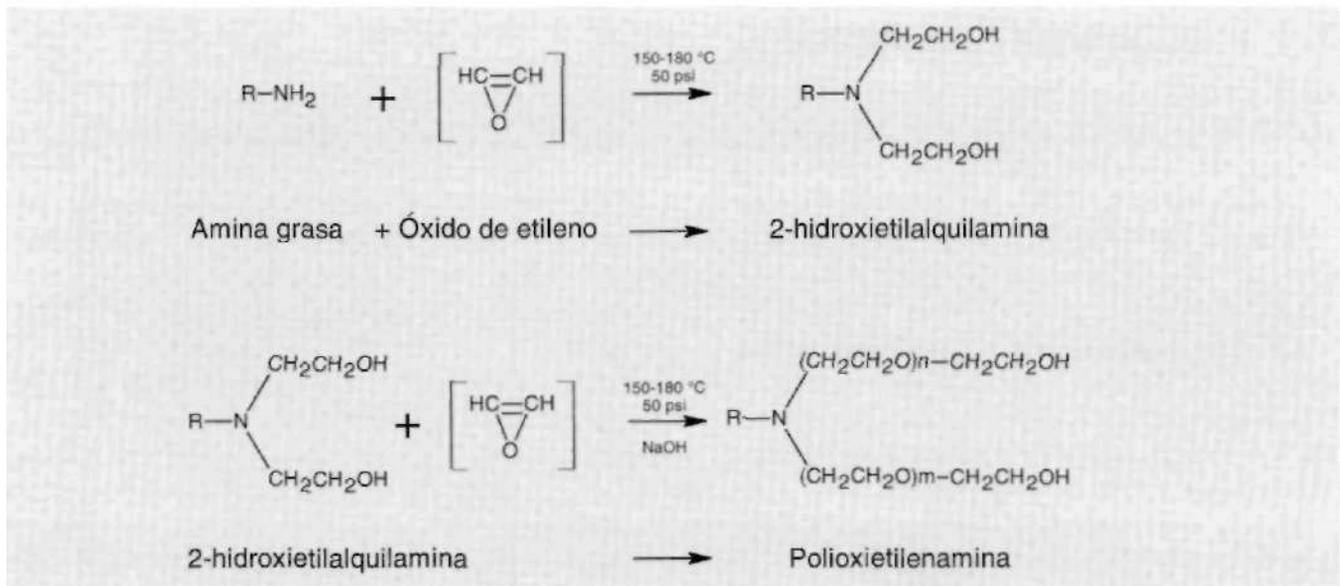


Figura 12 Alcoxilación de una amina grasa.

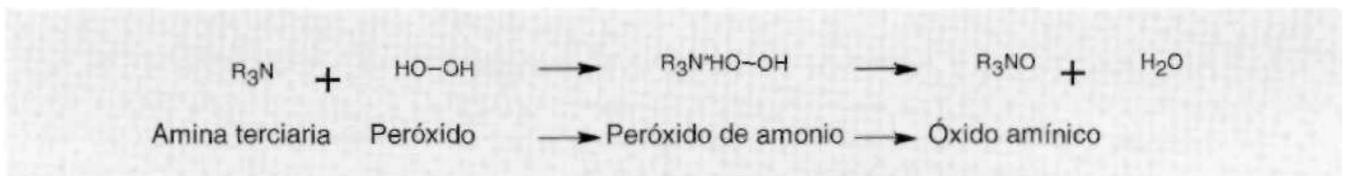


Figura 13 Oxidación de una amina terciaria

dores. Son emulsificantes en productos de cuidado personal, las mezclas de aminas oxidadas se usan en formulaciones revitalizantes para el cabello, son iniciadores de espuma estable para usos en aceites y gases de perforación. Son removedores de compuestos de sulfuro en la industria petrolera. Son adyuvantes en formulaciones con glifosato y en la formulación de detergentes de baja formación de espuma (Falbe, 1986; Gunstone, 2001).

*Sales cuaternarias de amonio.* Son estabilizantes de emulsiones en la fabricación de suavizantes para la industria textil y para productos de aseo del hogar, lubricantes, suavizantes, eliminadores de carga estática en acondicionadores de cabello, aumentan la solubilidad en agua de produc-

tos de limpieza. Se usan para el control de bacterias, hongos y algas, en productos desinfectantes y preservantes de la industria maderera, son emulsificadores catiónicos en la formulación de emulsiones asfalto - agua, son agentes floculantes en el procesamiento del azúcar, inhibidores de corrosión en el refinamiento de aceites, son hidrotropos catiónicos en las formulaciones de limpiadores de superficie dura, son aditivos para los colorantes en la industria textil y antisépticos y bactericidas en formulaciones farmacéuticas (Reck, 1990).

Tecnología para la producción de otros productos derivados de los aceites de palma y de palmiste. Además de los anteriores productos existen otros derivados oleoquímicos que se pueden obtener a partir de los

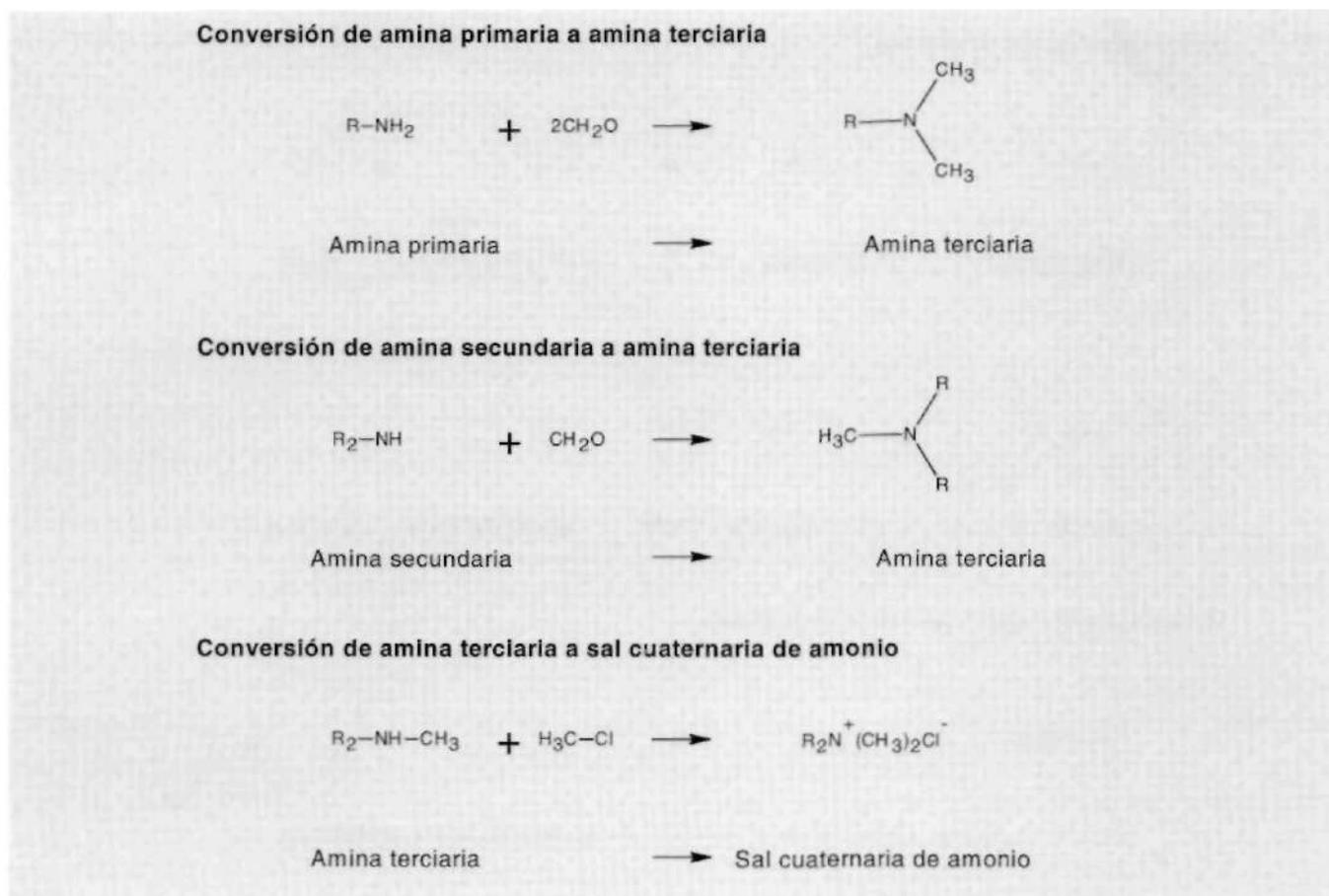


Figura  
14

Reacciones de alquilación reductiva

aceites de palma y de palmiste, que tienen unas aplicaciones específicas y tecnologías de transformación distintas, y que no pueden incluirse dentro de ninguna de las clasificaciones hechas hasta el momento.

#### Alcoholes Guerbert

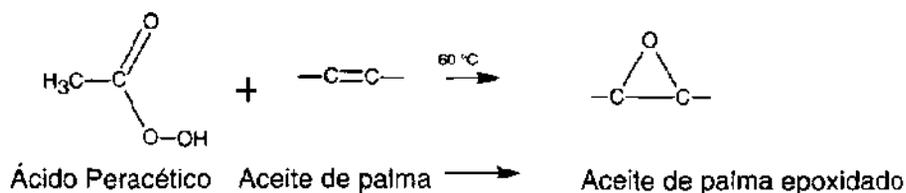
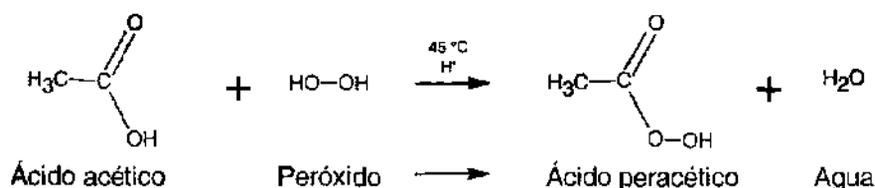
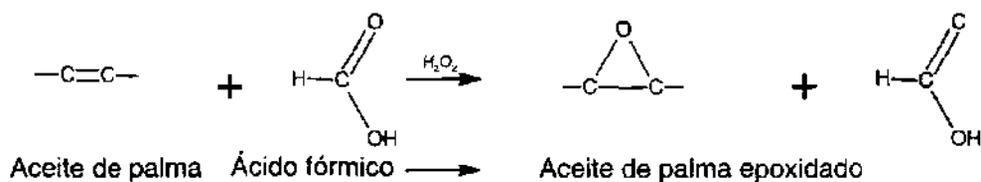
Los alcoholes Guerbert son diméricos pero monofuncionales; producidos a partir de alcoholes saturados por tratamiento con hidróxido de potasio o alcóxido de potasio a temperaturas entre 200 y 300°C. Son compuestos ramificados que pueden ser oxidados al ácido correspondiente. Los alcoholes C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub> producen compuestos C<sub>16</sub>-C<sub>24</sub> y los alcoholes C<sub>16</sub>-C<sub>24</sub> producen compuestos C<sub>32</sub>-C<sub>36</sub>. Debido a que son compuestos de cadenas largas rami-

ficadas tienen bajos puntos de fusión y buena estabilidad a la oxidación, los alcoholes Guerbert se utilizan en formulaciones de la industria cosmética, como plastificantes y lubricantes (Gunstone, 2001).

#### Aceite de palma epoxidado

Estudios a escala de laboratorio realizados por el PORIM indican que el aceite de palma (procesado o crudo) o sus derivados pueden epoxidarse por dos métodos económicamente viables.

*Preformado de ácido peracético.* Involucra dos reacciones: la primera es la reacción entre el ácido acético y el peróxido de hidrógeno en presencia de un catalizador ácido a 45°C. La segunda es la reacción entre el ácido peracético producido en la primera reac-

**Preformado de ácido acético****Generación del ácido peroxifórmico *In situ***Figura  
15

Epoxidación del aceite de palma

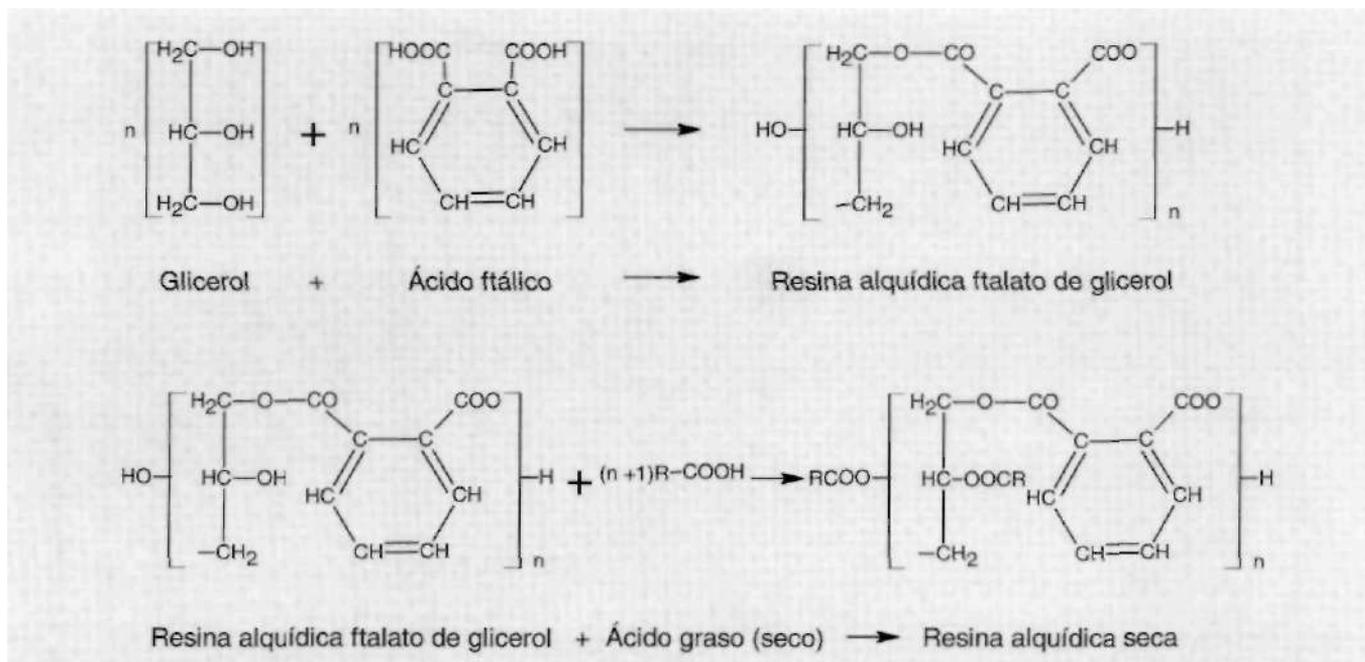
ción con el aceite de palma a 60°C (ver figura 15) (Corma et al, 1998; Hassam et al, 1995).

**Generación del ácido peroxifórmico *in situ*:** Este método es el preferido ya que da la posibilidad de recircular algo del ácido fórmico usado. Este método se desarrolla actualmente por una compañía local en Malasia (Hassam et al, 1995). Este proceso ocurre mediante la reacción entre el ácido fórmico y el peróxido de hidrógeno, catalizada con ácido sulfúrico a aproximadamente 60°C durante 10-15 horas (ver figura 15) (Buisman et al, 1999).

**Resinas alquídicas**

Las resinas alquídicas constituyen el grupo más versátil de resinas sin-

téticas. Pueden considerarse como poliésteres de un anhídrido de ácido con un alcohol polihídrico especial, modificado por un compuesto graso. Los materiales que se usan para la preparación de resinas alquídicas incluyen aceite de palma crudo, ácidos grasos, anhídrido ftálico, glicerol y CO<sub>2</sub> gaseoso (Mraz et al, 1963). El método para la preparación de resinas alquídicas involucra aceite de palma crudo y glicerol mezclados y calentados a 250°C (ver figura 16). Después de dos a seis horas, el producto se enfría a temperatura ambiente (Darnoko, 1995). Las resinas alquídicas se emplean en la formulación de recubrimientos de superficie tales como pinturas orgánicas, barnices y lacas (Mariwala, 1998).



**Figura 16**

Producción de una resina alquídica

#### Mapa de productos

A manera de resumen se presenta el mapa de productos oleoquímicos derivados de los aceites de palma y de palmiste, en donde se puede identificar la ruta oleoquímica para la elaboración de un producto y la referencia bibliográfica donde se puede encontrar la tecnología para su producción (Jaimes et al, 2003).

El mapa de productos oleoquímicos que se pueden obtener a partir de los aceites de palma y de palmiste permite

ampliar el espectro de usos de estos aceites; teniendo en cuenta la gran disponibilidad de materia prima con que cuenta Colombia y mas aún con la que contará en un futuro, es de vital importancia que se identifiquen las oportunidades de mercado de oleoquímicos, acorde también con las necesidades nacionales y de esta forma se inicie una etapa de transformación química de los aceites que permita incrementar el valor agregado de estas materias primas tan importantes.

#### Bibliografía

- AHMAD, S. 1995. Non food uses of palm oil and palm kernel oil: Malaysian Palm Oil Promotion Council, Malaysia. p. 2 - 20.
- AINSWORTH, S. 1994. *En: Chemical Engineering News*. No 72. p. 38.
- AUSTIN, G. 1988. Manual de procesos químicos en la industria. 5ª edición: Mc Graw Hill, México D.F. p. 621 - 649.

- BASIRON, Y. 2000. Advances in Oil Palm Research: Malaysian Palm Oil Board, vol 2. p. 1102 - 1195.
- BAUMANN, H; BIERMANN, M. 1994. Oleochemical surfactants today. *En: Eleais*, (vol 6, No 1. p. 49 - 64.)
- BEHLER, A; RATHS, H; MILSTEIN, N. 1999. Process for the production of fatty acid polyethylene glycol esters. Patente número: US5936107.

Fecha de publicación: 10 - 08 - 1999. Apicante: Henkel Corporation. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).

- BUISMAN, G; OVEREEM, A; CUPERUS, F. 1999. Synthesis of epoxidised novel fatty acids for use in paint applications. *En: Recent Developments in The Synthesis of fatty acids derivatives feds*, 1999. p. 128 - 140.



- CALA, G. 1999. Usos industriales y oleoquímicos del aceite de palma. Memorias del Segundo Congreso Latinoamericano de Palma Aceitera. San Jose, Costa Rica, Agosto 1999. p. 12-21.
- CORMA, C; CIUDAD, E; MARTINEZ, F. 1998. Process and catalysts for the production of epoxydes and hydroxylated derivatives of acids and esters of fatty acids. Patente numero WO9856780. Fecha de publicacion: 17 - 12 - 1998. Aplicante: Universidad Valencia Politecnica (espaha). Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- CUELLAR, M. 2000. Perspectivas de la oleoquímica en Colombia. En: Revista Palmas, (Colombia, vol 21, numero especial, tomo 2. p. 364 - 370).
- DAHLGREN, L. 2000. Nitrogen - based oleochemicals - production and application. En: Inform, (USA, vol 11, No 1. p. 508 - 511).
- DARNOKO; N. Alkyd resin preparation from palm oil and palm kernel oil. En: Update and Vision (Chemical and Technological), 1995. p. 235 - 238.
- FALBE, J. 1986. Surfactants in Consumer products. Theory, technology and applications: Springer Verlag, Berlin. Section 5.1.3.
- FOSTER, N; HOVDA, K. 1997. Manufacture of methyl ester sulfonates and other derivatives: The Chemiton Corporation, USA. p. 1 - 19.
- GADBERRY, J; HOEY, M. 1998. Non ionic Surfactants. En: Surfactants Science Serieres, (New York. No 72. p. 163 - 175).
- GALINDO, H; SANCHEZ, F; CERON, A. 1998. Produccion de monooleato de sorbitol. En: Ingenieria e Investigacion. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingenieria. Marzo 1998. p. 5- 12.
- GROOT, D. 1991. Sulphonation technology in the detergent industry. USA and Canada, p. 1 - 50.
- GUNSTONE, F. 2001. Oleochemical manufacture and applications: Sheffield Academic Press, USA and Canada, p. 55 - 72.
- GUZMAN, D. 2002. New types of surfactants present opportunities for oleochemicals. En: Chemical Market Reporter. New York, julio 15 2002. p. 1-2.
- HASSAM, A; AHMAD, S; IBRAHIM, A. 1995. Epoxidised palm oil creates exciting avenues for palm - based industrialization. En: PORIM Information Series, (Malasia, No 6. p. 1 - 4).
- HAZIMAH, A; YEONG, S; SALMIAH, A. 1993. Palm - based polyols for polyurethane foams. En: PORIM Intl. Palm Oil Congress - Update and Vision (Chemistry and Technology). p. 227 - 229.
- HEREDIA, P. 1998. Produccion de esteres surfactantes a partir de aceites de palma y palmiste. Universidad America, p. 41 - 51.
- ISMAIL, A; DZOLKIFLI, O; OOI, T; SALMIAH, A. 1997. Oleoquímicos a base de palma, como ingredientes inertes en formulaciones de plaguicidas. En: Revista Palmas, (Colombia, vol 19, No 2. p. 59 - 64).
- ISMAIL, Z; AHMAD, S. 1997. Palm - based anionic surfactants. En: PORIM Information Series. No 68.
- JAIMES, D; ROMERO, C. 2003. Prospectiva de la produccion en Colombia de oleoquímicos derivados de los aceites de palma y de palmiste: Universidad Nacional de Colombia. Bogota, p. 57 - 80.
- KANG, Y. 1998. Fatty alcohol ethoxylates. En: PORIM Occasional Paper. No 39, Julio de 1998. p. 1 - 13.
- KIEHTREIBER, W. 1993. Process and apparatus for continuous production of fatty acid esters. Patente numero: EP0535290. Fecha de publicacion: 07 - 04 - 1993. Aplicante: EVVA SCHMIERMITTEL. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- KIFLI, H; AHMAD, S. 1985. Survey on application of fatty acids and their derivatives in oleochemical industry. PORIM report: Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, p. 45 - 52.
- KIFLI, H; NAKASAKO, S; RAHMAN, M. 1991. Imidazoline amphoteric surfactants form palm and palm kernel fatty acids. En: Eleais, (Vol 3, No 1. p. 294-301).
- KIFLI, H; OOI, T; AHMAD, S. 1997. Progreso en la investigacion y desarrollo de la industria oleoquímica malaya. En: Revista Palmas, (Colombia, vol 18, No 2. p. 63 - 70).
- KIFLI, H; SUDIN, M; OOI, T. 1993. Usos nuevos y potenciales del aceite de palma. En: Revista Palmas, (Colombia, vol 14, No especial. p. 166 - 167).
- MALAYSIA PALM OIL PROMOTION COUNCIL. 2000. Los oleoquímicos en la industria surfactantes: el camino hacia adelante. En: Revista Palmas, (Colombia, vol 21, No 4. p. 71 - 74).
- MARGESON, M; SCHWARTZ, A. 1991. Synthetic lubricants - An application for oleochemicals. En: Proceedings PORIM International Palm Oil Conference. Modulo 3 (Chemical and Technology), p. 193 - 198.
- MARIWALA K. 1998. Fats, oleochemicals and surfactants challenges in the 21<sup>st</sup> century: Chief Editors, USA. p. 91 - 101
- MOHAMED, I; ONG, E; KIFLI, H; RAHMAN, M. 1989. Use of palm based metallic soaps as processing aids in rubber compounding. En: PORIM report. Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, p. 18 - 32.
- MRAZ, R; SILVER, R. 1963. Encyclopedia of Chemical Technology. Tercera edicion: John Wiley & sons Inc, New York, vol 2. p. 861 - 880.
- MUENINGHOFF, J. 1999. Use of narrow range ethoxylates of fatty alcohols in agricultural pesticide and adjuvant formulations. Patente numero: W09926472. Fecha de publicacion: 03 - 06 - 1999. Aplicante: Henkel Corpora-

- tion. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- ONG, A; KIEN-YOO, C; YEN-MAY, C. 1990. Oleoquímicos derivados de los aceites de palma y de palmiste. En: Revista Palmas, (Colombia, vol 11, No 2. p. 37-50).
- PARKER, P. 1997. World scenario on surfactants. En: Fats, Oleochemicals and Surfactants Challenges in the 21<sup>st</sup> Century: Chief Editors, USA. p. 177 - 186.
- RATHS, H; RUEBEN, R; BIERMANN, M; CASSADY, T. 1996. Process for the production of quaternary ammonium salts of fatty acid hydroxyalkanesulfonic acids. Patente numero: US5523432. Fecha de publicacion: 04 - 06 - 1996. Aplicantes: Henkel Corporation. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- RECK, R. 1990. Caionics surfactants. En: Surfactants Sciences Series, (New York. No 34, p. 163 - 185).
- RYKLIN, I; MALIK, A; BRANKO, S. 1997. Heavy duty liquid detergent composition comprising salts of alpha sulfonated fatty acid methyl esters and use of alpha sulfonated fatty acids salts to inhibit redeposition of soil on fabric. Patente numero: W09711143. Fecha de publicacion: 23 - 03 - 1997. Aplicantes: Stepan Inc. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- RYKLIN, I; BRIAN, F; BRANKO, S. 1995. liquid detergent composition comprising salts of alpha sulfonated fatty acid methyl esters, and anionic surfactants. Patente numero: W09510585. Fecha de publicacion: 20 - 04 - 1995. Aplicantes: Stepan Inc. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- SARRIA, M. 1991. Estudio de alternativas no convencionales para la producción de ácido laurico y ácido oleico. Universidad Nacional de Colombia, p. 25 - 62.
- SCHMID, K; NEUSS, M; ZAIKA, D; MIDDELHAUVE, B; SCHMIDT, W; WUHRMANN, J. 1998. Fatty alcohol (ether) sulfates with improved low - temperature behavior. Patente numero US5847183. Fecha de publicacion: 08 - 12 - 1998. Aplicante: Henkel Corporation. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- STERN, R; HILLION, G; ROUXEL, J. 1995. Improved process for the production of esters from fatty substances having a natural origin. Patente numero: US5424466. Fecha de publicacion: 13 - 06 - 1995. Aplicante: INST FRANCAIS DU PETROL. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- TECHNICAL INSIGHTS. 2001. The world's fatty acids industry feedstocks derivatives and end - products. 1997 - 2002 - 2007: Frost & Sullivan, Capítulos 4, 5, 6.
- . 2001. Industrial and institucional detergents and surfactants in Western Europe, North America and Japan. 1998 - 2003 - 2008: Frost & Sullivan, Capítulos 1,2.
- TSCHAMPEL, G; GROOS, M. 1994. Fatty acid ester production by glyceride transesterification - using glycerol to wash ester phase. Patente numero: W09417027. Fecha de publicacion: 31 - 03 - 1994. Aplicante: CHEM & PHARM PATENT HOLD LTD. Disponible en: [www.espacenet.com](http://www.espacenet.com).
- ULLMANN, F. 1988. Encyclopedia of Industrial Chemistry: Barbara Elvers Editores. p. 361 - 374.
- WIMMER, T. 1995. Process of the production of fatty acid esters of lower alcohols. Patente numero: US5399731. Fecha de publicacion: 21-03-1995. Aplicante: VOGEL & NOOT INDUSTRIEANLAGEN.
- WITTCOFF, H; REUBEN, B. 1995. Productos Químicos Orgánicos Industriales: materias primas y fabricación, vol 1: Editorial LIMUSA, Mexico D.F. p. 151 - 164.
- WITTCOFF, H. 1999. Productos Químicos Orgánicos Industriales: tecnología, formulaciones y usos, vol 2: Editorial LIMUSA, Mexico D.F. p. 207 - 233.
- [www.sainathplastochem.com](http://www.sainathplastochem.com)
- [www.stepan.com](http://www.stepan.com)
- [www.uniqema.com](http://www.uniqema.com)

## **Centro de Información de Fedepalma**

**Al servicio del sector palmicultor**

**Único Centro Latinoamericano especializado en aspectos científicos, técnicos, económicos y comerciales relacionados con palma de aceite, oleaginosas, aceites y grasas.**

**¡ VISITENOS !**

[www.fedepalma.org/centro](http://www.fedepalma.org/centro)

Teléfono: 3210300 Extensiones 214 - 230

Dirección: Carrera 10 A No. 69 A - 44