



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**"Caracterización de Acidos Grasos  
en Jabones de Tocador"**



EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**QUIMICO**

P R E S E N T A:

**Fernando Alvarez Hernández**

**1 9 8 2**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# I N D I C E

PROLOGO	1
INTRODUCCION	5
Capítulo I. GENERALIDADES.	
1.1 ¿Qué son los jabones?	8
1.2 Acción limpiadora de los jabones.	14
1.3 La fabricación de jabones.	18
1.4 Los ácidos grasos.	24
Capítulo II. PARTE EXPERIMENTAL.	
2.1 Las prueba para analizar los componentes de un jabón.	29
2.2 Preparación de la muestra.	31
2.3 La separación de los ácidos grasos.	32
2.4 Análisis espectral de los ácidos grasos.	37
2.5 Índice de Acido.	45
2.6 Índice de Saponificación.	49
2.7 Índice de Iodo.	54
2.8 Índice de Resina.	62
2.9 Cromatografía de gases.	65
Capítulo III. RESULTADOS Y COMENTARIOS.	
3.1 Particularización de los objetivos de esta Tesis.	76
3.2 Tablas de resultados experimentales.	78
3.3 Análisis de los resultados experimentales.	85
3.4 Las tablas reportadas en la literatura química.	94
3.5 Comentarios.	99
Capítulo IV. CONCLUSIONES.	
4.1 Conclusiones cualitativas.	103
4.2 Conclusiones cuantitativas.	104
4.3 Conclusiones generales.	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	107

## P R O L O G O

En los siguientes párrafos se plantea la ubicación de la importancia de la presente tesis. Tener presente el lugar que ocupa el tema de este trabajo, puede ayudar a complementar y aclarar su validez e importancia.

## La Ciencia al servicio del Hombre.

El hombre, con su capacidad de conocer, es el único ser que usando su libertad y su inteligencia puede saber acerca de dónde proceden las cosas (las causas) y a dónde se dirigen (los fines); de todo aquello que le rodea.

Con el transcurso del tiempo, estos conocimientos se acumularon, de tal forma que una vez demostrados y ordenados, describen, explican y fundamentan sistemáticamente, las distintas clases de fenómenos formando lo que conocemos como ciencia. (1)

Así pues el hombre conociendo las cosas, puede alterar la Naturaleza dentro de ciertos límites, para su provecho. ¿Quiere el hombre cambiar de clima y conocer nuevas tierras, o hacer comercio con otros países? Sus trenes y coches lo llevan a regiones remotas en poco tiempo; sus barcos le traen los productos de lejanas regiones y sus aviones lo trasladan por los aires. Penetra con el scudalón y el batiscafo en las profundidades del mar para -

estudiarlo; y mediante el telescopio se acerca a los astros y los sigue en su rápido curso por el firmamento.

Con los satélites artificiales se aleja más y más de la tierra hasta llegar a las regiones interestelares.

El hombre se sirve de la fuerza del viento para mover algunas de sus máquinas; y recientemente emplea también para ello la energía atómica. Las dínamos producen electricidad, que transformada en energía radiante ilumina la noche y como ondas electromagnéticas llevan la voz y la imagen a largas distancias mediante el teléfono, la radio y la televisión. En una palabra el hombre es el rey de la creación en la Tierra. (2)

Todos los seres en cuanto existen implican ya de suyo una causa - por lo cual existen y un fin al cual se dirigen. El hombre al existir, es un ser y por lo tanto no escapa a este principio.

La Vida del Hombre en Sociedad.

Ya se ha mencionado que la ciencia está al servicio del hombre -servicio, el cual utiliza el hombre- para alcanzar su fin.

El hombre vive en sociedad y la sociedad sirve al hombre también para ayudarle a su plena realización.

Los hombres unen sus inteligencias, sus voluntades y medios para un fin común; esto es la sociedad. (3)

La vida del hombre se desarrolla al influjo de tres tipos de sociedad con las que guarda relaciones mas o menos estrechas, a medida que éstas van significando menos para él, desde el punto de vista sentimental y efectivo:

- (a) La familia
- (b) La sociedad civil, Estado o Patria
- (c) La humanidad

Sin embargo independientemente de esto el hombre o individuo siempre sostiene obligaciones y derechos, no tan sólo para con los demás sino para consigo mismo, y para Dios. (4)

No se mencionarán aquí cuales son tales obligaciones y derechos - por no pretender esta tesis ser un tratado de Moral, tan sólo es de interés a efectos de esta tesis, una obligación que todo individuo tiene para consigo mismo y esta es la de la salud.

Además del deber que toda persona tiene de conservarse la vida, - o deber de vivir, la obligación de conservar su salud es importante.

El cuidar la salud, se refiere al quehacer -en cuanto depende de cada quien- por conservar el bienestar y suministrar a su cuerpo

en relación con los medios de que dispone, lo necesario en cuanto al vestido, alojamiento, alimentación, medicinas, etc. (5)

La educación -concepto profundo, como para pretender bosquejarle\_ aquí- incluye el aseo y la higiene con fin, en parte, a evitar - las enfermedades.

Bien como se quiera, la higiene, o aseo contribuye de alguna manera a la optimización de la vida social e íntima de cada hombre.

## I N T R O D U C C I O N

Hablar de aseo, es hablar de limpieza, de esmero, de cuidado, com postura; en cierto modo así es.

Pero a aspectos mas importantes nos conduce el aseo, como lo es - la asepsia o método que se propone impedir el acceso al organismo de gérmenes nocivos. (6)

Todo lo mencionado anteriormente sobre la ciencia y sobre la sa- lud tienen mucho de relación. Puede elaborarse el siguiente razo- namiento:

" Si el hombre usa de la ciencia, para su progreso, y la salud es uno de los deberes de todo hombre, - luego el hombre usa de la ciencia para velar por la salud".

En esta idea está encerrada el objetivo de esta tesis.

Son múltiples y diversos los medios para realizar la higiene: la limpieza, el baño, alimentación adecuada, ejercicios y hábitos pa- ra tener buena circulación, respiración, la postura propia y ade- cuada a la actividad diaria, el vestido, la habitación, los cuida- dos para el sistema nervioso, la vista y el oído, etc. (7)

El hombre usando de la ciencia, ha elaborado miles de productos - que le faciliten y le ayuden a hacer eficaz el cuidado de su salud.

Productos como: jabones, detergentes, shampoos, blanquiadores, - medicamentos, diversos cosméticos, dentríficos, enjuagues para - asepsia bucal y muchos más, son los que el hombre tiene a disposi- ción para ayudarse en el cuidado de la salud y eficiencia en la - higiene.

Quizá no sea difícil entender que en esencia muchos productos son lo mismo, o bien equivale a decir que el principio por el cual -- funcionan es similar, aunque varíen entre sí en aspectos secunda- rios, o accesorios.

De los productos mencionados, se hablará de los jabones en parti- cular, y de hecho son objeto del presente trabajo y con atención al hecho de que existen numerosos tipos de jabones, se especifica que son de interés --a efectos de esta tesis-- los jabones llamados de tocador.

Todo producto que el hombre elabora, lo hace con algún fin. Si - el producto no tiene las condiciones o requerimientos adecuados - para que sirva, según lo que el hombre quiere, evidentemente tal producto funcionará con deficiencias o simplemente no funcionará.

El hombre al usar de la ciencia, lo puede hacer en muchas formas,

Por ejemplo, la puede usar para garantizar que los productos que elabora incluyan las condiciones necesarias para que el producto sirva.

Los jabones de tocador, son productos para cuidado de la salud. - La Química es parte de la ciencia y mediante procedimientos químicos es posible evidenciar que los jabones de tocador tengan las condiciones adecuadas para que funcionen como tales. En términos técnicos llamamos a este estudio "control de calidad".

En la actualidad el concepto de "control de calidad" es un concepto mucho más elaborado que lo que hasta aquí se ha mencionado de una manera muy simple, pero la idea en esencia es esta.

En México existe una norma oficial para la elaboración de jabones de tocador. Esta norma vigente, es de 1958.

La norma citada, especifica las condiciones de calidad de los jabones de tocador de tipo molido, pero no especifica nada referente a la materia prima de elaboración de estos jabones sino tan sólo lo que son producto de la saponificación completa de aceites y grasas vegetales y animales. (8)

El propósito de esta tesis, es proponer ciertos límites de algunos parámetros evaluables en la materia prima de los jabones de tocador tipo molido comunes, a fin de ensayar una mejora o perfeccionamiento de nuestra actual norma de calidad.

## CAPITULO I

En este capítulo se mencionará el concepto de lo que es un jabón. También lo que son los jabones de tocador, cómo es su acción limpiadora y cuáles parámetros son posibles de evaluar para establecer límites que nos permitan garantizar que la materia prima sea adecuada.

1.1 ¿QUE SON LOS JABONES?

En la Naturaleza, se reconocen el reino mineral y se diferencia del reino vegetal y del reino animal.

Desde el punto de vista químico, hay razones para ello. Se observa que existen en vegetales y animales sustancias que no existen en el reino mineral, tales sustancias son llamadas compuestos biológicos.

La estructura de la célula -unidad biológica fundamental- se basa en tres clases de moléculas de tipo polímero: ácidos nucleicos, - proteínas y polisacáridos. Existen además otras sustancias como grasas, lípidos, agua y una pequeña cantidad de material inorgánico. (9)

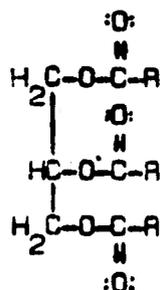
De las sustancias mencionadas son de interés para este trabajo - los lípidos. Los lípidos forman una extensa clase de compuestos

solubles en disolventes orgánicos. Las cadenas de hidrocarburos constituyen grandes regiones de fases líquidas. Los lípidos son ésteres de ácidos, que dan lugar a estos ácidos por hidrólisis. - Los lípidos se clasifican en tres grupos basados en su constitución química:

lípidos { \* grasas simples (ésteres de la glicerina )  
 \* fosfolípidos  
 \* esteroides

y de entre los lípidos, las grasas simples son las que tienen uso en la elaboración de jabones.

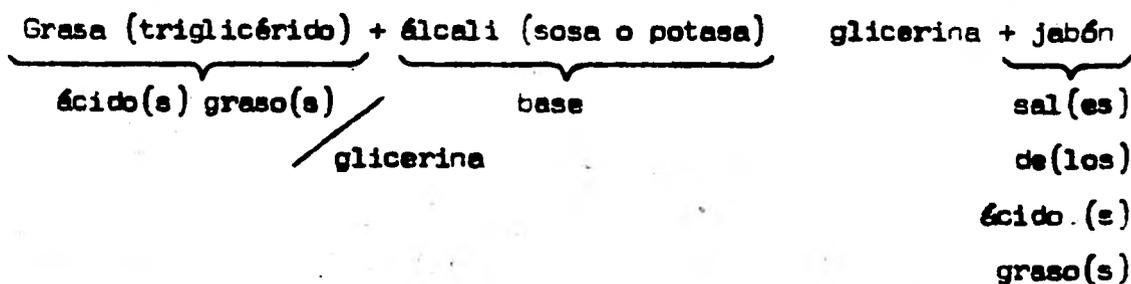
Desde el punto de vista biológico, las grasas simples son valiosas porque, a diferencia de las proteínas y los carbohidratos, se pueden almacenar en el cuerpo, para luego ser utilizadas como fuente de energía. La oxidación de una grasa simple rinde más de dos veces la energía que proporciona un peso igual de proteína o de carbohidrato. (10)



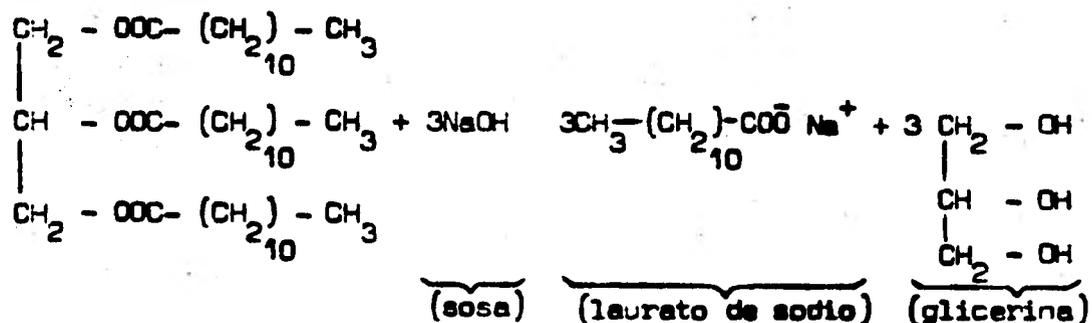
Estructura general de una grasa (triglicérido).

Una de las varias reacciones a que se puede someter los ácidos grasos, es la llamada "saponificación".

La reacción que tiene lugar es: (11)



EJEMPLO:



Así pues, los jabones son sales de los ácidos grasos.

Si se emplea sosa se obtienen "jabones duros"; y con potasa, resultan "jabones blandos".

Los jabones son conocidos desde la antigüedad, pues aparecen cita

dos en numerosos manuscritos. China, que desconoció el empleo de los ácidos, fué el primer pueblo que consiguió preparar los álcalis a base de cal y cenizas vegetales y tras ello pudo preparar los jabones.

Se sabe que esta técnica pasó posteriormente a la India y más tarde a Grecia y a Roma. Llama la atención que el antiguo Egipto - conociere los álcalis mucho más tarde que los otros pueblos de la antigüedad; por eso el jabón aparece con mucho retraso (siglo I - d.C.).

Miguel Eugenio Chevreul (1786 - 1889) químico francés, fué el primero que estudió de una manera científica el proceso de la saponificación que da lugar a la formación de jabones por reacción entre una grasa y un álcali (hidróxido); y demostró que en la misma se forma junto con el jabón, glicerina, a la que su descubridor, - el sueco C. Scheele (1742 - 1786) había denominado "principio dulce de los aceites".

La materia prima pueden ser aceites y grasas naturales -triglicéridos-; resinas -como la colofonia- (con casi 90% con ácido abiótico), ácidos nafténicos; aceites hidrogenados; y ácidos grasos - procedentes de la oxidación catalítica de las parafinas -estos - últimos se emplean mucho menos-.

Estos productos se emplean tal como se presentan en el mercado. - Unicamente las grasas residuales se someten a una purificación -

previa. (12)

Ciertamente además de las grasas, la única materia saponificable usada con cierta amplitud son las resinas.

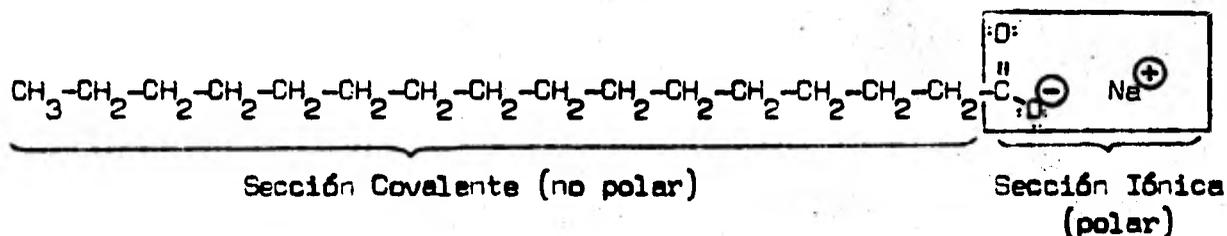
En el caso de los jabones experimentales, preparados con un sólo ácido graso, tanto las propiedades tenso-activas, como su solubilidad, se ha comprobado que dependen en gran medida de la longitud de la cadena del ácido graso y de su grado de insaturación. No es sorprendente por tanto que sea muy limitado el número de ácidos grasos que pueden considerarse como materiales deseables para la fabricación de jabones sódicos. Específicamente, se usan los ácidos saturados con 12 a 18 átomos de carbono (es decir, los ácidos laúrico mirístico, palmítico y esteárico). Los ácidos con menos de 12 átomos de C tienen un peso molecular insuficiente, para que el jabón posea una buena actividad superficial y los ácidos con más de 18 son demasiado insolubles en agua, a la temperatura ordinaria, para que sean verdaderamente útiles. (13)

Existen otras materias primas, para la elaboración de jabones comerciales, que no son objeto del tema de estudio de esta tesis o bien materias primas de menor importancia.

Los jabones tienen algunos inconvenientes de tipo práctico. La solubilidad y estabilidad de las disoluciones de jabones se perjudican por los PH altos o bajos frecuentes en las operaciones textiles, y por los cationes contenidos en las aguas duras, que for-

man sales cálcicas y magnésicas insolubles. Además, los jabones tienden a ser retenidos por las fibras, por absorción resistiendo a los aclarados más enérgicos; después la parte grasa del jabón se enrancia y origina en las telas o ropas almacenadas un olor desagradable y un color amarillento indeseable. Todas estas limitaciones técnicas han podido ser salvadas con el amplísimo repertorio de detergentes sintéticos, obtenidos con materias primas petroquímicas en su mayor parte, a precios muy competitivos, lo que ha determinado la creciente sustitución de los jabones en muchas de sus aplicaciones. (14)

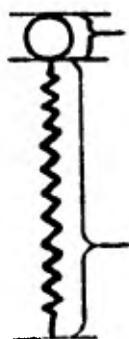
Conviene que se observe con un poco más de detalle la estructura molecular de las sales de ácidos grasos o jabones. Por ser sales presentan -en alguna región de su estructura- un enlace o unión iónica:



Palmitato de Sodio

A fin de hacer más esquemática la idea, estas sales suelen representarse así:

Figura 1



"Cabeza" (soluble en agua, medio polar)

"Cola" (soluble en aceite o grasa, medio no polar)

Las moléculas de jabón tienen una "cabeza polar -soluble en agua- (sal carboxilato) y una larga

"cola soluble en fase orgánica, que es la cadena hidrocarbonada.-  
La cabeza es hidrofílica y la cola hidrofóbica.

Esta breve observación sobre la estructura molecular de las partículas de jabón ayudará a entender su acción limpiadora que se explicará a continuación.

## 1.2 ACCION LIMPIADORA DE LOS JABONES

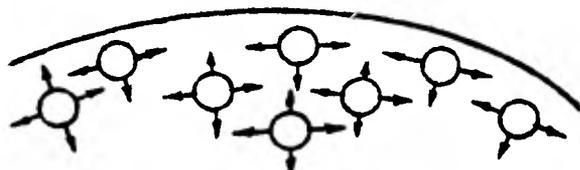
En mucho se puede afirmar que el tipo de actividad de los jabones tiene relación con propiedades interfaciales lo que es objeto de estudio de la fisicoquímica de superficies.

La tensión superficial (expresada en "energía/área" o "fuerza/ -- distancia") es una propiedad común a todas las intercaras líquido-gas.

$$\gamma = \left( \frac{F}{X} \right) = \left( \frac{W}{A} \right) = \text{trabajo necesario para aumentar en una unidad de área de superficie.}$$

La "tensión superficial" (abreviada,  $\gamma$ ) se define como la fuerza en dinas que actúa en dirección perpendicular sobre toda línea de 1 cm. de longitud de la superficie. (15)

Figura 2



Las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido en la superficie son menores que las de las moléculas en el seno o interior del líquido.

La tensión superficial es evaluable en todos los líquidos, cuando estos están absolutamente puros -de no ser así, los valores de tensión superficial que se registran no serán válidos.

Todo soluto en cierto modo altera -aunque sea despreciablemente o muy poco- la tensión superficial del solvente en el que está disuelto, sin embargo existen algunos compuestos que alteran apreciablemente -aún a bajas concentraciones la tensión superficial del líquido que los contiene-. A tales sustancias se les llama tensoactivos o surfactantes.

- > Existen muchos tipos de surfactantes. Los jabones son surfactantes, pero existen otros surfactantes aparte de los jabones: detergentes sintéticos, colorantes, etc. La parte hidrofílica de los surfactantes solubles más efectivos (jabones, detergentes) es de ordinario un grupo iónico.

Los iones con fuerte afinidad por el agua, originada o motivada -

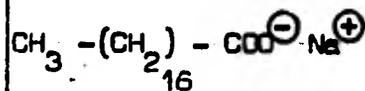
por su atracción electrostática hacia los dipolos de  $H_2O$  pueden - arrastrar consigo a la solución cadenas de hidrocarburo.

Por ejemplo, el ácido palmítico, prácticamente no ionizable, es - insoluble mientras el palmitato sódico (sal de sodio del ácido - palmítico), casi completamente ionizado, es soluble.

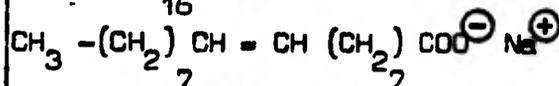
Los surfactantes (también llamados agentes de superficie activa), se clasifican en aniónicos, cationicos y no iónicos según la carga que posean en la parte que presenta actividad de superficie. A continuación se citan algunos ejemplares de los tres tipos de surfactante: (16)

#### Aniónicos:

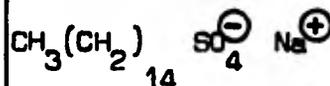
Esterato sódico



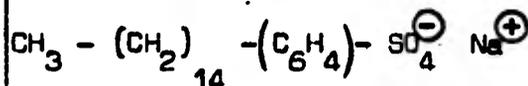
Oleato sódico



Dodecil sulfato sódico

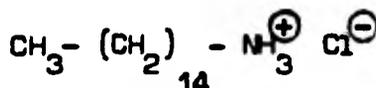


Dodecilbenceno sulfonato sódico



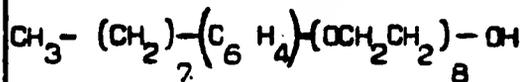
#### Catiónicos:

Clorhidrato de laurilamonio



#### No Iónicos:

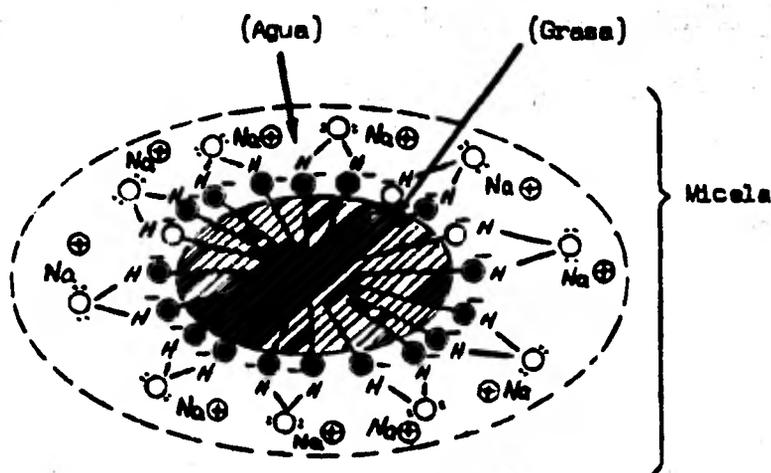
Oxidos de polietileno, aril-alquilados



Las prendas de vestir sucias y otras superficies sucias, tienen partículas de basura (impureza) suspendidas en una capa de aceite o grasa. Las moléculas polares no pueden remover la suciedad - - ocluida en una capa no-polar de aceite o grasa. Sin embargo, es posible remover la suciedad con jabón gracias a su naturaleza dual. La región hidrocarbonada del jabón, busca ocluirse o quedar disuelta en la fase orgánica o aceitosa (interior de la mancha de grasa) dejando fuera la extremidad iónica, en la superficie. Cuando un número suficiente de moléculas de jabón, se orientan, rodeando a la mancha grasa, juntas con la grasa o suciedad de la superficie, son removidas.

El resultado de la mancha de aceite solvatada por el jabón se llama "micela". La "micela" es removida porque su alta densidad de carga negativa en su superficie es fuertemente atraída por el agua. (17)

Figura 3



En cuanto a la aplicación del jabón, como materia auxiliar de la industria textil se basa en su capacidad para reducir la tensión superficial del agua, fenómeno que determina sus propiedades detergentes -(del latín "detergere" (lavar) )-, mojantes (humectantes, dispersantes, emulgentes, y espumantes de las disoluciones de jabón.

### 1.3 LA FABRICACION DE JABONES

Una industria tan antigua y tan importante como la del jabón no es raro que disponga de numerosas técnicas para cubrir su objeto. Las que subsisten actualmente lo deben a su aptitud para recuperar, en buenas condiciones de precio, calidad y cantidad, la glicerina (subproducto). De todas ellas la más general y representativa es el procedimiento "marselles", que consta de cuatro fases:

- 1) Empaste
- 2) Relargado
- 3) Lavado
- 4) Cocción

En breve resumen se explicará el objeto de cada fase:

- 1) EMPASTE. - En esta fase se da propiamente la saponificación. La grasa se hace reaccionar en caldera de cocción con lejía de sosa de concentración adecuada ( = 23%) y en cantidad lige

ramente inferior a la necesaria para la saponificación total. Se calienta con vapor, para hervir la masa el tiempo necesario.

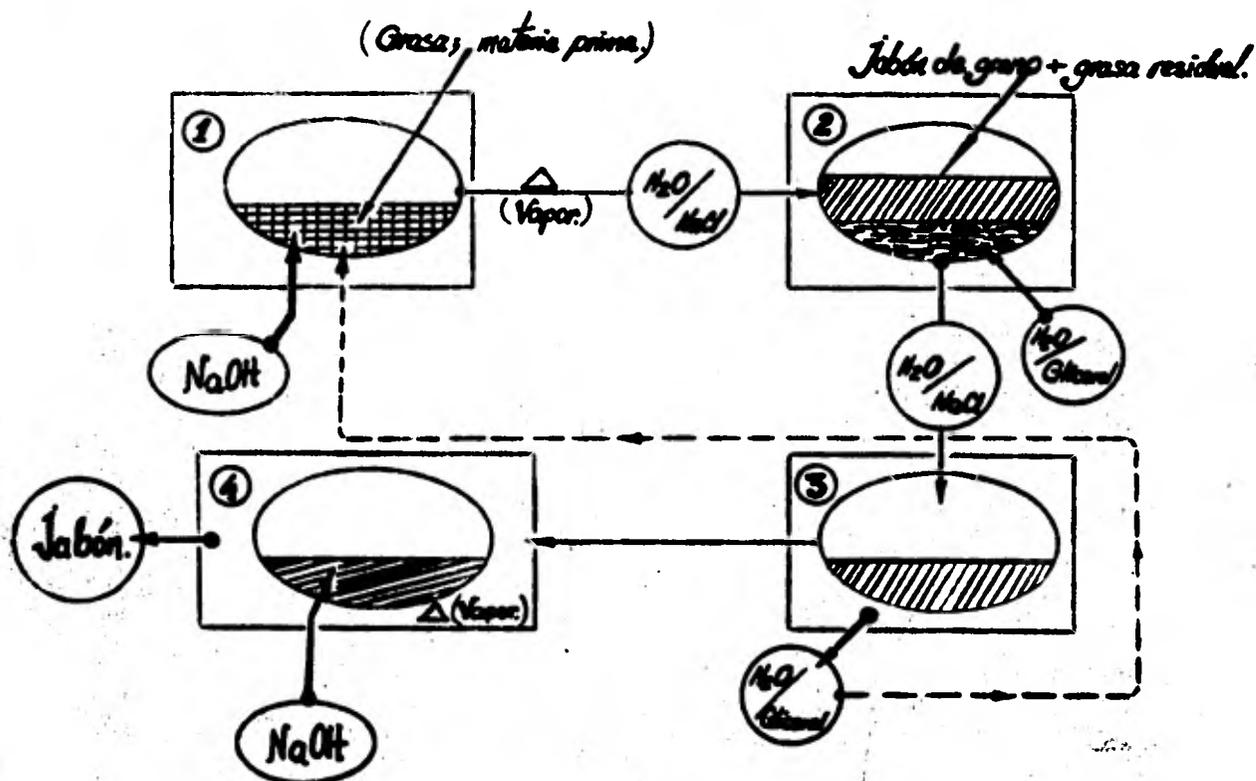
2) RELARGADO.- En esta fase se obtiene el subproducto de la reacción. Se adiciona a la caldera cloruro de sodio, con lo que su contenido se separa en dos fases: una de ellas formada por el "jabón de grano" más las grasas no saponificadas, y la otra es el agua glicerinosa, que se separa por el fondo; por evaporación-des<sub>u</sub>tilación, se recupera de ella la glicerina. (Esta recuperación se complicaría si las aguas llevasen sosa; por eso el álcali se pone en defecto en la operación de empaste y por eso el grano contiene aún grasa sin saponificar).

3) LAVADO.- Esta fase tiene por objeto el aprovechar al máximo el uso de glicerol. Se efectúa por adición de agua de sal. Las aguas resultantes llevan glicerina y se utiliza en el empaste siguiente.

4) COCCION.- La mezcla jabón-grasa que queda en la caldera se trata por nueva lejía de sosa y se hierve con vapor para completar la saponificación; se forma así más jabón de grano en el seno de una sublejía rica en sosa, por lo que ésta se emplea en el empaste siguiente.

ESQUELA:

Figura 4



("MÉTODO MARSELLES" para la producción industrial de jabón)

Estas operaciones son difíciles de controlar y exigen gran maestría y conocimiento práctico previo del comportamiento de las grasas de partida. Aunque no totalmente, la complicación de la fabricación de jabón, se ha acelerado con la introducción —por el profesor MacBain— de unos diagramas de estado basados en la regla de las fases.

También puede fabricarse el jabón por neutralización, con álcalis, de los ácidos grasos libres, que aparecen frecuentemente en algunos aceites, como los de orujo. La operación suele llevarse a cabo en forma continua inyectando el ácido graso y el álcali, mediante bombas dosificadoras, en un reactor de volumen suficiente para lograr el tiempo de residencia deseado. Finalmente, por centrifugación, se separan el jabón y la subleja. (18)

La naturaleza de la materia prima determina las características de cada jabón. Así por ejemplo los ácidos grasos no saturados producen jabones que tienen tendencia a ser algo viscosos y dan una espuma grasienta. Los jabones fabricados con ácidos grasos de peso molecular muy elevado son muy eficaces como detergentes. (19)

Las grasas y aceites usados generalmente para la fabricación de jabones son, en general, productos de baja calidad, que se venden a un precio más bajo que los que usan como alimento o para pinturas, o los más escogidos de los no secantes. (20)

Los aceites de ballena y de pescado, antes de ser usados para la fabricación de jabón, se hidrogenan, invariablemente, hasta aproximarlos a la consistencia de sebo. Sin embargo, el aceite de pescado que ha sido hidrogenado hasta hacerle desaparecer su olor desagradable, produce un jabón que es aún menos soluble que el de sebo. Como consecuencia, es preciso mezclarlo con otro aceite más blando, con aceite de coco o de ambos. Para la piel de algu-

nas personas, los jabones de aceite de coco son algo irritantes.-  
(21)

ADITIVOS.- El objeto esencial de los jabones -en particular, los de tocador- es en el aspecto higiénico. Pero si las pastillas de jabón se presentasen en su aspecto natural de simples sales de ácidos grasos, tendrían muchas desventajas serias para su consumo: a) fácil descomposición, b) mal olor, c) mal aspecto (color), - d) inestabilidad en su uso común, e) efectos no óptimos como producto aséptico, etc. Por esto es que se agrega a los jabones -y en general a casi todos los productos comerciales- aditivos que -garanticen estabilidad (durabilidad), efectividad y apariencia - del producto.

Todos estos aditivos son aspecto secundario en los jabones. Se -mencionará algunos de los aditivos que suelen añadirse a los jabones:

- Las resinas, que se componen principalmente de ácido abiótico, se consideran en general, como de inferior calidad, - para la preparación de jabones, aunque éstos tienen ciertas propiedades deseables, como son la alta solubilidad, - superior acción germicida (22), alta capacidad para los - rellenos de silicato y acción antioxidante a pequeñas concentraciones. (23).
- Los silicatos son, por sí mismos, eficaces agentes para - promover la suspensión y defloculación, y se sabe que ejer

cen una fuerte acción antioxidante sobre los jabones a los que son añadidos. (24)

- Una función extraordinariamente importante de los aditivos para jabón, es la de reblandecer las aguas duras. Se ha dicho que los silicatos y los fosfatos forman precipitados bien dispersos con las aguas duras, que no se adhieren a los tejidos. El pirofosfato tetrasódico es un reblandecedor del agua y el hexametáfosfato sódico es aún más eficaz que el pirofosfato. (25)
- La sal común es un ingrediente esencial en la fabricación de jabón, pero en el producto terminado no quedan grandes cantidades de ella.
- El agente superengrasante, que se añade normalmente en la cantidad de 1%, es la lanolina; pero también puede ser aceite de oliva, de cacahuete, o cualquier otro aceite o grasa. (26)

Son otros muchos, los aditivos que se añaden a los jabones: colorantes, aromatizantes, perfume, bactericidas, etc. (27)

Los tipos de jabón que existen son muchos y de muy diversos usos: jabón de escamas, jabón de afeitar, jabones medicinales, jabones de tocador, jabones textiles, jabones líquidos (28), jabones flo-tantes, jabones en polvo, champús, jabones industriales varios, - etc.

Es por esto que esta tesis, tan sólo se ha restringido al estudio de los ácidos grasos de jabones de tocador tipo molido.

#### 1.4 LOS ACIDOS GRASOS

Químicamente, las grasas son los ésteres de ácidos grasos con la glicerina. Sin embargo, el término "grasa" se ha utilizado tan ampliamente para designar sustancia de naturaleza lipóide, que cuando queremos hablar de los ésteres glicéridos de ácidos grasos debemos decir "grasas neutras" (o "verdaderas"). La confusión ha surgido sobre todo a través de dificultades de tipo práctico. Cuando se analiza un tejido o un alimento, el primer paso es separar la grasa de los carbohidratos, de las proteínas, por extracción con disolventes de grasas, como el éter. La evaporación del extracto deja una masa grasienta que suele ser extremadamente compleja y que sólo puede separarse en sus muchos constituyentes por métodos laboriosos y complejos.

Una grasa es líquida o sólida a la temperatura ordinaria según su "punto de fusión". Lo que llamamos aceite de oliva no es otra cosa que grasa de olivas.

Las grasas verdaderas son ésteres del alcohol glicerol con diferentes ácidos grasos de fórmula general  $RCOOH$  donde R representa la molécula de ácido graso menos su grupo  $-COOH$ . Como están esterificados los tres grupos hidroxilos de glicerol, las grasas son

triglicéridos; si  $\text{RCOOH}$  es ácido butírico, la grasa se denomina -tributarina, y así sucesivamente.

Los ácidos grasos que se hallan más comunmente en las grasas naturales como mantequilla, la manteca de cerdo, el sebo, el aceite - de oliva, etc. son el ácido palmítico, el ácido esteárico y el - ácido oleico. Suelen hallarse presentes en cantidades menores - otros ácidos grasos.

Durante un tiempo se creyó que las grasas naturales estaban forma - das principalmente por mezclas de los triglicéridos tripalmitina, triestearina y trioleína, porque nunca se encuentran los triglicé - ridos puros en la naturaleza. Sin embargo, diversos investigado - res han visto la imposibilidad de aislar cantidades importantes - de estos triglicéridos, por lo que se ha llegado a la conclusión de que en realidad, las grasas naturales son mezclas de triglicé - ridos mixtos. (29)

Por el estudio de los sistemas vivientes, se sabe que la glucosa (carbohidrato) es unidad primordial en la dieta de todos o casi - todos los organismos vivientes.

Los carbohidratos, en procesos bioquímicos, son la fuente de ener - gía, pero también, pueden ser fácilmente convertidos en grasas; la razón de esto es debida en parte a que las grasas son sustancias insolubles en agua que constituyen la más condensada fuente de - hidrógeno biológicamente utilizable y electrones.

Bioquímicamente, los ésteres triglicéridos de los ácidos alifáticos (lípidos o grasas) son compuestos altamente reducidos (respecto a las cadenas alifáticas), por lo que proporcionan un gran suministro de energía por gramo, en los organismos vivientes.

Así por ejemplo el valor de la cantidad de energía, liberada en el consumo de un gramo de almidón (-mediante combustión-) es de 4.18 Kcal.

(NOTA:  $\Delta H = H_{\text{prod.}} - H_{\text{react.}}$ ;  $\Delta H < 0 \rightarrow H_{\text{react.}} > H_{\text{prod.}}$  y E aumenta)

mientras que el valor para los triglicéridos es de 9.46 Kcal.

El estudio químico analítico de las grasas y ácidos alifáticos durante los siglos diecinueve y principios del veinte demostró que la mayoría de estos ácidos contienen números pares de átomos de carbono por molécula.

De los ácidos alifáticos aislados de las grasas, tanto saturados como insaturados, los más predominantes con mucho fueron el oleico (18C, insaturado), palmítico (16C, saturado) y esteárico (18C, saturado).

La síntesis de ácidos grasos por sistemas extracelulares requiere como mínimos componentes: acetil-CoA, ATP, NADPH,  $Mg^{2+}$  o  $Mn^{2+}$ ,  $HCO_3^-$  y la preparación celular adecuada. (30)

En cuanto a las propiedades físicas de las grasas verdaderas, se sabe que las grasas son insolubles en agua, pero fácilmente solubles en disolventes orgánicos (éter, cloroformo, benceno, éter de petróleo, tetracloruro de carbono). Se disuelven con facilidad en alcohol caliente y son discretamente solubles en frío. Después de una exposición al aire por un tiempo suficientemente largo suelen adquirir reacción ácida y color amarillo, debido a su hidrólisis parcial y a la oxidación de los ácidos grasos no saturados; y en tales circunstancias se dice que han sufrido el proceso llamado "enranciamiento". Algunas grasas neutras pueden solidificarse con facilidad como la manteca de cerdo y el sebo.

El "punto de fusión" de las grasas verdaderas es bajo, pero siempre más elevado que la temperatura a la cual se solidifican de nuevo (punto de solidificación). Así el sebo de buey funde a  $49.5^{\circ}\text{C}$  pero se solidifica nuevamente a  $36^{\circ}\text{C}$ . Esto no se debe a la naturaleza mixta de la grasa, porque la triestearina pura funde a  $71.5^{\circ}\text{C}$  y solidifica a  $52.5^{\circ}\text{C}$ . Los triglicéridos de ácidos grasos no saturados tienen puntos de fusión más bajos que los triglicéridos de los ácidos grasos saturados correspondientes.

El peso específico de las grasas sólidas es aproximadamente 0.86; y el de las grasas líquidas 0.915-0.94.

La "extensibilidad en capa" se refiere al efecto de que cuando deposita grasa líquida sobre agua se extiende de modo uniforme por la superficie de ésta, y si la cantidad de grasa es suficien-

temente pequeña, se forma una capa de una molécula de espesor. -  
Un efecto de esta extensibilidad es disminuir la tensión superficial del agua. (31)

La composición de la grasa varía en cada especie de animal o vegetal.

## CAPITULO II

2.1 LAS PRUEBAS PARA ANALIZAR LOS COMPONENTES DE UN JABON.

Existen varias pruebas que son posibles de realizar sobre un jabón de tocador, para determinar sus características; esto es, para "caracterizarlo".

Sin embargo el análisis sólo se limitó a realizarlo sobre cinco puntos:

- (I) determinación del índice ácido (Ia)
- (II) determinación del índice de saponificación (Is)
- (III) determinación del índice de iodo (Ii)
- (IV) determinación del índice de resina (Ir)
- (V) análisis de la composición de las mezclas de ácidos grasos por cromatografía de gases.

Que comprendan la caracterización de ácidos grasos en jabones de tocador.

Los jabones de los cuales se hizo el análisis de ácidos grasos se escogieron de forma simple, tan sólo considerando ciertas condiciones que simplificarán el muestreo y determinación el marco de trabajo. Las condiciones de los jabones escogidos fueron las siguientes:

- (1) Que sean jabones de uso común (popular). (En consecuencia los jabones relativamente caros, o muy finos, no se incluyen en la lista).
- (2) Que sean jabones de precios accesibles.
- (3) Que sean jabones fabricados en el Distrito Federal, México.

En orden alfabético son los siguientes:

- |      |                    |       |
|------|--------------------|-------|
| 1.-  | Alianza - Conasupo | (Ali) |
| 2.-  | Cemay              | (Cam) |
| 3.-  | Colgate            | (Col) |
| 4.-  | Darling            | (Dar) |
| 5.-  | Dial               | (Dia) |
| 6.-  | Escudo             | (Esc) |
| 7.-  | Lux                | (Lux) |
| 8.-  | Marseillaise       | (Mar) |
| 9.-  | Nórdiko            | (Nór) |
| 10.- | Palmolive de Lujo  | (Pal) |
| 11.- | Pando              | (Pan) |
| 12.- | Rexona             | (Rex) |
| 13.- | Rosa - Venus       | (Ros) |
| 14.- | Tepeyac            | (Tep) |
| 15.- | Zote               | (Zot) |

Las pruebas experimentales (ver capítulo II) se realizaron dos veces para cada una de dos pastillas diferentes de la misma marca - esto es, en dos tandas.

## 2.2 PREPARACION DE LA MUESTRA.

Se toma una pastilla de jabón y se hacen cortes paralelos a las -  
caras, o bien se raspa la región superficial de la pastilla, de -  
modo que quede la parte central de la pastilla disponible para tra-  
bajar con ella. (32) Esto es conveniente ya que esta parte inter-  
na de la pastilla no ha estado en contacto con el aire y en conse-  
cuencia, no se ha resecaado, ni los ácidos grasos han sufrido alte-  
ración apreciable debida a la luz o al aire y por ello, la mues-  
tra ha de tomarse de la parte interna de la pastilla.

El núcleo de la pastilla se desmenuza o ralla rá-  
pidamente y se guarda -  
dentro de un frasco color  
ámbar (a fin de evitar -  
que la luz altere la ma-  
teria) bien cerrado con  
tapa de plástico, mien-  
tras no se hagan las prue-  
bas.

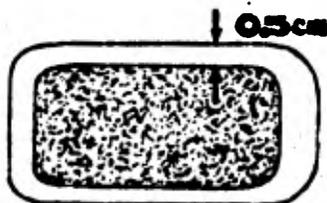


Figura. 6

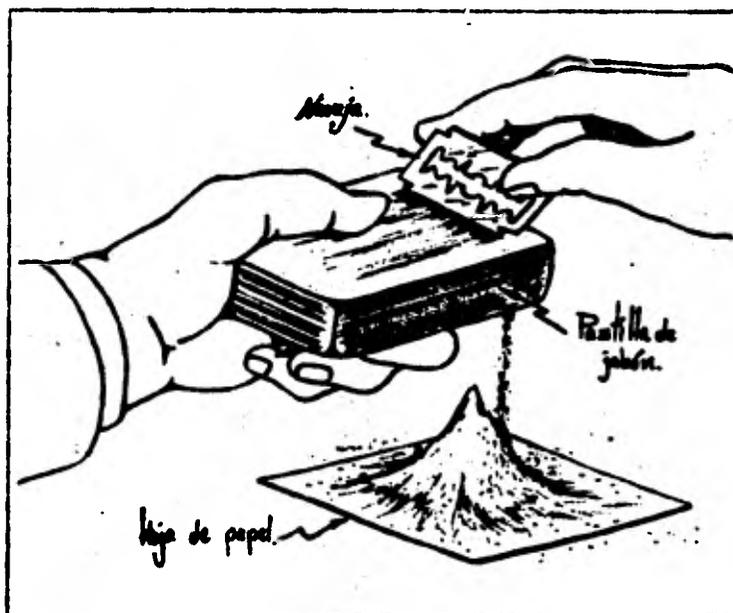


Figura 5

Raspado de una pastilla de jabón

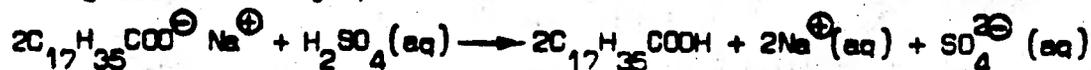
-Preparación de la muestra-

La parte externa se desecha

(0.5 cm. de espesor)

### 2.3 LA SEPARACION DE LOS ACIDOS GRASOS

De las hojuelas de jabón que se han obtenido en la preparación de la muestra se toman 10 gramos de jabón -los cuales se pesan en una balanza analítica- y posteriormente se depositan en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. de capacidad. Al mismo matraz se agregan 150 ml. de agua hirviendo y así, se agita hasta la disolución total de las hojuelas de jabón. Cuando las hojuelas se han disuelto en 100% entonces se añade -en caliente a esta misma solución,- 20 ml. de solución de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 30% de concentración, (33). Con esto las sales de ácidos grasos, se pasan a ácidos grasos. Por ejemplo:



(sólido)

Acido Estearico

Estearato de Sodio (sal de  
ác. graso) (si se encuentra  
en las pastillas de jabón.

(insoluble en agua)

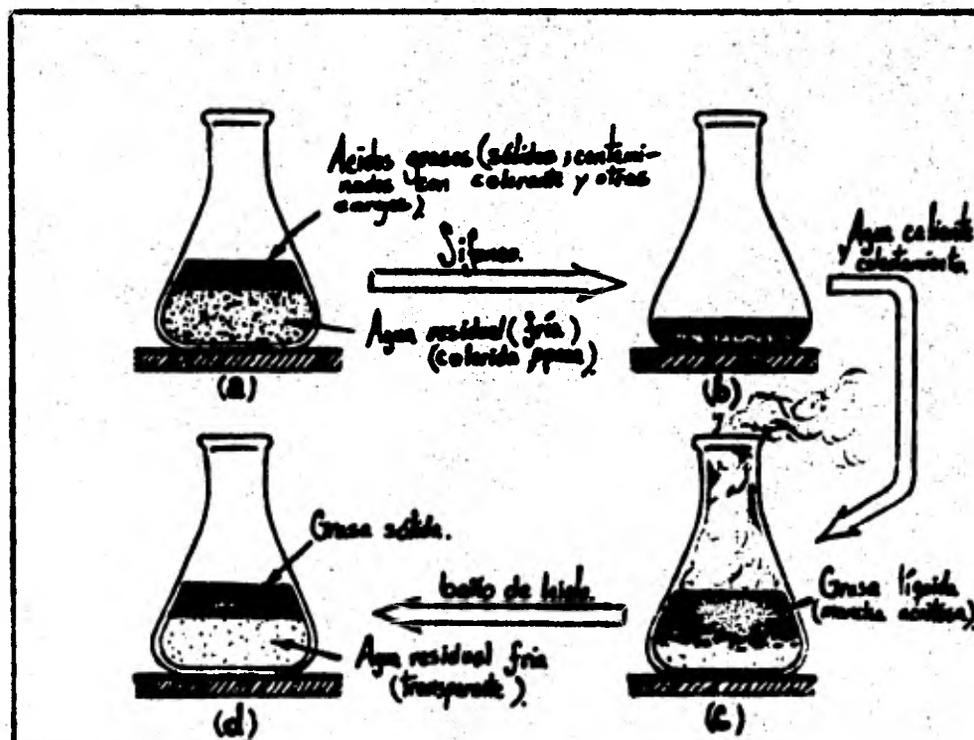
En este paso de la obtención de los ácidos grasos, debe verificarse que el pH de la disolución después de agregar el ác. sulfúrico sea realmente ácido (Vgr. pH=1.0). (\*)

Al separarse los ácidos grasos del seno de la disolución, se distribuyen en la superficie de la solución en forma de una fase -

(\*) Esta forma de operar para extraer los ácidos grasos, es sólo una modificación a la técnica que se indica en la obra de Shell. (34)

(superior) -que es grasa líquida- arrastrando consigo colorante, perfume y otras cargas. Mucho del material accesorio del jabón - queda en la fase líquida (inferior) o "agua residual". Al enfriarse esta disolución, los ácidos grasos en la superficie forman una pastilla sólida, por lo que esto es aprovechable para hacer un sifoneo de las aguas residuales (o también eliminarlas por decantación) y añadir nuevamente agua caliente para hacer lavado a los ácidos grasos ya separados, y eliminar la mayor cantidad de cargas que sea posible.

Se hacen tantos lavados como sea necesario, suspendiéndolos hasta que el agua residual sea prácticamente incolora y transparente. (\*)



\* Esto es tan sólo un criterio de tipo práctico.

A fin de que el sifoneo, sea eficiente, conviene mantener la diso-  
lución de los ácidos grasos en hielo, y ayudados de una bombilla  
o propipeta extraer la fase líquida.

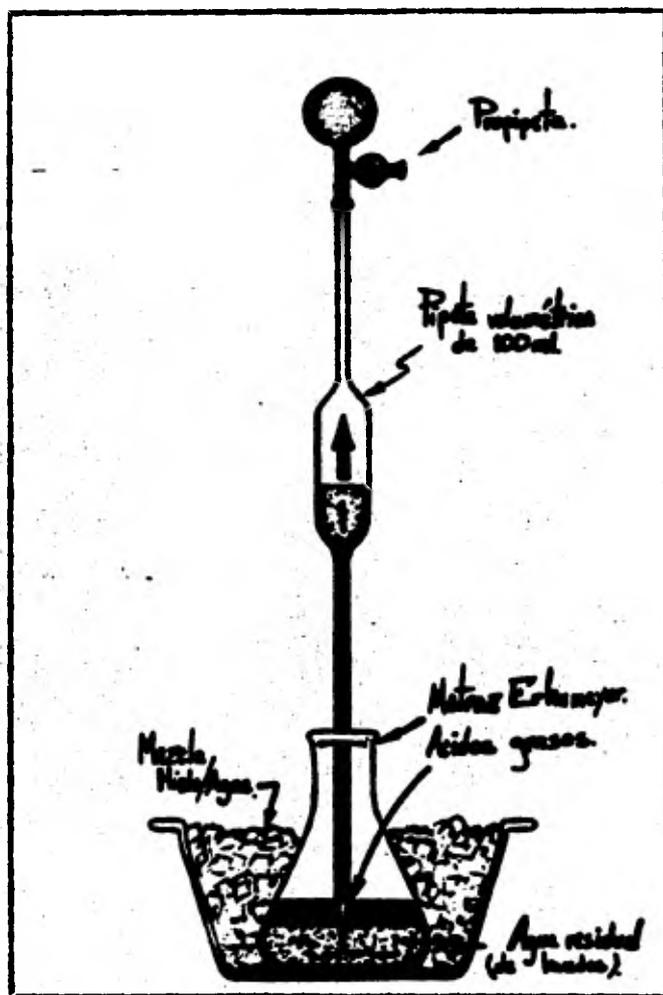


Figura 8.- (Improvisación de un sistema de sifoneo para eliminar el agua residual de lavado)

Cuando se ha terminado de hacer los lavados, se introduce el matraz en un baño de hielo a fin de solidificar los ácidos grasos y luego se fracciona la pastille en trocitos - con ayuda de un agitador. Se filtra al vacío el agua residual.

El siguiente paso es eliminar el colorante que permanece - junto con los ácidos grasos.

La eliminación de colorante - se hizo mediante ataques con carbón activado.

Se transfieren los ácidos grasos contaminados del embudo - Büchner a un matraz Erlenmeyer de 250 ml. y se agrega al mismo matraz, la mínima canti-

dad de alcohol etílico caliente, suficiente para disolver completamente los ácidos grasos (\*). Así, en caliente, se agrega el carbón activado (\*\*) y la disolución se deja en un baño de agua caliente para que tenga ebullición de unos 5 a 10 minutos; inmediatamente —nuevamente en caliente— se filtra al vacío, para eliminar el carbón. (usando triple papel filtro). El filtrado deberá ser incoloro.

Generalmente con la primera filtración no se obtuvo incoloro el filtrado, sino que fueron necesarios al menos uno de ellos, de poro cerrado. Las partículas de carbón activado eran muy finas y atravesaban con facilidad los papeles filtro.

Figura 9

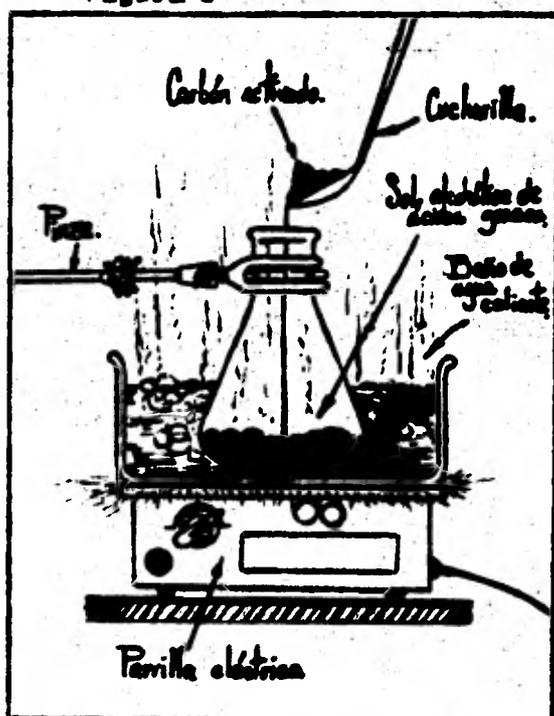
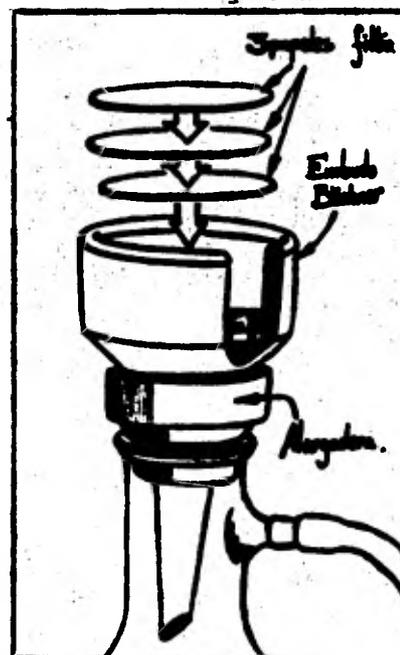


Figura 10



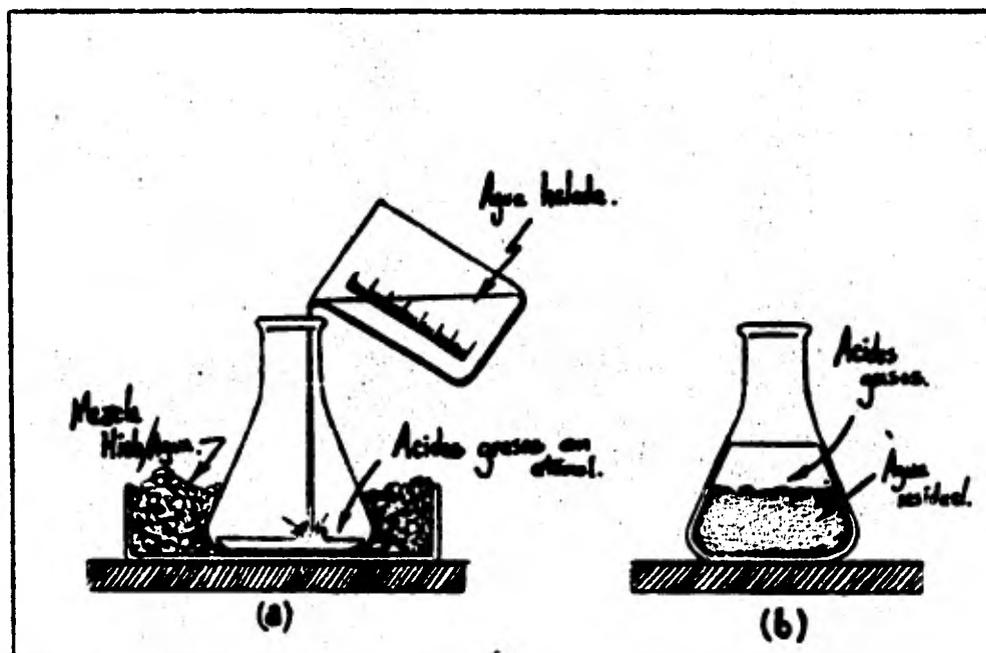
(Eliminación del colorante con carbón activado)

(\*) Considérese aprox. entre 30 a 40 ml.

(\*\*) Es difícil expresar cuánto, pues variaba en casi todos los casos.

Cuando el filtrado, que es la solución alcohólica de los ácidos grasos ha quedado incolora, transparente, (\*) se procede a promover la recristalización de los ácidos grasos. Se deja enfriar el matraz Erlenmeyer en hielo, ya que los ácidos grasos son solubles en etanol caliente pero insolubles en etanol frío. Sin embargo la recristalización no es cuantitativa con sólo enfriar el etanol, pues algo de los ácidos grasos es soluble aún en etanol frío, por esta razón se añade 150 ml. de agua helada al matraz que contiene los ácidos grasos en etanol. Se observan una recristalización abundante y efectiva.

Figura 11



(Recristalización cuantitativa de los ácidos grasos)

(\*) Aún cuando el filtrado haya quedado incoloro, se recomienda una última filtración con triple papel filtro.

Posteriormente los ácidos grasos se filtran al vacío y ahí se les lava con agua helada y se les deja secar, en el mismo embudo -- Büchner, al vacío durante unas 20 horas en total, pues quedan bastante húmedos, y se distinguen por una notable blancura.

#### 2.4 ANÁLISIS ESPECTRAL DE LOS ACIDOS GRASOS

Ya obtenidos los ácidos grasos por este método se consideró conveniente (aunque no necesario) hacer un estudio espectroscópico de los ácidos grasos para confirmar su naturaleza.

El estudio espectroscópico tan sólo se limitó a obtener el espectro infra-rojo (IR) y el de resonancia magnética nuclear (RMN).

Los espectros obtenidos de algunas de las muestras de ácidos grasos obtenidos de los jabones de tocador, fueron bastante satisfactorios.

**IR** :

Se observa que los espectros incluyen las bandas características de ácidos grasos, en toda la región de infra-rojo.

Es útil tomar como referencia de análisis, el espectro infra-rojo de un ácido graso común en grasas. Por ejemplo el ácido láurico (o ácido dodecanoico).

La fórmula mínima molecular del ácido laúrico es:

$C_{12}H_{24}O_2$  con peso molecular de 200.31 g/mol y estructura:

$CH_3-(CH_2)_{10}-COOH$ . (Punto de fusión: 44°C y punto de ebullición de 225°C)

Esta es una molécula, considerable en dos aspectos: como parafínica (normal; alcano) y como ácido carboxílico.

El grupo carboxílico ( $-COOH$ ) de relativa alta polaridad, explica la formación de puentes de hidrógeno y presencia consecuente de dímeros.

El grupo carboxílico está constituido por un grupo carbonilo (C=O) y un grupo hidroxilo (O-H), por lo que el espectro IR refleja ambas unidades estructurales. Para ácidos unidos por puentes de hidrógeno, los alargamientos de O-H dan una banda intensa, ancha, en el rango de 2500-3000  $cm^{-1}$ . La banda intensa del grupo carbonilo, aparece en una región que normalmente se halla libre de alguna otra absorción intensa y, debido a su frecuencia exacta, da mucha información acerca de la estructura. Para ácidos (con puentes de Hidrógeno) la banda C=O se encuentra aproximadamente en 1700  $cm^{-1}$ . (35) (36)

Los ácidos exhiben también una banda de alargamiento C-O en los 1250  $cm^{-1}$  y 920  $cm^{-1}$  (ancha).

Si consideramos el aspecto de parafina normal (larga cadena de grupos metileno -CH<sub>2</sub>-) observamos bandas en:

2962	cm <sup>-1</sup>	(3.38 μm).	-	C-H Stretch;	$\nu_{as}$ (CH <sub>3</sub> )
2926	cm <sup>-1</sup>	(3.43 μm).	-	C-H Stretch;	$\nu_{as}$ (CH <sub>2</sub> )
2853	cm <sup>-1</sup>	(3.51 μm).	-	C-H Stretch;	$\nu_s$ (CH <sub>2</sub> )
1465	cm <sup>-1</sup>	(6.83 μm).	-	C-H Bend;	$\nu_s$ (CH <sub>2</sub> )
720	cm <sup>-1</sup>	(13.9 μm).	-	CH <sub>2</sub> - Rock;	$\rho$ (CH <sub>2</sub> )

frecuencia

nodo de vibración

Todas estas bandas se identifican en los espectros obtenidos, anexándose uno de ellos en la figura 12.

Por otro lado, si se considera el aspecto de ácido carboxílico, también se identifican las bandas siguientes: (37)

- (I) Zona para el estiramiento del grupo O-H: (Broad O-H Stretch,) 3300-2500 cm<sup>-1</sup> (3.03-4.00 μm)
- (II) C-H Stretch; 2950, 2920, 2850 cm<sup>-1</sup> (3.39, 3.43, 3.51 μm) (sobrepuesto sobre O-H Stretch)
- (III) Estiramiento normal del grupo carboxílico (de dímero) (Normal, dimeric carboxylic C=O Stretch, 1715 cm<sup>-1</sup> (5.83 μm))
- (IV) C-O-H in plane bend (\*), 1408 cm<sup>-1</sup> (7.10 μm)

(V) C-O Stretch, dimer,  $1280 \text{ cm}^{-1}$  ( $7.81 \mu\text{m}$ )

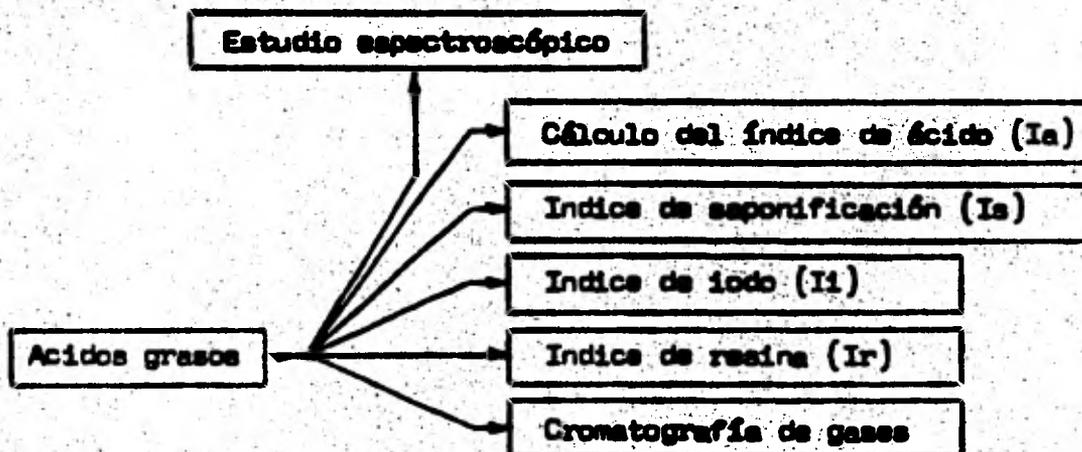
(VI) O-H out of plane bend,  $930 \text{ cm}^{-1}$  ( $10.75 \mu\text{m}$ )

Por otro lado las bandas características de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) no se distinguen en el esquema de los espectros, por lo que es pauta para considerar eficiente el método de secado usado.

RMN

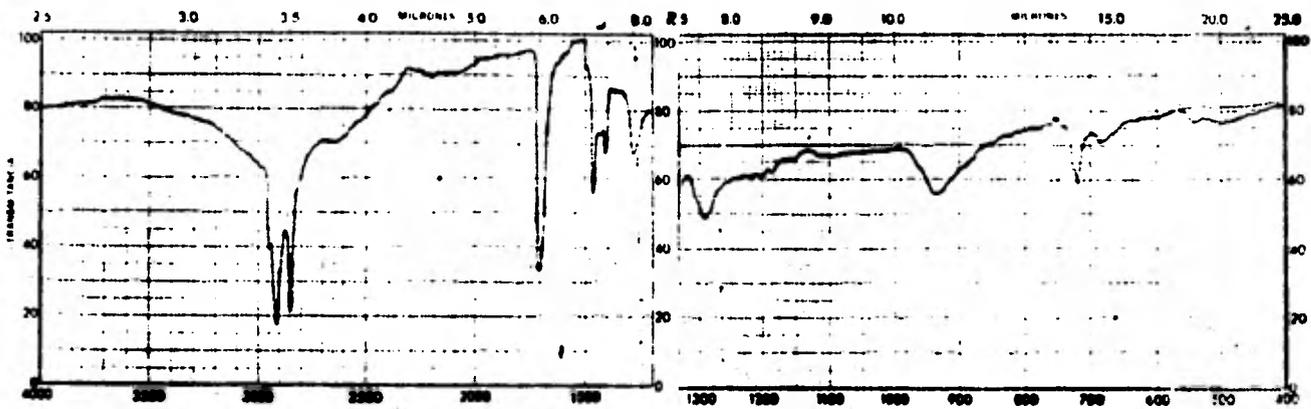
La característica mas sobresaliente del espectro de resonancia magnética nuclear de un ácido carboxílico es la absorción de energía para resonancia en el campo bajo lejano (unidades "delta" - 10.5 a 12 en ppm's) debida al protón del grupo carboxilo ( $-\text{COOH}$ ). (35) (Ver figura 13)

Obtenidos los ácidos grasos y confirmada su estructura y pureza - se procedió a caracterizarlos según el esquema indicado a continuación:



(\* Las bandas (IV) y (V) involucran la interacción de C-O-H.

Figura 12



Espectro infra-rojo de los ácidos grasos obtenidos a partir de -  
jabones de tocador. (Jabón Tepeyac)

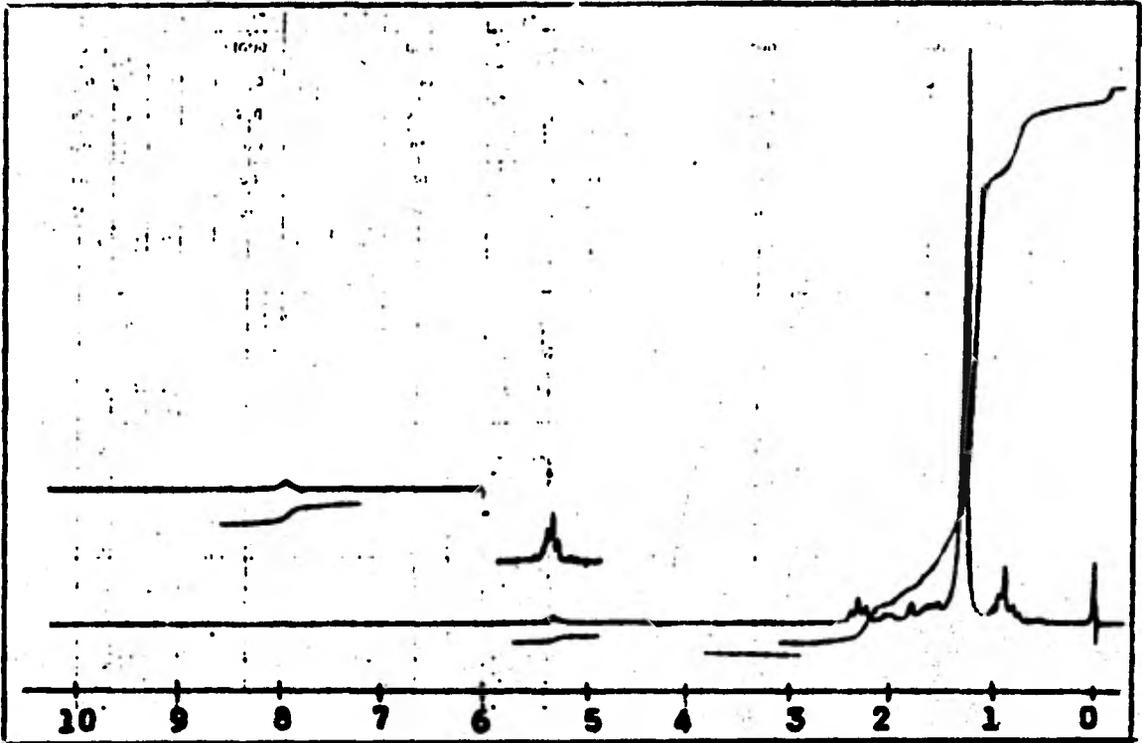
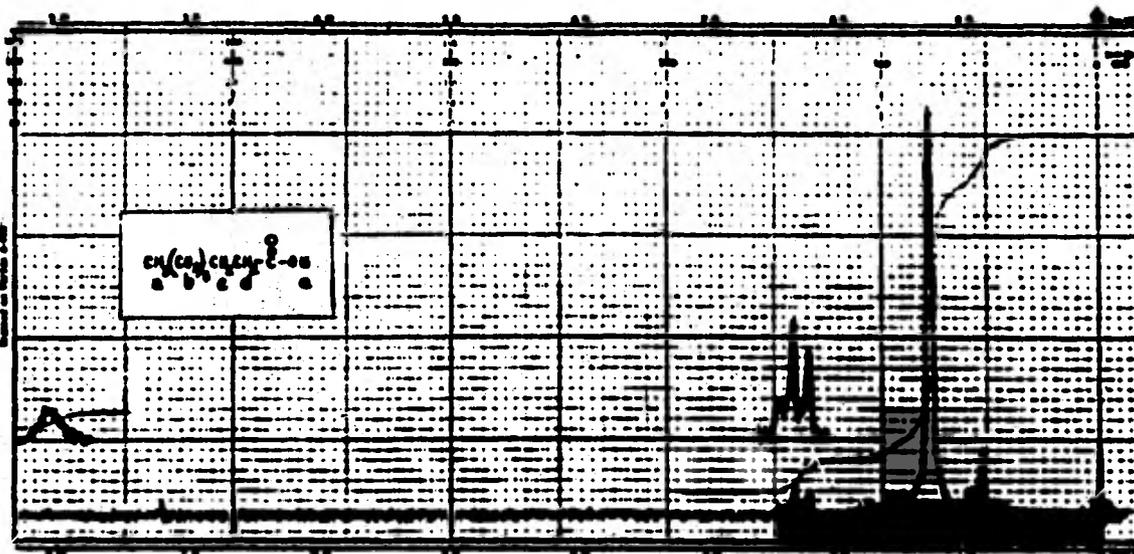


Figura 14



BUTLER, 10325M

Espectro de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) del Acido Láurico

a	<u>0.89</u>
b	<u>1.29</u>
c	<u>1.80</u>
d	<u>2.33</u>
e	<u>10.96</u>

Figura 15

Espectro IR del Ac. Esteárico

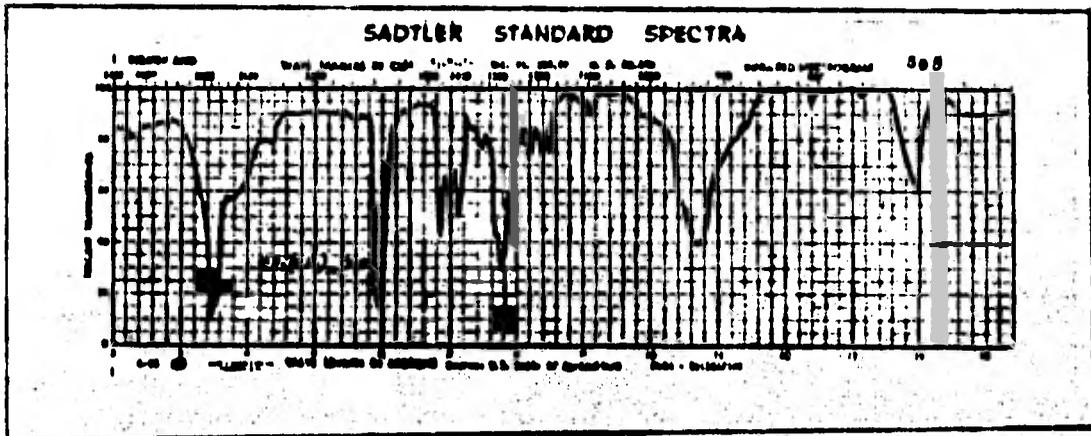
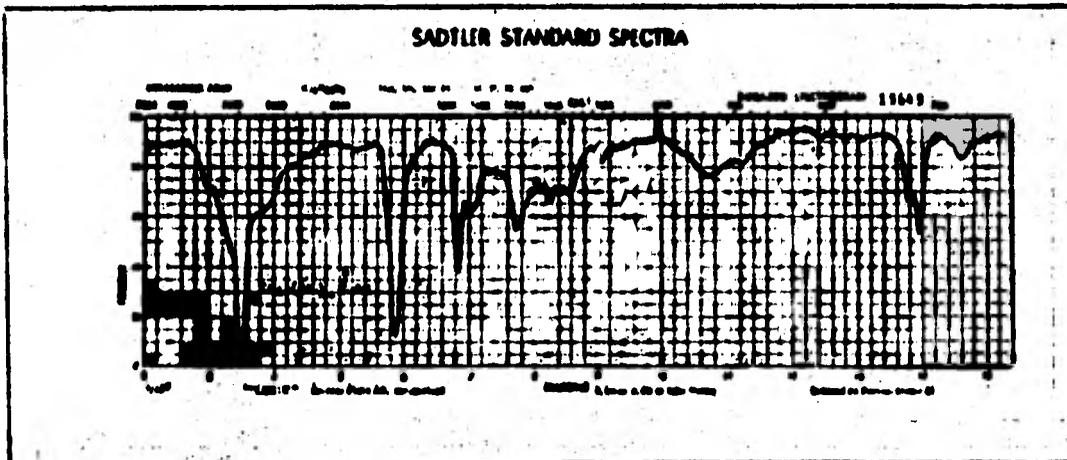


Figura 16

Espectro IR del Ac. Docosanoico.



## 2.5 INDICE DE ACIDO (Ia)

Los ácidos carboxílicos se reconocen por su acidez (38). Tanto por la identificación de ácidos previamente estudiados, como para la comprobación de la estructura de uno nuevo, es particularmente útil el "índice de ácido"; este parámetro indica el número de mi ligramos de hidróxido de potasio que se requiere para la saponificación completa de 1 gramo de grasa (39).

El índice de ácido nos da una idea de la cantidad de ácidos libres presente en una muestra.

### Reactivos usados:

- Disolución acuosa de hidróxido de sodio decimormal (NaOH, 0.1N)
- Indicador: disolución alcohólica de fenolftaleína al 1%.
- Alcohol etílico destilado (EtOH) (disolvente)

### Preparación de reactivos:

NaOH: Se dispuso de una ampollita "Titrisol" de Hidróxido de sodio que aforando a 1000 ml, el contenido de dicha ampollita proporciona 1 litro de disolución (aq) de NaOH, exactamente 0.1N.

#### Solución de fenoftaleína:

Se pesa 1.00 g. de fenoftaleína (con pH de vire óptimo entre 8.2 y 9.8; indicador para el análisis volumétrico y para valoraciones en líquidos no acuosos), que es un sólido blanco, y en un vaso de precipitados se disolvió en unos 80 ml. de etanol puro. Esta solución se pasó a un matraz aforado, aforando a 100 ml. con etanol.

Se destiló etanol. Punto de ebullición en la Ciudad de México - (con presión atmosférica de 585 mm. de mercurio (Hg°) aproximadamente): 71.5°C.

#### Procedimiento:

Se pesan 100 mg. de la muestra de ácidos grasos y se les deposita en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. de capacidad y ahí se les añade, 20 ml. de alcohol etílico caliente (medidos con pipeta volumétrica) y con esto se disuelven los ácidos grasos e inmediatamente se agregan tres gotas del indicador de fenoftaleína y se titula -enseguida -en caliente- usando como titulante la disolución de hidróxido de sodio, decimormal.

Sea  $V$  el volumen del titulante gastado en la muestra y en el etanol.

Se toman 20 ml. de etanol caliente y se depositan en un matraz — Erlenmeyer de 125 ml. limpio y seco. Se titula el alcohol solo, en caliente, con la misma disolución de NaOH (0.1N) como titulante. Sea  $v$  el volumen de titulante gastado por el alcohol etílico destilado.

Así pues el volumen neto de titulante gastado únicamente en la muestra de ácidos grasos, será:

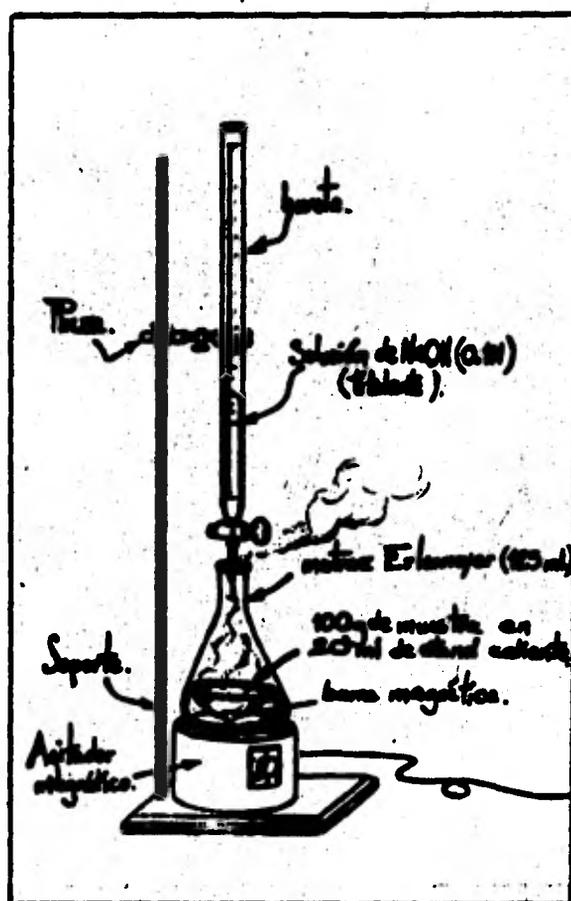
$$v^* = V - v$$

Cálculos:

El índice de ácido (Ia) por definición se refiere al número de miligramos necesarios para saponificar 1 g. de muestra de hidróxido de potasio (con peso molecular de 56.102 g/mol), así entonces si designamos por  $N$  a la normalidad del titulante, y por  $w$  al peso de la muestra (en este caso  $w = 100 \text{ mg} = 0.1 \text{ g}$ ), obtenemos que: (40)

$$I_a = \frac{(V^*) N (56.102)}{w}$$

Figura 17

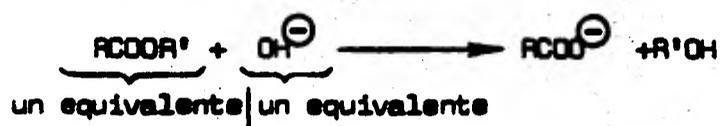


Titulación de la solución alcohólica de ácidos grasos, con hidróxido de sodio.

## 2.6 EL INDICE DE SAPONIFICACION.

Los derivados de los ácidos carboxílicos se reconocen por sus hidrólisis -bajo condiciones mas o menos severas- para dar ácidos carboxílicos. El tipo de derivado funcional lo indican los otros productos de la hidrólisis. La identificación o la comprobación de la estructura de un derivado de ácido implica la identificación o prueba de estructura del ácido carboxílico que se forma - por hidrólisis. En el caso de un éster, también se identifica el alcohol que se obtiene.

Si se hidroliza un éster con una cantidad conocida de base (presente en exceso), se puede determinar la cantidad de base consumida, valor que se emplea para establecer el "equivalente de saponificación"; o sea, el peso equivalente del éster que es similar al equivalente de neutralización de la ácido: (41)



El índice de saponificación es el número de miligramos de hidróxido de potasio que se requieren para la saponificación completa de 1 gramo de grasa o aceite. (42)

Si la grasa se compone de glicéridos de ácidos grasos de cadenas hidrocarbonadas largas, el peso molecular es alto (elevado, grande) y en consecuencia, el índice de saponificación será bajo. Si por el contrario, la grasa se compone de cadenas cortas (de bajo

peso molecular ), el índice de saponificación será alto.

A partir del índice de saponificación es posible calcular el peso molecular promedio de la grasa o aceite.

**Reactivos:**

Solución decimormal (0.1N) de hidróxido de potasio (KOH) en alcohol etílico.

Indicador: solución de fenoftaleína al 1% de etanol.

Titulante: solución acuosa de ácido clorhídrico (HCl).

**Preparación de los reactivos:**

Solución de potasa alcohólica.- Se pesan con exactitud 5.6102 g de hidróxido de potasio puro y molido en un vidrio de reloj limpio, en una balanza analítica. Tal cantidad de potasa se transfiere - inmediatamente a un matraz aforado de 1000 ml y en el matraz, se añade alcohol etílico destilado, hasta aforar la solución a 1000 ml. Se agita la disolución en el matraz aforado hasta la disolución total (completa) de todo el hidróxido de potasio. La solución de potasa alcohólica decimormal se guarda en una botella - de color ambar, con tapón de plástico, bien cerrada. Se toma una muestra (\*) de esta solución de KOH y se titula con la disolución de ácido clorhídrico de concentración conocida, usando la solución de fenoftaleína (\*\*) al 1% como indicador (vire de rosa a in-

(\*) 10 ml, medidos con pipeta volumétrica.

(\*\*) Usar tres gotas de indicador para 10 ml de la alícuota a titular.

coloro) con lo que se podrá conocer la normalidad exacta de la — solución de hidróxido de sodio decimonormal.

Preparación del indicador: solución de fenoftaleína al 1% en alcohol. (Ver pág. de esta tesis)

Titulante: se dispuso de una ampollita de solución de ácido clorhídrico de tal concentración que al diluirla en un aforo de 100 ml proporciona 1 litro de solución aq. decimonormal de HCl.

#### Procedimiento:

En el interior de un matraz de bola Quickfit de 25 ml, se pesa — 0.1 g ( ó 100 mg ) de la muestra de ácidos grasos.

Al mismo matraz bola se agregan 10 mililitros de la solución de — hidróxido de potasio (KOH) en etanol, medidos con exactitud (en — pipeta volumétrica).

Se agrega al interior del matraz una pequeña barra magnética, pa-  
ra mantener agitación permanente con ayuda de un agitador magnéti-  
co.

Se coloca el matraz bola en una canastilla de calentamiento y se  
sujeta el matraz mediante pinzas, a un soporte.

Se instala un refrigerante para agua Quickfit en posición de re-  
flujo. Se gradúa la corriente eléctrica, que calienta la canasti-  
lla, mediante un reostato. Se deja 1 hora de reflujo.

(Cuidando que el anillo de condensación de los vapores, en el refrigerante, no rebasen  $1/3$  de la longitud del refrigerante, desde su parte unida al matraz).

Terminando el tiempo de reflujo, se baja la graduación del reostato hasta cero. Esperar se el matraz.

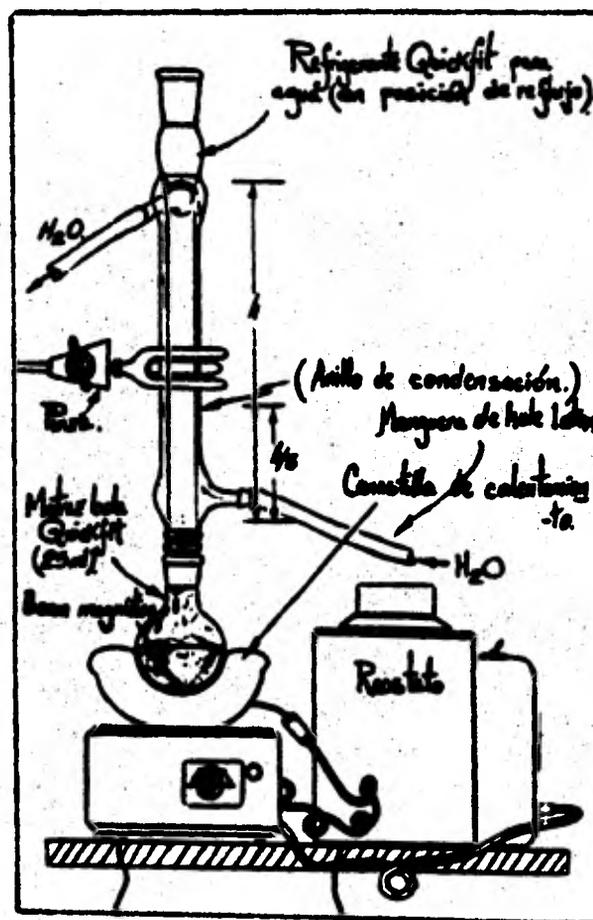
Lavar por la parte superior el interior del refrigerante con agua destilada, ayudándose se piseta, cuidando que el agua del lavado se adicione a la solución donde se hizo la saponificación.

Posteriormente se agregan tres gotas de la solución de fenoftaleí na al 1%, (con lo que la solución toma coloración rosa) y se titula con la solución de ácido clorhídrico.

Simultáneamente al proceso realizado con la muestra de ácidos grasos, se realiza exactamente, el mismo proceso para una solución - "blanco", la cual incluye todo cuanto se ha dispuesto para la - muestra excepto en poner en el blanco la muestra de ácidos grasos. (43).

Figura 18

Saponificación de ácidos grasos.



Cálculos:

Sea **(A)** el volumen de ácido clorhídrico que se utiliza para titular el hidróxido de potasio en la muestra y **(B)** el volumen de titulante (ácido clorhídrico) gastado en el blanco. ( $B > A$ )

Siendo  $w$  el peso de la muestra de ácidos grasos (expresada en gramos) y  $N$  la normalidad de la solución del titulante, entonces el índice de saponificación ( $I_s$ ) se expresa:

$$I_s = \frac{(B-A) (N) (56.102)}{w}$$

donde: 56.102 (g/mol) es el peso molecular del hidróxido de potasio; A y B se expresan en mililitros.

## 2.7 INDICE DE IODO

Otro dato característico de las grasas, en concreto de los ácidos grasos es el índice de iodo.

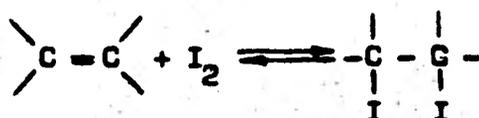
El índice de iodo es una medida del grado de insaturación presente en los ácidos grasos.

Las insaturaciones de los ácidos grasos reaccionan de formas variadas siendo la oxidación de particular importancia. Es por ello que las grasas (en donde existen insaturaciones) al paso del tiempo, se llegan a "enranciar" (puesto que las insaturaciones son oxidadas por el oxígeno del aire). Así pues las causas que pueden hacer variar notablemente el índice de iodo de una grasa son de diversa naturaleza, como antes se indicó, pero ejercen especial importancia la edad y el modo de conservación de las grasas.

Generalmente las grasas viejas y mal conservadas tienen un índice de yodo inferior la de las mismas grasas frescas o bien conservadas, y esto se observa principalmente en los aceites secantes.

El índice de yodo representa la cantidad en gramos de yodo que puede reaccionar con 100 gramos de una sustancia grasa.

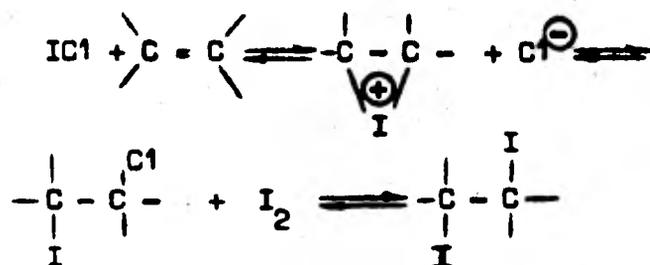
El yodo se adiciona en los átomos de carbono que soportan las dobles ligaduras de los ácidos grasos.



esta adición es rápida pero no cuantitativa. Para una reacción cuantitativa se emplean monoclóruo o monobromuro de yodo el cual puede obtenerse de diferentes formas, en la técnica aquí empleada se obtiene por la reacción de yodo y cloruro mercúrico:



El monoclóruo de yodo reacciona con las insaturaciones de la siguiente forma:



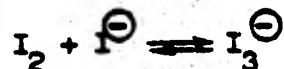
El iodo reacciona con los ácidos grasos y el exceso de iodo se hace reaccionar con una solución de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) de concentración conocida:



usando unas cuantas gotas de solución de almidón como indicador.

El almidón en presencia de un exceso de iodo forma un complejo de iodo-almidón (conocido como "tartrato" en el cual las moléculas de iodo quedan ocluidas en las ramificaciones hidrocarbonadas del almidón), de color azul, por lo tanto al consumirse todo el iodo libre desaparece el color azul que indica el final de la titulación.

Debido a la alta volatilidad del iodo es necesario agregar a las disoluciones que lo contienen yoduro de potasio (KI) para reducir al mínimo, los errores por volatilidad; el ión  $\text{I}_3^-$  que se produce tiene una presión de vapor menor que la del  $\text{I}_2$ .



Se conocen tres métodos para la determinación del índice de iodo:

- 1.- Método de Hölbl
- 2.- Método de Wijs
- 3.- Método de Hanus

La diferencia entre estos métodos se basa en los reactivos empleados y el tiempo de reacción. (44)

El método que se describe a continuación es el de Hübl, que fue el que se utilizó en esta parte experimental.

**Reactivos:**

Cloroformo destilado ( $\text{CHCl}_3$ )

Solución de iodo ( $\text{I}_2$ )

Solución de cloruro mercuríco ( $\text{HgCl}_2$ )

Solución de yoduro de potasio (KI)

Solución de almidón (acuosa)

Solución (acuosa) de tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), decimonormal.

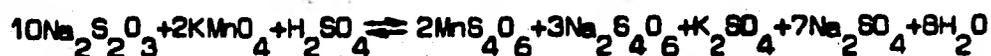
Las reacciones que intervienen en las pruebas para detección del índice de iodo son las siguientes:

1.- La reacción de una solución de permanganato de potasio con oxalato de sodio (para determinar el título de la solución de  $\text{KMnO}_4$ ):

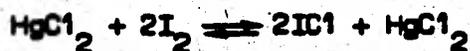


En este método, el oxalato de sodio reduce al permanganato de potasio.

2.- La reacción del permanganato de potasio con tiosulfato de sodio (para conocer el título de la solución de tiosulfato de sodio):

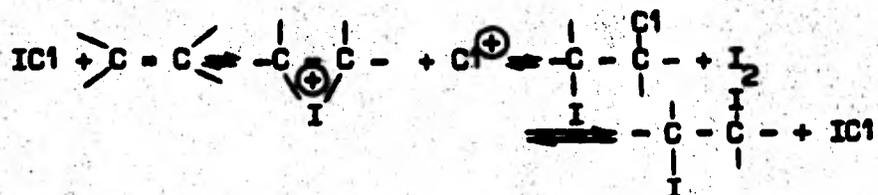


3.- La reacción del cloruro de mercurio (II) con iodo (para producir la especie reactiva, monocloruro de iodo):



Esta es una reacción de óxido-reducción en la que el iodo se oxida ( $\text{I}^0$  a  $\text{I}^{+1}$ ) y el mercurio se reduce ( $\text{Hg}^{2+}$  a  $\text{Hg}^{2-}$ ).

4.- La reacción del monocloruro de iodo, con las insaturaciones de los ácidos grasos:



La reacción del exceso de iodo con tiosulfato de sodio:



En esta reacción el iodo es reducido. El tiosulfato actúa como reductor, oxidándose sus átomos de azufre de  $\text{S}^{2\oplus}$  a  $\text{S}^{2\ 1/2\ \oplus}$  (en promedio).

Preparación de las disoluciones:

Cloroformo.

Se destiló cloroformo a la temperatura de  $54.5^{\circ}\text{C}$ , en la Ciudad - de México (a 585 mm de mercurio, de presión), previamente separada el agua del disolvente, mediante una trampa invertida de Dean-Stark.

Solución de iodo ( $\text{I}_2$ ).

Se disuelven 25 gramos de iodo resublimado, en 500 ml de alcohol etílico puro de  $95^{\circ}$  G.L.

Solución de cloruro mercuríco ( $\text{HgCl}_2$ ).

Se disuelven 30 gramos de cloruro mercuríco en 500 ml de alcohol etílico puro de  $95^{\circ}$  G.L.

Estas dos soluciones ( $\text{I}_2$  y  $\text{HgCl}_2$ ) se mezclan en volúmenes iguales 48 horas antes de ser utilizadas.

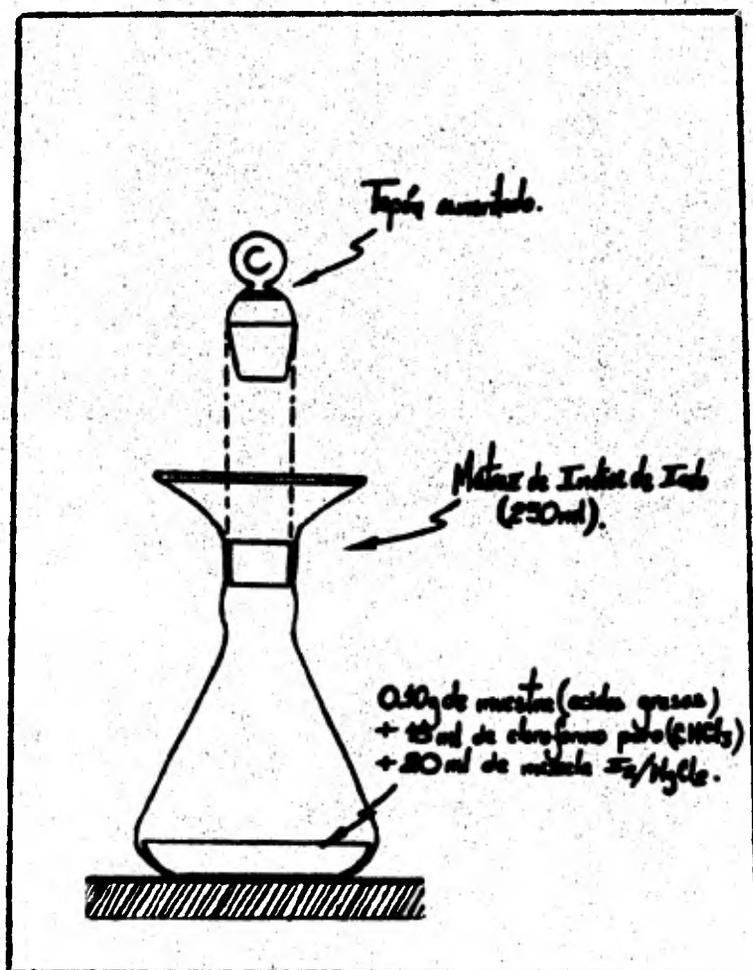
Solución de almidón.

En aproximadamente 200 ml de agua destilada hervida se disuelven de 0.5 a 1.0 gramos de almidón y se calienta a ebullición unos - minutos esta solución. Se deja enfriar.

Luego se valora el exceso de iodo con la solución de tiosulfato de sodio usando la solución de almidón (3 ml), como indicador; el indicador se añade cuando se ha titulado la mayor parte del iodo y la solución sólo presenta un color amarillo paja; al final de la titulación lo indica la desaparición del color azul. (45)

Figura 19

Matraz para Índice de Iodo.



La titulación se realiza con agitación vigorosa para que el iodo que se encuentre en la fase orgánica pase rápido y totalmente a la fase acuosa.

Al tiempo que la determinación se hace con los ácidos grasos, se trabaja con un blanco que sirve de referencia para saber la cantidad de iodo presente en la solución. (46)

La diferencia del volumen de titulante empleado al titular el blanco (llámese "B"), y el volumen empleado en la muestra (llámese "A"), da el volumen correspondiente a la cantidad de iodo adicionado al ácido graso en cuestión.

Esto es (B - A).

Cálculos:

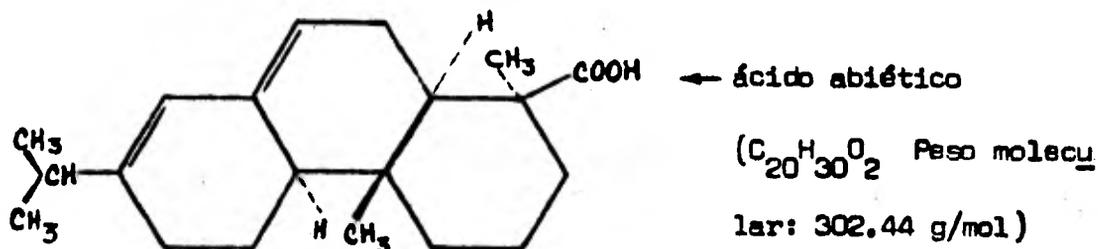
Siendo el peso atómico del iodo (I), 126.9044 g/mol,  $w$  la muestra de ácidos grasos (0.1 g),  $N$  la Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio ( $N = 0.1 N$ ), entonces, el índice de iodo ( $I_1$ ) se determina por: (47)

$$I_1 = \frac{(B - A) N (12.69)}{w}$$

## 2.8 INDICE DE RESINA (Ir).

Se mencionó anteriormente que las resinas, son un tipo de materias saponificables.

Las resinas que se componen principalmente de ácido abiético:



se consideran en general, como de inferior calidad, para la preparación de jabones, aunque estos tienen ciertas propiedades deseables, como son la alta solubilidad, superior acción germicida, alta capacidad para los rellenos de silicato y acción antioxidante en pequeñas concentraciones. (48)

La resina es insoluble en agua, pero soluble en la mayor parte de disolventes orgánicos. Está constituida de aproximadamente 90% de ácidos resínicos y de alrededor de 10% de materiales neutros. (49)

#### Reactivos:

Disolución decimormal de hidróxido de potasio en alcohol etílico. (Titulante).

Fenftaleína alcoholica al 1% (Indicador).

Disolución decimormal de ácido 2 -Naftalensulfónico en alcohol metílico anhidrido.

**Preparación de reactivos:**

Preparación de la disolución de hidróxido de potasio en alcohol -  
etílico. (Ver página de esta tesis).

**Preparación de la solución del ácido 2 -naftalensulfónico:**

Se pesan 11.3125 g de ácido 2 -naftalensulfónico (0.05 moles) y -  
se disuelven en alcohol metílico y se llevan a un aforo de 500 ml  
(1/2 litro), para obtener medio litro de solución decimormal -  
(0.1N) de ácido 2 -naftalensulfónico.

**Procedimiento:**

Se pesan 0.10 g de muestra de ácidos grasos en un matraz bola - -  
Quickfit de 25 ml. de capacidad y ahí mismo se añaden 10 ml. de -  
la solución de ácido 2 naftalensulfónico decimormal.

Se agrega al matraz una pequeña barra magnética.

Se coloca el matraz en una canastilla de calentamiento y se aco-  
pla al matraz un refrigerante para agua Quickfit en posición de -  
reflujo.

Se deja a la solución, permanecer 30 minutos en reflujo, con agi-  
tación constante.

Al término del tiempo indicado se titula el contenido del matraz,  
con hidróxido de potasio (KOH) decimormal (0.1N) como titulante  
y utilizando fenoftaleína etanólica al 1% como indicador, esperan-  
do el virar de incolora al primer tono rosado que persista durante

30 segundos. Simultáneamente con la muestra, se lleva el mismo - proceso con un blanco.

Cálculos:

Si  $A$  es el volumen titulante gastado en la muestra (expresado en ml.);  $B$  el volumen de titulante gastado en el blanco (expresado en ml.);  $N$  la normalidad del hidróxido de potasio (KOH, 0.1N) y  $w$  el peso de la muestra (expresada en gramos) entonces el índice de resina ( $I_r$ ) se expresará como:

$$I_r = \frac{(A - B) (N) (34.60)}{w}$$

donde: A, B se expresan en mililitros ( $A \geq B$ ). (50)

## 2.9 CRDMATOGRAFIA DE GASES.

Conviene determinar la composición promedio de ácidos grasos presentes en cada una de las grasas que se estudian. Se sabe que la composición de una grasa es un rasgo bien característico que ayuda a precisar la naturaleza de dicha grasa y esto puede contribuir a elaborar reglas cualitativas, e incluso parámetros cuantitativos que orienten el criterio para saber qué tan efectivo es el usar - determinadas grasas como materia prima de jabones de tocador.

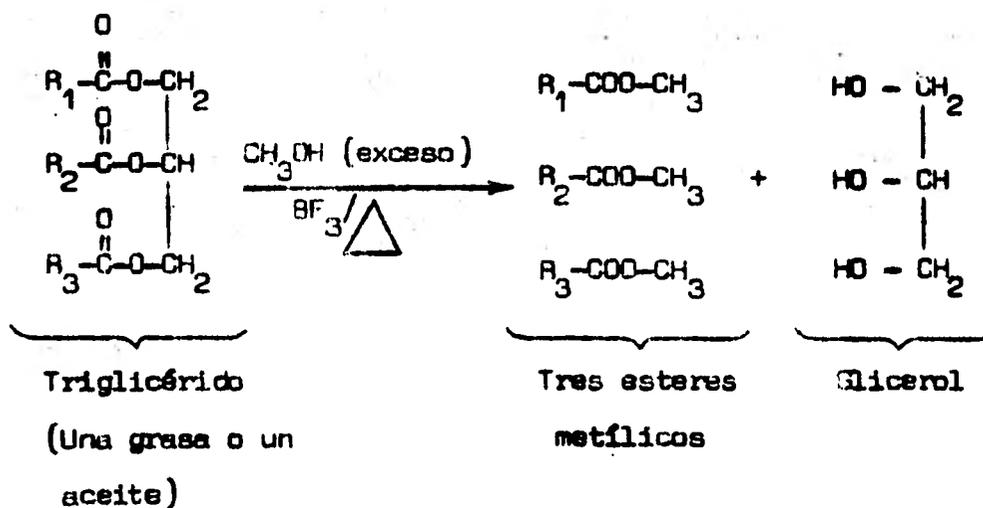
Los diferentes ácidos grasos de una grasa, no se encuentran li - -

bres. El proceso de saponificación ayuda a obtener libres los ácidos grasos de una grasa incluida una posterior acidificación.

Desafortunadamente, la saponificación es muy lenta a temperatura ambiente, y a altas temperaturas los ácidos insaturados manifiestan tendencia a isomerizarse en las posiciones de sus dobles ligaduras; desde luego esto interfiere con el análisis de la grasa.

Así pues, en vez de saponificación, se procede con una "reacción de transesterificación", en la cual un grupo alcohol de un éster es intercambiado por otro.

Si se usa un alcohol monohidroxílico como el metanol, se producirán tres esteres metílicos diferentes y glicerol:



Los esteres metílicos tienen un punto de ebullición mas bajo que el de sus respectivos ácidos grasos y esto facilita su análisis - por cromatografía de gases. (51).

Condiciones de trabajo del aparato:

Columna: 8ft (1/8) in ; acero inoxidable  
Empaque: 20% DEGS CHROM WAW  
DMCS 80/100

Temperaturas:

Columna 175°C  
Inyector 215°C  
Detector 215°C

Gas transportador: Nitrógeno, 30 ml/min.

Velocidad: 0.25 in/min y 0.10 in/min

Cromatogramas obtenidos:

Se obtuvieron cromatogramas de 14 de los jabones enlistados en -  
la página 84 de esta tesis, (excepto el del jabón "Zote").

A continuación se muestran cuatro cromatogramas diferentes. La -  
reseña total de datos proporcionados por los cromatogramas se -  
muestra en la tabla de la página 84 de esta tesis.

Los ácidos grasos que se determinan en la cromatografía común -  
son los siguientes:

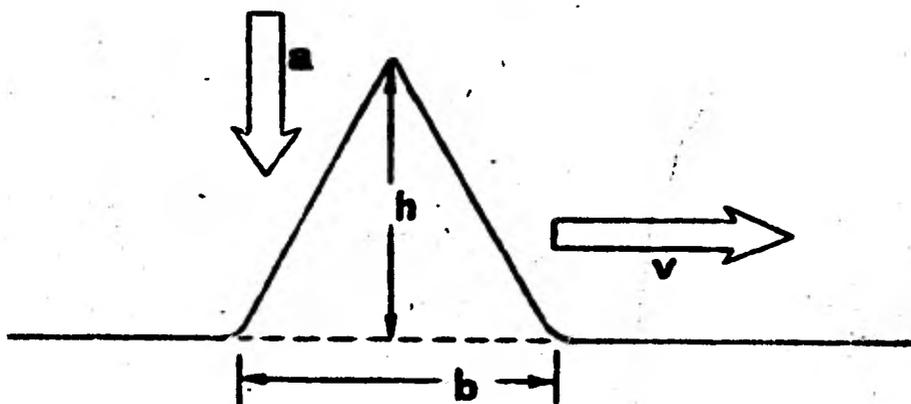
No. de átomos de carbono	Nombre	Fórmula molecular desarrollada	Abreviatura
Acidos C <sub>12</sub>	Laúrico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> COOH	C <sub>12</sub>
Acidos C <sub>14</sub>	Mirístico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> COOH	C <sub>14</sub>
Acidos C <sub>16</sub>	Palmitico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> COOH	C <sub>16</sub>
	Palmitoleico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH=CH-CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH	C <sub>16</sub> <sup>-</sup>
Acidos C <sub>18</sub>	Estearico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH	C <sub>18</sub>
	Oleico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH-CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH	C <sub>18</sub> <sup>-</sup>
	Linoleico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (CH <sub>2</sub> =CH-CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH	C <sub>18</sub> <sup>-</sup>
	Linolénico	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> (CH=CH-CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH	C <sub>18</sub> <sup>≡</sup>
Acidos C <sub>20</sub>	Ricinoleico	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> (CH=CH-CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> COOH	C <sub>20</sub>

### Cálculos:

El área debajo de cada uno de los picos en un cromatograma de gases, es proporcional a la cantidad (en moles) de compuesto eluido. De aquí que la composición de la mezcla (en porcentajes molares) pueda ser expresada aproximadamente por la comparación relativa de las áreas de los picos.

Para cada uno de los picos de cada cromatograma se han de tomar - en cuenta cuatro factores (cada pico puede considerarse, sin cometer mucho error, como un triángulo):(52)

- b.- Base geométrica del triángulo.
- h.- Altura geométrica del triángulo. (Base y altura se miden con una regla graduada sobre el cromatograma)
- v.- Velocidad
- a.- Amortiguamiento o atenuación. (velocidad y amortiguamiento son variables regulables en el cromatógrafo y se reportan - en cada cromatograma.)



Así pues, para cada pico, podemos calcular su área geométrica mediante la expresión:

$$A_1 = \frac{b \times h}{2} = \text{Área calculada (área geométrica)}$$

Pero esta área  $A_1$ , no incluye la velocidad ni la atenuación; la - corrección de  $A_1$  es la siguiente:

$$A_2 = A_1 \times a \left( \frac{1}{v} \right) = \frac{b \times h \times a}{2v} = (ahb/2v)$$

luego el área correcta, debajo de cada curva (pico) es:

$$A_2 = \frac{ahb}{2v}$$

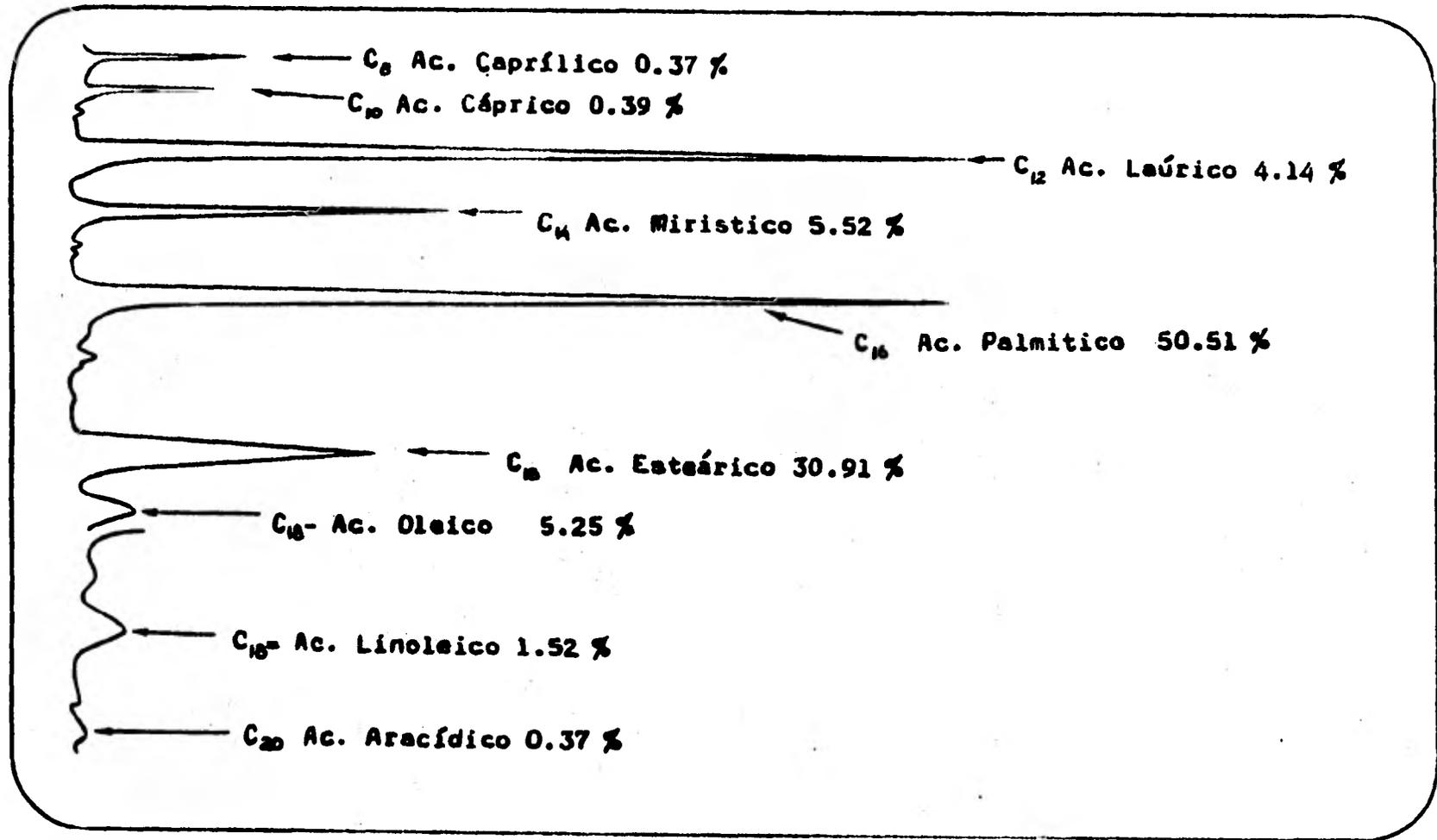
Si en el cromatograma hay "n" picos, el Area total ( $A_t$ ) será:

$$A_t = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left( \frac{a h b}{v} \right)_i = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (A_2)_i$$

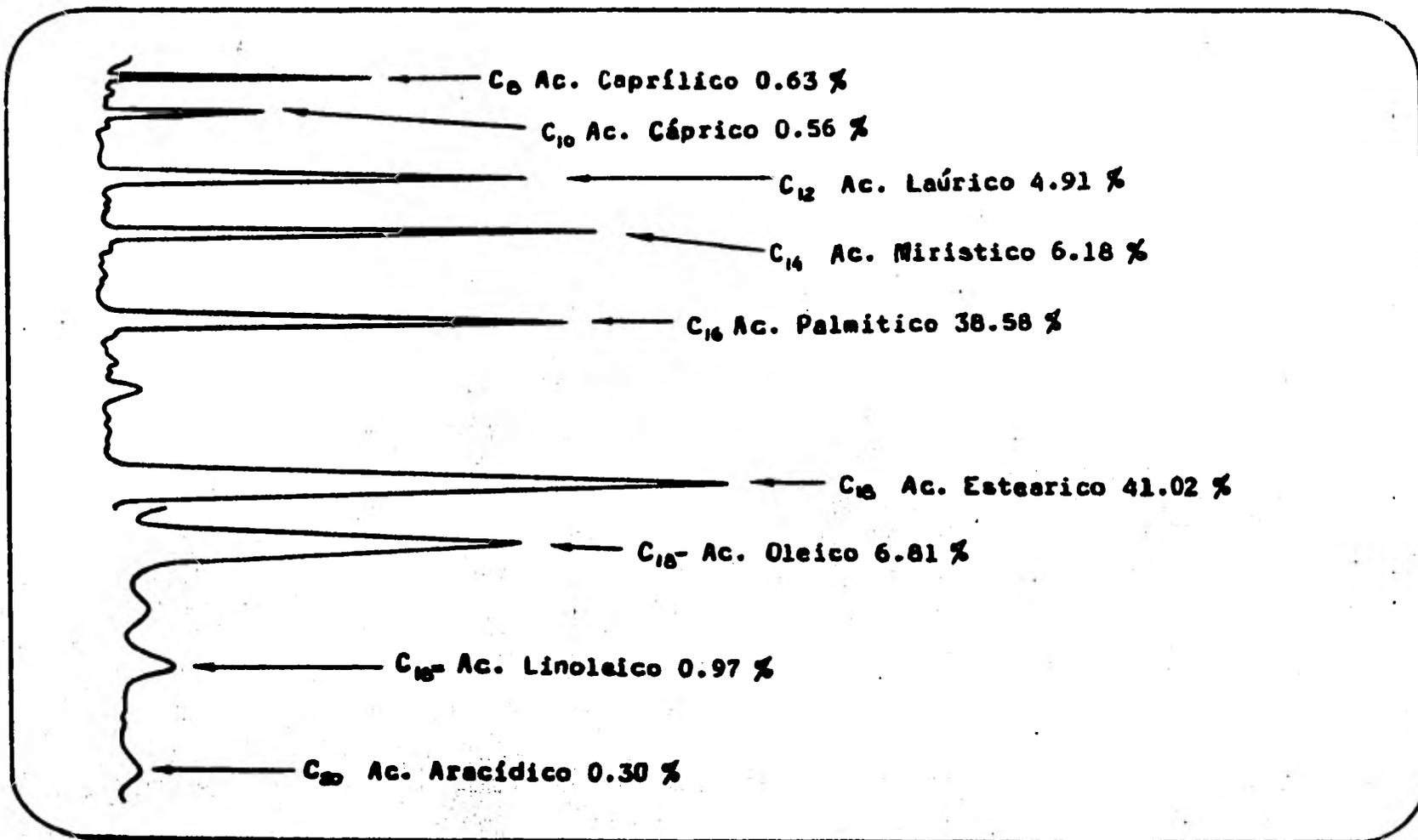
Y el "tanto por ciento" ( $r_i\%$  o porcentaje molar) de cada compuesto "i" será:

$$r_i\% = \left( \frac{A_{2i}}{A_t} \right) \times 100$$

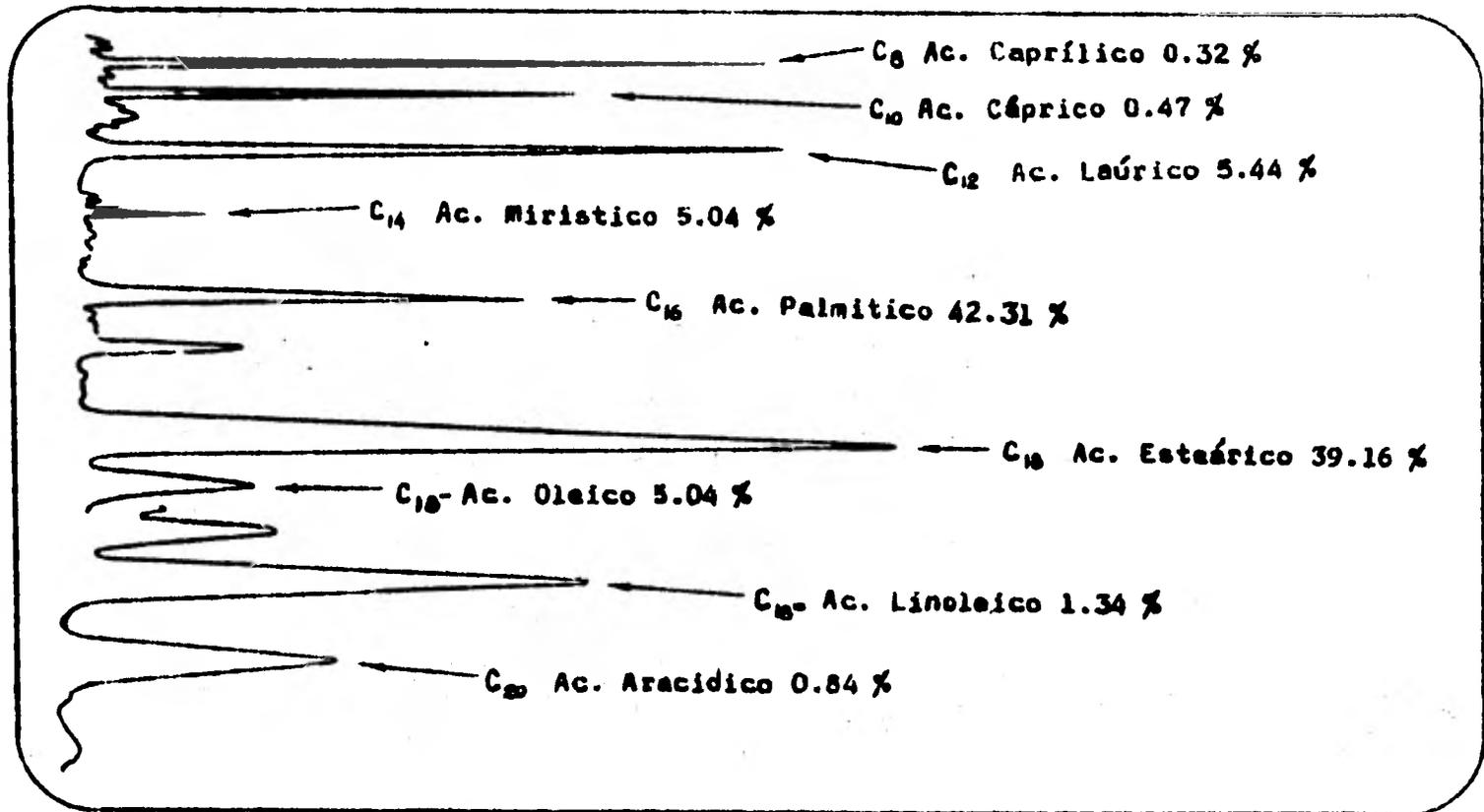
JABON LUX



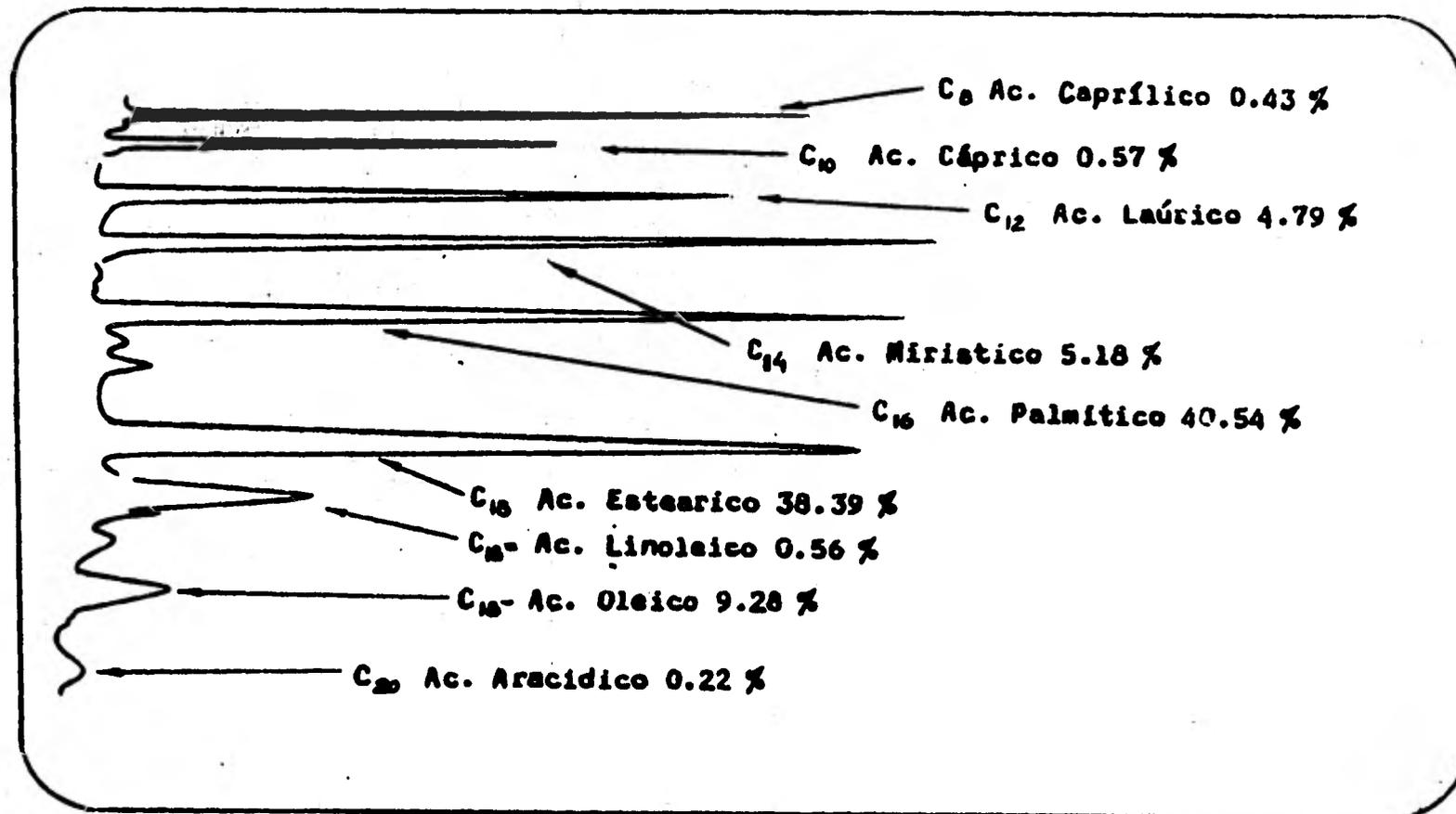
JABON NORDIKO



JABON REXONA



JABON TEPEYAC



## C A P I T U L O I I I

### " RESULTADOS Y COMENTARIOS "

Antes de exponer directamente los diversos resultados que se obtuvieron en el desarrollo de la Parte Experimental, conviene explicar con un poco más de detalle los objetivos de esta tesis, que ya fueron expuestos de manera general en la Introducción de este trabajo. Además esto podrá ilustrar o aclarar el orden que se escogió para presentar los resultados experimentales.

#### 3.1 PARTICULARIZACION DE LOS OBJETIVOS DE ESTA TESIS.

Ya adentrados en las ideas de lo que son los jabones, los ácidos grasos, las grasas, los índices de ácido, saponificación, iodo y resina, es posible expresar de forma más particular o concreta, los fines que se persiguen con toda esta labor.

Se desea, como un aspecto práctico de esta tesis, el establecer ciertas reglas que faciliten determinar la calidad de la materia grasa de los jabones de tocador.

Dicho en otras palabras, se quieren hallar ciertos intervalos numéricos que regulen el marco de referencia para todas y cada una de las pruebas realizadas en esta tesis\*. Así por ejemplo, para el Índice de ácido ( $I_a$ ) existe un valor " $I_{a_m}$ " (Índice de ácido mínimo) y otro valor " $I_{a_M}$ "

(\*). Excluyendo la cromatografía de gases.

ácido mínimo) y otro valor " $I_{am}$ " (Índice de ácido máximo) de tal manera que cualquier valor de Índice de ácido " $I_{aj}$ " de materia - grasa destinada a ser materia prima para jabón de tocador, cumpla la condición:

$$I_{am} \leq I_{aj} \leq I_{am}$$

De la misma manera que se ha razonado para el índice de ácido - ( $I_a$ ), se piensa establecer reglas análogas para el índice de saponificación:

$$I_{sm} \leq I_{sj} \leq I_{sm}$$

para el Índice de iodo:

$$I_{im} \leq I_{ij} \leq I_{im}$$

y para el Índice de resina:

$$I_{rm} \leq I_{rj} \leq I_{rm}$$

Pero hay entonces el cuestionamiento: ¿Qué valores  $I_{am}$ ,  $I_{aj}$ ,  $I_{sm}$ ,  $I_{im}$ ,  $I_{ij}$ ,  $I_{rm}$  y  $I_{rj}$  satisfacen las condiciones señaladas?

Precisamente es en este trabajo en donde se trata de determinar - tales parámetros.

Al realizarse las primeras cuatro pruebas citadas en el capítulo - anterior (Parte Experimental) para cada una de las marcas de jabón, dos veces cada una de las dos tandas, se obtienen 240 resultados - experimentales (o datos numéricos), correspondiendo 60 de ellos al Índice de ácido ( $I_a$ ); 60 al Índice de saponificación ( $I_s$ ); 60 al - Índice de iodo ( $I_i$ ) y 60 al Índice de resina ( $I_r$ ).

Considérense además los 126 datos numéricos obtenidos en la crómica tografía de gases, de 14 de los 15 jabones.

### 3.2 TABLAS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES.

En las tablas siguientes se han ordenado los datos obtenidos para cada una de las pruebas de la Parte Experimental.

Para las pruebas de Índice de ácido, de saponificación, de iodo y de resina, las tablas de resultados muestran ocho columnas.

La primera columna indica el nombre del jabón del cual se han hecho las pruebas sobre su materia grasa.

Las siguientes dos columnas (señaladas con sub-índices 1 y 2) se refieren a los resultados obtenidos para las dos veces que se hizo la prueba respectiva, en la primera tanda.

Las otras dos columnas siguientes (señaladas con sub-índices 3 y 4) se refieren a los resultados obtenidos para las dos veces que se hizo la prueba respectiva en la segunda tanda.

La sexta columna (señalada con un sub-índice "m"; (eme minúscula) incluye los valores mínimos de cada uno de los grupos de cuatro - datos obtenidos para cada una de las marcas de jabón, en dicha - prueba.

La séptima columna (señalada con un sub-índice "M"; (eme mayúscula) incluye los valores máximos de cada uno de los grupos de cuatro da tos obtenidos para cada una de las marcas de jabón, en dicha prueba.

La octava columna incluye el valor promedio de los resultados numéricos registrados en las columnas segunda, tercera, cuarta y quinta. (este valor promedio se refiere al promedio aritmético)

Las tablas de resultados obtenidos se presentan en el siguiente -  
orden:

- 1.- Índice de ácido ( $I_a$ )
- 2.- Índice de saponificación ( $I_s$ )
- 3.- Índice de iodo ( $I_i$ )
- 4.- Índice de resina ( $I_r$ )
- 5.- Cromatografía de gases.

TABLAS DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

1.- Índice de ácido ( $I_a$ ).

80. 1.-	MARCA DEL JABON	$I_a$		$I_a$		$I_a$		
		$I_{a_1}$	$I_{a_2}$	$I_{a_3}$	$I_{a_4}$	$I_{a_m}$	$I_{a_M}$	$\langle I_a \rangle$
1.-	ALIANZA	200.968	212.759	203.586	206.045	200.968	212.759	205.839
2.-	CAMAY	208.653	200.806	207.207	209.496	200.806	209.496*	206.540
3.-	COLGATE	219.120	224.570	207.637	207.826	207.637*	224.570	214.788
4.-	DARLING	171.890	170.099	240.762	203.670	170.099	204.762*	187.605
5.-	DIAL	226.261	231.153	204.733	201.373	201.373	231.153	215.880
6.-	ESCUIDO	210.291	207.700	216.133	213.790	207.700*	216.133	211.978
7.-	LUX	203.812	203.554	213.237	210.757	203.554*	213.237	207.840
8.-	MARSEILLAISE	167.482	172.824	175.863	186.987	167.482	186.987*	175.789
9.-	NORDIKO	212.143	205.169	213.834	209.222	205.169*	213.834	210.092
10.-	PALMOLIVE	169.168	204.205	222.321	218.261	169.168	222.321	203.488
11.-	PANDO	203.544	206.827	201.385	200.411	200.411	206.827*	203.041
12.-	REXONA	173.583	216.640	217.224	213.430	173.583	217.224	205.219
13.-	ROSA VENUS	164.661	205.726	214.434	212.618	164.661	216.434	199.359
14.-	TEPEYAC	200.696	205.294	215.580	217.257	200.696	217.257	209.706
15.-	ZOTE	226.259	226.162	231.827	229.135	226.162	231.827	228.345

En las notaciones anteriores, los símbolos se refieren a lo siguiente:

m.- mínimo                      M.- máximo                      < >.- promedio

El menor de todos los mínimos es: 164.661

El mayor de todos los máximos es: 231.827

Las correcciones se han hecho eliminando los datos con asterisco (\*).

2.- Índice de saponificación ( $I_s$ ).

n.	MARCA DEL JABÓN	$I_s$			$I_s_m$	$I_s_M$	$\langle I_s \rangle$	
		$I_{s_1}$	$I_{s_2}$	$I_{s_3}$				$I_{s_4}$
1.-	ALIANZA	230,305	228,654	244,495	265,414	228,654*	265,414*	242,217
2.-	CAMAY	208,613	211,806	261,281	265,235	208,613	265,235*	236,733
3.-	COLGATE	230,153	217,070	256,190	258,556	217,070*	258,556*	240,492
4.-	DARLING	226,117	222,110	271,215	265,505	222,110*	271,215	240,236
5.-	DIAL	208,231	223,428	251,003	271,524	208,231	271,524	238,546
6.-	ESQUIDO	201,524	206,809	281,762	269,949	201,524	281,762	240,011
7.-	LIX	214,065	210,746	287,851	279,275	210,746	287,851	247,984
8.-	MARSEILLAISE	201,960	223,928	254,814	223,992	201,960	254,814*	226,173
9.-	NORDIKO	207,266	214,344	249,264	263,451	207,266	263,451*	233,581
10.-	PALMOLIVE	214,101	207,480	276,586	268,536	207,480	276,586	241,675
11.-	PANDO	200,955	216,122	255,420	269,280	200,955	269,280	235,444
12.-	REXONA	224,400	215,333	296,852	283,208	215,333	296,852	254,940
13.-	ROSA VENUS	219,057	229,837	286,696	296,640	219,057*	296,640	258,057
14.-	TEPEYAC	197,300	218,166	268,650	275,264	197,300	275,264	239,845
15.-	ZOTE	222,012	230,580	283,104	290,906	222,012*	290,906	256,65

En las notaciones anteriores, los símbolos se refieren a lo siguiente:

m.- mínimo                      M.- máximo

El menor de todos los mínimos es: 197,300

El mayor de todos los máximos es: 296,852

Las correcciones se han hecho eliminando los datos con asterisco (\*).

82.

3.- Índice de jabón ( $I_1$ ).

	MARCA DEL JABON	$I_{11}$	$I_{12}$
1.-	ALIANZA	1.956	1.900
2.-	CAMAY	27.529	26.681
3.-	COLGATE	31.534	30.951
4.-	DARLING	39.060	37.544
5.-	DIAL	25.480	23.757
6.-	ESCUDDO	29.545	37.125
7.-	LUX	29.135	20.0
8.-	MARSEILLAISE	20.00	20.356
9.-	NORDIKO	32.335	37.707
10.-	PALMOLIVE	40.625	40.018
11.-	PANDO	35.087	38.805
12.-	REXONA	37.194	26.872
13.-	ROSA VENUS	23.195	23.670
14.-	TEPEYAC	34.581	34.263
15.-	ZOTE	19.667	32.370

	$I_{13}$	$I_{14}$
	2.7874	3.300
	33.496	32.741
	40.0	40.0
	27.905	28.071
	38.710	32.0
	33.455	33.422
	32.370	34.845
	21.398	23.991
	36.830	38.334
	35.151	34.575
	44.166	45.637
	31.811	29.575
	24.834	18.273
	35.574	37.660
	22.467	26.0

	$I_{1m}$	$I_{1M}$	$\langle I_1 \rangle$
	1.900	3.300*	2.485
	26.681	22.496*	30.111
	30.951*	40.00	35.621
	27.905	39.060	33.145
	23.757	38.710	29.986
	29.545	37.125	33.86
	29.0	34.845	31.337
	20.00	23.991*	21.436
	32.335*	38.334	36.301
	34.575*	40.625	37.592
	35.087*	45.637	40.923
	26.872	37.194	31.363
	18.273	24.834*	22.493
	34.263*	37.660	35.519
	19.667	32.370*	25.126

En las notaciones anteriores, los símbolos se refieren a lo siguiente:

m.- mínimo                      M.- máximo                       $\langle \rangle$ .- promedio

El menor de todos los mínimos es: 1.900

El mayor de todos los máximos es: 45.637

Las correcciones se han hecho eliminando los datos con asteriscos (\*)

83.

4.- Índice de resina ( $I_r$ ).

	MARCA DEL JABON	$I_{r_1}$	$I_{r_2}$	$I_{r_3}$	$I_{r_4}$	$I_{r_m}$	$I_{r_M}$	$\langle I_r \rangle$
1.-	ALIANZA	0.000	0.000	0.628	0.761	0.000	0.761*	0.347
2.-	CAMAY	0.000	2.706	1.600	0.000	0.000	2.706	1.076
3.-	COLGATE	0.266	0.00	2.932	2.880	0.000	2.932	1.519
4.-	DARLING	0.000	0.000	2.100	0.000	0.000	2.100	0.525
5.-	DIAL	0.000	0.000	2.176	1.890	0.000	2.176	1.016
6.-	ESCUJO	5.657	0.881	0.000	3.217	0.000	5.657	2.438
7.-	LUX	4.235	0.000	2.746	1.142	0.000	4.235	2.030
8.-	MARSEILLAISE	0.000	2.854	0.380	3.648	0.000	3.648	1.720
9.-	NORDIKO	0.000	0.437	0.000	1.193	0.000	1.193*	0.407
10.-	PALMOLIVE	4.932	0.000	0.475	2.610	0.000	4.932	2.004
11.-	PANDO	6.124	4.3114	0.000	3.580	0.000	6.124	3.503
12.-	REXONA	6.535	0.000	6.150	2.469	0.000	6.535	3.788
13.-	ROSA VENUS	0.392	0.000	0.717	0.999	0.000	0.999*	0.527
14.-	TEPEYAC	6.661	3.003	0.000	0.000	0.000	6.661	2.416
15.-	ZOTE	0.349	3.558	0.136	7.945	0.136	7.945	2.997

En las notaciones anteriores, los símbolos se refieren a lo siguiente

m.- mínimo

M.-máximo

$\langle \rangle$ .-promedio

El menor de todos los mínimos es: 0.000

El mayor de todos los máximos es: 7.945

Las correcciones se han hecho eliminando los datos con asterisco (\*)



### 3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

El ordenamiento de los resultados obtenidos en las tablas ayuda al propósito que se pretende.

Se esquematizará para el Índice de ácido la simple idea por la cual se han determinado los parámetros  $Ia_m$  y  $Ia_M$ .

Como se ha procedido a manejar los datos del Índice de ácido, de igual forma se ha procedido con los datos de las demás pruebas.

El "universo de datos" de Índice de ácido de trabajo experimental de esta tesis, lo forma el conjunto de "N" datos, siendo  $N=60$ .

La idea más simple para determinar  $Ia_m$  sería buscar en la sexta columna, que corresponde a la columna de mínimos, el valor de Índice de ácido más pequeño de todos; esto es 164.661.

Análogamente, para determinar  $Ia_M$ , nos encontramos el valor de 231.827, como el más grande de la séptima columna.

Es obvio, que cualquier dato de Índice de ácido, que pertenezca al universo citado, caerá siempre en el intervalo:

$$164.661 \leq Ia_j \leq 231.827$$

Con esto, el problema de determinar los parámetros  $Ia_m$  (=164.661) y  $Ia_M$  (=231.827), quedaría resuelto.

Sin embargo; es natural suponer que cualquier dato de Índice de ácido que no pertenezca a este universo de datos (propio tan sólo en esta tesis) puede tener dos alternativas: primera, que quede incluido en la regla anterior; segunda, que no quede incluido. - ¿Qué probabilidad hay para cualquiera de los dos casos?

No se puede saber, al menos con tan sólo estos datos.

Los valores 164.661 y 231.827 no tienen ninguna confiabilidad, - como para elegirles de límites en la regla que se desea establecer, ya que es muy factible, que sólo por casualidad son el menor y el mayor respectivamente, de todo el universo en este experimento.

Por esta razón no conviene darles tal crédito de confianza a los valores 164. 661 y 231.827.

Se debe ensayar algún medio diferente.

Otra idea menos simple, pero no complicada, es la de determinar - el valor promedio de todos los índices de ácido menores; esto es, hallar el valor  $\langle Ia_m \rangle$  que es promedio aritmético de los quin ce datos de la sexta columna:

$$\langle Ia_m \rangle = (1/n) \sum_{k=1}^{n=15} (Ia_m)_k = 2899.465/15 = 193.297$$

De igual modo, podremos evaluar el valor promedio de todos los índices de ácido mayores, o sea el promedio, de los quince datos en la séptima columna:

$$\langle I_{a_M} \rangle = (1/n) \sum_{k=1}^{n=15} (a_{M_k}) = 3222.821/15 = 214.854$$

Y entonces hallamos otros nuevos límites del intervalo:

$$193.297 \leq I_{a_j} \leq 214.854$$

Se observa que el intervalo definido por estos límites, es más estrecho que el anterior. El intervalo inicial incluía 67.166 unidades de extensión, siendo que este nuevo intervalo se reduce al -- 21.557 unidades de extensión, esto es 45.609 unidades más pequeño que el primero; (esto es una reducción en un 67.9% de extensión).

Al hacer un breve análisis del nuevo intervalo, se observa que:

- A) Nueve datos, del universo de N=60 datos, quedan por debajo del límite inferior ( $\langle I_{a_m} \rangle = 193.297$ ) o sea difieren por defecto a la regla. Nueve datos de los 60 representan un 15% de N, o sea 0.150N.
- B) Quince datos, del universo de N=60 datos, quedan por arriba del límite superior ( $\langle I_{a_M} \rangle = 214.854$ ) o sea difieren por exceso a la regla. Quince datos de los 60 representan un 25% de N, o sea 0.250N.

C) En consecuencia  $0.150N + 0.250N = 0.400N$  ó 40% de los 60 datos del universo, no son incluidos en la regla.

Cuarenta por ciento de falla en la regla, es apreciable.

Esto obliga a que se reconsidere el proceder para evaluar los límites  $I_{a_m}$  y  $I_{a_M}$ .

Se pueden hacer algunos ajustes y correcciones que afinen la exactitud de la regla. A continuación se menciona uno de tales ajustes.

De los quince datos de la columna sexta, el análisis estadístico - revela que algunos de los datos se disparan de la media y además, - se espera que con la corrección el límite inferior disminuya; en consecuencia los datos de alto valor -dentro de la columna de mínimos- deben descartarse (señalados con asterisco) y redeterminar el promedio aritmético (53) de todos los demás:

$$\text{mínimo corregido} = \frac{1849.247}{10} = 184.924 (*)$$

Por otro lado, la corrección debe conducir a un aumento del límite superior, a fin de optimizar la eficiencia del intervalo, de tal manera que los datos de bajo valor, en la séptima columna (señalados con asterisco) deben descartarse y también redeterminar el promedio aritmético de los restantes:

$$\text{máximo corregido} = \frac{214.7492}{11} = 219.522$$

Así pues el siguiente nuevo intervalo, que incluye una corrección, será:

$$184.924 \leq I_{a_j} \leq 219.522$$

el cual comprende 34.598 unidades de extensión (13.041 unidades - mayor que el anterior y 32.568 unidades menor que el primero).

Con respecto a este último intervalo, se observa que ocho datos - (13% de N) difieren por defecto y siete datos (12% de N) difieren por exceso; esto se refiere a que  $0.250N$  no son incluidos en esta regla, o dicho de otro modo, la regla:

$$184.924 \leq I_{a_j} \leq 219.522$$

predice 75% de los casos expuestos en la Parte Experimental de esta tesis.

La corrección fue útil, pues amplió el intervalo y en consecuencia aumentó la eficiencia.

Evidentemente, el intervalo ideal:

$$I_{a_m} \leq I_{a_j} \leq I_{a_M}$$

- (\*) Los datos que se disparan tienen una mayor desviación relativa. Si el propósito fuese minimizar la variancia debieran eliminar se los valores muy excedentes y también los muy defectivos, - pero tan sólo se decide hacerlo con los excedentes a fin de ba jar más el límite inferior del intervalo.

que tienen 100% de eficiencia no es algo simple de determinar. Se requiere un trabajo extenso en cantidad de datos por acumular y - profundo en calidad; con el mínimo de errores experimentales y el máximo de correcciones apropiadas.

Lo mencionado hasta el momento puede resumirse en tablas.

Nota. En las tablas que a continuación se presentan, se han usado las siguientes literales y signos para esquematizar las siguientes ideas:

<u>Símbolo</u>	<u>Idea</u>
A.-	Número del ensayo.
B.-	Procedimiento usado en el ensayo. Fueron tres procedimientos; a saber:
P(I).-	Simple elección del menor y del mayor de todos los datos incluidos en el universo de N elementos. (N=60 datos en cada una de las pruebas de la Parte Experimental de esta tesis).
P(II).-	Determinación de los promedios aritméticos de todos los mínimos y de todos los máximos (en las sexta y séptima columnas de cada una de las tablas de resultados).
P(III).-	Corrección estadística del procedimiento P(II).
C.-	Regla (intervalo que se concluye).
D.-	Extensión del intervalo. (expresado en las unidades propias de cada parámetro)

E.-	Confiabilidad de la regla deducida. (expresada en porcentaje de casos predecibles por la regla, dentro del universo de $N$ elementos)
F.-	Cuantificación de fallas (por defecto y por exceso). Se refiere al porcentaje de casos que no son predecibles por la regla.

1.- Índice de ácido ( $I_a$ ).

A	B	C	D	E	F
1o.	P(I)	$164.661 \leq I_{a_j} \leq 231.827$	67.166u	* (?)	No determinadas (?)
2o.	P(II)	$193.297 \leq I_{a_j} \leq 214.854$	21.557u (a)	60%	15% (9 datos) por defecto. 25% (15 datos) por exceso.
3o.	P(III)	$184.924 \leq I_{a_j} \leq 219.522$	34.598u (b)	75%	13% (8 datos) por defecto. 12% (7 datos) por exceso.

2.- Índice de saponificación ( $I_s$ ).

A	B	C	D	E	F
1o.	P(I)	$197.30 \leq I_{s_j} \leq 296.852$	99.552u	(* (?)	No determinadas (?)
2o.	P(II)	$211.220 \leq I_{s_j} \leq 242.572$	31.352u (c)	65%	15.6% (10 datos) por defecto. 18.4% (11 datos) por exceso.
3o.	P(III)	$205.940 \leq I_{s_j} \leq 281.788$	75.848u	83.3%	6.7% (4 datos) por defecto. 10% (6 datos) por exceso.

Notas: La  $u$  en la columna  $D$  se refiere a las unidades propias de cada índice o parámetro.

(a).- Este intervalo es 45.609u más pequeño que el primero. (b).- Este intervalo es 13.041u mayor que el 2o. y 32.568u menor que el primero. (c) Este intervalo es 68.2u más pequeño que el primero. (d).- Este intervalo es 44.496u - más grande que el segundo y 23.704u más pequeño que el primero.

(\*).- No determinado.

3.- Índice de todo ( $I_t$ ).

A	B	C	D	E	F
1o.	P(I)	$1.900 \leq I_{tj} \leq 45.637$	43.737u	(*) (?)	No determinadas (?)
2o.	P(II)	$26.054 \leq I_{tj} \leq 35.792$	9.738u (e)	46.7%	29.3% (17 datos) por defecto 25% (15 datos) por exceso
3o.	P(III)	$22.360 \leq I_{tj} \leq 38.919$	16.555u (f)	76.7%	15.0% (9 datos) por defecto. 8.3% (5 datos) por exceso

4.- Índice de resina ( $I_r$ ).

A	B	C	D	E	F
1o.	P(I)	$0.00 \leq I_{rj} \leq 7.945$	7.945u	(*) (?)	No determinadas (?)
2o.	P(II)	$0.00 \leq I_{rj} \leq 3.906$	3.906u (g)	85%	0.0% (0 datos) por defecto. 8.3% (5 datos) por exceso.
3o.	P(III)	$0.00 \leq I_{rj} \leq 4.637$	4.637 (h)	88.4%	0.0% (0 datos) por defecto. 11.6% (7 datos) por exceso.

Notas: La (u) en la columna (D) se refiere a las unidades propias de cada índice o parámetro.

(e).- Este intervalo es 33.999u más pequeño que el primero. (f).- Este intervalo es 6.821u más grande que el 2o. y 27.178u más pequeño que el primero. (g).- Este intervalo es 4.039u más pequeño que el primero. (h).- Este intervalo es - 0.731u más grande que el 2o. y 3.308u más pequeño que el primero.

(\*) No determinado.

### 3.4 LAS TABLAS REPORTADAS EN LA LITERATURA QUÍMICA.

Es interesante, a la vez que últi. el tener información que permita orientar y/o saber la trascendencia e importancia de los datos obtenidos en el experimento.

\* Se piensa que la información que proporcionan las tablas en la literatura química, sobre este tema pueden servir al respecto.

Se consultaron algunas tablas, que incluyen de manera parcial -para efectos de este trabajo- datos sobre Índices de ácido, de saponificación, de iodo y composición promedio de ácidos grasos presentes en algunas grasas naturales, procedentes de animales y de vegetales.

\* Se han reunido los datos de diferentes tablas de la literatura, en una sola tabla, que se presenta a continuación.

La tabla incluye datos sobre 37 grasas y aceites naturales.

Tabla de datos reportados en

la literatura.

Parte 1

Síntesis de los datos sobre Índice de Acido (Ia), Índice de Saponificación (Is), Índice de Iodo (Ii) y composición promedio de ácidos grasos (expresada en porcentaje) para diferentes tipos comunes de grasas y aceites, reportadas en la literatura.

		GRASA ó ACEITE	FUENTE (Nombre científico)	
1	ANIMALES	TERRESTRES	Grasa de mantequilla de vaca	<i>Bos taurus</i>
2			Grasa de reserva en el ser humano	<i>Homo sapiens</i>
3			Aceite de manteca de cerdo	<i>Sus scrofa</i>
4			Aceite de pata de vaca	<i>Bos taurus</i>
5			Sebo de vaca	<i>Bos taurus</i>
6			Sebo de carnero	<i>Ovis aries</i>
7	ANIMALES	MARINOS	Aceite de hígado de bacalao	<i>Gadus morhua</i>
8			Aceite de arenque	<i>Clupea harengus</i>
9			Aceite de sábalo	<i>Brevoortia tyrannus</i>
10			Aceite de sardina	<i>Sardinops caerulea</i>
11			Aceite de ballena (cuerpo)	<i>Physeter macrocephalus</i>
12			Aceite de ballena (cabeza)	<i>P. macrocephalus</i>
13		Grasa de ballena	<i>Balaena mysticetus</i>	
14	PLANTAS	"Babassu oil"	<i>Attalea funifera</i>	
15		Aceite de ricino	<i>Ricinus communis</i>	
16		Manteca de cacao	<i>Theobroma cacao</i>	
17		Aceite de coco	<i>Cocos nucifera</i>	
18		Aceite de maíz	<i>Zea mays</i>	
19		Aceite de semillas de algodón	<i>Gossypium hirsutum</i>	
20		Aceite de linaza	<i>Linum usitatissimum</i>	
21		Aceite de mostaza	<i>Brassica hirta</i>	
22		"Neem oil"	<i>Melia azadirachta</i>	
23		Aceite de semilla nigerina	<i>Guizotia abyssinica</i>	
24		"Oiticica oil"	<i>Licania rigida</i>	
25		Aceite de oliva	<i>Olea europaea sativa</i>	
26		Aceite del Senegal (de palma)	<i>Elaeis guineensis</i>	
27		Aceite de grano de palmera (dátil)	<i>E. guineensis</i>	
28		Aceite de cacahuete	<i>Arachis hypogaea</i>	
29		Aceite de perilla	<i>Perilla frutescens</i>	
30		Aceite de semilla de amapola	<i>Papaver somniferum</i>	
31	Aceite de colza	<i>Brassica Campestris</i>		
32	Aceite de cártamo	<i>Carthamus tinctorius</i>		
33	Aceite de ajonjolí	<i>Sesamum indicum</i>		
34	Aceite de soya	<i>Glycine soja</i>		
35	Aceite de semilla de girasol	<i>Helianthus annuus</i>		
36	Aceite de aleurita (bosque chino)	<i>Aleurites fordii</i>		
37	aceite de germen de trigo	<i>Triticum aestivum</i>		

Tabla de datos reportados en  
la literatura.

## Parte 2

	Ia		Is		Ii		ACIDOS GRASOS SATURADOS (sin 3-					
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)	(c)	Láurico		Mirístico		b)
								(b)	(c)	(b)	(c)	
1	-	-	-	227	-	36.1	7-10	2.5	2.3	11.1	7-9	29.0
2	-	-	193-200	196.2	57-73	67.6	-	-	-	2.7	-	24.0
3	-	-	-	194.6	-	58.6	-	-	-	1.3	1-2	26.3
4	0.1-0.6	-	193-199	190-199	57.5-75	69-76	-	-	-	-	-	17-18
5	0.25	-	196-200	197	354-42	49.5	-	-	-	5.3	2-3	27.4
6	-	-	-	194	-	40.0	-	-	-	4.6	-	24.6
7	5.6	-	171-189	186	137-166	165	-	-	-	5.8	-	8.4
8	-	-	-	192	-	140	-	-	-	7.3	-	13.0
9	-	-	-	191	-	170	-	-	-	5.9	-	16.3
10	-	-	-	191	-	185	-	-	-	5.1	6-8	14.6
11	13.2	-	120-137	122-130	80-84	76-88	-	1.0	-	5.0	-	6.5
12	-	-	-	140-144	-	70	-	16	-	14.0	-	8.0
13	1.9	-	160-202	195	90-146	120	-	0.2	-	9.3	4-5	15.6
14	-	-	-	247	-	15.5	-	44.1	-	15.4	-	8.5
15	-	-	-	180.3	-	85.5	-	2.4	-	2.4	-	2.4
16	1.1-19	-	193-195	193.8	326-417	36.5	-	-	-	-	-	24.4
17	-	-	-	268.0	-	10.4	10-22	45.4	45-51	18.0	17-20	10.5
18	-	-	-	192.0	-	22.6	-	-	-	1.4	0-2	10.2
19	0.6-0.9	-	194-196	194.3	103-113	105.7	-	-	-	1.4	0-2	23.4
20	1-3.5	-	188-193	190.3	175-202	78.7	-	-	-	-	-	6.3
21	-	-	-	174.0	-	102	-	-	-	1.3	-	-
22	-	-	-	194.5	-	71.0	-	-	-	2.6	-	14.1
23	-	-	-	190.0	-	128.5	-	-	-	3.3	-	8.2
24	-	-	-	-	-	-	-	11.3	-	11.3	-	11.3
25	0.3-1.0	-	185-196	189.7	79-88	81.1	-	-	-	-	0-1	6.9
26	10	-	200-203	199.1	422-509	54.2	-	-	-	1.4	1-3	40.1
27	-	-	243-255	219.9	105-175	37.0	-	46.9	-	14.1	-	8.7
28	-	-	-	192.1	-	93.4	-	-	-	-	-	8.3
29	-	-	-	192.0	-	195.0	-	9.6	-	9.6	-	9.6
30	-	-	-	194.0	-	135.0	-	(9.6)	-	(9.6)	-	(9.6)
31	0.36-1.0	-	166-179	174.7	94-105	98.6	-	-	-	-	-	1.0
32	-	-	-	192.0	-	145	-	6.8	-	6.8	-	6.8
33	-	-	-	187.9	-	106.6	-	(6.8)	-	(6.8)	-	(6.8)
34	0.3-1.8	-	189-193	190.6	122-134	130.0	-	0.2	-	0.1	0-1	9.8
35	-	-	-	188.7	-	125.5	-	-	-	-	-	5.6
36	2.0	-	190-197	193.1	163-171	168.2	-	4.6	-	4.6	-	4.6
37	-	-	-	-	-	125.0	-	16.0	-	16.0	-	16

Tabla de datos reportados en  
la literatura.

Parte 3

	-bles ligaduras)				ACIDOS GRASOS INSATURADOS							
	-tico	Estearico	Aracido	Palmitoleico	Oleico	Linoleico	Linolenico					
	(c)	(b)	(c)	(b)	(b)	(c)	(b)	(c)	(b)	(c)	(b)	(c)
1	23-26	9.2	10-13	2.4	4.6	5.0	26.7	30-40	3.6	4-5	-	-
2	-	8.4	-	-	5.0	-	46.9	-	10.2	-	-	-
3	28-30	11.9	12-18	-	2.7	1-3	47.5	41-48	6.0	6-7	-	-
4	17-18	2-3	2-3	-	-	-	74-76	74-77	-	-	-	-
5	24-32	14.1	14-32	-	-	1-3	49.6	35-48	2.5	2-4	-	-
6	-	30.5	-	-	-	36.0	-	4.3	-	-	-	-
7	-	0.6	-	-	20.0	-	29.1	-	29.1	-	-	-
8	-	-	-	-	4.9	-	-	-	-	-	20.7	-
9	-	0.6	-	0.6	15.5	-	-	-	-	-	29.6	-
10	10-16	3.2	1-2	-	11.8	6-15	17.8	24-30	17.8	24-30	-	24-30
11	-	-	-	-	26.5	-	37.0	-	19	-	-	-
12	-	2	-	-	15	-	17	-	6.5	-	-	-
13	11-18	2.8	2-4	-	14.4	13-18	35.2	33-38	-	-	-	-
14	-	2.7	-	0.2	-	-	16.1	-	1.4	-	-	-
15	0-1	2.4	-	(2.4)	-	-	7.4	0-9	3.1	3-7	-	-
16	-	35.4	-	-	-	-	38.1	-	2.1	-	-	-
17	4-10	2.3	1-5	0.4	0.4	-	7.5	2-10	-	0-2	-	-
18	7-11	3.0	3-4	-	1.5	0-2	49.6	43-49	34.3	34-42	-	-
19	19-24	1.1	1-2	1.3	2.0	0-2	22.9	23-33	47.8	40-48	-	-
20	4-7	2.5	2-5	0.5	-	-	19	9-38	24.1	3-43	47.4	25-58
21	-	-	-	-	-	-	27.2	-	16.6	-	1.8	-
22	-	24.0	-	0.8	-	-	58.5	-	-	-	-	-
23	-	4.8	-	0.5	-	-	30.3	-	57.3	-	-	-
24	-	11.3	-	11.3	-	-	6.2	-	-	-	-	-
25	5-15	2.3	1-4	0.1	-	0-1	84.4	69-84	4.6	4-12	-	-
26	34-43	5.5	3.6	-	-	-	42.7	38-40	10.3	5-11	-	-
27	-	1.3	-	-	-	-	18.5	-	0.7	-	-	-
28	6-9	3.1	2-6	2.4	-	0-1	56.0	50-70	26.0	13-26	-	-
29	-	9.6	-	9.6	-	-	17.8	-	-	-	17.5	-
30	-	(9.6)	-	(9.6)	-	-	30.1	-	62.2	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	32	-	15	-	1.0	-
32	6-10	6.8	1-4	6.8	-	-	18.6	8-18	70.1	70-80	3.4	2-4
33	-	(6.8)	-	0.8	-	-	45.4	-	40.4	-	-	-
34	6-10	2.4	2-6	0.9	0.4	-	28.9	21-29	50.7	50-59	6.5	4-8
35	-	2.2	-	0.9	-	-	25.1	-	66.2	-	-	-
36	2-6	4.6	2-6	4.6	-	-	4.1	4-16	0.6	0-1	-	-
37	-	16	-	16	-	-	28.1	-	52.3	-	3.6	-

Tabla de datos reportados en  
la literatura.

Parte 4

	(d)	(e)	(f)	(g)
1	25.2	9.2	29.5	3.6
2	-	-	-	-
3	29.8	12.7	47.8	3.1
4	-	-	-	-
5	29.2	21.0	41.1	1.8
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	-	-	-	-
13	-	-	-	-
14	-	-	-	-
15	-	-	-	-
16	24.0	35.0	39.0	2.0
17	10.5	2.3	7.5	-
18	8.1	2.5	30.1	56.3
19	23.4	1.1	22.9	47.8
20	-	-	-	-
21	-	-	-	-
22	-	-	-	-
23	-	-	-	-
24	-	-	-	-
25	10.0	3.3	77.5	8.6
26	-	-	-	-
27	-	-	-	-
28	6.3	4.9	61.1	21.8
29	-	-	-	-
30	-	-	-	-
31	-	-	-	-
32	-	-	-	-
33	-	-	-	-
34	9.8	2.4	28.9	50.7
35	-	-	-	-
36	-	-	-	-
37	-	-	-	-

## Notes:

- d.- Reportado para ácido Palmítico.  
e.- Reportado para ácido Estéarico.  
f.- Reportado para ácido Oleico.  
g.- Reportado para ácido Linoleico.

## Referencias Bibliográficas:

- (a).-Cf. ref. bib. n°54.  
(b).-Cf. ref. bib. n°55.  
(c).-Cf. ref. bib. n°56.  
(d),(e),(f),(g).-  
Cf. ref. bib. n°57.

### 3.5 COMENTARIOS.

Son muchos los comentarios que se pueden hacer al trabajo hasta aquí presentado.

De todos estos comentarios, se piensa que pueden tener relevancia los siguientes:

- De las pruebas experimentales, la que tuvo menor confiabilidad fue la del Índice de iodo, ( $I_i$ ).

La prueba de Índice de iodo, tiene a su favor diferentes métodos de buena precisión, más aún así quizá la volatilidad del iodo sea un factor que, al no estar bajo pleno control, afecta notablemente los resultados.

- De las pruebas experimentales, la que tuvo mayor confiabilidad fue la del Índice de saponificación, ( $I_s$ ).

La prueba de  $I_s$  tuvo confiabilidad en un 83.3%. La prueba de  $I_r$  (Índice de resina) tuvo confiabilidad de 88.4%; sin embargo el límite inferior de  $I_r$  es en muchos casos 0.00 y la resina no siempre está presente en toda grasa. Además la determinación de una diferencia de volumen tan pequeña (del orden de 0.01 ml.) en muchos casos, tiene alta probabilidad de error, en las pruebas de Índice de resina, cuando no se dispone de instrumentos de alta precisión. La prueba de Índice de saponificación puede tener alta confiabilidad por lo relativamente sencillo que es en sí, realizar esta prueba.

De la tabla de datos reportados en la literatura:

- El Índice de ácido más pequeño, es de 0.1 (aceite de pata de vaca) y el más alto es de 13.2 (aceite de ballena).
- El Índice de saponificación más pequeño es de 120 (aceite de ballena) y el más alto es de 268 (aceite de coco).
- El Índice de iodo más pequeño es de 10.4 (aceite de coco) y el más alto, es de 202 (aceite de linaza).
- Los ácidos grasos que más suelen predominar en las composiciones de grasas son: palmítico ( $C_{16}$ ), esteárico ( $C_{18}$ ) y oleico ( $C_{18}$ -).

Las comparaciones de los intervalos experimentales, con estos datos de la literatura son:

Índice de ácido ( $I_a$ ):

Literatura:

0.1 a 13.2

Extensión:

13.1u

Experimental:

184 a 219 (35u)

Índice de saponificación ( $I_s$ ):

120 a 268

148u

205 a 281 (76u)

Índice de iodo ( $I_i$ ):

10 a 202

192u

22 a 38 (16u)

De donde se observa que:

- Los Indices de ácido experimentales son mucho mayores que los reportados en tablas y eso revela que las grasas usadas en la industria tienen un caracter ácido mayor que el de las grasas naturales.
- Los Indices de saponificación experimentales quedan incluidos en un  $\left( \frac{268 - 205}{281 - 205} \right) \times 100 = 82.89\%$  dentro del intervalo reportado en literatura.
- Los Indices de iodo experimentales quedan incluidos en un 100% dentro del intervalo reportado en la literatura.

Con respecto a la extensión de los intervalos.

- El Intervalo  $I_a$  experimental es 2.67 más grande que el intervalo  $I_a$  de literatura.

$$(I_a)_e > (I_a)_L$$

- El intervalo  $I_s$  experimental es 0.51 o 51% tan sólo del intervalo  $I_s$  de literatura.

$$(I_s)_e < (I_s)_L$$

- El intervalo  $I_i$  experimental es tan sólo el 8.33% del intervalo  $I_i$  de literatura.

$$(I_i)_e \ll (I_i)_L$$

Los datos experimentales de cromatografía de gases, revelan que los ácidos grasos más predominantes son el palmítico ( $C_{16}$ ), el esteárico ( $C_{18}$ ) y el oleico ( $C_{18}$ -), aunque no en igualdad de proporción a lo reportado en la literatura.

Las comparaciones de composición experimental con la de literatura - dejan ver que ninguna composición porcentual experimental compagna apreciablemente con alguna de la literatura. Esto conduce a pensar que es factible que en la industria se usen mezclas de grasas - de diferentes especies.

## CAPITULO IV

## "CONCLUSIONES"

Los comentarios hechos en la parte final del capítulo anterior, ya forman una base sobre la que se pueden concretar conclusiones.

4.1 CONCLUSIONES CUALITATIVAS.

Tomando en consideración los resultados de la cromatografía de gases se ha observado que las diversas grasas naturales de las diferentes especies animales y vegetales, tienen una composición química casi constante.

En todo caso posiblemente la composición de la grasa de una determinada especie (ya sea animal o vegetal) varíe según la latitud terrestre y la altura atmosférica, ya que los requerimientos bioquímicos serían diferentes bajo distintas circunstancias de ambiente.

Ninguna composición de grasa reportada en literatura fue similar a las experimentales.

Parece razonable pensar que las diversas industrias que manejan grasas, las mezclan a fin de optimizar calidad y/o economía.

Si se realiza la cromatografía de gases de una mezcla de grasas, - el cromatograma no indica qué porcentaje de un determinado ácido - graso pertenece a tal o cual grasa.

#### 4.2 CONCLUSIONES CUANTITATIVAS.

Se sugieren los siguientes intervalos para los Indices de ácido, - saponificación, iodo y resina, dentro de los cuales se garantiza, - bajo cierta confiabilidad, el funcionamiento o calidad de las grasas usadas para fabricar jabones de tocador.

Para el Índice de ácido:

De: 184.924 a 219.522 ; confiable en un 75%

Para el Índice de saponificación:

De: 205.940 a 281.786 ; confiable en un 83.3%

Para el Índice de iodo:

De: 24.07 a 38.919 ; confiable en un 73.4%

Para el Índice de resina:

De: 0.000 a 4.637 ; confiable en un 88.4%

Se propone que todos estos resultados sean enfocados para el enriquecimiento de la norma de calidad de jabones de tocador.

#### 4.3 CONCLUSIONES GENERALES.

Desde luego que las proposiciones hechas en esta tesis se encuentran sujetas a muchas restricciones.

La investigación bibliográfica, o sea de datos en la literatura química, no es exhaustiva de ninguna manera y esto implica que las proposiciones de este trabajo hayan de aceptarse o rechazarse bajo ciertas reservas.

Por otro lado, los universos de datos (con N=60 datos) para cada una de las pruebas experimentales es pequeño y en consecuencia tienden a manifestar una realidad parcial y no total, del aspecto objetivo que se busca. Tendría de realizarse un muestreo mucho más amplio y detallado de un mayor número de marcas de jabón y diversas pastillas de la misma marca y varias veces el mismo experimento, para lograr detectar con mayor exactitud los intervalos buscados.

Pero el trabajo no terminaría satisfactoriamente en esto.

Conviene estimar, qué sucede si algunas grasas no son incluidas en los intervalos propuestos.

¿Será demasiado grave que el Índice de ácido o de iodo de una grasa rebasa mucho el límite superior del intervalo propuesto?

Con lo que se sabe hasta ahora, parece ser que no sería grave ciertamente, pero es sabido que no todas las grasas naturales sirven para fabricar jabón de tocador.

La piel superficial del ser humano también tiene ciertos intervalos de resistencia a la acidez, a la oxidación, etcétera.

Parece lógico pensar que los intervalos de  $I_a$ ,  $I_g$ ,  $I_i$ , e  $I_r$  estén estrechamente ligados a los intervalos de resistencia de la capa celular más externa del ser humano.

El presente trabajo de tesis, lejos de pretender agotar el tema, - tan sólo bosqueja un modelo que se propone pueda ser aplicable a - optimizar la calidad de la materia prima con que se fabrican jabones de tocador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- 1.- Márquez M Daniel, "LOGICA", Novena edición, Editorial - - E.C.L.A.L.S.A., México 1973. Pág. 15.
- 2.- Leal - Moreno, "CIENCIAS FISICAS Y NATURALES", vigésima edición, Editorial Progreso, S.A., México 1980. Pág. 7.
- 3.- Vargas Montoya Samuel, "ETICA O FILOSOFIA MORAL", décima - - cuarta edición, Editorial Porrúa, S. A., México 1980. Pág.205.
- 4.- Vargas Montoya Samuel, obra citada. Pág. 128.
- 5.- Vargas Montoya Samuel, obra citada. Pág. 170.
- 6.- "DICCIONARIO ENCICLOPEDICO BASICO", editado por Plaza & Janes S. A., décima edición. España 1974. (conceptos de aseo y - asepsia).
- 7.- Leal - Moreno, obra citada. Capítulos XI y XIV.
- 8.- Norma oficial de la Secretaría de Economía (Dirección General de Normas) R-43-58, para jabones de tocador tipo molido. México 1958. Pág. 1.
- 9.- Choppin R. Gregory, "QUIMICA" (Nivel A), primera edición, - Publicaciones Cultural, S.A., México 1973. Capítulo XXX. Pág.- 537.
- 10.- Choppin R.G. et al., obra citada. Pág 539.
- 11.- Pavia D. L. et al. "INTRODUCTION TO ORGANIC LABORATORY TECHNIQUES", primera edición. W.B. Saunders Co., U.S.A. 1976. - Pág. 119.
- 12.- "GRAN ENCICLOPEDIA RIALP", primera edición, Ediciones Rialp S.A., Madrid, España 1979, volumen 13. Pág. 273.

- 13.- Bailey E. Alton, "ACEITES Y GRASAS INDUSTRIALES", segunda edición, Editorial Reverté, S.A., España 1961. Capítulo XI. - Pág 289
- 14.- "GRAN ENCICLOPEDIA RIALP". Vol. 13. Pág. 273.
- 15.- Toral María Teresa, "FISICOQUIMICA", primera edición, Ediciones URMO. España 1973. Pág. 17.
- 16.- Toral María Teresa, obra citada. Página 162.
- 17.- Pavia D.L. et al., obra citada. Página 115.
- 18.- "GRAN ENCICLOPEDIA RIALP". Vol. 13. Pág. 273
- 19.- Bailey E. Alton, obra citada. Pág. 289.
- 20.- Bailey E. Alton, obra citada. Pág. 290.
- 21.- Bailey E. Alton, obra citada. Pág. 291.
- 22.- L.S. Stuart y W.D. Pohle, "OIL AND SOAP", 18, 2-7 (1941)
- 23.- A. Campbell, "IND. ENG. CHEM.", 26, 718-719 (1934).
- 24.- Bailey E. Alton, obra citada. Pág. 292.
- 25.- Bailey E. Alton, obra citada. Pág. 293.
- 26.- Bailey E. Alton, obra citada. Pág. 298.
- 27.- Bailey E. Alton. obra citada. Pág. 296.
- 28.- "GRAN ENCICLOPEDIA RIALP". Vol. 13. Pág. 273.
- 29.- Thorpe W. Veale et al., "BIOQUIMICA", primera edición, Editorial C.E.C.S.A. México 1974. Capítulo 6. Pág. 74.
- 30.- Reithel Francis J., "CONCEPTOS DE BIOQUIMICA", primera edición, Editorial Mac. Graw-Hill, México 1970. Capítulo 8. Pág. 87.
- 31.- Thorpe W. Veale et al., obra citada, Pág. 76
- 32.- Consultar referencia bibliográfica No. 8.

- 33.- Morrison - Boyd, "QUIMICA ORGANICA", tercera edición, Fondo Educativo Interamericano, S.A. E.U.A. 1976. Capítulo 20. - Pág. 701.
- 34.- Snell - Ettore, "ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMICAL ANALYSIS" Interscience Publishers. John Willey and Sons, N.Y., U.S.A.- 1973. Vol. 18. Pág. 182.
- 35.- Morrison - Boyd, obra citada. Pág. 628.
- 36.- "THE SADTLER STANDAR SPECTRA", publicado por Sadtler Research Laboratories, Inc., U.S.A. 1976  
Cumulative Alphabetical Index.
- 37.- Silverstein Robert M. et al., "SPECTROMETRIC IDENTIFICATION OF ORGANIC COMPOUNDS", tercera edición, John Willey and Sons, Inc. N.Y., U.S.A. 1974. Capítulo 31. Pág 73. (Fig. 8)
- 38.- Morrison - Boyd, obra citada. Pág. 627.
- 39.- Mc. Graw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. U.S.A. 1972. Vol. 5: (Fat). Página 189.
- 40.- Snell - Ettore, obra citada. Pág. 184.
- 41.- Morrison - Boyd. obra citada. Pág. 708.
- 42.- Mc. Graw Hill Encyclopedia of Science and Technology. Ibid. Pág. 189.
- 43.- Snell - Ettore. obra citada. Pág. 184.
- 44.- Zafra Ramírez Silvia, "ESTUDIO DE ACEITES VEGETALES MEXICANOS POR RESONANCIA MAGNETICA NUCLEAR", tesis profesional, - Facultad de Química, U.N.A.M., México 1979. Pág. 3
- 45.- Orozco Díaz Fernando, "ANALISIS QUIMICO CUANTITATIVO", undécima edición, Editorial Porrúa, S.A., México 1979, Pág. 341.
- 46.- Zafra Ramírez Silvia. obra citada. Pág. 6.
- 47.- Snell - Ettore, obra citada. Pág. 185.

- 48.- Bailey E. Alton, obra citada. Pág. 292.
- 49.- "THE MERK INDEX", octava edición, (editado por:) Paul G. Stecher, Merck and Co., Inc. U.S.A. 1968.
- 50.- Snell - Ettore, obra citada. Pág. 186.
- 51.- Pavia D.L. et al., et. al obra citada. Pág. 109.
- 52.- Pavia D. L. et al., obra citada. Pág. 624.
- 53.- Kreyszig Erwin, "INTRODUCCION A LA ESTADISTICA MATEMATICA (Principios y Métodos)", primera edición. Editorial Limusa, México 1976, Pág. 39
- 54.- Mc. Graw Hill Encyclopedia of Science and Technology, Ibid. Pág. 189.
- 55.- Weast Robert C., "HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS", quincuagésima segunda edición (52 nd Edition), The Chemical Rubber Co. (C.R.C.), U.S.A. 1971-1972, Pág. D-178.
- 56.- Pavia D. L. et al., obra citada. Pág. 106.
- 57.- Mc. Graw Hill Encyclopedia Of Science and Technology. Ibid - Pág. 185.