

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ACEITE DE COROBA EN LA
ELABORACIÓN DE JABÓN COSMÉTICO”**

Realizado por:
FUENTES ROJAS, NELITZA JOSEFINA
NÚÑEZ BARRETO, VICTOR MIGUEL

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito Parcial para optar al
Título de **INGENIERO QUÍMICO**

Barcelona, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ACEITE DE COROBA EN LA
ELABORACIÓN DE JABÓN COSMÉTICO”**

Asesor

Lic.Quím. Rafael Alemán
Asesor Académico

Barcelona, febrero de 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ACEITE DE COROBA EN LA
ELABORACIÓN DE JABÓN COSMÉTICO”**

Lic. Quím. Rafael Alemán

Asesor Académico

Ing. Quím. Hector Silva, MSc

Jurado Principal

Ing. Quím. Justa Rodríguez, MSc

Jurado Principal

Barcelona, febrero de 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 44 del Reglamento de Trabajos de Grado de la Universidad de Oriente: “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien le participará al Consejo Universitario”.

DEDICATORIA

RESUMEN

El objetivo central de este trabajo de investigación consistió en hacer una comparación entre jabones cuyo aceite se obtuvo artesanalmente y con hexano, para ello se caracterizaron fisicoquímicamente ambos aceites obteniéndose tanto para el aceite de coroba extraído de manera artesanal como el extraído con solvente hexano un índice de saponificación de 226,0 mg KOH/g aceite, también se les determinó la densidad relativa y la materia insaponificable. A los jabones obtenidos se les determinó la cantidad de materia insaponificada e insaponificable, ácidos grasos totales, álcali libre y el porcentaje de humedad y materias volátiles, todos estos análisis se realizaron según los lineamientos de las Normas venezolanas COVENIN, los resultados obtenidos permiten afirmar que no existen diferencias significativas en los jabones fabricados para los aceites extraídos por los diferentes métodos (artesanal y con solvente). Así también se puede afirmar que el aceite de coroba es excelente para la fabricación de jabón de tocador y que puede hacerse más atrayente al consumidor mediante la adición de algunos perfumes y colorantes, la comparación hecha con algunos análisis fisicoquímicos de cuatro jabones comerciales así lo demuestra.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El jabón es un producto que se obtiene de la saponificación de las grasas (animal o vegetal) quedando con propiedades deterativas o de limpieza que son bien conocidas, y además es un producto de uso masivo, en donde la mayoría de la materia prima que se utiliza tanto grasa animal como vegetal es importada, esto origina un grado de dependencia que genera cierta vulnerabilidad comercial. Por lo tanto se hace necesario buscar fuentes alternativas que pudieran sustituir total o parcialmente estos productos importados.

En el país existen diversas fuentes oleíferas tales como: el seje (*Oenocarpus bacaba* y *Oenocarpus bataua*), el pijiguo (*Bactris gasipaes*), el inchi (*Caryodendron orinocense karten*), el coco (*Cocos nucifera L.*) y la coroba (*Attalea macrolepis*), que pudiesen dar un aporte importante dentro de esta búsqueda alternativa, estando estas investigaciones concatenadas con la política oficial de independencia tecnológica e industrial.

La palma coroba (*Attalea macrolepis*) es una palmera autóctona del municipio Cedeño, estado Bolívar. Desde tiempos muy remotos su fruto ha sido consumido por los habitantes de esa región. De su mesocarpio o pulpa se elaboran arepas, natillas, atoles, etc. y de su almendra o semilla, se extrae aceite, el cual es utilizado como aderezo en las comidas.

El fruto de la palma coroba representa una alternativa viable como potencial materia prima de aceites vegetales, algunos estudios han demostrado que la pulpa o mesocarpio de la coroba presenta un contenido graso similar a algunas materias usadas convencionalmente para la obtención de aceites y grasas con características fisicoquímicas que recomiendan su uso en la formulación de alimentos para consumo.

Dentro del proyecto Palma-Coroba desarrollado en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Oriente se realizó una primera investigación orientada hacia el estudio de la factibilidad para la fabricación de jabones usando aceite de la semilla de la coroba, en este sentido se aspira ampliar la información con el fin de darle mayor valor agregado a esta materia prima enmarcada dentro de la Red de Innovación Productiva (RIP) Palma Coroba. En esta investigación se busca establecer la influencia que tiene los diferentes tipos de aceite de Coroba (extraídos artesanalmente y con solvente hexano) sobre las características de los jabones de tocador obtenidos.

El aceite artesanal utilizado para la elaboración del jabón cosmético se fundamenta en los procedimientos tradicionales ecológicamente inocuos y fundamentados en las destrezas que para esta actividad han desarrollado los habitantes del municipio Cedeño del estado Bolívar.

El aceite extraído en el laboratorio se obtendrá utilizando un equipo extractor Soxhlet, ubicado en el Laboratorio Piloto de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, la separación del aceite por extracción con solvente es el proceso más común usado en la producción de aceite vegetal, donde el solvente utilizado normalmente es n-hexano.

El proceso de saponificación para la elaboración de jabones tipo tocador se realizará a través de la neutralización de los ácidos grasos tanto del aceite extraído

artesanalmente como del extraído utilizando solvente, mediante la adición de hidróxido de sodio (NaOH) usando el procedimiento sin caldera para producir una pasta jabonosa y glicerol. Una parte de esta mezcla de jabón se le añadirá aditivos cosméticos (colorantes y aromas). Una vez elaborados los jabones se les aplicarán las técnicas de análisis establecidas en las normas COVENIN. También se le realizará un estudio comparativo tomando en cuenta los análisis antes mencionados de los jabones obtenidos en el laboratorio y algunos análisis realizados a cuatro jabones comerciales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del aceite de la Coroba (*Attalea macrolepis*), extraído de forma artesanal y con solvente, en la elaboración de jabón tipo cosmético.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Obtener la materia prima (aceite) por vía artesanal y con solvente.
2. Caracterizar fisicoquímicamente (densidad relativa, índice de saponificación y materia insaponificable) el aceite de la semilla de coroba obtenido por vía artesanal y con solvente.
3. Obtener un jabón de tocador para cada tipo de aceite (artesanal y con solvente).
4. Mejorar la presentación de los jabones obtenidos mediante la implementación de aditivos cosméticos (aromatizantes y colorantes).
5. Caracterizar fisicoquímicamente (cantidad de materia insaponificada e insaponificable, ácidos grasos totales, álcalis libres, humedad y materias volátiles) los jabones obtenidos.

6. Caracterizar fisicoquímicamente (álcalis libres, humedad y materias volátiles) muestras de cuatro jabones existentes en el mercado.
7. Comparar los jabones obtenidos en el laboratorio para cada tipo de aceite.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En el año 2000, Pino y Jiménez [1] realizaron una investigación que estuvo orientada a la búsqueda de fuentes no tradicionales para utilizarlas como materia prima en el mercado de los aceites comestibles, para ello se utilizó la almendra de la palma coroba. La caracterización proximal de la almendra como la caracterización fisicoquímica del aceite crudo y refinado se realizó según métodos oficiales (método de lixiviación con n-hexano). El estudio realizado al aceite obtenido de la almendra de la coroba indica que puede ser considerado como un potencial sustituto de los aceites de coco y palmiste.

En 2003, Vera y Brito [2] desarrollaron una investigación que se basó en la extracción supercrítica del aceite del mesocarpio de la coroba, utilizando CO₂ como solvente, y la caracterización fisicoquímica del extracto con el propósito de comparar y establecer diferencias con respecto al mismo aceite obtenido por el método Soxhlet mediante cromatografía de gases y a través de un estudio estadístico de bloques aleatorios, no se obtuvieron diferencias significativas entre los productos extraídos por el método Soxhlet y el método supercrítico.

Los trabajos anteriores permiten confirmar que se puede considerar al aceite obtenido de la almendra de la coroba como un potencial sustituto de los aceites de coco y palmiste, cuyos altos volúmenes de importación pudieran ser sustituidos de manera parcial o total; objetivo que se persigue a través de este trabajo de

investigación enmarcado dentro del proyecto Coroba desarrollado por la Universidad de Oriente.

Por otra parte Rojas y Mata [3] realizaron la ingeniería conceptual de una planta productora de ácidos grasos a partir de la almendra de la coroba enfocándose hacia la parte técnica y económica, utilizaron para ello el mercado nacional de los ácidos grasos, encontrándose que existe una alta demanda que no es cubierta totalmente por la producción nacional.

Ratificando de esta forma el potencial que pudiera representar este fruto en el mercado de los aceites y sus derivados como parte del objetivo central del Proyecto Coroba liderizado por la Universidad de Oriente, que permita a su vez ofrecer una alternativa económica a los habitantes de la Región de Guayana, específicamente de Caicara del Orinoco.

En marzo 2003 Pérez y Soto [4] estudiaron la factibilidad para la fabricación de jabones usando aceite de la semilla del fruto de la palma de la coroba, realizándose una caracterización fisicoquímica al aceite de esta palma mediante la determinación de la densidad, índice de saponificación y materia insaponificable, entre otros análisis realizados siguiendo los lineamientos de las Normas COVENIN. Los resultados permitieron reafirmar que el aceite de la coroba es excelente para la fabricación de jabones de lavar y de tocador. Así también se realizó un diseño conceptual de una planta para la fabricación de jabones, demostrándose que el proyecto es rentable.

Este trabajo está orientado a determinar la existencia de diferencias fisicoquímicas entre un jabón tipo tocador elaborado con aceite extraído por vía artesanal con respecto a otro elaborado con aceite de la misma palma obtenido por el método Soxhlet, usando como referencia los trabajos de Pérez y Soto [4] quienes determinaron la factibilidad para la fabricación de jabones usando aceite de la semilla

del fruto de la palma de la coroba, para lo cual realizaron una caracterización fisicoquímica al aceite de esta palma.

Esta investigación pretende también establecer una comparación entre el jabón elaborado con el aceite artesanal y otro elaborado con el aceite obtenido por el método Soxhlet y con cuatro jabones tipo cosmético reconocidos en el mercado nacional, haciéndolo competitivo y atrayente como un producto de calidad de producción nacional

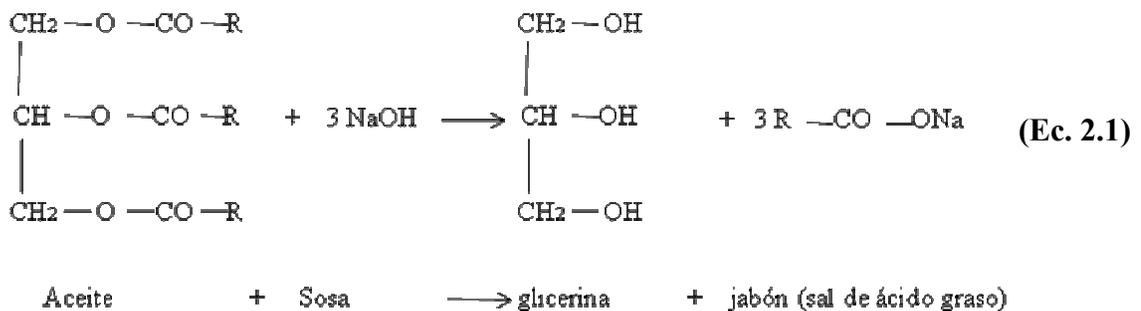
2.2 Jabón, composición

Las palabras jabón y saponificación comparten el mismo pasado etimológico: “sapo”, el ungüento limpiador que los antiguos galos preparaban con grasa animal mezclada con cenizas de madera. La química moderna ha refinado las materias primas, así como la técnica, pero la fabricación del jabón es básicamente igual que hace dos mil años, en una reacción química llamada saponificación, un ácido graso (de origen animal o vegetal) se combina con una solución de agua y de un álcali (hidróxido de sodio o de potasio) para producir jabón y glicerina.

El aceite y el agua no se mezclan. Esto supone un problema para los fabricantes de jabón cuando se añade una solución de lejía a las grasas, porque todas las reacciones químicas requieren que los dos reactivos estén en contacto. Las grasas y los aceites se componen de triglicéridos, tres moléculas de ácidos grasos unidas a una molécula simple “axial” de glicerol en una configuración que se parece vagamente a la letra E mayúscula. Estos triglicéridos son moléculas fuertemente cohesionados, pero incluso las grasas y los aceites más puros contienen siempre una pequeña proporción de ácidos grasos libres, es decir, cadenas de ácidos no unidas a las moléculas de glicerol. Cuando se añade una solución cáustica a una grasa, la saponificación se produce en primer lugar entre estos ácidos grasos libres y el álcali.

Se forman así pequeñas cantidades de jabón. El jabón es un emulsor excelente. La cantidad de cuajo de jabón que se forma al principio por la reacción entre los ácidos grasos libres y el álcali emulsiona la grasa no saponificada disgregándola en pequeños glóbulos. La grasa dispersada tiene una superficie de contacto mayor entre la grasa y el álcali y la saponificación se produce con mayor rapidez.

Se completa la saponificación cuando todo el álcali presente ha reaccionado con todo el ácido graso disponible. Además de producir jabón, esta reacción proporciona glicerina, que deriva de la molécula de glicerol liberada. La glicerina suele separarse del jabón comercial, junto con la sal común, y luego se vende como materia prima. El jabón artesanal conserva la glicerina, que aporta propiedades emolientes al producto final.



El jabón tiene una naturaleza muy contradictoria; tiene una especie de “cabeza”, compuesta de sodio o potasio (extremo hidrófilo), y una “cola” que consiste en una cadena de ácidos grasos (extremo hidrófobo). La eficacia del jabón como agente limpiador procede directamente de esta contradicción, puesto que el jabón actúa como intermediario entre dos sustancias radicalmente incompatibles, el aceite y el agua.

Cuando el jabón se ha disuelto en el agua, las moléculas del jabón afines a los aceites son atraídas por las manchas de suciedad de la piel o de las telas y forman un

anillo alrededor de las partículas llamado micela. Estos compuestos hidrófobos descomponen la partícula en pequeños glóbulos. Mientras, las mitades hidrófilas de las moléculas estiran hacia fuera, hacia el agua de la pila o de la lavadora. La acción limpiadora del jabón es así un proceso de doble efecto: una disgregación, ya que los extremos hidrófobos rodean y emulsionan la suciedad, y un drenaje de agua sucia, puesto que los extremos hidrófilos estiran hacia el agua de alrededor.

Todos los jabones de verdad, ya sean líquidos o sólidos, se originan por la reacción de un álcali sobre los ácidos grasos. Del hidróxido de sodio y los ácidos grasos se obtiene una pastilla de jabón dura debido a la cristalización del sodio. En realidad sólo se ven cristales cuando se mira una pastilla de jabón; la pastilla es opaca porque los cristales hacen que las ondas de luz reboten contra la superficie.

Las pastillas de jabón transparentes también tienen una base de sodio, pero se puede ver a través de ellas porque los cristales de jabón se han disuelto con disolventes como el alcohol, la glicerina o el azúcar. Las ondas de luz atraviesan la pastilla, dando al jabón un aspecto transparente.

El hidróxido de potasio es la base de todos los jabones líquidos. El potasio es mucho más soluble que el sodio y menos propenso a formar cristales. Los jabones líquidos son claros porque la luz los atraviesa sin obstáculos prácticamente del mismo modo que atraviesa una pastilla de jabón transparente.[⁵]

2.3 Materias primas para la fabricación de jabones

Desde el punto de vista químico, el jabón es una sal. Se obtiene mediante el proceso de saponificación, que consiste en la reacción de hidrólisis de ácidos grasos o de aceites con una base (hidróxido de sodio). Esta reacción produce la sal del ácido graso empleado, es decir, el jabón, más glicerina.[⁶]

En la fabricación del jabón, los caracteres físicos y químicos del producto dependen directamente de las materias primas empleadas. Los aceites y grasas utilizados para la saponificación con hidróxido de sodio o de potasio pueden ser de cualquier calidad, ya que desde el punto de vista de composición química son perfectamente sustituibles en general [7]. El sebo que se emplea en la fabricación de jabón es de calidad distinta, desde la más baja correspondiente al sebo obtenido de los desperdicios (utilizada en jabones baratos) hasta los sebos comestibles que se usan en jabones finos de tocador [8]. De los aceites se emplean aceites de nueces, los residuos de la refinación y del endurecimiento de aceites de semilla y algunos aceites marinos. A continuación se indican las materias primas más importantes empleadas en la fabricación de jabones:

- Grasa animal o aceite vegetal
- Álcalis (Hidróxido de sodio o de potasio)
- Agua

2.3.1 Álcalis

Los dos álcalis que se usan en la producción de jabón son el hidróxido sódico, también llamado lejía o sosa cáustica, y el hidróxido de potasio o potasa cáustica. Los jabones con sosa son sólidos, mientras que los que contienen potasa son líquidos.

Para su uso comercial, la sosa cáustica se produce mediante la electrólisis del agua salada; el otro producto derivado de este proceso es el cloro, usado para blanquear y tratar el agua.

La sosa cáustica es extremadamente higroscópica, con la humedad atmosférica, una pequeña perla aumentará rápidamente de volumen y se convertirá en una gran gota. Por consiguiente, hay que tener mucho cuidado con el almacenamiento de

envases abiertos. Además, la sosa cáustica es muy corrosiva (quema la piel tras sólo unos segundos de exposición). Para mayor seguridad, es recomendable usar guantes y gafas protectoras durante la manipulación y el mezclado de soluciones de lejía, así como durante la mezcla del propio jabón.[⁹]

2.3.2 Agua

Es recomendable utilizar agua destilada siempre que sea posible, el agua del grifo es demasiado dura y contiene demasiado magnesio y calcio que produce sales ácidas grasas insolubles. El agua embotellada no es necesariamente más blanda que el agua del grifo. Una alternativa es utilizar agua blanda obtenida mediante un ablandador de agua o un purificador de osmosis. El agua blanda debe ser baja en hierro, en magnesio y en calcio, puesto que las sales de hierro expuestas a un pH elevado se vuelven marrones debido a la formación de hidróxidos de hierro, un precipitado gelatinoso. La formación de estos hidróxidos de hierro también consumirá parte de la solución de lejía. [⁹]

2.3.3 Grasa animal o aceite vegetal

Los jabones vegetales son más blandos que los animales y por ello, su período de conservación es menor. Sin embargo, su espuma es más rica y suave. Una de las ventajas de trabajar con aceites vegetales en lugar de hacerlo con grasa animal es que no hay que derretirlos. La gran mayoría de los aceites vegetales, por no decir todos, que se comercializan en la actualidad están purificados y preparados para su uso. El inconveniente es que suelen ser más caros que las grasas animales.

El aceite elegido dependerá de la calidad y el carácter que se quiera dar al producto final. La mayoría de los fabricantes de jabón vegetal usan como aceite base, aceite de coco o de palma, que sea abundante y relativamente barato. Otros aceites,

como los de aguacate, germen de trigo o albaricoque, que son más caros, se añaden a la base para mejorar la calidad del jabón. El carácter, textura y propiedades del producto final dependerán de los tipos de aceites y aditivos que se mezclen con el aceite de base. Para conocer la cantidad de sosa necesaria consultar la tabla de saponificación (Tabla 2.1) [10]

El valor o índice de saponificación (SAP) de un aceite o grasa determinados es la cantidad de hidróxido potásico, potasa cáustica, en miligramos necesaria para saponificar 1 g de aceite o grasa.

Para calcular la cantidad de hidróxido sódico, sosa cáustica, necesaria para saponificar ese aceite o grasa hay que calcular, en primer lugar, la cantidad precisa de hidróxido potásico. El índice de saponificación se multiplica por el factor 0,71 para obtener el número necesario de miligramos de NaOH.

Cada aceite o grasa tiene un valor SAP distinto. Por lo tanto, para saponificar distintos aceites y grasas se necesitan cantidades diferentes de hidróxido potásico y, por consiguiente, de hidróxido sódico. [10]

La tabla 2.1 muestra el valor del índice de saponificación de algunos aceites y ceras y la cantidad de sosa cáustica necesaria para que ocurra la saponificación de ese aceite.

Tabla 2.1 Índice de saponificación de algunos aceites^[10]

GRASA O ACEITE Por 1.000 mg (1g)	VALOR SAP Cantidad de hidróxido potásico necesario (mg)	Cantidad de sosa o hidróxido sódico (mg)
Aceite de aguacate	187,5	133,7
Aceite de almendra	192,5	137,2
Aceite de almendras dulces	192,5	137,2
Aceite de avellana	195,0	139,0
Aceite de cacahuete	192,1	136,9
Aceite de caléndula	190,0	137,5
Aceite de cártamo	192,0	136,9
Aceite de castor	180,3	128,5
Aceite de coco	268,0	191,2
Aceite de germen de trigo	185,0	131,9
Aceite de jojoba	97,5	69,5
Aceite de maíz	192,0	129,8
Aceite de médula de palma	219,9	156,8
Aceite de nuez macadamia	195,0	139,0
Aceite de oliva	189,7	135,2
Aceite de onagra	191,0	136,2
Aceite de palma	199,1	141,9
Aceite de semilla de albaricoque	190,0	135,5
Aceite de semillas de girasol	188,7	134,5
Aceite de sésamo	187,9	133,9
Aceite de soja	190,6	135,9
Manteca de cacao	193,8	138,2
Manteca de cerdo	194,6	138,7
Manteca de karité	180,0	128,3
Sebo de ternera	197,0	140,5
Cera de abeja (Ceras)	88,0	62,7
Lanolina (Ceras)	82,0	58,5

Cuando se trabaje con una combinación de grasas o aceites se debe determinar el valor del índice de saponificación de la mezcla, para lo cual se debe conocer el valor SAP de cada grasa o aceite, así como el porcentaje de éstos que intervienen en la mezcla. Se debe multiplicar el peso total de las grasas o aceites por el valor SAP combinado para calcular la cantidad necesaria de hidróxido potásico, luego para

calcular la cantidad de hidróxido de sodio total de la mezcla se debe multiplicar por el factor 0,71. [10]

2.3.3.1 Tipos de grasas animales y aceites vegetales [9]

La siguiente lista describe la mayoría de aceites que está a la disposición de los fabricantes de jabón. Los “insaponificables” se consideran generalmente emolientes (suavizantes para la piel), que se componen principalmente de tocoferoles (formas naturales de vitamina E) y esteroides; los insaponificables ayudan a conservar y mejorar las propiedades naturales de la elasticidad de la piel.

Los ácidos láurico y mirístico son los principales responsables para producir abundante espuma, aunque son más ásperos que los ácidos grasos de cadenas más largas como el ácido oleico, el constituyente principal del aceite de oliva. Los altos niveles de ácido linoleico y especialmente de ácido linolénico producen generalmente una tendencia a volver rancio el jabón (cuando se almacena en condiciones de humedad y altas temperaturas) y el aceite mismo, por lo que debería utilizarse algún tipo de antioxidante adicional. Cuando se utilizan para producir un excedente de grasa en el jabón, no obstante, los aceites con altos niveles de ácidos linoleico o linolénico penetran más fácilmente en la piel produciendo un efecto suavizante; por este motivo estos aceites suelen utilizarse en aceites de baño y en fórmulas de productos cosméticos para la piel.

Sebo. Grasa de ganado bovino y oveja. El término sebo a veces se refiere específicamente a la grasa dura que se encuentra alrededor de los riñones. Es uno de los componentes más utilizados en los jabones comerciales debido a su suavidad, disponibilidad y bajo costo. El sebo procede de la grasa animal tras ser sometido a un proceso de purificación. Primero se corta en trozos la grasa animal, se funde al fuego y luego se purifica filtrando el líquido varias veces para eliminar las impurezas. Una

vez frío, el producto final es una sustancia compacta, blanquecina y prácticamente inodora. La purificación del sebo es un paso importante en la fabricación de jabón. Todos los fabricantes coinciden en que, cuanto más limpio sea el sebo, mayor calidad tendrá el jabón. Si la grasa no se limpia previamente, el jabón puede presentar manchas o, lo que es peor, un desagradable olor a rancio.

Manteca de cerdo. Grasa interna purificada del abdomen del cerdo, sólida, blanca y blanda a temperatura ambiente. Contiene mayoritariamente ácidos oleicos, esteáricos y palmíticos. Utilizada en el jabón y para ungüentos por su alto grado de absorción.

Manteca de cacao (*Theobroma cacao*). Producto de las semillas del árbol del cacao, es un buen calmante cutáneo y produce un jabón cremoso. Aceite sólido ligeramente amarillo, compuesto de glicéridos de ácidos esteárico, palmítico, oleico, araquídico y linoleico. Olor característico y gusto a chocolate. Usos cosméticos en productos para el cuidado de la piel, incluyendo aceites de baños. Se solidifica a una temperatura de 21,5 °C a 23°C.

Manteca de karite (*Butyrospermum parkii*, de la fruta). Pasta de color amarillo claro, con un punto de derretido entre 35°C y 43 °C con un ligero olor. Contiene hasta 55% de ácido oleico y el 40% de esteárico, con hasta el 17% de insaponificables. Notables cualidades como protector solar por su contenido natural en ácido cinámico. Muy utilizado en cosméticos para retrasar la pérdida de hidratación en la piel.

Manteca vegetal. Esta sustancia blanca y densa se elabora principalmente con aceite de soja. Es aconsejable utilizarla en combinación con otros aceites, pero nunca como ingrediente principal. Añade estabilidad y volumen al jabón y se mezcla bien con otros aceites primarios y con los aditivos.

Cera de abeja. De color amarillento a marrón, suave al tacto, olor a miel y efecto balsámico. Compuesta de ésteres de “cera” (es decir, sin glicerina) de cadenas muy largas de alcoholes grasos y ácidos grasos. También contiene un 20% de hidrocarburos. El punto de derretido es de 62°C a 65°C.

Aceite de almendras (*Amygdalus communis*, aceite de “almendra dulce”). El aceite de almendra es un aceite amarillo con un suave olor característico. Su uso está muy extendido en productos cosméticos, jabones y maquillajes. Contiene mayoritariamente ácidos oleicos y linoleicos y hasta un 1,2 % de insaponificables.

Aceite de avellana (*Corylus avellana*). El nombre genérico *corylus* quiere decir casco en latín, que describe la forma de la fruta. Es un aceite ligero con un delicado aroma. Penetra fácilmente en la piel y se utiliza en productos para el cuidado de la piel y del cabello y en bálsamos para labios.

Aceite de azafrán (*Carthamus tinctorius*). Aceite de las semillas molidas y extraídas. Aceite secante comestible intermedio entre el de soja y el de semilla de lino. Menos de 1,5 % de insaponificables. Se espesa y se vuelve rancio por el contacto prolongado con el aire. Estabilizado, se utiliza para productos acondicionadores para la piel y el cabello.

Aceite de babasú (*Orbygnia oleífera*). De color amarillo claro, semisólido, normalmente contiene el 50% de ácido láurico y el 20% de ácido mirístico. Suele utilizarse como sustituto del aceite de coco o de palma para producir una espuma fuerte y duradera. Se emplea en productos cosméticos para retardar la pérdida de hidratación en la piel y a veces se emplea también para reducir las arrugas.

Aceite de cáñamo (*Cannabis sativa*). Aceite de color verdoso. Contiene ácido linoleico al 50 más 30% de ácidos linolénicos, más un 1 a 1,3% de insaponificables.

Es muy propenso a la oxidación, aunque los aceites refinados son mucho más estables.

Aceite de cáñola (*variedad cultivada genéticamente de brassica napus rapa, derivado de la semilla de colza*). Aceite comestible de color amarillo claro. Bajo en ácido grasos saturados (alrededor del 6%), la cáñola tiene un contenido ácido oleico parecido al del aceite de oliva. También contiene ácidos grasos omega-3, los denominados ácidos grasos esenciales. La semilla de colza ha sido cultivada desde el año 2000 a. C. El contenido de tocoferoles es del 0,5 a 1%.

Aceite de coco (*Cocos nucífera*). Extraído de la pulpa del coco, puede adquirirse en droguerías o en tiendas especializadas de productos alimentarios. El aspecto del aceite de coco varía en función de la temperatura ambiente, líquido y blanco si la temperatura es más bien baja. En este último caso deberá calentarlo un poco para que recupere su estado líquido. El aceite de coco produce un jabón cremoso pero firme, de agradable espuma. Su principal inconveniente es que puede reseca la piel. Para contrarrestar este efecto se suelen añadir aceites hidratantes.

Aceite de girasol (*Helianthus annuus*). Aceite de color amarillo claro con un ligero sabor de las semillas molidas. Su contenido en vitamina E se aproxima al del aceite germinado de trigo. Utilizado a menudo en productos para el cuidado de la piel y del cabello y en aceites de baño.

Aceite de hueso de albaricoque (*Prunus armeniaca*). Aceite líquido del color de la paja. Contiene mayoritariamente ácidos oleicos y linoleicos, tiene propiedades emolientes y se utiliza normalmente en aceites para el baño.

Aceite de hueso de mango (*Magnifera indica*). Llamado también manteca de mango, es sólido y de color amarillento, rico en insaponificables (del 1 al 5%). Se

compone principalmente de ácidos esteáricos, oleicos y palmíticos. Se utiliza en cremas de manos y para el cuidado facial en cremas de noche.

Aceite de jojoba (*Simmondsia chinensis y californica*). Éster de cera líquida extraído de las semillas. Contiene ésteres de cera de alcoholes grasos insaturados y ácidos grasos insaturados. Es muy estable y puede almacenarse durante años sin volverse rancio.

Aceite de kukui (*Aleurites moluccana*). Aceite de color claro con un olor característico, utilizado en productos para el cuidado de la piel y del cabello. Contiene un 42% de ácidos linoleicos y un 29% de ácidos linolénicos.

Aceite de macadán (*Macadamia ternifolia*). Aceite de color amarillo claro, inoloro. Es un aceite muy penetrante que deja un tacto sedoso en la piel. Se parece al aceite de visón en su composición y función. Utilizado para el cuidado de la piel y en maquillajes. Rico en ácidos oleicos (60%) y palmitoleicos (20%).

Aceite de maíz (*Zea mays*). Aceite blando de color amarillo pálido, contiene un 50% de ácido linoleico y un 30% de ácido oleico y del 1 al 2 % de insaponificables. Se utiliza en cremas de manos, barras de labios y aceites para masajes.

Aceite de nuez (*Juglans regia*). Contiene del 55 al 65% de ácido linoleico y el 0,5 al 1% de insaponificables altos en sitosteroles. Utilizado normalmente para combatir las arrugas en el contorno de los ojos y en cremas de manos para pieles maltratadas. El nombre implica “bellota de Jove” y “real” (puesto que fue importado por reyes persas).

Aceite de oliva (*Olea europea*). Famoso por sus propiedades hidratantes, contribuye a mantener la humedad natural de la piel. Hay muchas clases de aceite de

oliva, y se diferencian por su color, aroma, sabor y precio. Para hacer jabón puede utilizarse cualquier tipo. El extra virgen y el virgen, procedentes de la primera extracción en frío de las olivas, son fragantes y de color dorado oscuro, pueden hacer que el jabón huela a aceituna y le dan un color ligeramente amarillento. El proceso de saponificación de estos aceites es bastante lento. El aceite de oliva que se obtiene de la última prensada de las aceitunas, denominado orujo, es prácticamente inodoro, mucho más barato y saponifica con rapidez. Produce un jabón firme y de gran calidad, de espuma suave y abundante. Alto contenido de ácido oleico, insaponificables del 0,5 al 1,5 %.

Aceite de palma (*Elaeis guineensis*). Conforman una masa de color amarillo rojizo o amarillo pálido con un ligero olor a violeta. Extraída de la palma aceitera, sus propiedades son similares a las del sebo. El jabón obtenido con este aceite es fácil de fabricar porque saponifica bien y reacciona de forma predecible a la sosa. Como el sebo, produce un jabón firme y duradero, pero de poca espuma. El aceite de palma, que puede adquirirse en algunas tiendas especializadas de productos alimentarios, suele usarse en combinación con otros aceites que mejoran la calidad de la espuma sin alterar sus propiedades beneficiosas.

Aceite de pomez de oliva. Líquido verdoso obtenido por la extracción solvente del residuo de varias prensas. Rico en insaponificables, este aceite suele mezclarse con aceite de oliva virgen para cumplir con los requisitos de la industria de ácidos libres de grasas. Generalmente más alto en peróxidos y por ello posiblemente menos estable con los grados vírgenes. No debe confundirse con el aceite pomez de semilla de uva que también suele mezclarse con menores cantidades (del 10%) de aceite de oliva.

Aceite de primavera (*Oenothera biennis*). Este aceite de una planta nativa de Norte América contiene grandes cantidades de ácido linolénico, alrededor de un 9 a

10%, con hasta un 80% de ácido linolénico. Se utiliza en cremas hidratantes para la cara y las manos y para barras de labios. Es un aditivo muy utilizado para el tratamiento de la psoriasis.

Aceite de ricino (*Ricinus communis*). También conocido como aceite de Palma Christi. Aceite de color amarillo claro, viscoso, derivado de la prensa en frío de las semillas. Excelente propiedades conservantes; no se vuelve rancio a menos que se caliente excesivamente. Tiene un gusto ligeramente acre y un regusto que puede producir náuseas. Tiene una buena capacidad para humedecer pigmentos y por eso se utiliza normalmente para elaborar barras de labios. Aproximadamente tiene un 87% de ácido ricinoleico. El aceite de ricino hidrogenado también puede obtenerse a través de algunos proveedores especializados. En este caso, el punto de derretido suele ser del 84°C al 89°C. El aceite de ricino sulfatado procede de la reacción del aceite de ricino con una forma de ácido sulfúrico, es un surfactante anionico semisintético y no debe emplearse como base de jabón.

Aceite de semilla de aguacate (*Persia americana*). Aceite líquido incoloro, de olor apenas perceptible. Es una fuente importante de insaponificables, que contiene del 2 al 11% de insaponificables. Este aceite penetra rápidamente en la piel y se utiliza tanto como emoliente como para retrasar la pérdida de hidratación. Se emplea para productos para el cabello, las manos y la cara.

Aceite de semilla de algodón (*Gossypium herbaceum*). Aceite de color amarillo claro, extraído de las semillas y prácticamente inoloro. Su composición es muy similar a la del aceite de soja. Aunque cabe la posibilidad de que contenga bajos niveles de pesticida, todos los aceites comestibles pasan controles de calidad para asegurar que no resultan tóxicos ni dañinos, por este motivo, el riesgo no es mayor que con cualquier otro extracto de semillas.

Aceite de semilla de borraja (*Borago officinalis*). Aceite de color amarillo claro empleado en productos para el cuidado de la piel y el cabello, con un alto contenido de ácido linoleico (hasta un 40%) y del 20 al 25% de ácido linolénico gamma, es un “aceite esencial graso”. Combate la deshidratación de la piel y la pérdida de elasticidad.

Aceite de semilla de lino (*Linum usitatissimum*). Tiene un color amarillo claro y olor parecido a la mantequilla. El nombre en latín se refiere a los ancestrales usos del lino, que procede de la fibra de la planta. Tiene un alto contenido de ácidos linoleicos y linolénicos y es rico en vitamina E. Sin embargo, es propenso a volverse rancio.

Aceite de semilla de sésamo (*Sesamum indicum*). Resistente a la oxidación, utilizado para cremas hidratantes para la piel, aceites de baño y otros productos similares. Es una de las plantas cultivadas desde hace más tiempo (lleva al menos 4000 años de cultivo). Rico en ácidos linoleicos y oleicos y contiene antioxidantes únicos. Aproximadamente 2 % de insaponificables.

Aceite de semilla de uva (*Vitis vinífera*). Aceite de color verde claro. Rico en ácido linoleico (de casi el 70%), se utiliza en productos para el cuidado de la piel y especialmente del cabello y en aceites para el afeitado. Los insaponificables contienen apreciables cantidades de tocoferoles y esteroides.

Aceite de soja (*Glycine max o soja*). Aceite de color amarillo claro a marrón obtenido de las bayas de soja principalmente por la extracción con hexano o heptano. Ligeros gusto y aroma característicos. Utilizado en cremas de manos y bálsamos para los labios. Contiene del 0,5 al 1,5% de insaponificables.

Aceite de trigo germinado (*Triticum vulgare*). Aceite espeso del color de la miel con un ligero olor; excelente fuente de tocoferoles y vitamina A. Rico en esteroides, del 3 al 4% de insaponificables. Utilizado en productos para el cuidado de la piel y del cabello, así como bálsamos labiales.

Aceite de visón (*de pellejos de Mustela*). Se utiliza en aceites de baños y en productos para el cuidado del cabello, deja un acabado sedoso sobre la piel. Rico en ácido oleico; se parece al aceite de macadán en su composición y función.

Aceite de semilla de palma Coroba (*Attalea macrolepis*). Aceite de color amarillo pálido. El aceite de la semilla posee características semejantes a aceites de otras palmáceas de interés comercial y oleoquímico como el aceite de coco y palmiste. En el caso de la composición en ácidos grasos, resalta como ácido mayoritario el láurico, en proporción de 45%, componente de interés en la obtención de jabones dada la espumabilidad que presentan sus sales sódicas. Además de la composición, se ha determinado que el aceite de la semilla de coroba, presenta una alta estabilidad a los procesos deteriorativos, como la rancidez hidrolítica y la rancidez oxidativa, aspectos muy importantes en productos de origen graso que requieren ser mantenidos en anaquel hasta su expendio y uso. [11]

2.4 Fundamentos de grasas y aceites

Las grasas y los aceites son predominantemente triésteres de ácidos grasos y glicerol, llamados comúnmente triglicéridos. Son insolubles en agua y solubles en la mayoría de los solventes orgánicos. Son menos densos que el agua y a temperatura ambiente varían de consistencias desde líquidos a sólidos. Cuando aparecen sólidos, se les denomina grasa; y cuando son líquidos, aceites. [12]

Las grasas pertenecen a un conjunto de compuestos muy heterogéneos, que tienen la insolubilidad en agua como factor común, siendo los triglicéridos, los fosfolípidos y el colesterol los de mayor importancia dietética y nutricional. A parte de su valioso papel como fuente energética para nuestro organismo (9 cal/gramo): las grasas desempeñan papeles importantes como la de reserva energética (tejido adiposo o graso) regulación de la temperatura corporal (grasa subcutánea como aislante térmico), envuelve y protege órganos, es transporte de vitaminas liposolubles (A,D,E,K), forma parte de algunas hormonas, suministra ácidos grasos esenciales para el organismo y cumplen función estructural al formar parte de las membranas celulares.[¹³]

2.4.1 Propiedades de las grasas y aceites

Los aceites y grasas son sustancias de origen vegetal y animal, que consisten (predominantemente) de mezclas de ésteres de la glicerina con los ácidos grasos, es decir, triglicéridos. Son insolubles en agua y solubles en las mayorías de los solventes orgánicos, son menos densos que el agua y a temperatura ambiente varían de consistencia de sólidos a líquidos. Las grasas son llamadas también aceites, la diferencia entre uno y otro termino no tiene relación con el número de insaturación, sino con el estado físico y las condiciones ambientales en que se encuentren, sólido: grasa; líquido: aceite. El termino lípidos engloba a una pléyade de sustancias líquidas.

Las grasas y los aceites constituye los lípidos más abundantes e importantes en el estudio de los alimentos, ambos grupos están constituidos aproximadamente por 100 % de los triacilglicéridos, los que a su vez son ésteres de los ácidos grasos con glicerol. Los triglicéridos se componen fundamentalmente de tres ácidos grasos unidos por enlaces éster a una molécula de glicerol; 100 gramos de grasas rinden 95 % de los ácidos grasos.

Las propiedades físicas y químicas de las grasas y los aceites dependen en gran medida de los tipos y proporciones de los ácidos grasos que los constituyen, así como del modo en el que se distribuyen en el esqueleto del glicerol. La variabilidad de estos parámetros es el resultado de las exigencias del animal o la planta que los producen. La composición de ácidos grasos de algunos productos de origen animal varía con diversos factores, entre los cuales se puede mencionar la dieta que reciben los animales. En el caso de los ácidos grasos de origen vegetal se ha encontrado que la composición varía de acuerdo a las condiciones climáticas y a los suelos donde se encuentran las plantas productoras [14].

Los aceites y grasas utilizados para la saponificación con hidróxido de sodio o de potasio pueden ser de cualquier calidad, ya que desde el punto de vista de composición química son perfectamente sustituibles en general.

Las grasas y aceites utilizados son compuestos de glicerina y un ácido graso, como el ácido palmítico o el ácido esteárico. Cuando estos compuestos se tratan con una solución acuosa de un álcali, como el hidróxido de sodio, en un proceso denominado saponificación, se descomponen formando la glicerina y la sal de sodio de los ácidos grasos. La palmitina, por ejemplo, que es el éster de la glicerina y el ácido palmítico, produce tras la saponificación palmitato de sodio (jabón) y glicerina.

Los ácidos grasos que se requieren para la fabricación de jabón se obtienen de los aceites de sebo, grasas y pescado, mientras que los aceites vegetales se obtienen, entre otros, del coco, la oliva, la palma, la soja (soya) o el maíz. Los jabones duros se fabrican con aceites y grasas que contienen un elevado porcentaje de ácidos saturados, que se saponifican con hidróxido de sodio. Los jabones blandos son jabones semifluidos que se producen con aceite de lino, aceite de semilla de algodón y aceite de pescado, los cuales se saponifican con hidróxido de potasio. El sebo que se emplea en la fabricación de jabón es de calidad distinta, desde la más baja

correspondiente al sebo obtenido de los desperdicios (utilizada en jabones baratos) hasta sebos comestibles que se usan para jabones finos de tocador. Si se utiliza sólo sebo, se consigue un jabón que es demasiado duro y demasiado insoluble como para proporcionar la espuma suficiente, y es necesario, por lo tanto, mezclarlo con aceite de coco. Si se emplea únicamente aceite de coco, se obtiene un jabón demasiado insoluble para utilizarlo en agua fresca; sin embargo, hace espuma con el agua salada, por lo que se usa como jabón marino. Los jabones transparentes contienen normalmente aceite de ricino, aceite de coco de alto grado y sebo. El jabón fino de tocador que se fabrica con aceite de oliva de alto grado de acidez se conoce como jabón de castilla, El jabón para afeitar o rasurar es un jabón ligero de potasio y sodio, que contiene ácido esteárico y proporciona una espuma duradera. La crema de afeitar es una pasta que se produce mediante la combinación de jabón de afeitar y aceite de coco [8].

2.4.2 Composición química de las grasas y aceites

Los triglicéridos representan normalmente más del 95 % de la masa de la mayoría de las grasas y aceites alimentarios. Entre los constituyentes minoritario se encuentran los monoglicéridos y diglicéridos, ácidos grasos libres, fosfátidos, esteróles, alcoholes grasos, vitaminas liposolubles y otras sustancias.

2.4.2.1 Triglicéridos

Desde el punto de vista estructural, un triglicérido puede considerarse formado por la condensación de una molécula de glicerol con tres ácidos grasos, para dar tres moléculas de agua y una de un glicerol. La estructura de este tipo de glicérido es la siguiente:

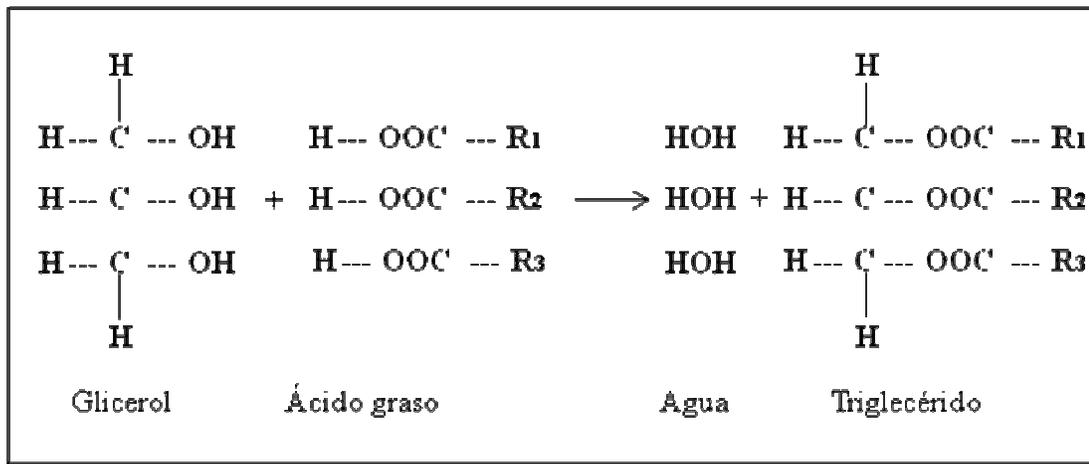


Figura 2.1 Estructura molecular de los triglicéridos

Si los tres ácidos grasos son idénticos, se obtiene un triglicérido simple y si son diferentes uno mixto. Cuando un triglicérido mixto contiene tres radicales ácidos diferentes, presenta tres formas isométricas posibles, según sea el radical ácido que ocupe la posición central (β) de la molécula y los que ocupen las dos posiciones extremas (α y α') [12].

2.4.2.2 Mono y diglicéridos

Los mono y diglicéridos contienen solamente uno o dos radicales ácidos grasos respectivamente y, por consiguiente, tienen grupos hidroxilos libres. Solo se encuentran en la naturaleza en cantidades apreciables en las grasas que han sido parcialmente hidrolizadas; pero se pueden sintetizar fácilmente y tienen importantes aplicaciones industriales. Bajo condiciones favorables, los radicales ácidos tienden a migrar a los extremos de la molécula.

Dos ejemplos sencillos de las moléculas de estos tipos de glicéridos son las siguientes:

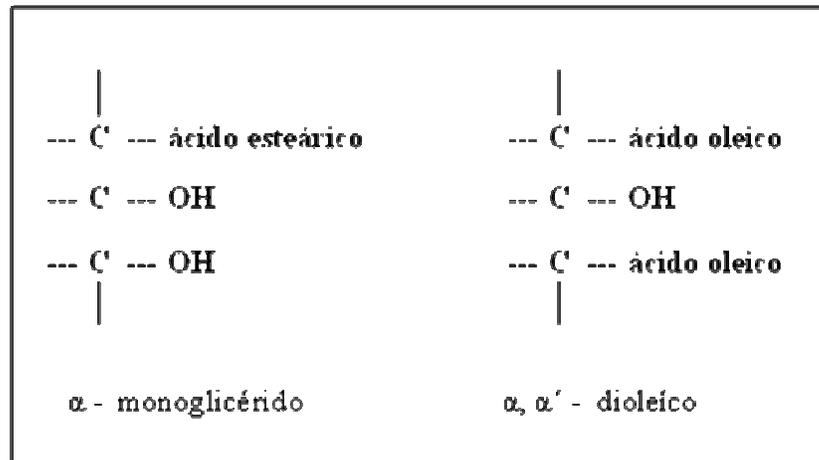


Figura 2.2 Estructura de los mono y diglicéridos.

Cantidades apreciables de diglicéridos y probablemente de monoglicéridos, se encuentran en las grasas que han sufrido una considerable hidrólisis, como resultado de la acción enzimática en los tejidos vegetales y animales.

Es probable que se encuentren trazas de estos compuestos en todas las grasas comerciales. Tanto los diglicéridos como los monoglicéridos son importantes agentes coagulantes y se emplean frecuentemente en los alimentos con este propósito. Se preparan comercialmente haciendo reaccionar glicerol con triglicérido o esterificando glicerol con ácidos grasos [12].

2.4.2.3 Ácidos grasos libres

Como sugiere su nombre, son los ácidos grasos no esterificados presentes en una grasa. Algunos aceites no refinados presentan un alto contenido de ácidos grasos libres. Estos niveles se reducen en el proceso de refinado, ya que los destinados a usos alimenticios deben tener un contenido de unas pocas centésimas de porcentajes. Con los enlaces en posición conjugada se produce un aumento en ciertos tipos de

reactividad química, por ejemplo la oxidación y polimerización de las grasas se realiza con facilidad cuando los enlaces están en posición conjugada, acelerando los procesos de oxidación del aceite. En la actualidad, el contenido de los ácidos grasos libres en un aceite o una grasa está siendo utilizado como criterio de la calidad de los mismos, un aceite con un alto contenido de ácidos grasos libres tendrá un bajo valor comercial en el mercado [12].

2.4.2.4 Fosfátidos

Los fosfátidos asociados con las grasas y aceites, en muchos tejidos vegetales y animales, están constituido por un polialcohol (generalmente, aunque no en todo los casos, el glicerol) esterificado con ácidos grasos y ácido fosfórico. El ácido fosfórico esta a su vez combinado con un compuesto básico nitrogenado. Los dos fosfátidos más comunes, la lecitina y la cefalina, se pueden considerar como triglicéridos en los que un radical ácido graso esta sustituido por un fosfórico. En la lecitina el ácido fosfórico está esterificado con la colina y en la cefalina con colamina. La lecitina aunque es considerada como un compuesto no deseado en los aceites, ya que causa taponamiento en los procesos de refinación, separada del mismo tiene un alto valor comercial para la producción de mantequillas, confites, etc.

2.4.2.5 Esteroles

Los esteroles son compuestos característicos de todas las grasas y aceites naturales y en la mayoría de los casos constituyen la mayor porción de la materia insaponificable, sin embargo, no tiene interés para el técnico en aceites, puesto que son químicamente inertes y no toman parte en ninguna propiedad del aceite. Su recuperación tiene cierto interés, porque constituyen la materia prima para la síntesis de hormonas sexuales y para la preparación artificial de la vitamina D.

Aunque los esteroides están presentes tanto en las grasas animales como en los aceites vegetales, existe una clara diferencia biológica entre ellos. El colesterol es el esteroide mayoritario de las grasas animales pero se encuentra en cantidades de trazas en los aceites vegetales. Los esteroides de los aceites vegetales se denominan colectivamente fitoesteroides. El sitosterol y el stigmasterol son los esteroides de aceites vegetales más conocidos. Los tipos y cantidades de esteroides de los aceites vegetales varían con el origen del aceite [13].

2.4.2.6 Tocoferoles

Los tocoferoles son otro de los componentes minoritarios importantes de la mayoría de las grasas de origen vegetal. Sirven como agentes antioxidantes pues retardan el enranciamiento y como fuente de la esencial vitamina E. Entre los tocoferoles, el alfa-tocoferol tiene la actividad de vitamina E más elevada y la menor actividad antioxidante. Las actividades antioxidantes de otros tocoferoles en orden decreciente son: delta, beta, gamma, y alfa. Los tocoferoles naturalmente presentes en la mayoría de las grasas de origen vegetal, pueden ser parcialmente eliminados durante los procesos de refinamiento y no se encuentran en cantidades apreciables en las grasas de origen animal. Pueden añadirse a las grasas éstos u otros antioxidantes después de la refinación para mejorar su estabilidad frente a la oxidación en el producto final [13].

2.4.2.7 Carotenoides y Clorofilas

Los Carotenoides son sustancias coloreadas presentes naturalmente en grasas y aceites. Su color varía de amarillo al rojo intenso. La clorofila es el pigmento verde de las plantas que desempeñan un papel esencial en el proceso fotosintético. Los niveles de la mayoría de estos compuestos coloreados se reducen durante el proceso normal de refinación de los aceites para darles un color, aroma y estabilidad

aceptable, aunque estudios recientes recomiendan la presencia de estas sustancias en los alimentos como posibles herramientas para la prevención de ciertas enfermedades cancerígenas.

2.4.2.8 Vitaminas

En general, la mayoría de los aceites y grasas son una fuente importante de vitaminas liposolubles, tales como la vitamina A, D y E. Las vitaminas liposolubles A y D se añaden a veces a alimentos que contienen grasas tales como las margarinas o la leche, ya que estos alimentos son parte importante en la dieta humana. La vitamina A puede considerarse derivada del β -Caroteno, por ruptura de la cadena hidrocarbonada por la mitad y la adición de una molécula de agua a cada fragmento. El color amarillo de un aceite o grasa ha sido asociado siempre al contenido de pigmentos carotenos, que supone la presencia de la vitamina A, pero no todos son precursores de esta sustancia [13].

2.4.2.9 Ácidos grasos

Los ácidos grasos son los principales componentes de las grasas y los aceites, su estructura y características varían de acuerdo a la fuente de donde provienen, bien sean animales o vegetales. Los ácidos grasos predominantes son de cadenas alifáticas saturadas o no, con un número par de átomos de carbono y un radical carboxilo, cuya fórmula química general es la siguiente:



Cadena alifática Radical carboxilo

2.4.2.9.1 Clasificación de los ácidos grasos

Los ácidos grasos difieren entre sí, principalmente, en el número de átomos de carbono de su cadena, así como en el número y posición de los enlaces etilénicos o dobles, entre los átomos de carbono. Los ácidos grasos en los que los átomos de carbono de su cadena están unidos a no menos de dos átomos de hidrógenos se llaman saturados. Los que contienen doble enlaces carbono-carbono se llaman no saturado o insaturado [12].

a) **Ácidos grasos saturados:** los ácidos grasos saturados comprenden aquellos ácidos que contienen en su estructura enlaces simples carbono-carbono, una característica que los distingue de los ácidos insaturados es que son menos reactivos químicamente; los ácidos saturados poseen un punto de fusión que aumenta con la longitud de la cadena (esta característica se observa en la tabla 2.2), y alguno de estos son sólidos a temperatura ambiente. A una temperatura dada, la presión de vapor de los ácidos grasos disminuye gradualmente al aumentar la longitud de la cadena, esto y la diferencia de punto de ebullición entre dos miembros consecutivos de la serie, es suficiente para permitir la separación de mezclas por medio de la destilación fraccionada. Esta propiedad ha permitido avanzar grandemente en el estudio de cada uno de los ácidos saturados conocidos hoy día. Los aceites y grasas que contienen este tipo de ácidos grasos se utilizan principalmente para la elaboración de productos tales como margarina, productos de confitería y repostería, dada la facilidad de formar emulsiones estables [12].

b) **Ácidos grasos insaturados:** los ácidos grasos insaturados que se encuentran en los aceites y las grasas, dada la relativa dificultad de su aislamiento y caracterización, son conocidos con menos seguridad que los saturados. Los ácidos grasos intensamente insaturados con cuatro o más enlaces dobles

forman parte de un conjunto poco definido y por esta razón existe gran confusión e incertidumbre sobre ellos. De estos ácidos se conoce que posee una gran reactividad química a medida que aumenta el número de dobles enlaces, presentan una gran facilidad de isomerización o polimerización por la acción del calor o los agentes químicos. El grado de insaturación de un aceite depende del número medio de dobles enlaces de sus ácidos grasos. Las insaturaciones presentan dos tipos de isomerismo: geométrico, cis y trans, y posicional, según sea la localización de la doble ligadura en la cadena de átomos de carbono. En estado natural la mayoría de ellos son cis, mientras que los trans se encuentran en grasas hidrogenadas comerciales y en algunas provenientes de rumiantes; la mantequilla consiste aproximadamente en 2 % de los ácidos grasos trans, que se sintetizan por un proceso de biohidrogenación efectuado en el rumen de la vaca. Cabe decir, que los isómeros trans son termodinámicamente más factibles y estables que los cis; aunque los primeros han despertados mucha controversia por sus posibles efectos nocivos en la salud humana [12].

Los aceites y grasas se saponifican a glicerol y jabón por tratamiento por álcali (Ec. 2.1) cuando se desea obtener jabón.

En general, los ácidos de peso molecular menor, láurico y mirístico, provienen de los aceites de coco y palma pueden ser observados en la tabla 2.3. Los ácidos palmítico y esteárico se encuentran en la mayoría de los aceites y grasas, principalmente en el sebo. El ácido oleico es componente de las grasas animales y es uno de los principales constituyente de muchos aceites vegetales. El ácido linoleico se encuentra en muchos aceites vegetales, especialmente el de la semilla de linaza y el aceite de girasol. El ácido 12-hidroxioléico o ácido ricinoleico, con su grupo hidroxilo es una rareza que se encuentra en el aceite de ricino.

La mayor parte de la producción de ácido grasos se emplea para jabones. El jabón doméstico es simplemente la sal de sodio de la mezcla de ácidos grasos obtenida por hidrólisis de aceite y grasa, los principales componentes son estearato y palmitato de sodio.

Una fuente de ácidos grasos de aceite vegetal empleada por la industria química son las "colas" o reservas para jabón. Los aceites vegetales suelen contener un pequeño porcentaje de ácidos grasos libres como consecuencia de la descomposición enzimática. Cuando se van a emplear estos aceites como alimento, es necesario eliminarlos. Esto se hace sencillamente añadiendo una pequeña cantidad de álcalis, para separar las sales de sodio de los ácidos grasos. Los ácidos grasos libres pueden ser componentes de las formulaciones de aceite lubricante para vehículos [15].

Tabla 2.2 Ácidos grasos más comunes en los alimentos. [16]

Nombre trivial	Nombre Científico	Fórmula	Punto de Fusión (°C)	Punto de Ebullición (°C)
Butírico	Butanoico	$CH_3(CH_2)_2COOH$	-5,9	164
Caprioico	Hexanoico	$CH_3(CH_2)_4COOH$	-3,4	206
Capniico	Octanoico	$CH_3(CH_2)_6COOH$	16,7	240
Caprico	Decanoico	$CH_3(CH_2)_8COOH$	31,6	271
Laúrico*	Dodecanoico	$CH_3(CH_2)_{10}COOH$	44,2	130
Mirístico*	Tetradecanoico	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	54,4	149
Palmístico*	Hexadecanoico	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	63	167
Esteárico*	Octadecanoico	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	69,4	184
Araquídico	Eicosanoico	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	76	204
Behénico	Docosanoico	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	79,9	-

*Ácidos grasos más comunes en los alimentos

Tabla 2.3 Ácidos grasos comunes. [16]

Fórmula	Nombre	Punto de fusión (°C)	Localización del doble enlace y estereoquímica	Origen
$n - C_{11}H_{23}COOH$	Ácido láurico	44,2		Aceite de coco, aceite de semilla de palma
$n - C_{13}H_{27}COOH$	Ácido mirístico	53,9		Aceite de coco, aceite de semilla de palma
$n - C_{15}H_{31}COOH$	Ácido palmítico	63,1		Casi todos los aceites vegetales y grasas animales
$n - C_{17}H_{35}COOH$	Ácido esteárico	69,6		Casi todos los aceites vegetales y grasas animales
$n - C_{17}H_{33}COOH$	Ácido oleico ^a	16,0	cis-9	Casi todos los aceites vegetales y grasas animales (aceitunas, nueces, frijoles) aceite de pulpa de madera

Tabla 2.3 (Continuación) Ácidos grasos comunes. [16]

Fórmula	Nombre	Punto de fusión (°C)	Localización del doble enlace y estereoquímica	Origen
$n - C_{17}H_{31}COOH$	Ácido linoleico ^a	-9,5	cis-9, cis-12	Aceite de pulpa de madera, casi todos los aceites vegetales (cártamo, girasol, soya)
$n - C_{17}H_{29}COOH$	Ácido linolénico ^a	-1,3	cis-9, cis-12, cis-15	Aceite de linaza
$n - C_{17}H_{29}COOH$	Alfa-eleoesteárico	48,5	cis-9, trans-11, trans-13	Aceite de aleurita
$n - C_{17}H_{29}COOH$	Beta-eleoesteárico	71,5	trans-9, trans-11, trans-13	Aceite de aleurita
$n - C_{17}H_{35}(OH)COOH$	Ácido ricinoleico	5,0	cis-9	Aceite de ricino

Ácido oleico^a: $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$

Ácido linoleico^a: $CH_3(CH_2)_4CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_7COOH$

Ácidolinoléico^a:

$CH_3CH_2CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_7COOH$

Ácidoricinoleico:

(Ácido 12-Hidroxioléico) $CH_2(CH_2)_4CH_2CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$

2.5 Análisis químicos de aceites utilizados en la elaboración de jabones

Existe un gran número de análisis para evaluar las características químicas de las grasas y los aceites, sobre todo instrumentales, que son rápidos y exactos; sin embargo, los tradicionalmente usados son de rutina en muchos laboratorios e industrias y se emplean para llevar a cabo un control de calidad adecuado. Los resultados de estos análisis ofrecen mucha información sobre la naturaleza, el origen y el posible comportamiento en diferentes condiciones de almacenamiento.

A continuación se describen los métodos más comunes en laboratorios e industrias:

2.5.1 Densidad

Este ensayo consiste en determinar la equivalencia en masa de una unidad en volumen de una sustancia. Su determinación se lleva a cabo por ejemplo de la siguiente expresión: [17]

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

ρ : densidad, en (g/ml)

m : masa, en (g)

v : volumen, en ml

2.5.2 Índice de saponificación

Este ensayo consiste en saponificar completamente una cantidad, exactamente medida de la muestra a ensayar, mediante un exceso de solución alcohólica de hidróxido de potasio, valorando luego dicho exceso con HCl. Este índice representa el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1g de sustancia grasa. La norma COVENIN que rige este ensayo es la norma 323:1998 y la fórmula para determinarla es la siguiente [18]

$$IS = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 56,1}{G} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

IS: índice de saponificación

V_1 : ml de HCl gastados en la valoración del ensayo en blanco

V_2 : ml de HCl gastados en la valoración de la muestra

N: normalidad de la solución de HCl

G: peso de la muestra en gramos (g)

2.5.3 Materia insaponificable (MI)

Se define como el material que existe en aceites y grasas, el cual después de la saponificación del aceite o de la grasa con álcali cáustico y extracción con un disolvente orgánico apropiado, permanece sin volatilizarse al secar a 80°C. La norma COVENIN que rige este ensayo es la **326:1997** y la fórmula para determinarla es la siguiente [19]

$$MI = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad (\text{Ec. 2.5})$$

$$m_1 = V \times N \times 0,00564 \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

MI: contenido de materia insaponificable, en porcentaje

m_0 : masa de la muestra, en gramos(g)

m_1 : masa de los ácidos grasos en el extracto, en gramo (g)

V: volumen de la solución de hidróxido de sodio consumido en la titulación, en mililitros (ml)

N: normalidad de la solución de hidróxido de sodio (0,02N)

2.6 Palma coroba

La coroba tiene varios nombres científicos pero se acepta más el de *Attalea macolepis*, es una planta de la familia de las palmáceas, con tronco áspero y cilíndrico, sin ramas, coronada por un penacho de grandes hojas que se parten en lacinias, generalmente su altura no excede los 10 metros. Estas palmas empiezan a producir frutos después de tres años de haber sido plantadas y se pueden cosechar por un lapso de 20 a 25 años; la producción es dada en forma de racimos, los cuales nacen de la parte más baja de la copa del árbol donde se forman los frutos unidos por un péndulo.

El peso de cada racimo oscila entre 5 y 40 kilogramos, se ha llegado encontrar hasta ocho racimos en una sola palmera presentándose ligeras variaciones en el número de frutos y en el peso de cada racimo. Este fruto se cosecha durante todo el año, siendo su mayor producción en los meses de mayo, junio, julio, noviembre y diciembre. El fruto posee un color que varía de amarillo al naranja y a veces pardo rojizo, es de forma oblonga llegando a pesar cada fruto entre 20 y 50 gramos, sus

características externas son parecidas a la del coco y puede incluirse en la categoría de los frutos semicarnosos.

Esta es una palmera típica de la región guayanesa, específicamente de Caicara del Orinoco, el fruto posee características fisicoquímicas que permiten considerarla como una fuente potencial para la industria de los alimentos y las oleaginosas; esto ha motivado la realización de estudios de factibilidad económica de la industrialización de la coroba asegurando que los productos obtenidos de dicho fruto tienen garantizada su colocación en un amplio mercado [20].

Por muchos años los habitantes de Caicara del Orinoco, así como las comunidades vecinas han utilizado este producto como parte de su dieta diaria en la elaboración de arepas, dulces, aceites de mesa, extraído tanto del mesocarpio como de la almendra, sobre este último se realizó un estudio donde se logró extraer y refinar el aceite, encontrándose que presentaba un contenido de grasa del 64,9 % y que el ácido graso predominante es el ácido láurico (en el aceite crudo), con un 37,38 % [21].

En la figura 2.1 se puede observar la planta de la coroba.



Figura 2.3 Palma de Coroba ubicada en el distrito Cedeño del estado Bolívar

2.6.1 Características del fruto

El fruto de la coroba está constituido por:

2.6.1.1 El cabezal

Representa un 3,5 en peso del fruto, es una parte lisa y fibrosa de color verde antes de la maduración del fruto; cuando presenta una coloración marrón es debido a la resequedad que va experimentando a medida que transcurre el tiempo. El cabezal forma una especie de gorro que cubre la parte superior del fruto y viene a representar el punto de unión de este con el péndulo o vástago.

2.6.1.2 Epicarpio o concha

Representa la parte exterior del fruto, constituyendo un 34 % del mismo. Su color al igual que el cabezal sufre variaciones a lo largo de todas las etapas de su desarrollo.

Al comenzar la formación del fruto, éste presenta un color verde muy parecido al observado en el coco en condiciones similares; este color se va degradando hasta alcanzar un color amarillo o rojizo en el periodo de maduración, en el que se hace menos dificultoso su separación de la pulpa, todo lo contrario ocurre cuando está verde o se ha envejecido adquiriendo ligeras manchas marrones. Su superficie es lisa de unos 2 o 3 milímetros de espesor y posee muy poca humedad, la concha se caracteriza por su fibrosidad, propiedad que permite su fácil desprendimiento en forma longitudinal.

2.6.1.3 Mesocarpio o pulpa

Una vez eliminado el cabezal y la concha se observa la pulpa, la cual adopta la forma de una capa fina fibrosa y blanda de un grosor de unos 8 a 12 milímetros. Es comestible y su aporte representa un 25 % en masa del fruto. Al examinar la pulpa de una coroba no madura se aprecia un color blanco verdoso, poca humedad y un sabor no agradable al paladar. Cuando está en su punto óptimo de maduración, brinda un sabor peculiar muy agradable debido a su contenido de azúcares, y es posible percibir la presencia del aceite. Al estar madura la humedad aumenta lo que facilita la separación de la concha y del endocarpio. En relación con el color, este es generalmente entre amarillo y naranja, pero más intenso que el de la concha en esta misma etapa. Superada la madurez la humedad va desapareciendo, la pulpa se torna negruzca y adquiere cierta rancidez.

2.6.1.4 Endocarpio o cáscara

Representa la mayor proporción en el fruto aportando un 35 % de la masa total de la fruta. Su forma es ovalada, como la nuez, de superficie lisa pero con ligeros canales, su color es marrón y a semejanza de la cáscara del durazno es dura, de un espesor que regularmente varía entre 3 a 6 milímetros y de 35 a 50 milímetros de largo.

2.6.1.5 Almendra o semilla

Se encuentra en el interior de la cáscara es de forma oblonga, recubierta por una membrana o testa negruzca semejante a la que cubre la semilla del coco, fruto con el cual puede ser comparado, ya que el sabor, color y textura son casi similares. A diferencia del coco, esta masa es compacta, más o menos ovoide y muy oleosa.

Por lo general cada fruta contiene una semilla, pero se pueden encontrar hasta tres ocupando toda la cavidad del endocarpo. Constituye el 5 % de la masa total del fruto, su dimensión puede llegar a alcanzar entre 10 y 15 milímetros de espesor y de 20 a 30 milímetros de largo [16]. En la figura 2.2 se aprecia un corte transversal de una coroba madura.

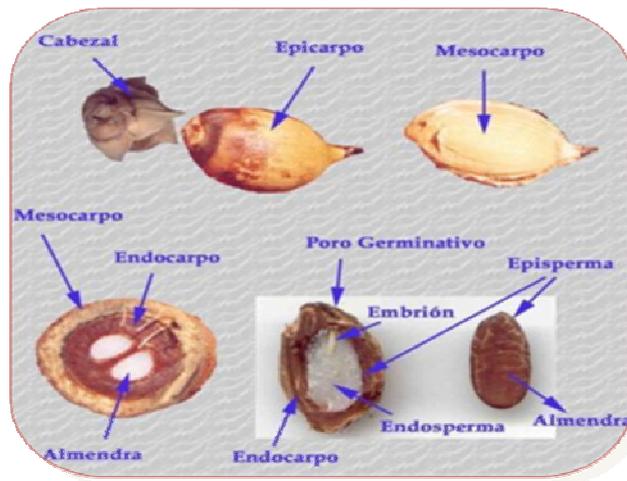


Figura 2.4 Características del fruto de la palma Coroba [22].

2.6.2 Zona de ubicación del cultivo

La palma de la coroba se encuentra distribuida en todo el distrito Cedeño del estado Bolívar siendo su mayor concentración en las siguientes regiones: Caicara del Orinoco (Municipio Caicara), Las Bonitas (Municipio de las Bonitas), Santa Rosalía (Municipio Ascensión Ferrara), Suapure (Municipio La Urbana).

Las diversas partes características que integran la palma de la coroba son idénticas en cada una de las regiones, excepto el tamaño del fruto que varía de un lugar a otro. En otras regiones de Venezuela como Miranda, Carabobo y Cojedes se ha encontrado este tipo de palma, a diferencia de la localizada en el estado Bolívar, estas presentan un mayor tamaño, pero el mesocarpo presenta una apariencia

pegajosa y un sabor poco agradable al paladar [20]. En la figura 2.5 se muestra las zonas de ubicación de los cultivos de la palma coroba en la región.

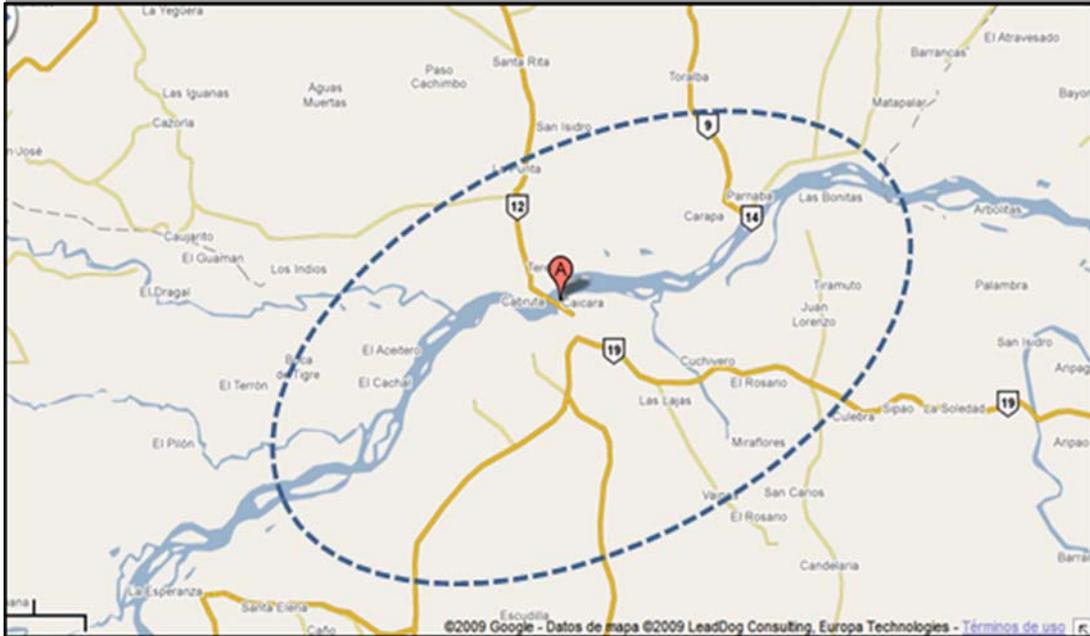


Figura 2.5 Zonas de ubicación de los cultivos de la palma coroba en Venezuela

2.6.3 Clima y suelo

La variabilidad observadas en el clima y las condiciones pluviométricas han dado origen a la formación de diversos tipos de suelo dentro del distrito Cedeño, esta diversidad justifica la presencia de diferentes características de la coroba en las regiones antes mencionadas. La mayor influencia se le atribuye a la humedad, la cual junto con la temperatura es el factor determinante en la relación existente entre las diferentes sustancias de reserva de las plantas, es decir, que a mayor humedad del suelo corresponde mayor cantidad de grasa en las semillas de la planta. Además, en aquellas zonas que presentan un mayor riego se ha encontrado que las palmas producen un mayor número de racimos con frutos de masa mayor.

2.6.4 Valor nutritivo

El fruto de la coroba presenta muchas características fisicoquímicas de gran importancia, las cuales se mencionan de acuerdo a las partes constituyentes del fruto. El cabezal y epicarpio son las partes que poseen un menor valor nutritivo de la fruta, mientras que el mesocarpio o pulpa de la coroba es una de las partes del fruto que ofrece mayor utilidad en la industria alimenticia, ya que posee un alto contenido en materia grasa. La almendra puede contribuir al mejoramiento del producto alimenticio para animales mediante el aporte de proteínas y demás elementos que quedan en la torta residual después de la extracción del aceite por prensado mecánico. [20]

2.6.5 Potencialidades de la palma coroba

Según el estudio realizado del potencial agroindustrial de la palma coroba (*Attalea macrolepis*) en el municipio Cedeño del estado Bolívar, se determinó que existen [23]

- 55.000 Ton. pulpa de coroba
- 28.000 Ton. aceite de semilla de coroba
- 133.280 Ton. huesito de coroba

2.7 Obtención artesanal del aceite de la semilla de la palma coroba

Actualmente la obtención de aceite de coroba se hace de manera artesanal mediante un procedimiento (fig. 2.6) que consiste en recoger un número considerable de semillas, estas se exponen al sol por un lapso no menor de 15 días y cumplido este tiempo se trituran y se extrae la almendra, la cual se pila y se muele para luego

colocarla en un recipiente con 1 litro de agua. Se deja hervir durante 30 minutos para que el aceite salga a la superficie, el cual se recoge delicadamente. Luego el aceite extraído se expone al fuego por 15 minutos más para eliminar los restos de agua que pudiera tener y finalmente se filtra para eliminar del mismo ciertas cantidades de partículas sólidas.[²³]

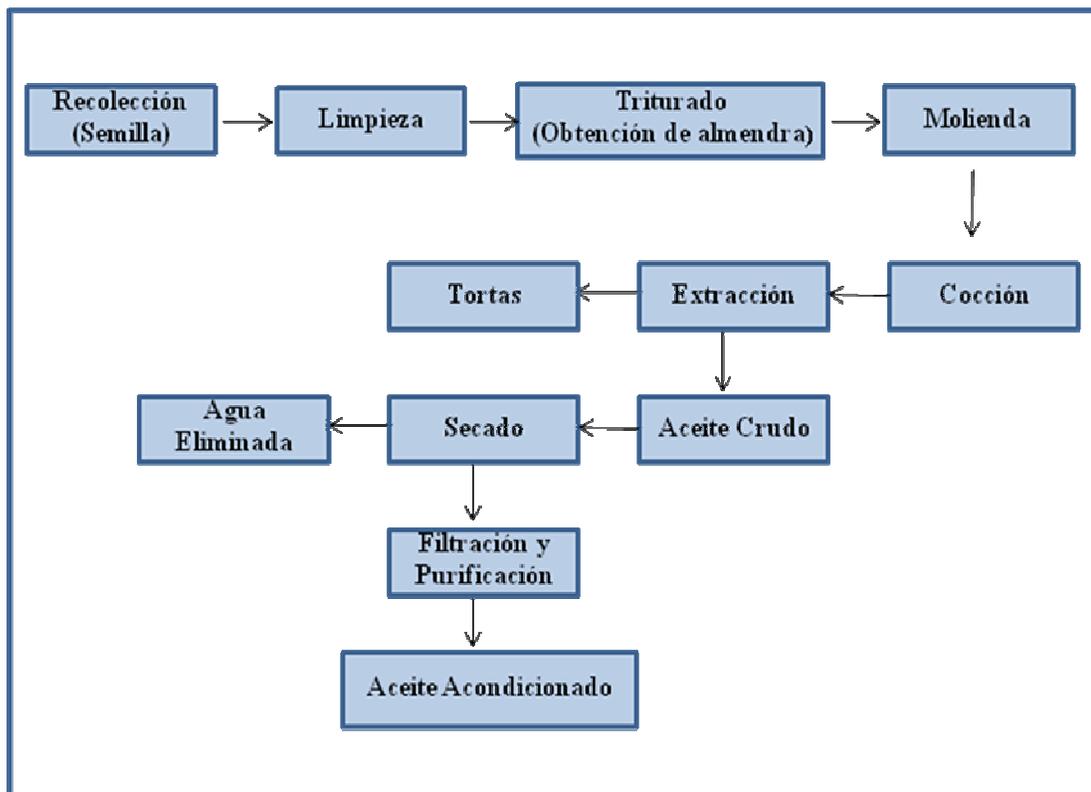


Figura 2.6 Proceso artesanal de obtención del aceite de la semilla de la Coroba

2.8 Proceso de extracción por solvente hexano (MÉTODO SOXHLET) [²⁴]

La extracción por solvente es un proceso para extraer el aceite de semillas oleaginosas, por el método de de tratamiento con un solvente de bajo punto ebullición en contraste a los métodos de extracción por presión mecánica (tal como extrusoras, prensas hidráulicas, etc.)

Por el método de extracción por solvente, casi todos los aceites son recuperados, dejando solamente de 0.5 a 0.7% aceite residual en la materia prima. En el caso de extracción mecánica el aceite residual se va en la torta de expeller en un porcentaje entre el 6% a el 14%.

El método de extracción por solvente se puede aplicar directamente a cualquier materia prima del contenido bajo de aceite. Puede también ser utilizado para extraer aceite de las tortas pre-prensadas obtenidas de los materiales de alto contenido de aceite. Debido al alto porcentaje de recuperación de aceite, la extracción por solvente se ha convertido en el método más popular de extracción de aceites y de grasas.

La grasa es uno de los componentes esenciales de la dieta humana. Por lo tanto, la demanda para los aceites y las grasas está creciendo con el aumento de la población y estándares de vida.

2.8.1 Proceso de extracción del aceite

La extracción por solvente es básicamente un proceso de difusión de un solvente en las células que contienen aceite en la materia prima, dando por resultado una solución de aceite en solvente.

Por varios factores tales como economía comercial, digestibilidad de los productos obtenidos de la extracción, características físicas del solvente especialmente su punto ebullición bajo, el hexano se considera ser el mejor y se utiliza exclusivamente para este propósito.

En una semilla, el proceso de extracción consiste en tratar la materia prima con hexano y recuperar del aceite por destilación de la solución del aceite llamado miscela.

La evaporación y la condensación como también de la destilación del miscela recuperan el hexano absorbido en el material. El hexano recuperado así se reutiliza para la extracción.

El punto ebullición bajo del hexano (67°C) y la alta solubilidad de aceites y de grasas en él son las características explotadas en el proceso de la extracción por solvente.

El proceso entero de la extracción se puede dividir en las etapas siguientes:

1. Preparación de la materia prima.
2. Proceso de la extracción.
3. De-solventización / solventización del material extraído.
4. Destilación del miscela.
5. Recuperación solvente por la absorción.
6. Acabamiento y empaquetamiento del pellet.

Dado del carácter altamente inflamable del hexano , algunas etapas del proceso que implican maquinarias de alta velocidad, tales como preparación material, el acabamiento y el empaquetamiento se llevan a no menos de 15 / 20 metros de la planta principal de la extracción en donde las etapas de proceso restantes que implican la dirección del solvente se llevan hacia fuera.

2.8.1.1 Preparación de la materia prima

Para la extracción cuidadosa y eficiente, es necesario que cada célula que contiene aceite del material esté en contacto con el solvente. Por lo tanto, es muy importante la preparación apropiada de los materiales antes de la extracción. Cuanto

más pequeño es el tamaño del material, mejor es la penetración del solvente en las células que contienen aceite.

Para los materiales de alto contenido de aceite (contenido el 15% de aceite o más), se recomiendan los siguientes pasos para hacer el material conveniente para la penetración del solvente en las células de aceite así como para la mejor filtración.

- (a) Pasar las semillas a través de los molinos de rodillo acanalados con 3 milímetros estría para reducir el tamaño
- (b) Calentar el material quebrado a alrededor 80°C con vapor abierto y se humedece el material para levantar el contenido de agua a cerca de 11 o 12%.
- (c) Formar escamas del material humedecido con un par de rodillos llanos a 0.25 milímetro de grueso o menor.
- (d) Transportar las escamas al sistema de la extracción.

El salvado pelletizado es entonces enfriado en una corriente de aire mientras que transporta al extractor. Algunas semillas deben ser descascaradas. El equipo de descortezamiento varía según la semilla.

2.8.1.2 Proceso de la extracción

El material preparado entra en el extractor a través de un sello rotatorio de aire. El extractor consiste principalmente en un transportador articulado de movimiento muy lento de la cinta dentro de un compartimiento totalmente cerrado. La cinta se alinea con las hojas perforadas y el paño poroso del acero inoxidable. La masa del material que se mueve en esta cinta forma una cama móvil lenta. Durante el movimiento de la cama a través del extractor se lava continuamente en varios puntos

con el miscela en concentraciones que disminuyen y finalmente con un solvente fresco El miscela se infiltra a través del fondo perforado y recoge en las varias tolvas guardadas debajo de la cama. El miscela se concentra y se saca por destilación.

2.8.1.3 De-solventisación / solventisación del material extraído

Después de que la colada se descargue del transportador se lo transporta al desolventizador. En el desolventizador el material es calentado alrededor de 100°C por el vapor, y el solvente absorbido se evapora así en los vapores. Finalmente, el material, que ahora está totalmente libre de solvente, se descarga continuamente a través del sello hermético en un transportador neumático. Los vapores desarrollados en el desolventizador se conducen a través de un colector de polvo en donde se lavan con agua caliente, a un condensador. Algunos materiales, tales como extracciones de la semilla de algodón y de la soja, se tuestan después de la de-solventisación/solventisación.

En estos casos ambos los pasos del de-solventisación/solventisación y de tostar se pueden combinar en una operación por el uso del desolventizador - tostadora (D. T.) En vez del desolventizador. El D.T. consiste en un recipiente cilíndrico vertical con compartimientos horizontales y una central que rota en el eje vertical en el cual están los barridos montados en cada compartimiento. El material tostado se alimenta adentro al compartimiento superior del D.T y se calienta con vapor abierto. El vapor abierto condensa mucha humedad en el material en el mismo tiempo que evapora el solvente. La humedad hasta 14 o 15% se condensa. El material entonces fluye a un compartimiento más bajo. En compartimientos más bajos el material se calienta gradualmente a 115 a 120° C que evapora así todo el solvente, cocinando el material y eliminando la humedad. El cocinar en presencia de humedad destruye las enzimas indeseables. Los vapores del solvente y de agua se conducen primero a un colector de

polvo en donde se mezclan con agua caliente para quitar el polvo fino y después se conducen a un condensador para condensar los vapores.

2.8.1.4 Destilación del Miscela

El miscela final (solución del aceite en hexano) obtenido del extractor se recoge y es enviado a la columna de destilación bajo vacío por medio de una serie de eyectores de vapor. El miscela es calentado por el vapor en la columna de destilación y el hexano se elimina en el vapor inmediatamente. Los vapores se conducen a otro condensador a través de un separador de arrastre. El miscela concentrado del evaporador se bombea en una unidad secundaria similar de la destilación para levantar la temperatura a cerca de 100 - 110° C y es llevado entonces a el separador final a alto vacío. El vapor abierto se inyecta para eliminar los rastros de hexano del aceite. El vapor del separador se condensa en un tercer condensador. El aceite liberado de solvente se bombea del separador al almacenaje.

2.8.1.5 Recuperación solvente de Condensación

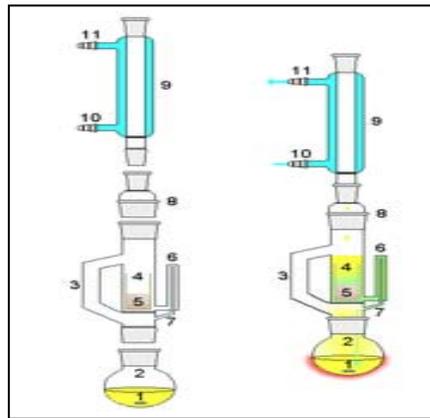
Todos los condensadores son del tipo flotante con tubos-paquetes para donde se lleva el agua refrigerante. El agua refrescada a 30°C o menos se circula dentro de los tubos en todos los condensadores y los vapores se pasan fuera de los tubos. Así los vapores se refrescan y se condensan a líquido. Los vapores de cada condensador son aspirados por una serie de eyectores y empujados a través del condensador pasado a un refrigerador del contacto donde se lavan con agua fría. Toda el agua líquida condensada del hexano de estos condensadores y del refrigerador se conduce a un separador de agua / solvente en donde el solvente puro es separado del agua gracias a su inmiscibilidad logra la separación completa. El solvente puro se bombea al extractor continuo para el lavado final de la cama del pellet.

2.8.1.6 Recuperación solvente final

El vapor y los gases del refrigerador se conducen al amortiguador adonde vienen en contacto íntimo con un aceite absorbente. El solvente se vaporiza, se absorbe en este aceite y los gases sobrantes son liberados en la atmósfera. Teóricamente estos gases que salen de la planta libre de hexano, en la práctica, una cantidad pequeña de solvente se pierde con estos gases. El aceite que contiene el solvente absorbido se conduce en un evaporador bajo vacío y calentada a 100°C. Se vaporiza el solvente y estos vapores se conducen en uno de condensadores y se recuperan. El aceite caliente del evaporador se pasa a través de un refrigerador para refrescarse a temperatura ambiente, y se libera del hexano que se rocía nuevamente dentro del amortiguador.

2.8.1.7 Acabado del pellet

El transportador lleva el pellet terminado. El pellet se transporta y también se refresca a alrededor de 45-50°C por medio de aire frío inducido en el transportador por un soplador. El pellet cae a un humectador del redler. En el humectador el pellet se mezcla con bastante humedad para subir el contenido de agua, substituyendo la cantidad de agua perdida durante la extracción y los pasos de-solventización/solventización. El pellet humedecido entonces se descarga del humectador.



Leyenda:

1. Buzo / agitador / granallas o esferas
2. Balón
3. Brazo para ascenso del vapor
4. Cartucho de extracción o cartucho Soxhlet
5. Muestra (residuo)
6. Entrada del sifón
7. Descarga del sifón
8. Adaptador
9. Refrigerante (condensador)
10. Entrada de agua de refrigeración
11. Salida de agua de refrigeración

Figura 2.7 Partes fundamentales de un equipo Soxhlet [24]

2.9 Clasificación de los jabones

Los jabones se clasifican según su forma física y el uso principal para el cual fue formulado en: [25]

- **Jabones de tocador en barra o escama:** son los jabones sólidos formulados principalmente para ser utilizados en el tocador.
- **Jabones de tocador líquidos:** son los jabones líquidos formulados principalmente para ser utilizados en el tocador.
- **Jabones para lavar en barra o escamas:** son los jabones sólidos formulados para ser usados principalmente en el lavado de la ropa.
- **Jabones para lavar líquidos o en pasta:** son los líquidos o semilíquidos formulados para ser usados principalmente en el lavado de ropa.

2.10 Fabricación de jabones de tocador [26]

La fabricación de jabones puede hacerse por método de tareas (intermitente) o por método continuo. La elección del procedimiento y de las materias primas dependen de la calidad que se quiera obtener, de la instalación para el manejo y tratamiento de las materias primas y de los medios para producir el jabón y recuperar la glicerina.

La mayor parte de las fábricas de jabón operan por el método de *calderas de plena cocción* con materias grasas neutras. Con este procedimiento se producen jabones de alta calidad y productos industriales de calidad inferior y se aprovecha la glicerina.

Las principales objeciones que se oponen a los métodos continuos de fabricación de jabones son:

- No proporcionan la flexibilidad de operación que es posible obtener con la caldera.
- Están muy mecanizados y requieren operarios especializados.
- No permiten cambiar de una fórmula a otra sin rehacer cantidades sustanciales de jabón.
- Consumen mucho tiempo en poner en movimiento y en parar las unidades.

Este método es ventajoso cuando se desea acrecentar la capacidad productiva de una fábrica, sin aumentar las dimensiones de sus edificios, especialmente si la fábrica puede funcionar largo tiempo sin parar.

Las lejías de glicerina se tratan con sales solubles de hierro o de aluminio y se filtran para eliminar las impurezas precipitadas y luego se evaporan para formar una

glicerina cruda, que contiene 82% de glicerol. La venta de glicerina es importante fuente de ingresos.

Por *neutralización de los ácidos grasos* se produce importante tonelaje de jabón, ya sea por proceso continuo o por tareas. Normalmente se utiliza la sosa cáustica para la neutralización, pero también se usa el carbonato de sodio. En este método se produce glicerina y nada se pierde en el producto, al contrario de lo que ocurre en el proceso de cocción total.

2.10.1 Fabricación intermitente con materias grasas neutras

2.10.1.1 Método de la cocción total

El método de la caldera o de cocción total consta de varios tiempos u operaciones, mediante los cuales se efectúa la saponificación de las materias grasas, la precipitación del jabón en la lejía de jabón concentrada o cola de jabón, la separación de la glicerina y las materias coloreadas de la masa jabonosa por el lavado, y la cocción de acabado para dar el punto a la masa de modo que por el reposo forme un jabón limpio.

El proceso de cocción total puede ser aplicado por lavados directos o por el sistema de lejía a contracorriente. En el procedimiento de lavados directos, es necesario un número menor de calderas y de tanques de lejía, porque cada cambio requiere el empleo de lejía fresca durante el proceso de la cocción. En el sistema de contracorriente, la lejía procedente de un cambio en una caldera se emplea en un cambio distinto en otra caldera. Sólo los grandes fabricantes de jabón utilizan el método de la contracorriente por razón de los muchos tanques que son precisos para su aplicación.

Las calderas utilizadas en el proceso de cocción total varían en tamaño considerable, según las exigencias de la producción. Las calderas pueden ser de sección transversal, circular o cuadrada, pero generalmente se emplean tanques cilíndricos con fondo cónico. A veces, las calderas tienen tapa metálica que permite la ebullición con vapor de agua, al que se da salida por la techumbre del departamento de calderas. Esta ventilación evita la condensación del vapor y la formación de bruma en tiempo frío. El calor necesario para la cocción es suministrado por serpentinas de vapor instalados en la parte cónica del fondo, los cuales son abiertos o cerrados. Cada caldera tiene un tubo oscilante que permite extraer el jabón acabado situado encima de la capa de jabón sucio. Este y la lejía se descargan por la llave del fondo.

La saponificación de la materia grasa debe hacerse con alguna rapidez, aunque regulada. La reacción es exotérmica y se verifica entre la grasa y la solución de sosa cáustica en la interface o superficie de separación entre el aceite y el agua. Al mezclarse el aceite con el álcali cáustico, se produce el primer jabón, el cual emulsiona el aceite sin saponificar y expone así grandes superficies de este a la acción de la sosa cáustica. La saponificación avanza rápidamente cuando se ha formado cantidad de jabón suficiente para emulsionar todo el aceite.

Los ácidos grasos libres contenidos en el aceite, inician la reacción antes que los glicéridos, porque obran por simple neutralización. El jabón así formado es el agente emulsionante necesario para principiar la saponificación del aceite neutro.

En este proceso suele agregarse, la materia grasa al, jabón sucio, procedente de un proceso anterior. El contenido de jabón de este jabón sucio basta para promover la rápida emulsión y saponificación de la nueva carga. Si los aceites o grasas muy refinados que contienen poca cantidad de ácidos grasos libres o carecen de ellos, se echan en una caldera limpia, es a veces difícil iniciar la saponificación. A veces se agrega una pequeña cantidad de jabón para facilitar la saponificación.

Durante la saponificación se añade sal a la caldera para producir grumos o gránulos. Como la sal es electrolito, reduce la solubilidad del jabón en la fase acuosa o lejía, por lo que el jabón se separa de la solución. Esta precipitación del jabón se llama saladura o graneado del jabón. Manteniendo un grano blando en el jabón durante la saponificación se evita el espesamiento de la masa, con formación de nódulos duros que ocluyen grasas sin saponificar y que dificultan la producción de un jabón de buena calidad.

En la caldera existen diversas formas físicas de jabón:

- **Jabón granulado:** es un jabón grumoso precipitado de la lejía acuosa por saladura o por la adición de soda cáustica. Los jabones con fórmulas de producción básicamente distintas requieren soluciones de electrolitos de distinta fuerza para originar el mismo tipo de grano.
- **Jabón limpio:** es el producto acabado de la caldera de jabón. Contiene 63% de total de ácidos grasos y cantidades pequeñas de Na_2O libre, NaCl y glicerina. El total de ácidos grasos es también influido por el tipo de acabado y la duración de la sedimentación después del acabado.
- **Jabón gomoso:** es una solución viscosa de jabón que se forma si el contenido de electrolito de la fase acuosa o lejía cae por bajo de cierto nivel. Este jabón es difícil de manejar por su alta viscosidad.
- **Jabón sucio (o jabón negro):** es una solución de color oscuro que contiene algo de jabón y que cae goteando de la masa de jabón después del acabado. Su color varía entre el gris y el negro según las impurezas que se sedimentan de la masa de jabón mientras ésta permanece en el estado de grano blando propio del acabado. Generalmente el jabón sucio se une a la carga de una cocción subsiguiente para obtener un jabón de calidad igual o inferior.

En la cocción de los jabones la relación de lejía es muy importante, porque está íntimamente unida a la recuperación de la glicerina. La relación de lejía se define como "las libras de lejía consumidas por libra de jabón limpio de 63% de total de ácidos grasos". A veces se llama relación de lejía, a la relación entre la lejía gastada y la grasa saponificada. Generalmente se mantiene baja la relación para evitar el costo de evaporar gran cantidad de agua de las lejías glicéricas y el manejo de cantidades grandes de sal recuperada.

La fabricación de jabón basada en un *método de lejías en contracorriente* entre diversas calderas, es más económica que el método de lejías de lavado directo. El primer método permite emplear menor volumen total de lejía y produce lejías mas ricas en glicerina que las procedentes del lavado directo.

2.10.2 Método continuo con materias grasas neutras

En los últimos años, se han instalado en todo el mundo fábricas de jabón basadas en el proceso continuo. Las fases básicas de fabricación son análogas a las operaciones que se realizan en el método de caldera, a saber:

- Saponificación
- Lavado del jabón para recuperar la glicerina
- Acabado

Se opera en contracorriente, y el número de lavados depende de la cantidad de glicerina que ha de ser recuperada del jabón.

2.10.2.1 Método de Sharples

En este método se usan centrifugas de gran velocidad para separar la lejía del jabón. El método comprende:

- Saponificación
- Lavados
- Acabado y lavado

Una mezcla caliente de grasa y aceite junto con lejía caliente de sosa cáustica es bombeada continuamente y entra en una cámara cerrada de saponificación, la cual se mantiene llena de una mezcla caliente de lejía y grumos de jabón, en rápida circulación por medio de una bomba y tuberías externas. Los materiales frescos que entran en la cámara, reaccionan prontamente en condiciones ideales de saponificación y desalojan iguales cantidades de la mezcla de lejía y de jabón. Esta se enfría y se centrifuga separando del sistema la lejía gastada.

La lejía procedente de la tercera etapa se pone en contacto con el jabón de la primera para completar la saponificación, y la mezcla de lejía y jabón se centrifuga. Jabón totalmente saponificado y lejía son productos de la segunda etapa. La lejía procedente de esta etapa se refuerza con soda cáustica y se emplea para la saponificación de la mezcla fresca de grasa y aceite en la primera etapa.

La lejía de la cuarta etapa, se pone en contacto con el jabón de la segunda y mezcla de jabón y lejía de esta tercera etapa se centrifuga; los productos son los grumos de jabón lavado y lejía. Esta lejía se emplea en la segunda etapa en la forma dicha.

El jabón de la tercera etapa se pone en contacto con solución fresca de soda cáustica y sal, y la mezcla se resuelve en jabón limpio y lejía en las centrífugas de la cuarta etapa; la lejía se usa en la tercera etapa para extraer glicerina por lavado. El proceso da un jabón limpio de buena calidad sin separación de jabón sucio. Sin embargo, es posible en la cuarta etapa reajustar el contenido de electrolito de la solución fresca de sosa y sal para que se separe jabón sucio en lugar de lejía.

Todos los ingredientes se distribuyen automáticamente en el sistema. La producción de jabón limpio de estas instalaciones es de unos 550 Kg/hora y por centrífuga en la etapa final o de acabado de jabones de tocador, y de unos 1100 Kg/hora y por centrífuga de acabado de jabones de lavandería.

2.10.2.2 Método Mon Savon

Este método se aplica a la manufactura continua de jabón pulido con materias grasas neutras y comprende:

- Saponificación
- Lavado para la extracción de glicerina de los grumos de jabón
- Acabado

En la etapa de la saponificación, cantidades exactamente proporcionales de materias grasas y de solución de soda cáustica se juntan en un homogeneizador de gran velocidad. La emulsión de agua en aceite que se forma, se descarga en una cámara caliente provista de camisa de vapor, donde la reacción se verifica rápidamente. La saponificación es completa, cuando la masa deja la cámara de reacción y cae en un tanque auxiliar.

El lavado del sistema Mon Savon se hace en una torre cilíndrica dividida en cuatro compartimientos. Cada uno de éstos tiene una zona de mezcla y una zona de sedimentación. En la primera etapa se mezclan los grumos de jabón con la salmuera, y en la segunda se separa y sedimenta la salmuera. Se opera en contracorriente; el jabón crudo, procedente de la etapa de saponificación entra en la torre por el fondo y la salmuera entra por la parte superior para la extracción de la glicerina. Al ascender el jabón se mezcla con la salmuera, la cual lo lava y se lleva la glicerina. Por medio de bombas se mantiene la corriente apropiada de salmuera. De la parte superior de la torre se descargan continuamente grumos de jabón lavados, y por el fondo se extrae la salmuera para la recuperación de la glicerina.

El jabón en grumos procedente de la torre Mon Savon se elabora continuamente mediante la adición de agua. Este acabado es regulado por un operador y debe ser comprobado con frecuencia. El jabón elaborado se descarga en un tanque de sedimentación, en que se separa por gravedad y de modo continuo el jabón sucio del limpio. Este se saca por la parte superior del tanque para su tratamiento y aquél se extrae por el fondo para la recirculación en la torre de lavado.

2.10.3 Fabricación de jabón con ácidos grasos

Los ácidos grasos se obtienen por hidrólisis de las grasas y aceites naturales. Los productos de la hidrólisis son ácidos grasos y agua dulce que contiene la glicerina. Pueden utilizarse ácidos grasos destilados para la fabricación de jabones especiales. Los ácidos grasos sin destilar se emplean en jabones para la industria y lavandería.

La neutralización de los ácidos grasos para transformarlos en jabón se hace por método intermitente o continuo. Los ácidos se neutralizan con carbonato de sodio o sosa cáustica.

2.10.3.1 Método Intermitente

Se utilizan las calderas ordinarias. El carbonato de sodio neutraliza el grueso de la carga de ácidos grasos y con la sosa cáustica se hace el ajuste final, pero también puede hacerse la neutralización entera con soda cáustica. En la práctica, se calienta en la caldera hasta ebullición, la solución de carbonato de sodio anhidro, y se incorporan bombeándoles lentamente, los ácidos grasos fundidos. La neutralización se verifica inmediatamente con desprendimiento de gas carbónico. Terminada la reacción, se granea el jabón con soda cáustica o con sal y se deja sedimentar la lejía. Esta se extrae por el fondo de la caldera y se hace el acabado del jabón como en el método de la caldera con materias grasas neutras.

2.10.3.2 Método Continuo

Por la facilidad con que los ácidos grasos se combinan con la sosa cáustica para formar jabones, se usa comúnmente el método continuo de saponificación. Cantidades de ácidos grasos calientes y de solución caliente de soda cáustica, exactamente proporcionadas, se juntan en un aparato mezclador de gran velocidad. La concentración de la solución de soda cáustica, es tal, que el jabón tendrá el deseado contenido de humedad. La reacción se verifica rápidamente y el jabón producido se descarga en un tanque que es mantenido en agitación. Se hecha en el tanque sal o salmuera para producir jabón limpio con el deseado contenido de electrolito. Se hacen ensayos analíticos con el jabón de este tanque y se realizan los ajustes necesarios antes de bombear el jabón limpio a los tanques de elaboración.

2.10.4 Procedimientos modificados

2.10.4.1 Procedimiento de Semicocción

La materia grasa se mezcla con una cantidad de soda cáustica suficiente para saponificarla por completo. La saponificación se verifica mediante agitación y calentamiento con vapor cerrado. En la masa de jabón se deja la glicerina.

2.10.4.2 Procedimiento sin caldera

En este proceso, el calor generado por la reacción exotérmica producida entre las grasas y el álcali se utiliza para llegar a su término la saponificación. La materia grasa se calienta hasta la temperatura conveniente y se mezcla con el álcali cáustico. Se deja la mezcla en un recipiente aislado en el que la reacción de saponificación se produce lentamente.

2.10.4.3 Procedimiento de la autoclave

El álcali reacciona con la materia grasa a temperatura y presión elevadas. Se agita la mezcla bombeándola con serpentines calentados exotérmicamente. En estas condiciones la saponificación es muy rápida. La masa caliente se somete a expansión instantánea en una cámara de vacío, en la que caen las partículas de jabón, y gran parte de la glicerina y la humedad se eliminan en fase de vapor. La glicerina se condensa de la mezcla de vapores y se recoge. Por razón de la gran temperatura aplicada, los jabones producidos por este método suelen ser mas oscuros. Este método no es de uso general.

2.10.4.4 Procedimiento del éster metílico

En estos últimos años se ha trabajado en un procedimiento para hacer jabón transformando en ésteres metílicos los triglicéridos. Estos se tratan con alcohol metílico en presencia de un catalizador. Se separa la glicerina, se destilan los ésteres metílicos y se saponifican con soda cáustica.

2.10.4.5 Saponificación en chorros

La materia grasa caliente y la soda cáustica se ajustan de un modo continuo en aberturas anulares de una boquilla por cuya abertura central sale una corriente de vapor que emulsiona la mezcla y la deja caer en una caldera. En ésta se produce la saponificación completa con elevación de temperatura. Los lavados y el acabado se realizan en la forma ordinaria o por método continuo. La saponificación en chorro se emplea mucho en Inglaterra con métodos modificados de lavado y de sedimentación.

2.11 Acabado del jabón

El jabón limpio producido por tares de cochura o de modo continuo con materias grasas neutras, o con ácidos grasos es sometido a elaboración antes de ser transformado en barras, escamas, o polvo.

El jabón limpio contiene 30%, aproximadamente, de humedad y se seca por aire caliente o en tubos calentados por vapor.

El jabón limpio procedente de una caldera o de un tanque de almacenaje se hecha en la parte superior de un cilindro helado por enfriamiento interior. Una tenue película de jabón solidificada en el rodillo grande se separa en forma de cintas mediante una cuchilla dentada. Las cintas caen sobre un delantal transportador, son llevadas a la abertura superior de la cámara secadora y caen en un transportador de tela metálica sin fin que recorre en un plano horizontal toda la longitud del secadero.

Sobre el transportador pasa una corriente de aire caliente, y las cintas de jabón parcialmente secas, al llegar al extremo del secadero, caen sobre otra tela metálica sin fin que se mueve en dirección opuesta en un nivel más bajo. Después de haber pasado dos veces más por la cámara de desecación, se enfrían las cintas con aire y se descargan sobre un transportador de husillo que las quiebra en forma de virutas y las lleva a los depósitos de almacenaje en que se guardan para ulterior tratamiento. En este punto la humedad es del 12% aproximadamente.

Las virutas de jabón de tocador se cargan en mezcladores de tarea, donde se agregan preservativos, pigmentos, colorantes y perfumes. Como preservativos del jabón, pueden usarse antioxidantes, pero con mayor frecuencia se emplean compuestos de quelación, que evitan el enranciamiento al combinarse con los vestigios de metales. Si no se hiciera eso, los metales actuarían como catalizadores en el desarrollo de la rancidez. A continuación la masa mezclada de jabón se descarga en una tolva de molino. Los molinos de jabón son máquinas grandes que suelen tener de 3 a 5 pesados cilindros de acero o de granito que giran a velocidades distintas. El jabón es estrujado por los dos primeros cilindros y del cilindro de mayor velocidad pasa en forma de película a un tercer cilindro. Cada vez que el jabón es estrujado entre dos cilindros, se hace más uniforme. Del cilindro final se separa el jabón por medio de una cuchilla. El jabón molido es un producto uniforme, bien trabajado.

2.11.1 Jabones de tocador.

Las virutas de jabón molido se convierten en barras de jabón de tocador por medio de una máquina de extrusión. Las virutas se echan en una tolva en cuyo fondo hay un gran husillo que las lleva continuamente a una cámara de compresión. En ésta se verifica la desaereación y el jabón se aprieta y consolida formando una masa plástica compacta. En el extremo opuesto de la cámara existe un caño troncocónico con una matriz, por la cual sale a gran presión una barra continua de jabón plástico

caliente que tiene la forma final de la deseada barra de tocador. Sobre la mesa de corte adjunta a la máquina se corta la barra de jabón en trozos, que se enfrían, estampan, envuelven y empaquetan para su despacho como pastillas de jabón.

En estos últimos años, algunos fabricantes han instalado "refinadoras" para sustituir a los molinos, los cuales consisten en cámaras de compresión con alimentador de husillo y placas con finos orificios por los cuales pasa el jabón a presión.

2.11.2 Escamas de jabón

Para la producción de escamas, el jabón molido pasa por molinos de acabado. Mediante la regulación de la temperatura y el cuidadoso ajuste del espacio entre los cilindros, se produce una película lustrosa. La película de jabón del último cilindro es marcada por cortadores giratorios que determinan la forma de la escama final. La película se separa del cilindro con una cuchilla y se deja caer en un transportador, en el que es enfriada y transportada a la tolva de la máquina envasadora.

2.11.3 Productos secados por aspersión

Hay jabones en polvo ligeramente perfumados y hay polvos para lavanderías que contienen un elevado porcentaje de coadyuvantes.

Para hacer los compuestos de lavandería, se echa el jabón limpio de los tanques de almacenamiento en la máquina mezcladora provista de camisa de vapor, donde se mezcla con relleno. Al funcionar la máquina el husillo eleva el material desde el fondo de la sección hemisférica y lo lleva hasta lo alto de la mezcladora. Dicho material es mezclado en el espacio anular por la barredera y gradualmente retorna hacia el fondo. Así se obtiene mezclas excelentes. Los rellenos coadyuvantes pueden

ser de carbonato de sodio, silicato de sodio y pirofosfato tetrasódico. El jabón así elaborado es bombeado a tanques pequeños de almacenamiento, donde se mantiene agitado para llevarlo con bombas de alta presión a las toberas situadas cerca de la cima de una torre de aspersión. Esta torre es cilíndrica y puede estar diseñada para corriente en el mismo sentido del jabón y gases calientes, o para que estos obren en contracorriente del jabón. El polvo seco que sale por el fondo de la torre es enfriado por aire, cernido y transportado al equipo automático de pesada y envasado.

2.11.4 Jabones moldeados

En todo el mundo se fabrica jabón en barras para el lavado doméstico. Estas barras se cortan de los jabones moldeados. Se moldean los jabones del procedimiento sin caldeo, de semicocción y el jabón limpio. El jabón limpio de caldera se hecha en una máquina mezcladora, donde se mezcla con el relleno. La mezcla se vierte en los moldes y se deja en reposo varios días hasta que se enfríe

El molde para jabón consta de una fuerte plataforma de madera colocada sobre ruedas. Cuando se ha enfriado la masa de jabón, se quitan los costados y los testeros de la caja y queda en la plataforma de madera un sólido bloque rectangular de jabón. Ese bloque es empujado hacia un aparato que corta horizontalmente por medio de una serie de alambres paralelos fuertemente atesados entre dos postes. Las planchas de jabón se secan a mano y se colocan en una mesa horizontal, en la que se cortan en barras por medio de alambres paralelos perpendiculares al plano de la mesa. Las barras se estampan en una prensa para jabón, se envuelven y se empaquetan para su embarque.

2.11.5 Tintes fluorescentes

En estos últimos tiempos se han agregado colorantes a los productos para lavandería y para servicio ligero. Estos tintes, en muy pequeñas cantidades, reflejan las radiaciones del espectro visible e imparten considerablemente blancura y brillantez a los tejidos lavados. Otro ingrediente, el CMC (Carboxil Metil Celulosa), se añade al jabón de lavandería para evitar que se vuelva a depositar en las telas la suciedad que flota en el agua del lavado.

2.11.6 Método de masón

Es un método continuo de dar el acabado al jabón limpio. Éste se lanza por bombeo mediante unas toberas pulverizadoras contra la pared interior de una cámara desecadora al vacío. La película de jabón se raspa continuamente de la pared con cuchillos, se extrae por el fondo de la cámara y se comprime con una prensa de husillo. En la cámara mezcladora se le agregan perfumes y rellenos, y por medio de una máquina de extrusión se le da forma de barras.

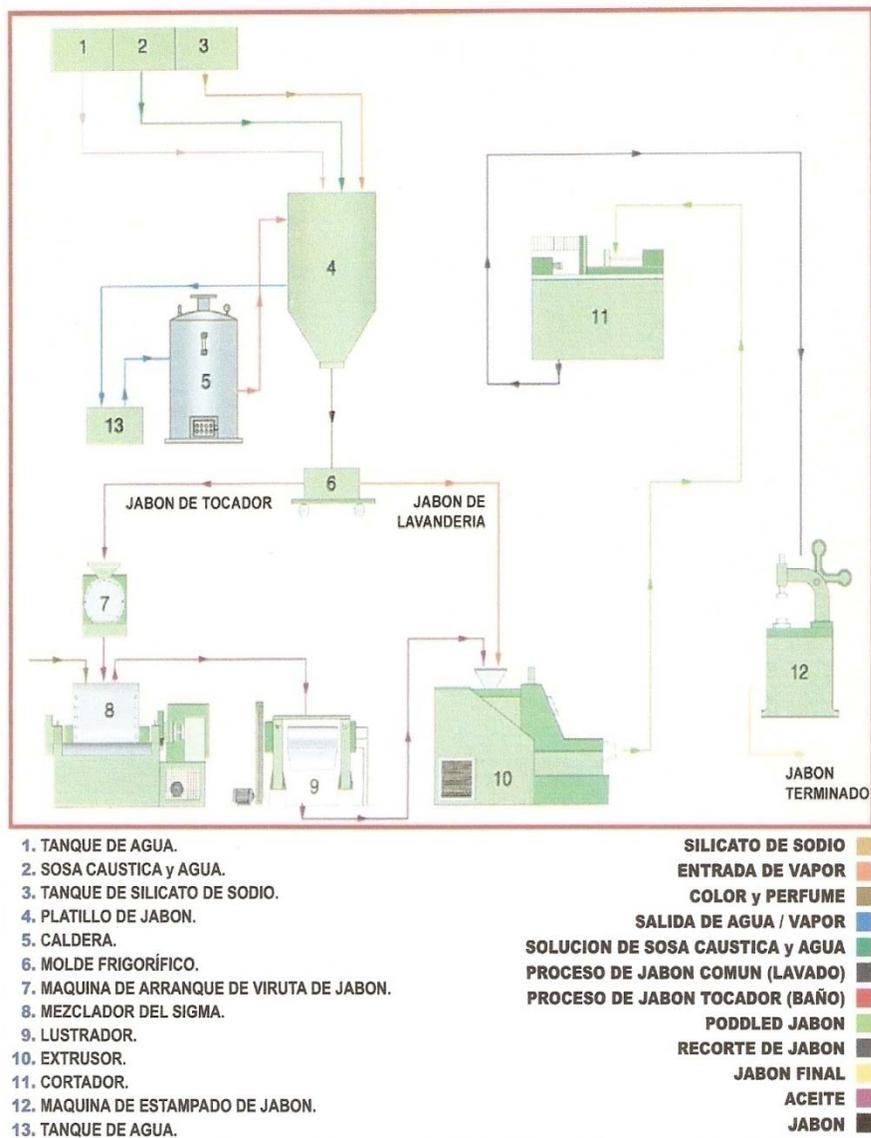


Figura 2.8 Fabricación de jabón de tocador a nivel industrial [27]

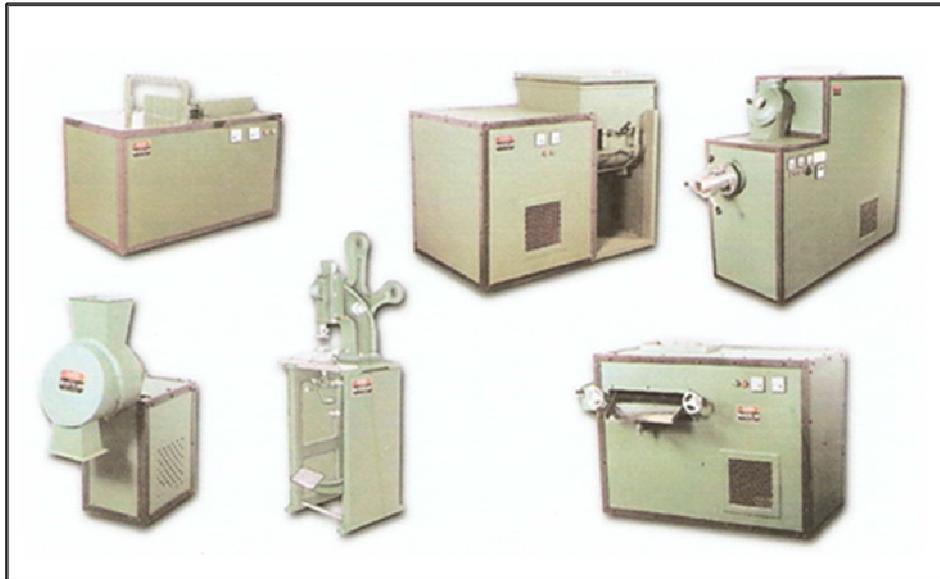


Figura 2.9 Equipos para la fabricación de jabón de tocador a nivel industrial [27]

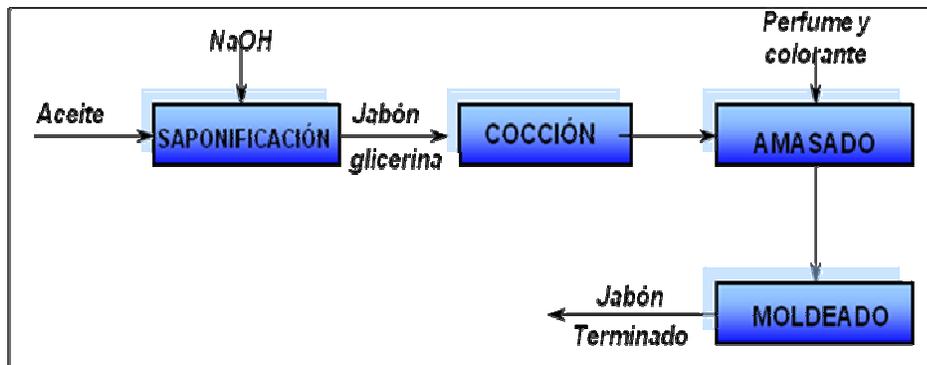


Figura 2.10 Etapas más importantes en la fabricación de jabón de tocador.

2.12 Análisis químicos de los jabones

En la manufactura de jabones se realizan ciertos ensayos analíticos en el transcurso de las operaciones y cuando éstas han sido terminadas. Algunos de los ensayos más importantes que se realizan con los jabones son: contenido total de ácidos grasos, color de los ácidos grasos, álcali libre, sal y glicerol

Las lejías se someten a ensayo para determinar la alcalinidad, la sal y el glicerol.

A continuación describiremos algunos de los ensayos:

- **Total de Ácidos Grasos.** La muestra se hidroliza con ácido, se extraen con éter los ácidos grasos, se evapora el éter y se pesa el residuo.
- **Color.** El color del jabón está relacionado con el color de los ácidos grasos obtenidos de la muestra por hidrólisis y lavados. El color de los ácidos grasos se compara con colores típicos. Los ácidos grasos de colores claros se comparan en columna de 5,25" (13,3 cm) con los colores tipo en el tintómetro de Lovibond. Los ácidos de color oscuro se comparan con los tubos de color FAC, que cumplen las especificaciones del Fat Analysis Committee de la American Oil Chemists' Society.
- **Álcali libre.** Se disuelve una muestra en alcohol y se valora con solución volumétrica de ácido empleando fenolftaleína como indicador. El resultado se expresa en NaOH.
- **Sal.** Se determina la sal por análisis volumétrico con nitrato de plata empleando el cromato de potasio como indicador.
- **Glicerol.** El jabón se descompone con ácido mineral y se determina el glicerol en fase acuosa por oxidación con $K_2Cr_2O_7$ o con peryodato de sodio.

De acuerdo a los análisis exigidos en la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) para jabones tipo cosmético tenemos:

2.12.1 Ácidos grasos totales

Este ensayo está regido por la norma COVENIN 1620:1995 El contenido de ácidos grasos total se determina mediante la siguiente expresión [28]:

$$G = \frac{P - (0,022 + C) * V}{G_1} * 100 \quad (\text{Ec.2.7})$$

$$C = \frac{(G_2 - 1,1691)}{20} \quad (\text{Ec.2.8})$$

Donde:

G: contenido de ácidos grasos totales, en porcentaje

P: peso del residuo, en gramos

C: factor de corrección de impurezas

V: volumen de hidróxido de sodio utilizado para titular, en mililitros

G1: contenido de ácidos grasos en el extracto, en gramos

0,022: peso equivalente del ácido graso como oleico

G2: peso del residuo obtenido en la estandarización de la solución de hidróxido de sodio, en gramos

2.12.2 Alcalis libre

Este ensayo está basado en la norma **COVENIN 1623:1995**, el cual establece el método para la determinación de ácidos o alcalis libre en los jabones de sosa caustica y productos derivados.[²⁹]

Si hay presencia de álcali libre tal como NaOH, el contenido viene dado por la siguiente expresión:

$$NaOH = \frac{V * N * 4}{P} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

NaOH: contenido de álcali libre estandarizado, en porcentaje

V: volumen de solución de ácido gastado en la titulación, en mililitros

N: normalidad del ácido

4: peso miliequivalente del hidróxido de sodio por 100

P: peso de la muestra en gramos

Si hay presencia de ácidos libres tal como el oleico, el contenido viene dado por la siguiente expresión:

$$AC = \frac{V * N * 28,25}{P} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

AC: contenido de ácido libre, en porcentaje

V: volumen de solución de álcali normalizado gastado en la titulación, en mililitros

N: normalidad de álcali normalizado (28,25: peso miliequivalente de ácido oleico por 100)

P: peso de la muestra, en gramos

2.12.3 Humedad y materias volátiles

Este ensayo está regido por la norma venezolana COVENIN 1668:1995. El porcentaje de humedad y materias volátiles, viene expresada por la siguiente ecuación [30]

$$H = \frac{(P_1 - P)}{P_1} * 100 \quad (\text{Ec. 2.11})$$

Donde:

H: humedad y otras materias volátiles, en porcentaje

P₁: peso inicial de la muestra, en gramos

P: peso del residuo, en gramos

2.12.4 Materia insaponificada e insaponificable

Este ensayo está regido por la Norma Venezolana COVENIN 1626:1995.

Definiciones:

- Materia insaponificada: Está constituida por las grasas neutras.
- Materia insaponificable: Está constituida por aquellas sustancias que se encuentran disueltas en las grasas y aceites, las cuales no pueden ser saponificadas por los álcalis cáusticos pero son solubles en los solventes para grasas. Incluye a los alcoholes alifáticos largos, esteroides, pigmentos e hidrocarburos.

El contenido de ácidos grasos en el extracto viene expresado por la siguiente ecuación:

$$G_1 = 0,0056 * V \quad (\text{Ec.2.12})$$

Donde:

G_1 = Contenido de ácidos grasos en el extracto, en gramos

V = Volumen de solución de hidróxido de sodio gastado en la titulación, en mililitros.

El contenido de materia insaponificada e insaponificable se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$M = \frac{(G_2 - G_1)}{G} * 100 \quad (\text{Ec.2.13})$$

Donde:

M = Contenido de materia insaponificada e insaponificable, en porcentaje en peso

G = Peso de la muestra, en gramos

G_1 = Peso del residuo en gramos

G_2 = Peso de los ácidos grasos en gramos

2.13 Algunos Aditivos usados para los jabones tipo cosmético [6]

2.13.1 Perfumes

Lavarse con un jabón perfumado no procura solo un placer de breve duración, ya que la epidermis absorberá y mantendrá la fragancia durante un cierto periodo de tiempo. Por eso antes de añadir un perfume al jabón, conviene asegurarse de que no

se es alérgico a él, algo que pueda verificarse probando la esencia sobre las partes del cuerpo donde la piel es más delicada, como la cara interior de la muñeca. Para perfumar los jabones suelen usarse “aceites esenciales”.

Por “aceite esencial” y “esencia aromática” (quintaesencia) se entiende una sustancia natural de origen vegetal o animal extremadamente volátil y que posee un intenso aroma.

Las esencias de origen vegetal contenidas en las hojas, en las flores o en toda la planta, tienen fragancias muy distintas. Suelen extraerse por destilación con vapor de agua a presión.

Los aceites esenciales encuentran aplicación no solo en perfumería y cosmética general, sino también en el campo farmacéutico.

Los jabones perfumados con estas esencias aromáticas mantienen sus propiedades: por ejemplo, una pastilla de jabón a la que se haya añadido aceite esencial de malva ejerce sobre la piel una acción antiinflamatoria, la suaviza y la protege contra las agresiones externas. Suelen bastar pocas gotas para perfumar un jabón; por tanto, las esencias no deben añadirse en cantidades inadecuadas, puesto que sus propiedades pueden dejar de ser benéficas y resultar nocivas.

Dado el elevado precio de los aceites esenciales naturales (tanto por los costes de las materias primas como por los que genera el procedimiento de extracción), muchos de ellos se producen industrialmente mediante síntesis química, consiguiendo reproducir sus propiedades aromáticas. La fragancia de estos aceites sintéticos sustituye con suficiente calidad a la de los aceites esenciales; pero no sirven para prácticas como la aromaterapia. Conviene evitar los demasiado económicos porque están diluidos y no deben emplearse los que contengan alcohol. La fragancia se

atenúa con el tiempo hasta desaparecer, independientemente del tipo de aceite empleado. [³²]

Se debe tener en cuenta es la estabilidad del aceite esencial que escoja. Algunos aceites resisten mejor que otro el proceso de saponificación y algunos, en especial los del grupo de los cítricos, necesitan ser fijados con benzoína, vitamina E o aceite de la planta del té durante la preparación.

2.13.1.1 Aceites de esencias

Los aceites de esencias son extractos de plantas que normalmente se obtienen por destilación. Se necesitan grandes cantidades de materia prima para producir diminutas cantidades de aceite, lo que explica su alto precio. Los aceites de esencias son una materia muy activa y hay que tratarlos con las mismas precauciones que el material químico.

2.13.1.2 Otras fragancias

Los aceites de esencias pueden ser extremadamente costosos y una alternativa factible es el conjunto de aceites de fragancias sintéticos que a menudo se fabrican astutamente para asemejarse a sus parientes esenciales. Podrá ver la diferencia entre ellos primero por el precio y después por la nota, en letra pequeña, que dice que el aceite no se puede aplicar a la piel. Aunque desde luego ha de hacer caso de esta advertencia si piensa comercializar su jabón, las diminutas cantidades que se necesitan al fabricar el jabón hace que los aceites de fragancias sean bastante seguros, siempre que no estén pensados para una piel especialmente sensible. La calidad de los aceites de fragancias varía considerablemente según las marcas y aromas. Sea muy selectivo, en especial con las fragancias de flores, o puede acabar con una pastilla de jabón que huela como el ambientador del baño.

Debe tener en cuenta que tanto los aceites esenciales como los aromatizados pueden hacer que el jabón cuaje, por ello es recomendable añadirlos directamente después del cuajado, cuando el hidróxido de sodio (sosa cáustica o lejía) es menos activo.

2.13.1.3 Mezclas de aromas

Aunque muchos aceites de esencias le proporcionaran una fragancia deliciosa y distinta, combinar diferentes aceites y crear su propia obra maestra perfumada es una satisfactoria experiencia. Sin embargo, antes de hacerlo, es importante comprender lo esencial de las “tres notas”. Las notas son las categorías empleadas para definir la fuerza y sustancia de un aroma determinado, los aceites en la categoría de máxima nota son los que se perciben antes, pero pueden ser fugaces; los de nota media proporcionan a la fragancia el olor principal, y los de nota baja sirven como fijadores y son quizás los más sensuales de la combinación. Como regla práctica, los aceites con nota media deberían constituir alrededor del 70% de la mezcla total.

2.13.1.4 Algunos aceites de esencias más populares y sus propiedades [6]

Bergamota (citrus Bergamia) Nota Máxima: producido a partir de cascara de naranja, resulta un aroma limpio, fresco y vivificante utilizado con frecuencia en lociones para después del afeitado. Es recomendable para las pieles grasas y los aromaterapeutas lo recomiendan para el tratamiento del eccema y el acné.

Cardamomo (Elletaria Cardamomum) Nota Máxima: Aroma exótico y especiado extraído de las semillas de la planta. Alivia los dolores de cabeza y las náuseas.

Cedro (Cedrus Atlantica) Nota Baja: Se extrae de la madera del cedro y proporciona un suave aroma de maderas que calma la ansiedad, especialmente cuando se mezcla con madera de sándalo. Tiene buenas propiedades antisépticas.

Citronela (Cymbopogon Nardus) Nota Máxima: con una refrescante fragancia de frutas, resulta extremadamente útil como repelente de insectos y también como desodorante. Añada citronela al champú de su perro para evitar que tenga pulgas.

Eucalipto (Eucalyptus Globulus) Nota Máxima: Aroma intenso y antiséptico. Es útil como repelente de insectos o pulgas y se recomienda por los aromaterapeutas para tratar el acné. Combate los hongos y es un buen ingrediente para los jabones de manos.

Geranio (Pelargonium Roseum) Nota Media: Dulce y embriagadora fragancia que mejora al combinarse con los aceites, más ácidos, de lavanda o de cítricos. Con propiedades antidepresivas, sirve para cualquier tipo de piel y los terapeutas lo recomiendan para el tratamiento del eccema y la dermatitis. Es un buen ingrediente en las lociones para la piel.

Hojas de canelo (Cinnamomum Camphora): Véase palisandro.

Hojas de mandarino (Citrus Reticulata): Véase mandarina.

Incienso (Boswellia Carteri) Nota Baja: Exótico, especiado, balsámico y con propiedades antisépticas y revitalizantes. Apropiado para pieles envejecidas, aceitosas o agrietadas. Úselo para baños faciales de vapor o para lociones.

Jengibre (*Zingiber Officinale*) Nota Media: Cálida y especiada fragancia con propiedades antisépticas. Es un buen aditivo para los jabones masculinos.

Laurel Indio Occidental (*Pimenta Racemosa*) Nota Baja: se usa mucho en perfumería; este aceite rico y aromático es muy sensual cuando se mezcla con nuez moscada y mandarina. Proporciona un excelente jabón masculino.

Lavanda (*Lavandula Officinalis*) Nota Máxima: Fresca y acre fragancia con propiedades antisépticas y antibióticas. Se recomienda para las pieles sensibles y grasas. También es útil como repelente de insectos.

Limón (*Citrus Limonum*) Nota Máxima: Fragancia clara y fuerte que precisa estabilizarse en el jabón con un fijador como puede ser la benzoina. Adecuado para pieles grasas; posee propiedades astringentes y fungicidas. Combínelo con un relleno áspero para exfoliar la piel.

Mandarina (*Citrus Reticulata*) Nota Media: Dulce y fuerte aroma con cualidades curativas y antisépticas, la mandarina es una buena elección para aceites y lociones faciales. Al añadirlo al jabón, establezca el aroma con benzoina.

Manzanilla Romana (*Anthemis Nobilis*) Nota Máxima: Destilada a partir de las hojas y flores de esta planta común, la manzanilla es buena para las pieles secas y sensibles y los aromaterapeutas la recomiendan para tratar el acné y la dermatitis. Es estupenda para los jabones faciales y los baños de vapor, con su aroma limpio y fresco.

Mejorana (*Origanum Marjorana*) Nota Máxima: Aroma cálido y vegetal extraído de las flores de esta hierba que se mezcla muy bien con los aceites de

lavanda y de cítricos. Adecuado para las pieles grasas por sus cualidades antisépticas. Añadalo para los baños de pies.

Menta (Mentha Peperita) Nota Máxima: Limpia, fresca y casi irresistible. Es mejor usar la menta sola. Posee propiedades antisépticas y repelentes de insectos. El jabón que se hace con la estimulante menta es una buena elección para usarlo por la mañana.

Mirra (Commophora Myrrha) Nota Baja: Aroma cálido de maderas, beneficioso para las uñas.

Neroli (Melaleuca Viridiflora) Nota Media: Se destila de la flor del naranjo amargo; este aroma acre y dulce forma la base para el agua de colonia. Tiene propiedades revitalizantes y los aromaterapeutas lo recomiendan para tratar la dermatitis.

Pachuli (pogostemon patchouli) Nota Baja: Ámelo u ódielo. Este es el aceite de los años sesenta, época en la que impregnaba las varillas de incienso de cualquier hippy que se preciara. Es una fragancia cálida y picante. El pachulí tiene propiedades antisépticas y se recomienda tratar el acné y el eccema. También combate la caspa, por lo que puede tenerlo en cuenta para hacer pastillas de champú.

Palisandro (Aniba Parviflora) Nota Media: Este aroma dulce y especiado se destila de un árbol de madera dura, por lo que su utilización es perjudicial para el medio ambiente. La hoja del canelo es, al parecer, una alternativa adecuada y más respetuosa. El palisandro estimula las células y los tejidos de la piel y es beneficioso para pieles envejecidas. También es un afrodisíaco, lo cual explica, probablemente, que haya sido políticamente incorrecta y que lo haya incluido aquí.

Pino (Pinus Silvestris) Nota Media: Se trata de un aroma clásico entre los fabricantes de jabón; el fresco olor del pino ayuda a la circulación y ahuyenta a las moscas. Es una fragancia ideal para los hombres.

Pomelo (Citrus Paradisi): Véase Limón.

Rosa Otto (Rosa Damascena) Nota Media: Este preciado aceite se malgasta en el jabón. Aunque su embriagador aroma es seductor y sus cualidades antisépticas son útiles, el susto ante el precio de esta materia puede eliminar el efecto antidepressivo que supuestamente produce. Como sustituto, pruebe con un aceite de fragancia de rosas.

Salvia Clara (Salvia Sclarea) Nota Media: Se extrae de las flores de esta hierba y es el aroma que debe utilizar si le gusta el olor de una mañana en el campo. Este valioso aceite tiene propiedades antisépticas y desodorantes.

Sándalo (Santalum Album) Nota Baja: Es una cálida fragancia de madera con propiedades astringentes y antisépticas; la madera de sándalo es apropiada para las pieles secas y envejecidas y los aromaterapeutas lo recomiendan para tratar el eccema y las irritaciones cutáneas.

Té (Melaleuca Alternifolia) Nota Máxima: Aceite del árbol del té, con un aroma medicinal sumamente útil, ya que actúa en el jabón como preservador. Posee fuertes cualidades antisépticas y limpiadoras y es conveniente para las pieles irritadas, las picaduras de insectos y el acné.

Vainilla (Vanilla Planifolia) Nota Baja: Aceite cálido y agradable con pocas propiedades que recomendar salvo su capacidad de hacerle desear constantemente

oler o lamer la pastilla de jabón. Además, da un color marrón oscuro al jabón con el que se mezcla.

Ylang-Ylang (Cananga Odorata) Nota media: Un aroma dulce y embriagador que es agradable por sí mismo y que también se mezcla con la salvia clara. Apropiado para casi todo tipo de piel, y especialmente práctico para pastillas de champú y lavados de cabeza, ya que contiene un tónico que favorece el crecimiento del cabello.

Zanahoria (Daucus Carota) Nota Media: Tiene un aroma revitalizante. Es muy bueno para las pieles sensibles y los aromaterapeutas lo recomiendan para el tratamiento del eccema y la soriasis.

2.13.2 Texturas y relleno^[6]

Los rellenos son ingredientes que se añaden al jabón pero sin tener efectos en el proceso de saponificación. No obstante, hay cuatro buenas razones para emplearlos. La primera es el efecto beneficioso de cada relleno específico para su piel. La segunda es la economía (los rellenos aumentan el tamaño de la pastilla del jabón). La tercera es el placer visual de la textura. Y la cuarta, el placer de saber que se está lavando con ingredientes naturales. Los rellenos secos han de añadirse a la mezcla del jabón al cuajar, mientras que los rellenos húmedos (frutas y vegetales) deben triturarse y emplearse como sustituto parcial de la parte de agua.

2.13.2.1 Algunos aditivos usados como texturas y rellenos en la fabricación de jabón de tocador

Albaricoques: Los albaricoques secos o frescos se pueden triturar y añadir al jabón. Los albaricoques tienen vitaminas y minerales y pueden servir para suavizar la piel.

Algas: El empleo de algas mejora la textura y el color de la piel. Se pueden comprar en polvo en tiendas de alimentos naturales. Por desgracia, aunque las tiene muchas vitaminas y minerales, el proceso de saponificación elimina estos elementos, pero vale la pena utilizarlas por sus propiedades terapéuticas y decorativas.

Almendras Molidas: las almendras molidas se emplean con frecuencia en cosmética, ya que ayudan a destapar los poros y a exfoliar la piel. Una simple cucharadita (5g) por 500g de jabón sirve para dejar su piel suave, sedosa y libre de grasa. Si no le llega para pagar el alto precio de las almendras molidas, inténtelo con avellanas como alternativa. Pélelas y luego muélalas hasta conseguir un polvo fino antes de añadirlas al jabón.

Arcilla (Francesa): Se puede adquirir en color rosa, gris y verde y también se conoce como bentonita. Es útil para arrancarlas toxinas y la suciedad de la piel y le da al jabón un acabado suave. No se recomienda para pieles secas. La arcilla francesa se puede comprar en tiendas de comida natural y de material artístico. Utilice aproximadamente una cucharada sopera (15g) por 500g de jabón.

Avellanas Molidas: Véase “Almendras”.

Bórax: Este mineral aumenta el poder limpiador del jabón, ablanda el agua y actúa como un excelente desinfectante. Utilice únicamente 5g de polvo de bórax por 500 g de jabón. Si emplea más puede tener problemas con las texturas del jabón.

Café: El café natural en grano, finamente molido, es muy apropiado para quitar de las manos olores como los de la cebolla y el ajo. Utilice aproximadamente media taza de café molido por 500 g de jabón.

Caolín (Arcilla Blanca): es un polvo puro y blanco que posee cualidades astringentes y limpiadoras. Utilice aproximadamente 15g por 500g de jabón. No está recomendado para pieles secas. El caolín puro en polvo se puede adquirir en farmacias y en tiendas de material artístico.

Espicias: las especias en polvo como la canela, el paprika, y el curry se pueden utilizar como agentes colorantes naturales. Aunque el clavo tiene valiosas cualidades antisépticas puede ser irritante y no conviene utilizarlo cuando el jabón es para pieles sensibles.

Frutas y verduras: las frutas y verduras frescas pueden licuarse y emplearse como parte del peso en agua consignado en las recetas individuales. No aportan una apariencia decorativa, ya que tienden a oscurecerse al mezclarse con el jabón. También reducen la durabilidad del jabón, pues la saponificación no impide la caducidad de las materias perecederas. Cuando se añaden frutas y vegetales conviene poner en la mezcla del jabón 5g de extracto de semilla de pomelo, aceite de zanahoria, germen de trigo o benzoína en polvo. Se trata de conservantes naturales que prolongaran la vida del jabón. Muchos problemas pueden paliarse añadiendo fruta o los vegetales únicamente a la parte de agua utilizada para recuperar el jabón. De esta manera, no entra en contacto directo con el hidróxido de sodio (sosa cáustica o lejía)

Germen de trigo: El aceite de germen de trigo tiene muchos usos beneficiosos en el jabón. El germen de trigo natural se puede moler y emplear porque sus propiedades abrasivas son moderadas. Se pueden añadir 5 g de germen de trigo por cada 500 g de jabón.

Harina de avena: aportara al jabón una agradable textura y actuara como un delicado exfoliante. Use harina de avena para bebés o paquetes de avena molida con un robot de cocina. Añada media taza de avena por cada 500 g de jabón.

Harina de maíz: además de aumentar el volumen de su lote de jabón, la harina de maíz es un exfoliativo apropiado para la piel grasa. Se puede añadir 15 g de harina de maíz por cada 500 g de jabón.

Hierbas: es conveniente secar y moler las hierbas antes de usarlas, y se deben 30 g por cada 500 g de jabón. Las hierbas secas aportan al jabón terminado, además de textura y aspecto campestre, sus propias virtudes para el cuidado de la piel. Aunque las hojas naturales no se añaden al jabón, el aceite retendrá sus virtudes terapéuticas, aroma y color.

Limones y naranjas: La piel de los cítricos, desecada y rallada muy finamente, contiene gran cantidad de vitamina C y es un valioso aditivo para los jabones. Los limones, en particular, tienen un gran poder antibacteriano, aunque los aceites esenciales de los mismos frutos son muy difíciles de emplear con el jabón y rara vez retienen su aroma. Se puede usar aproximadamente 15 g de piel rallada por 500 g de jabón. El zumo de limón también sirve como sustituto de parte del agua.

Pepino: los pepinos, utilizados a menudo en las mascarillas, tienen propiedades astringentes y mucho poder de limpieza. Conviene licuarlos antes de emplearlos.

Pétalos de flores: Los pétalos de flores secas se pueden moler y añadir al jabón al cuajar. La rosa y la lavanda tienen propiedades astringentes, mientras que la caléndula o maravilla es buena para las pieles ásperas o agrietadas. Los pétalos molidos pierden color en el jabón, pero cuando se emplean con la esencia apropiada actúan como un aditivo idóneo y producen un efecto moteado. Se pueden añadir 30 g por cada 500 g de jabón.

Piedra Pómez: Las propiedades abrasivas de la piedra pómez finamente molida le ayudaran a quitar de las manos la suciedad y las manchas difíciles. Se puede añadir 30 g por cada 500 g de jabón. Si quiere hacer piezas de piedra pómez, se debe añadir 113 g de piedra pómez a 227 g de mezcla de jabón y remover a fondo, luego lo vierte rápidamente en los moldes engrasados para que se asiente.

Salvado: Es la cáscara externa de los granos y aporta al jabón volumen y textura. Actúa como un exfoliante natural ya que es ligeramente abrasivo. Se pueden añadir 10 g por 500 g de jabón.

Tierra de Batán: Se trata de una arcilla oscura que es muy buena para limpiar y quitar las células muertas de la piel. Al añadirla al jabón produce una calidad densa y fuerte y es adecuada principalmente para pieles normales o grasas. Se puede añadir aproximadamente 5 g por cada 500 g de jabón.

Zanahorias: También se pueden encontrar como aceite esencial. Las zanahorias pueden licuarse y añadirse directamente al jabón. Son ricas en vitaminas A y C, y apropiadas para pieles agrietadas y secas.

2.13.3 Colorantes^[6]

El color de un jabón puede conseguirse por medios naturales o artificiales. En el mercado se comercializan varios colorantes químicos para el jabón.

El problema principal de los colorantes es que el hidróxido de sodio (sosa cáustica o lejía) de la mezcla del jabón produce una reacción que tiene resultados impredecibles. Los pigmentos azules pueden producir jabón rosa, dependiendo de los aceites de base que se utilicen. Añadir cera de abejas de color miel y leche de cualquier tipo produce un jabón de tonos marrones. Si a esto se le añade pigmento azul, el resultado será un jabón verde. Los colorantes más estables proceden de ingredientes naturales, como las especias y el chocolate.

Al usar pigmentos no se debe caer en la tentación de intensificar el color, se debe hacer un lote previo de prueba. El objetivo es conseguir una pastilla de jabón que haga burbujas blancas. Los colores brillantes tienden a desvanecerse. Se recomienda cortar el lote de prueba y colocar una mitad en un sitio oscuro y el resto a plena luz. Comprobar los cambios después de varias semanas para examinar la estabilidad de los colores.

2.13.3.1 Colores naturales

Tonalidades que se consiguen cuando los siguientes colorantes se añaden a una mezcla de jabón de color blanco.

Pimienta de cayena: Color salmón

Canela en polvo: Color beige

Cacao en polvo: color café o marrón

Curry en polvo: amarillo albaricoque

Pimentón: color melocotón
Cúrcuma: amarillo dorado
Porciones de chocolate a la taza: marrón
Clorofila líquida: verde claro

2.13.3.2 Óxidos y pigmentos cosméticos

Estos ingredientes dan color al jabón, pero deben emplearse sólo en cantidades muy pequeñas. Cuando use azul de ultramar u óxido en un lote de jabón de 900 g, se debe disolver 4 g de polvo seco en 28 g de agua destilada templada. Es importante tomar en cuenta que se debe reducir en 28 g la cantidad de agua de la receta de jabón para compensar esta operación.

2.14 Métodos estadísticos usados [33]

2.14.1 Características de la prueba Chi - Cuadrado (X^2)

Esta prueba es de mucha utilidad para los casos del uso de frecuencias (%) debido a que permite determinar las desviaciones entre las frecuencias observadas (O_j) y las frecuencias esperadas (E_j). Además estimará el contraste entre grupos para el cálculo de frecuencias por la expresión:

$$X^2 = \sum_{j=1} \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} \quad \text{con } f \text{ gl} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

$$E_j = \sum_{j=1} \frac{O_j}{N} \quad (\text{Ec. 2.15})$$

Donde:

O_j = Frecuencia observada

E_j = Frecuencia esperada

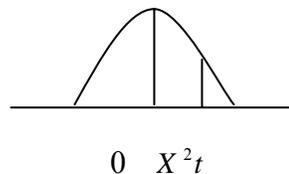
f = grados de libertad para la prueba (n-1)

N = Número total de observaciones

Cuando se tiene de 2 a 3 comparaciones o grupos se utiliza la prueba de Chi-Cuadrado con corrección de Yates, la cual viene dada por:

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2 - 0,5}{E} \quad (\text{Ec. 2.16})$$

La distribución es de forma asimétrica y se grafica de la siguiente manera:



1. Para la toma de decisiones se considera que:

- Cuando $X^2_c < X^2_t$, se acepta la H_0
- Cuando $X^2_c > X^2_t$, se rechaza la H_0

2.14.2 Características del Análisis de la Varianza (ANAVA)

En el año 1925, el Ingeniero Ronald Fisher y sus colaboradores desarrollaron una metodología para comparar promedios provenientes de varias poblaciones, lo cual se conoce como Análisis de la Varianza (ANAVA ó ANOVA). Este análisis permite comprobar si existen diferencias entre promedios de tres o más tratamientos y

para ello se calcula el valor de F y es equivalente al test de Student, salvo que éste último solamente sirve para dos grupos. Desde ya tenemos que dejar establecido que cuando encontramos el valor de F sabremos si existen diferencias entre los grupos, pero no nos dice entre cuales grupos.

2.14.2.1 Principios básicos del ANAVA

- Las poblaciones deben ser normales y los datos por lo menos deben estar en el nivel de intervalos.
- La distribución F es continua, significa que puede tomar una cantidad infinita de valores entre cero y más infinito.
- La distribución F no puede ser negativa. Dado que el menor valor es cero.
- La distribución F es positivamente sesgada, dado que la cola larga de la distribución se encuentra a la derecha, conforme el número de grado de libertad aumenta tanto el numerador como el denominador, la distribución se aproxima a una distribución normal.
- La distribución F es asintótica, conforme los valores de X aumentan, la curva de la distribución F se aproximan al eje X pero nunca lo toca.

El uso de la distribución F es la técnica del análisis de varianza (ANAVA), con lo que se comparan tres o más medias poblacional para determinar si son iguales. Para usar el ANAVA se considera lo siguiente:

- a) Las poblaciones están distribuidas normalmente
- b) Las poblaciones tienen desviaciones estándar iguales (s)
- c) Las muestras se seleccionan independientemente

Cuando se satisface estas condiciones, F se utiliza como la distribución del estadístico de prueba.

Paso 1: Plantear la Hipótesis nula y la Hipótesis alternativa.

(H₀): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ Hipótesis nula

(H₁): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ Hipótesis alternativa

Si no se rechazan la hipótesis nula (H₀), se concluye que no hay diferencia en los promedios.

Si se rechaza H₀, se concluye que hay diferencia al menos un par de promedios.

Paso 2: Seleccionar el nivel de significancia, puede elegirse 0,01; 0,05

Paso 3: Determinar el estadístico de prueba, el estadístico de prueba sigue la distribución F.

Paso 4: Establecer la regla de decisión. Para establecer esta regla se necesita el valor crítico. El valor crítico del estadístico en base a los grados de libertad, donde el número de grados de libertad del numerador es igual al número de tratamientos designado por (k-1)

El número de grados de libertad en denominador es igual al número de observaciones menos el número de tratamientos (n-k). Para ello se utilizan las siguientes ecuaciones:

Suma de cuadrados totales (SCT)

$$SCT = \sum X_{ij}^2 - \frac{T^2}{N} \quad \text{(Ec. 2.17)}$$

Suma de cuadrados de tratamiento (SC_{Trat})

$$SC_{\text{trat}} = \sum \sum \frac{X_j^2}{n} - \frac{T^2}{N} \quad (\text{Ec. 2.18})$$

Suma de cuadrados de error (de residuos) (SC_E)

$$SCE = SCT - SC_{\text{trat}} \quad (\text{Ec. 2.19})$$

Cuadrados medios:

Cuadrado medio de tratamiento (CM_{Trat})

$$CM_{\text{trat}} = \frac{SC_{\text{trat}}}{(k - 1)} \quad (\text{Ec. 2.20})$$

Cuadrado medio de error (CM_E)

$$CME = \frac{SCE}{(N - k)} \quad (\text{Ec. 2.21})$$

Cálculo de la razón F (F_{Cal})

$$F_{\text{cal}} = \frac{CM_{\text{trat}}}{CME} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

Donde:

X_{ij} = resultado de cada uno de los tratamientos

X_i = sumatoria de cada tratamiento

T= sumatoria total de todas las corridas

k = total de tratamientos

n= número de repeticiones por cada tratamiento

N= total de resultados obtenidos

Paso 5: Seleccionar la muestra, realizar los cálculos y tomar una decisión, es decir, es conveniente reunir los cálculos del estadístico F en una tabla ANAVA. El formato de la tabla ANAVA es el siguiente:

Tabla 2.4 Formato ANAVA

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F_{Cal}	F_{Tab}
Tratamiento	SC_{Trat}	k-1	CM_{Trat}		
Error	SC_E	n-k	CM_E	$F_{Cal}=CM_{Trat}/CM_E$	Anexo D
Total	SCT	n-1			

Con los grados de libertad para el numerador y los grados de libertad del denominador se entra en la tabla “Valores para la prueba de Fisher (F)” (Anexo D) [33], y se obtiene el F_{Tab} se aplica el criterio de decisión.

Si $F_{Cal} > F_{Tab}$ se rechaza la Hipótesis nula (H_0), en caso contraria se acepta.

2.14.3 Características Generales del diseño factorial sin repeticiones [33]

- Muchos experimentos se realizan para evaluar el efecto producido por dos o más factores, con la finalidad de obtener la mayor información posible sobre los datos provenientes de los tratamientos.
- Los diseños factoriales permiten determinar o investigar todas las combinaciones posibles de los niveles de cada factor en cualquier experimento.
- Factor: es cada una de las causas que afectan la respuesta de un experimento

- Niveles del factor: es cada uno de los efectos o valores de cada factor a evaluar.
- Si 2 factores (m y n) se investigan en a niveles y b niveles respectivamente, y con tratamientos correspondientes a todas las combinaciones posibles de los niveles de los 2 factores, el experimento resultante es un factorial completo (m x n).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Procedimiento experimental

El plan experimental para la elaboración de jabón de tocador a partir del aceite de semilla de coroba, se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad de Oriente, núcleo de Anzoátegui, específicamente en el departamento de Ingeniería Química y en el laboratorio Piloto de Alimentos y Biomoléculas, de la carrera de Ingeniería de Alimentos, del Núcleo Canoabo de la Universidad Nacional Experimental “Simón Rodríguez” (UNESR).

Para el desarrollo de este trabajo la materia prima utilizada es el aceite crudo obtenido de manera artesanal aplicado por los pobladores de Caicara del Orinoco (Municipio Cedeño, estado Bolívar). La selección se hizo considerando uniformidad en el producto y características sensoriales (olor, color o apariencia general), con la menor indicación de deterioro oxidativo y el extraído en el laboratorio utilizando un equipo extractor Soxhlet, ubicado en el laboratorio Piloto de la Universidad Nacional Experimental “Simón Rodríguez” (UNESR), esta separación del aceite por extracción con solvente es el proceso mas común usado en la producción de aceite vegetal, donde el solvente utilizado normalmente es n-hexano, ambos aceites se obtuvieron a partir de la semilla de la coroba.

Los análisis fisicoquímicos realizados tanto al aceite extraído de manera artesanal y con el extractor Soxhlet, se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional Experimental “Simón Rodríguez” (UNESR), Núcleo Canoabo, estado Carabobo. En estas instalaciones se realizaron los análisis para cada ensayo rigiéndose por las normas COVENIN, los análisis de los jabones elaborados se realizaron en el laboratorio de Ingeniería de Alimentos perteneciente al departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Oriente, Núcleo Anzoátegui guiándose por las normas COVENIN.

Las etapas que se llevaron a cabo para el desarrollo de este proyecto de investigación se presentan a continuación mediante el diagrama de la figura 3.1

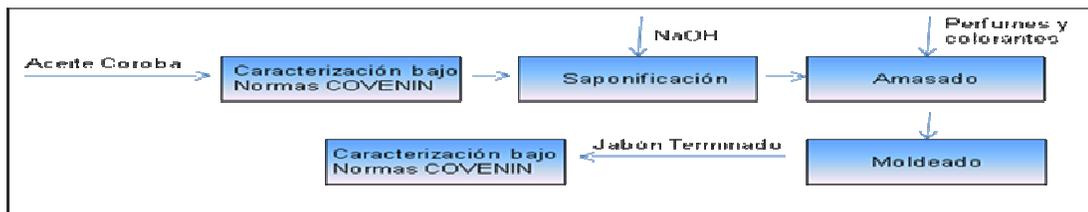


Figura 3.1. Esquema para la elaboración y análisis del jabón.

3.1.1 Caracterización fisicoquímica del aceite de la coroba

Se realizaron diferentes ensayos que permitieron caracterizar fisicoquímicamente el aceite extraído de forma artesanal y con el equipo de extracción Soxhlet. Dichos ensayos se llevaron a cabo según las normas COVENIN para aceites y grasas vegetales, las cuales se describen a continuación.

3.1.1.1 Densidad (COVENIN 703:2001)

Para determinar la densidad del aceite se utilizó un picnómetro con capacidad de 25 mL, provisto de un termómetro. Se procedió de la siguiente manera:

- Se tomo un picnómetro limpio y seco y se pesó inicialmente vacío.
- Se llena completamente con la muestra de aceite.
- Se introduce el termómetro.
- Se lleva a una temperatura de 15 °C y luego se pesa.
- Luego se aplica la ecuación correspondiente para el cálculo de la densidad (Ec. 2.3)

3.1.1.2 Índice de saponificación (COVENIN 323:1998)

El presente método consistió en hacer reaccionar una cierta cantidad de muestra (aceite de coroba) con un exceso de solución de KOH 0.5 N y determinar por diferencia los mg de KOH que reaccionan con la muestra, titulando con HCl 0.5 N. El material a utilizar consistió en una muestra homogénea de 3 g de aceite de coroba.

El procedimiento utilizado se describe a continuación:

1. Se introduce el material a ensayar en el matraz y se agregan 50 mL de solución alcohólica de KOH, recién filtrado.
2. Se conecta a un condensador de reflujo y se calienta a ebullición en baño maría hasta saponificación completa, agitando periódicamente y teniendo cuidado de que los vapores no lleguen al tope del condensador. Se hace necesario efectuar previamente varios ensayos para tener una idea aproximada del tiempo de saponificación para cada producto.
3. Se deja enfriar la muestra, a temperatura ambiente.
4. Se desconecta el condensador.

5. Se agregan de 3 a 4 gotas de solución de fenolftaleína y se titula con ácido clorhídrico 0.5 N hasta hacer desaparecer el color rosado.
6. Se hierve y si el color rosado reaparece se titula nuevamente hasta que desaparezca.
7. Paralelamente se somete el blanco (solución alcohólica de KOH, sin muestra) al mismo procedimiento.
8. Los ensayos deben hacerse por duplicado.

3.1.1.3 Materia insaponificable (COVENIN 326:1977)

El procedimiento utilizado fue el siguiente:

1. Pesar 5 g de aceite y colocarlo en un matraz de erlenmeyer de 250 mL.
2. Agregar 30 mL de alcohol etílico al 95 % y 5 mL de solución de hidróxido de potasio al 50%.
3. Conectar el refrigerante a reflujo y hervir suavemente durante 1 h para lograr una saponificación completa.
4. Transferir el contenido del matraz a un embudo de separación, con ayuda de 50 mL de agua destilada caliente, y luego se lava con 30 mL de agua destilada fría a fin de obtener un volumen total de 80 mL.
5. Lavar el matraz con éter de petróleo y verter el contenido en el embudo de separación.
6. Dejar enfriar a temperatura ambiente.
7. Añadir 50 mL de éter de petróleo, agitar vigorosamente y dejar reposar un minuto hasta lograr la separación de dos capas.
8. Separar la capa etérea y repetir la extracción 5 veces utilizando porciones de 50 mL de éter de petróleo.

9. Colocar los extractos combinados en otro embudo de separación de 500 mL, el cual debe contener previamente alcohol etílico al 10 % (para minimizar la posibilidad de pérdida del éter de petróleo).
10. Lavar los extractos combinados con 25 mL de alcohol etílico al 10 % para despojar a los mismos del exceso de agua y álcalis de tal forma que la capa etérea quede solamente con la materia insaponificable.
11. Agitar vigorosamente y dejar reposar durante 12 h para que se logre la separación de las dos capas.
12. Extraer la capa de alcohol en un beacker y agregar una gota de solución indicadora de fenolftaleína para saber cuando hay que detener los lavados.

3.1.2 Obtención de jabón de tocador para cada tipo de aceite, artesanal y hexano

El jabón se obtuvo por el proceso de saponificación del aceite con hidróxido de sodio (NaOH), para ello fue necesario llevar la muestra al fuego para aligerar el proceso.

1. Se pesó 2 porciones de aceite correspondiente a cada tipo y se colocó en una plancha para ser calentados hasta una temperatura de 52 °C.
2. Se mezcló conjuntamente de manera muy lenta el hidróxido de sodio y el aceite, mientras la muestra estaba siendo agitada constantemente mediante un agitador.
3. A continuación se dejó la mezcla con agitación constante hasta que el proceso de saponificación se completó, el hidróxido de sodio y el aceite no presentan separación y puede dejar un rastro o “huella” en la superficie, esto es, al tomar una muestra de la mezcla de jabón esta marca permanece durante unos instantes en la superficie antes de desaparecer.

4. Se agregan los aditivos (colorante y perfume) y se remueve por unos minutos más.
5. El jabón se colocó en moldes y se deja enfriar a temperatura ambiente hasta un 20% de humedad.
6. Después de algunos días de haber sido elaborados se desmoldan los jabones.

3.1.3 Caracterización fisicoquímica del jabón obtenido

3.1.3.1 Determinación de la cantidad de materia insaponificada e insaponificable en el jabón (COVENIN 1626: 1995)

El procedimiento seguido fue el siguiente:

1. Se pesa aproximadamente 5 g. del material a ensayar y se coloca en el matraz que contenga aproximadamente 0.1 g. de bicarbonato de sodio.
2. Se le añaden 100mL de alcohol etílico al 50 %. Se calienta y se agita para disolver, teniendo cuidado que la temperatura no exceda de los 60°C.
3. Se filtra a través del crisol Gooch o el embudo, recolectando el filtrado en el cilindro de extracción.
4. Se lava 3 veces con alcohol etílico al 50 %, en cantidad suficiente para obtener 160 mL en el cilindro. Se enfría a temperatura ambiente y se añaden 50 mL de éter de petróleo. Se inserta el tapón y se agita vigorosamente por 1 min. Se deja reposar hasta que se separen las dos capas.
5. Se remueve, tan completamente como sea posible, la capa superior utilizando el dispositivo de succionamiento de vidrio, teniendo cuidado de no succionar la capa inferior. Esta fracción y las sucesivas se deben acumular en el embudo de separación.
6. Se repite la extracción usando porciones de 50 mL de éter de petróleo, por 6 veces más, agitando vigorosamente con cada extracción. Es esencial la

agitación vigorosa y en contacto íntimo entre las dos fases; de lo contrario los resultados pueden ser bajos. En algunos casos si hay lanolina o sustancia similares presentes, no son suficientes las siete extracciones. La mejor forma de juzgar si son suficientes o no, es haciendo otro ensayo y evaporarlo, después de las extracciones. El residuo no debe exceder de 0.002g.

7. Se lavan los extractos con una mezcla de 15 mL de solución 0.1 N de hidróxido de sodio y 15 mL de alcohol etílico y luego tres veces con proporciones de 25 mL de alcohol etílico al 10 %, agitando vigorosamente después de cada adición.
8. Se transfiere la capa de éter al vaso de precipitados y se evapora el éter en un baño de vapor, bajo una corriente vigorosa de aire seco y limpio.
9. Se deja enfriar a temperatura ambiente, se le añade 50 mL de éter de petróleo y se filtra a través de un papel de filtro. Se lava el papel de filtro con éter de petróleo para remover las últimas trazas de materia insaponificada e insaponificable. Se recoge el filtrado y los lavados en un matraz o vaso de precipitados previamente tarado.
10. Se evapora el éter en un baño de vapor hasta que el olor de éter no sea perceptible. Se seca en un horno de vacío a 75 - 80 °C con una presión interna de no más de 26.66 kPa (200 mmHg) por 30 min.
11. Se deja enfriar a temperatura ambiente en un desecador y se pesa. Se repite la operación de secado hasta obtener peso constante.
12. Se añaden 50 mL de alcohol etílico al 95 %, previamente neutralizado a la fenolftaleína con solución de hidróxido de sodio.
13. Se calienta levemente y se titula con solución de hidróxido de sodio 0.02 N hasta obtener un color rosado que casi desaparezca.

3.1.3.2 Ácidos grasos totales (COVENIN 1620: 1995)

El procedimiento seguido fue el siguiente:

3.1.3.2.1 Estandarización de la solución de hidróxido de sodio

1. Se toman exactamente 20mL de la solución 1N de hidróxido de sodio.
2. Se le añade una pequeña cantidad de fenolftaleina y se neutraliza con ácido clorhídrico 1N.
3. Se evapora esta solución neutra en baño de agua y luego se seca en el horno de aire a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
4. Se deja enfriar en el desecador y se pesa.
5. Se repiten los pasos 3 y 4 hasta obtener peso constante.

3.1.3.2.2 Técnica para la determinación de los ácidos grasos totales

1. Se pesa una cantidad de muestra, tal que contenga aproximadamente 5 g de ácidos grasos, y se introduce en el vaso precipitado de 250 mL.
2. Se añaden 50 mL de la solución alcohólica de hidróxido de potasio se calienta en un baño de agua.
3. Se cubre con el vidrio de reloj y se calienta al menos por 30 minutos con agitación frecuente o hasta que la saponificación sea completa.
4. Se quita el vidrio de reloj y se continúa calentando en el baño con agitación ocasional para evaporar el alcohol. Para evitar la oxidación, no se debe evaporar más al obtener una masa pastosa. Si es necesario, se puede añadir una pequeña cantidad de agua cuando la mayor parte del alcohol se ha evaporado.

5. Se añaden 100 mL de agua y se calienta hasta que el jabón se haya disuelto completamente.
6. Se trasvasa el contenido del vaso precipitado al cilindro con tapón de vidrio, con ayuda de agua caliente, teniendo cuidado de que el volumen no se exceda de 130 mL en el cilindro.
7. Se añaden de 3 a 5 gotas de anaranjado de metilo y un pequeño exceso de ácido clorhídrico (1:1). Se mezcla bien por rotación del cilindro.
8. Se enfría por lo menos a 35°C y se añaden 125 mL de éter de petróleo. Se tapa el cilindro y se mezcla bien hasta que se separe la capa de éter de petróleo.
9. Se succiona la capa de éter y se pasa a un vaso de precipitados o un embudo de separación a través del papel de filtro. Si este extracto se ve turbio hay que filtrar de nuevo.
10. Se hacen por lo menos 4 extracciones más, usando de 25 a 30 mL de éter de petróleo cada vez y agitando vigorosamente 30 segundos en cada extracción.
11. Se filtran todos los extractos con el mismo papel de filtro y luego se lava bien éste con éter de petróleo.
12. Se evapora el éter en baño haciéndole pasar una corriente de aire limpio y seco, hasta llevarlo a un volumen de 50 a 70 mL.
13. Se añaden 50 mL de alcohol etílico neutro y 0.5 mL de fenolftaleína. Se titula con hidróxido de sodio 0.5 N hasta obtener un color rosado permanente.
14. Se evapora el éter de petróleo remanente y se concentra la solución en baño de agua bajo una corriente de aire limpio y seco hasta obtener aproximadamente 25 mL.
15. Se transfiere al vaso de precipitados de 250 mL, tarado junto con un agitador, con ayuda de alcohol etílico caliente.

16. Se completa la evaporación y luego se seca en el horno de aire a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 2 horas. Se deja secar en el desecador y se pesa.
17. Se repite el secado por 30 minutos hasta obtener peso constante. Durante la evaporación y secado se debe agitar ocasionalmente.

3.1.3.3 Alcali libre (COVENIN 1623: 1995)

El procedimiento es el siguiente:

1. Se pesa una muestra en tal cantidad que dé como resultado entre 0.1 a 1 g de material insoluble en alcohol. Se coloca en el matraz o vasos de precipitados, se añaden 200 mL de alcohol, se tapa con el vidrio de reloj y se calienta en un baño de vapor con agitación hasta que se disuelva el jabón.
2. Se filtra en un matraz a través del papel de filtro o crisol de Gooch con la ayuda de succión, reteniendo en el vaso de precipitado lo máximo posible del residuo. Se repite esta extracción y decantación 3 veces usando 25 mL de alcohol caliente cada vez. Jabones que contengan pequeñas cantidades de sales alcalinas no necesitan ser filtrados, antes de proceder a determinar el ácido o álcali libre, sin embargo, cuando se encuentran sustancias tales como silicatos, fosfatos u otras sales similares, que influyen en la titulación, la filtración es esencial. Carbonates hasta 0.5 %, determinados como carbonato de sodio, no afectan apreciablemente la determinación y pueden ser omitidos.
3. Se recolecta el filtrado y los lavados en el matraz de 250 mL, se calienta hasta hervir en un baño de vapor o agua y se le agregan 0.5 mL de la solución indicadora.
4. Se titula inmediatamente con el ácido normalizado si es alcalino o con el álcali normalizado si es ácido. Se usa una concentración de 0.1 N para

muestras que contengan pequeñas cantidades de ácido o álcali libre (10 % o menos) y 0.25 N para todas las demás muestras.

3.1.3.4 Humedad y materias volátiles (COVENIN 1168: 1995)

El procedimiento es el siguiente:

1. Se pesa una muestra de 5 g de jabón y se coloca en un plato limpio y seco, previamente pesado.
2. Se seca en un horno de aire a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora.
3. Se deja enfriar a temperatura ambiente en un desecador y se pesa nuevamente.
4. Se repite de nuevo el procedimiento hasta obtener peso constante, el cual se logra cuando en periodos sucesivos de calentamiento, de 1 hora muestran una pérdida de peso no mayor al 0,1 %.

3.1.4 Análisis estadístico

3.1.4.1 Para análisis fisicoquímicos

Para establecer el efecto del aceite extraído artesanalmente y el extraído con el extractor soxhlet en las características fisicoquímicas de los jabones obtenidos para cada uno de estos aceites de semilla de coroba, con y sin aditivos y cuatro jabones comerciales, se aplicó la prueba de Chi-cuadrado (X^2), para los casos de uso de frecuencias (%), con niveles de significancia del 95 y 99% de probabilidad.[³⁵]

3.2 Descripción de equipos, materiales y sustancias

3.2.1 Equipos

- Horno de aire o estufa de secado, con rango de temperatura entre 30-220 °C, marca Memmet, modelo 854 Schwabach
- Balanza analítica, de apreciación 0,1 mg, marca Denver Instrument company, modelo: TR-4102
- Computador Intel Pentium 4. 2.4 Ghz GFX64, Mb RAM. Monitor LG de 15 pulg.
- Impresora OFFICE JET PRO 1150C. Impresora/Fax/Scanner y copiadora.
- USB Memory drive 512 M.
- Balanza analítica Sartorius Basle modelo BA1105 apreciación 1×10^{-4} g
- Calculadora marca Hewlett Packard modelo 49g+ graphing
- Computador DELL INSPIRON 640m
- Impresora marca HP Deskjet, modelo F4100 series
- Molino marca Corona
- Refrigerador sin escarcha marca LG
- Baño de María
- Desecador 55/38 Lubricate Sleeve Pyrex

3.2.2 Materiales

- Artículos de papelería
- Balones de destilación de 200 mL, 1L y 20 L
- Beakers de distintas capacidades
- Buretas de 50 mL de capacidad

- Enlarmeyer de diferentes capacidades
- Cápsulas de vidrio marca Pirex de 70 mm de diámetro
- Cilindros graduados
- Espátulas
- Embudos de decantación de 5000 mL marca Pirex
- Embudo de vidrio
- Guantes de aislamiento térmico
- Goteros
- Matraces aforados de diferentes capacidades
- Pinzas
- Pipetas graduadas y volumétricas de diferentes capacidades
- Soporte universal
- Vidrio de reloj
- Termómetros

3.2.3 Sustancias

- Acido clorhídrico 0,1N, 0,25 N y 0,5 N.
- Acido acético glacial
- Agua destilada
- Alcohol etílico al 95%
- Anaranjado de metilo 46
- Cloroformo
- Disolución acuosa extemporánea de tiosulfato de sodio 0,01N, preparada a partir de tiosulfato de sodio 0,1N (10 mL hasta 100 mL).
- Disolución etanólica valorada de hidróxido potásico, 0,1 M

- Disolución saturada de yoduro de potasio (preparación extemporánea a partir de yoduro de potasio).
- Éter de petróleo
- Fenolftaleína al 1% en alcohol etílico al 95%
- Hidróxido de sodio 0,1N 0.25N 0,5 N y al 30%
- Mezcla de éter dietílico y etanol de 95%
- Potasio hidróxido 0.5 N
- Solución indicadora de almidón al 1%

3.3 Tablas de datos

Se presentan una serie de tablas con los datos correspondientes a cada proceso que permitieron elaborar los jabones y sus respectivos análisis.

Tabla 3.1 Valores obtenidos para determinar la densidad del aceite de la semilla de coroba

Tipo de Muestra	Muestra	T (°C)	P.P.V (g)	P.P.V + M (g)	V (mL)
MHex	1	15	36,6578	60,1437	25
	2			60,1456	
	3			60,1446	
MArt	1	15		59,0000	
	2			59,9507	
	3			59,4753	

Donde:

T: Temperatura (°C)

P.P.V: Peso del Picnómetro Vacío (g).

M: Peso de la Muestra (g)

V: Volumen del Picnómetro (mL)

Tabla 3.2 Datos para la determinación del Índice de saponificación del aceite de semilla de coroba

Tipo de Muestra	m (g)	V1 (mL)	C (equiv/L)	V2 (mL)
MHex	0,4989	42,1	0,4568	46,5
	0,502	42,1		
	0,5057	42,0		
MArt	0,5065	42,1		
	0,5009	42,1		
	0,5003	42,1		

Donde:

MHex: Muestra de aceite obtenida por el método de extracción con hexano.

MArt: Muestra de aceite obtenida por el método artesanal.

m: Masa de Muestra de Aceite (g)

V1: Volumen de HCl Empleado (mL)

C: Concentración HCl Usada (equiv/L)

V2: Volumen de HCl Blanco (mL)

Tabla 3.3 Datos para la determinación de la materia insaponificable del aceite de semilla de coroba

Tipo de Muestra	m (g)	m2 (g)	V (mL)	C (equi/L)	m1 (g)
MHex	5,0000	0,0786	4,9	0,0200	0,0005
	5,0028	0,0761	5,0		0,0006
	5,0005	0,0761	4,9		0,0005
MArt	5,0024	0,0681	5,0		0,0006
	5,0008	0,0736	5,1		0,0006
	5,0015	0,0696	5,0		0,0006

Donde:

MHex: Muestra de aceite obtenida por el método de extracción con hexano.

MArt: Muestra de aceite obtenida por el método artesanal.

m: Masa de Muestra de Aceite (g)

m2: Masa de residuo luego de Saponificación (g)

V: Volumen de NaOH Empleado (mL)

C: Concentración de NaOH Usada (equiv/L)

m1: Masa de residuo luego de Saponificación (g)

Tabla 3.4 Valores obtenidos para determinar el factor de corrección de impurezas en el jabón fabricado con aceite extraído artesanalmente

t (Min)	PBV (g)	PBV + S (g)
30	106,8204	109,5733
60		109,5479
90		109,5790
120		109,4923
150		109,3294
180		109,2667
210		109,1894
240		108,9999
270		108,7752
300		108,6763
330		108,5766
360		108,4290
390		108,3398
420		108,2981
450		108,1701
480		108,1591
510		108,1443
540		108,1430
570		108,1411
600		108,1411

Donde:

t: Tiempo de secado.

PBV: peso del beacker vacío.

S: Peso de la sal obtenida.

Tabla 3.5 Valores obtenidos para determinar el factor de corrección de impurezas en el jabón fabricado con aceite extraído con hexano

t (Min)	PBV (g)	PBV + S (g)
30	106,9021	109,6561
60		109,6550
90		109,6100
120		109,5539
150		109,4982
180		109,3667
210		109,2894
240		108,9999
270		108,7752
300		108,6763
330		108,5766
360		108,4290
390		108,3398
420		108,2981
450		108,1701
480		108,1591
510		108,1443
540		108,1430
570		108,1411
600		108,1411

Donde:

t: Tiempo de secado.

PBV: peso del beacker vacío.

S: Peso de la sal obtenida.

Tabla 3.6 Valores obtenidos para determinar el contenido de ácidos grasos totales en el jabón fabricado con aceite extraído artesanalmente

t (Min)	M (g)	PBV (g)	PBV + R (g)	V (mL)
30	5,4023	95,6522	100,1557	33,4
60			100,1557	
90			100,1550	
120			100,1550	
150			100,1500	
180			99,9163	
210			99,7286	
240			99,7094	
270			99,7089	
300			99,7088	
330			99,7077	
360			99,7077	
390			99,7077	

Donde:

t: Tiempo de secado.

M: Peso de la muestra de jabón empleado en el ensayo.

PBV: Peso del beacker vacío.

R: Peso del residuo obtenido.

V: Volumen de la solución de hidróxido de sodio utilizado en la titulación.

Tabla 3.7 Valores obtenidos para determinar el contenido de ácidos grasos totales en el jabón fabricado con aceite extraído con hexano

t (Min)	M (g)	PBV (g)	PBV + R (g)	V (mL)
30	5,4022	95,6523	100,1558	33,5
60			100,1558	
90			100,1540	
120			100,1540	
150			100,0000	
180			99,9153	
210			99,7276	
240			99,7084	
270			99,7079	
300			99,7078	
330			99,7067	
360			99,7067	
390			99,7067	

Donde:

t: Tiempo de secado.

M: Peso de la muestra de jabón empleado en el ensayo.

PBV: Peso del beacker vacío.

R: Peso del residuo obtenido.

V: Volumen de la solución de hidróxido de sodio utilizado en la titulación.

Tabla 3.8 Valores obtenidos para determinar el contenido de álcali libres en los diferentes tipos de jabones.

Tipo de Jabón	N° de Corrida		
	1 V (mL)	2 V (mL)	3 V (mL)
Artesanal	0,01	0,03	0,03
Shoxlet	0,01	0,02	0,02
Artesanal con aditivo	0,01	0,02	0,01
Shoxlet con aditivo	0,01	0,02	0,01
Comercial, Protex	0,02	0,03	0,02
Comercial, Palmolive	0,02	0,02	0,03
Comercial, Clinique	0,01	0,02	0,01
Comercial, Avena "Los Altos"	0,02	0,01	0,02

Donde:

V: volumen de HCl gastado en la valoración de cada corrida (mL)

Tabla 3.9 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en el jabón fabricado con aceite extraído artesanalmente

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,5463		4,5486		4,5487
2		4,5297		4,5275		4,5299
3		4,5186		4,5159		4,5189
4		4,5136		4,5124		4,5129
5		4,5109		4,5113		4,5115
6		4,5109		4,5113		4,5115
7		4,5109		4,5113		4,5115

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra final de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

Tabla 3.10 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en el jabón fabricado con aceite extraído con hexano

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,5625		4,5558		4,5608
2		4,5498		4,5388		4,5463
3		4,5214		4,5192		4,5207
4		4,5176		4,5125		4,5155
5		4,5117		4,5114		4,5110
6		4,5117		4,5114		4,5110
7		4,5117		4,5114		4,5110

Donde:

t: tiempo de secado

Mi: peso de la muestra inicial de jabón empleado

Mf: peso de la muestra final de jabón empleado

Tabla 3.11 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en el jabón fabricado con aceite artesanal con aditivos cosméticos.

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,5363		4,5386		4,5387
2		4,5097		4,5075		4,5099
3		4,5086		4,5059		4,5089
4		4,5036		4,5034		4,5029
5		4,5028		4,5019		4,5015
6		4,5028		4,5019		4,5015
7		4,5028		4,5019		4,5015

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra final de jabón empleado.

Tabla 3.12 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en el jabón con aceite extraído con hexano, con aditivos cosmético

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,5388		4,5390		4,5381
2		4,5127		4,5135		4,5178
3		4,5079		4,5087		4,5069
4		4,5033		4,5049		4,5037
5		4,5025		4,5029		4,5021
6		4,5025		4,5029		4,5021
7		4,5025		4,5029		4,5021

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra final de jabón empleado.

Tabla 3.13 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en jabón comercial, Protex.

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,6364		4,6284		4,6327
2		4,6127		4,6102		4,6115
3		4,6058		4,6037		4,6042
4		4,5979		4,5957		4,5961
5		4,5960		4,5950		4,5956
6		4,5960		4,5950		4,5956
7		4,5960		4,5950		4,5956

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra final de jabón empleado.

Tabla 3.14 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en jabón comercial Palmolive

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,6395		4,6405		4,6400
2		4,6155		4,6177		4,6168
3		4,6060		4,6079		4,6071
4		4,6039		4,6057		4,6044
5		4,6025		4,6033		4,6029
6		4,6025		4,6033		4,6029
7		4,6025		4,6033		4,6029

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra final de jabón empleado.

Tabla 3.15 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en jabón comercial, Clinique.

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,6498		4,6481		4,6492
2		4,6376		4,6357		4,6368
3		4,6285		4,6269		4,6273
4		4,6255		4,6247		4,6252
5		4,6233		4,6229		4,6231
6		4,6233		4,6229		4,6231
7		4,6233		4,6229		4,6231

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra de jabón empleado.

Tabla 3.16 Valores obtenidos para determinar el contenido de humedad y materias volátiles en jabón comercial Avena "Los Altos"

t (Horas)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,5098		4,5076		4,5088
2		4,4989		4,4968		4,4976
3		4,4867		4,4849		4,4855
4		4,4834		4,4825		4,4827
5		4,4812		4,4809		4,4810
6		4,4812		4,4809		4,4810
7		4,4812		4,4809		4,4810

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra final de jabón empleado.

Tabla 3.17 Valores obtenidos para determinar la cantidad de materia insaponificada e insaponificable en el jabón fabricado con aceite artesanal

t (min)	M (g)	PBV (g)	PBV + R (g)	V (mL)
30	5,0000	106,8967	106,9472	0,7
60			106,9429	
90			106,9384	
120			106,9331	
150			106,8292	
180			106,8164	
210			106,8145	
240			106,8140	
270			106,8140	
300			106,8140	

Donde:

t: tiempo de secado en el horno del residuo obtenido.

M: peso de la muestra de jabón empleado.

PBV: peso del beacker vacío.

R: residuo obtenido.

V: volumen de solución de hidróxido de sodio gastado en la titulación.

Tabla 3.18 Valores obtenidos para determinar la cantidad de materia insaponificada e insaponificable en el jabón fabricado con aceite extraído con hexano

Tiempo (h)	Corrida 1		Corrida 2		Corrida 3	
	Mi	Mf	Mi	Mf	Mi	Mf
0	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
1		4,5625		4,5558		4,5608
2		4,5498		4,5388		4,5463
3		4,5214		4,5192		4,5207
4		4,5176		4,5125		4,5155
5		4,5117		4,5114		4,5110
6		4,5117		4,5114		4,5110
7		4,5117		4,5114		4,5110

Donde:

t: tiempo de secado.

Mi: peso de la muestra final de jabón empleado.

Mf: peso de la muestra inicial de jabón empleado.

3.4 Muestra de cálculo

3.4.1 Análisis fisicoquímico del aceite de coroba

3.4.1.1 Densidad relativa

Para determinar la densidad del aceite se utilizo un picnómetro con capacidad de 25 mL. Tomando los resultados de la tabla 3.1 y sustituyendo en la ecuación 2.3:

$$\rho_{15^{\circ}C} = \frac{(60,1437 - 36,6578)g}{25mL}$$

$$\rho_{15^{\circ}C} = 0,9394 \text{ g/mL}$$

De igual manera se procedió con el resto de los ensayos y los resultados se muestran en la tabla 4.1

3.4.1.2 Índice de saponificación

La cantidad de materia que se convierte en jabón se determina tomando los valores reportados en la tabla 3.2 y sustituyendo en la ecuación 2.4:

$$IS = \frac{56,1(46,5 - 42,1) \times 0,4568}{0,4989} = 226,01 \text{ mgKOH / g de aceite}$$

De igual manera se procedió con el resto de los ensayos del aceite de coroba, los resultados se encuentran en la tabla 4.1

3.4.1.3 Determinación de materia insaponificable

Con los datos de la tabla 3.3 y las ecuaciones 2.5 y 2.6 se calculo el porcentaje de materia insaponificable en el aceite de almendra de coroba.

$$MI = \frac{(0,0786 - 0,005)}{5} \times 100 = 1,5 \% (\text{g / Kg de aceite})$$

El mismo procedimiento se aplica para los demás ensayos del aceite de coroba, estos resultados están reflejados en la tabla 4.1 en forma de promedios.

3.4.1.4 Cantidad de hidróxido de sodio y agua requeridos para la saponificación

Como los valores reportados en la tabla 4.4 para los índices de saponificación, están expresados en miligramos de hidróxido de potasio por gramos de aceite, se llevan a miligramos de hidróxido de sodio utilizando un factor de conversión. Teniendo que la masa molar del hidróxido de potasio es 56 g/mol y la masa molar de hidróxido de sodio es 40g/mol, y utilizando la siguiente ecuación se tiene:

$$IS \times \frac{M_{NaOH}}{M_{KOH}} = 226,01 \frac{mg\ KOH}{g\ de\ aceite} \times \frac{40\ mg\ NaOH}{56\ g\ KOH} = 161,42 \frac{mg\ NaOH}{g\ de\ aceite}$$

Con este valor de índice de saponificación y 100g de materia prima se obtiene la cantidad de hidróxido de sodio para cada reacción. Usando la siguiente ecuación:

$$IS \times g\ de\ Materia\ Pr\ ima = g\ NaOH$$

Sustituyendo los valores obtenidos se tiene que:

$$161,42\ mg\ NaOH / g\ aceite \times 100\ g\ aceite = 16.142\ mg\ NaOH$$

Llevándolo a gramos, tenemos:

$$Cantidad\ de\ NaOH\ para\ cada\ reacción = 16.142\ mg\ NaOH \times \frac{1\ g}{1000\ mg} = 16,142\ g\ NaOH$$

En nuestro caso no se trabajó con exceso de hidróxido de sodio evitando de esta forma tener que lavar el jabón, que conllevando la inherente eliminación de la glicerina.

Para obtener los gramos de solución al 30 % de solución de hidróxido de sodio (concentración empleada en la industria) se realizaron los cálculos mediante la siguiente ecuación:

$$g \text{ Solución NaOH al } 30\% = \frac{g \text{ NaOH total} \times 100 \text{ g de Solución}}{30 \text{ g NaOH}}$$

Sustituyendo la cantidad de NaOH requerida para la Reacción se tiene que:

$$g \text{ Solución NaOH } 30\% = \frac{16,142 \text{ g NaOH total} \times 100 \text{ g Solución}}{30 \text{ g NaOH}} = 53,80 \text{ g Solución}$$

Los gramos de agua se obtienen de la siguiente manera:

$$53,80 \text{ g Solución} - 16,142 \text{ g NaOH} = 37,66 \text{ g H}_2\text{O}$$

Estas proporciones se utilizaron para la elaboración de todas las muestras de jabón.

3.4.2 Análisis químico del jabón

3.4.2.1 Ácidos grasos totales

Tomando los valores de la tabla 3.4 correspondiente al peso de la sal empleando la ecuación 2.8, se determina el factor de corrección de impureza:

$$C = \frac{(1,3219 - 1,1691)}{20} = 7,64 \times 10^{-3}$$

El peso del residuo y el contenido de ácidos grasos en el extracto se determinan tomando los valores de la tabla 3.6 y 3.7 respectivamente para cada tipo de aceite:

$$P = (99,7077 - 95,6562) \text{ g} = 4,0515 \text{ g}$$

$$G_1 = (100,1557 - 95,6522) \text{ g} = 4,5035 \text{ g}$$

El contenido de ácidos grasos totales se determina sustituyendo los valores antes calculados y empleando la ecuación 2.7:

$$G = \frac{4,0515 \text{ g} - (0,022 + 7,64 \times 10^{-3}) \times 36 \text{ mL}}{4,5035 \text{ g}} \times 100 = 66,269\%$$

De la misma manera se procedió con los de más ensayos y los resultados promedios se muestran en la tabla 4.6

3.4.2.2 Álcalis libre

Tomando los valores de la tabla 3.8, para el ensayo 1 y empleando la ecuación 2.9

$$NaOH = \frac{0.01 mL \times 0.25 N \times 4}{1 g}$$
$$NaOH = 0,01$$

El mismo procedimiento se empleo para todos los jabones fabricados para cada tipo de aceite y los resultados promedios se muestran en la tabla 4.6.

3.4.2.3 Humedad y materias volátiles

Tomando los valores de la tabla 3.9 y sustituyéndolos en la ecuación 2.11 se determino la humedad y material volátil del primer ensayo de la muestra de jabón fabricado con aceite artesanal.

$$H = \frac{(5 - 4,5109) g}{5 g} \times 100$$

$$H = 9,782 \%$$

El mismo procedimiento fue aplicado para los demás corridas y para los demás jabones, los resultados promedios se reportan en la tabla de resultados 4.6

3.4.2.4 Materia insaponificada e insaponificable en el jabón

Tomando los valores de la tabla 3.17 y la ecuación 2.12 se determina el contenido de ácidos grasos en el extracto:

$$G_1 = 0,0056 \times 0,7 \text{ mL}$$

$$G_1 = 3,92 \times 10^{-3} \text{ g}$$

Haciendo uso de los valores de tabla 3.17 se determina el peso del residuo:

$$G_2 = (106,8140 - 106,7856) \text{ g}$$

$$G_2 = 28,4 \times 10^{-3} \text{ g}$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación 2.13 se obtiene el contenido de materia insaponificada e insaponificable en el jabón:

$$M = \frac{(28,4 \times 10^{-3} - 3,92 \times 10^{-3}) \text{ g}}{5 \text{ g}} \times 100$$

$$M = 0,49 \%$$

3.4.3 Cálculos estadísticos

Se aplicaron la prueba Chi-cuadrado para los análisis fisicoquímicos realizados a los aceites, el análisis de varianza de la distribución F (ANAVA) para los análisis fisicoquímicos realizados a los jabones y el diseño factorial sin repeticiones aplicado a los análisis de ph en los jabones obtenidos.

3.4.3.1 Aplicación de la prueba Chi-cuadrado a los análisis de aceite de semilla de coroba

3.4.3.1.1 Prueba Chi-cuadrado para densidad relativa

Los valores de densidad relativa para el aceite artesanal y hexano sometidos a la prueba de Chi-cuadrado se presentan en la tabla 3.19

Tabla 3.19 Datos para la aplicación de la prueba Chi-cuadrado a la densidad relativa

Aceite	Densidad relativa 15°C (g/mL)	O (%)	E	(O-E) ² /E
Artesanal	0,9394	51	50	0,02
Hexano	0,9393	49	50	0,02
		100	100	∑0,04

Donde:

O: Es la frecuencia Observada en (%)

E: Es la frecuencia Esperada

Se plantearon las hipótesis:

$$H_0 : A_1 = A_2$$

$$H_a : A_1 \neq A_2$$

Como el X^2_t (7;95% de probabilidad) = 14,07 y el $X^2_c = 0,04$, estando dentro de la zona de aceptación y $X_{Cal}^2 < X_{Tab}^2$, se acepta H_0 , esto es, no existe diferencia significativa en la densidad relativa de ambos aceites.

3.4.3.1.2 Prueba Chi-cuadrado para índice de saponificación

Los valores de índice de saponificación para el aceite artesanal y hexano sometidos a la prueba de Chi-cuadrado se presentan en la tabla 3.20

Tabla 3.20 Datos para la aplicación de la prueba Chi-cuadrado para el índice de saponificación

Aceite	Índice de saponificación (mgKOH/g aceite)	O (%)	E	(O-E) ² /E
Artisanal	226,01	51	50	0,02
Hexano	226,00	49	50	0,02
		100	100	∑0,04

Donde:

O: Es la frecuencia Observada en (%)

E: Es la frecuencia Esperada

Se plantearon las hipótesis:

$$H_0 : A_1 = A_2$$

$$H_a : A_1 \neq A_2$$

Como el X_c^2 (7;95% de probabilidad) = 14,07 y el $X_c^2 = 0,04$, estando dentro de la zona de aceptación y $X_c^2 < X_t^2$, se acepta H_0 , esto es, no existe diferencia significativa para el índice de saponificación de ambos aceites.

3.4.3.2 Prueba Chi-cuadrado para materia insaponificable

Los valores de índice de saponificación para el aceite artesanal y hexano sometidos a la prueba de Chi-cuadrado se presentan en la tabla 3.21

Tabla 3.21 Datos para la aplicación de la prueba Chi-cuadrado a la materia insaponificada

Aceite	Materia insaponificada	O (%)	E	(O-E) ² /E
Artisanal	1,50	51	50	0,02
Hexano	1,49	49	50	0,02
		100	100	∑0,04

Donde:

O: Es la frecuencia Observada en (%)

E: Es la frecuencia Esperada

Se plantearon las hipótesis:

$$H_0 : A_1 = A_2$$

$$H_a : A_1 \neq A_2$$

Como el X_t^2 (7;95% de probabilidad) = 14,07 y el $X_c^2 = 0,04$, estando dentro de la zona de aceptación y $X_c^2 < X_t^2$, se acepta H_0 , esto es, no existe diferencia significativa en la cuanto a la cantidad de materia insaponificada de ambos aceites.

3.4.3.3 Aplicación del Análisis de la Varianza (ANAVA)

3.4.3.3.1 Aplicación del ANAVA para el contenido de ácidos grasos totales

Los valores de ácidos grasos totales para los diferentes jabones sometidos a ANAVA se presentan en la tabla 3.22

Tabla 3.22 Datos para ANAVA de contenido de ácidos grasos totales

Nº de Corridas	Jabones			
	Artesanal	Hexano	Artesanal con aditivos	Hexano con aditivos
1	66,27	66,28	67,08	66,68
2	66,89	66,76	66,99	66,97
3	66,98	66,73	67,21	67,38
$\sum X_i$	200,14	199,77	201,28	201,03
Promedio	66,71	66,59	67,09	67,01

$$T = (200,14 + 199,77 + 201,28 + 201,01) = 802,22$$

k = 4 (Total de tratamientos)

n = 3 (Número de repeticiones por cada tratamiento)

N = 12 (Total de resultados obtenidos)

✓ Hipótesis planteadas:

Hipótesis nula (H_0): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ (No hay diferencias entre tratamientos)

Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ (Al menos uno de los tratamientos es diferentes)

✓ Nivel de significancia: 95% ($\alpha = 0,05$)

✓ Suma de cuadrados total (SCT):

$$SCT = \sum X_{ij}^2 - T^2/N$$

$$SCT = (66,27^2 + 66,89^2 + 66,98^2 + 66,28^2 + 66,76^2 + 66,73^2 + 67,08^2 + 66,99^2 + 67,21^2 + 66,68^2 + 66,97^2 + 67,38^2) - (802,22^2/12)$$

$$SCT = 1,23$$

✓ Suma de cuadrados de tratamientos

$$SC_{Trat} = \sum \sum X_i^2/n - T^2/N$$

$$SC_{Trat} = (200,14^2/3 + 199,77^2/3 + 201,28^2/3 + 201,03^2/3) - (802,22^2/12)$$

$$SC_{Trat} = 0,52$$

- ✓ Suma de cuadrados de error (de residuos)

$$SC_E = SCT - SC_{Trat}$$

$$SC_E = 1,23 - 0,52$$

$$SC_E = \mathbf{0,71}$$

- ✓ Cuadrados medios:

- a) Cuadrado medio de tratamiento (CM_{Trat})

$$CM_{Trat} = SC_{Trat}/(k-1) = 0,52/(4-1)$$

$$CM_{Trat} = \mathbf{0,17}$$

- b) Cuadrado medio del error (CM_E)

$$CM_E = SC_E/(N-k) = SC_E/k(n-1)$$

$$CM_E = 0,71/(8)$$

$$CM_E = \mathbf{0,09}$$

- ✓ Cálculo de la razón F (F_{cal}):

$$F_{cal} = CM_{Trat}/CM_E = 0,17/0,09$$

$$F_{cal} = \mathbf{1,89}$$

- ✓ Valor crítico de F (F_{Tab})

Este valor se obtiene de la tabla (Anexo D) "Valores para la prueba de Fisher (F)" [33], para una significancia $\alpha = 0,05$; grados de libertad para el numerador (tratamiento, $4-1=3$) y grados de libertad para el denominador (error, $12-4=8$).

Según esas indicaciones en la tabla señalada se obtiene el valor:

$$F_{Tab} = F_{0,05; 3/8} = 4,07$$

- ✓ Conclusión:

Dado que el $F_{cal} < F_{Tab}$, se acepta la hipótesis nula (H_0), esto es, no hay diferencias entre los tratamientos (es decir, el contenido de ácidos grasos totales en las diferentes muestras de jabón es estadísticamente semejante entre ellos).

Tabla 3.23 Resumen del ANAVA para el contenido de ácidos grasos totales

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F _{Cal}	F _{Tab}
Tratamiento	0,52	3	0,17		
Error	0,71	8	0,09	1,89	4,07
Total	1,23	11			

3.4.3.3.2 Aplicación del ANAVA para el contenido de álcali libre

Los valores de contenido de álcali libre determinado a cada muestra de jabón y sometido a ANAVA se presentan en la tabla 3.24

Tabla 3.24 Datos para ANAVA de contenido de álcali libre

Nº de Corridas	Jabones			
	Artesanal	Hexano	Artesanal con aditivos	Hexano con aditivos
1	0,01	0,01	0,01	0,01
2	0,03	0,02	0,02	0,02
3	0,03	0,02	0,01	0,01
$\sum X_i$	0,07	0,05	0,04	0,04
Promedio	0,02	0,02	0,01	0,01

$$T = (0,07 + 0,05 + 0,04 + 0,04) = 0,20$$

$$k = 4 \text{ (Total de tratamientos)}$$

$$n = 3 \text{ (Número de repeticiones por cada tratamiento)}$$

$$N = 12 \text{ (Total de resultados obtenidos)}$$

✓ Hipótesis planteadas:

Hipótesis nula (H_0): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ (No hay diferencias entre tratamientos)

Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ (Al menos uno de los tratamientos es diferentes)

✓ Nivel de significancia: 95% ($\alpha = 0,05$)

✓ Suma de cuadrados total (SCT):

$$SCT = \sum X_{ij}^2 - T^2/N$$

$$SCT = (0,01^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2) - (0,20^2/12)$$

$$SCT = 6,67E-4$$

- ✓ Suma de cuadrados de tratamientos

$$SC_{Trat} = \sum \sum X_i^2/n - T^2/N$$

$$SC_{Trat} = (0,07^2/3 + 0,05^2/3 + 0,04^2/3 + 0,04^2/3) - (0,20^2/12)$$

$$SC_{Trat} = 2,0E-4$$

- ✓ Suma de cuadrados de error (de residuos)

$$SC_E = SCT - SC_{Trat}$$

$$SC_E = (6,67E-4) - (2,0E-4)$$

$$SC_E = 4,67E-4$$

- ✓ Cuadrados medios:

- a) Cuadrado medio de tratamiento (CM_{Trat})

$$CM_{Trat} = SC_{Trat}/(k-1) = 2,0E-4/(4-1)$$

$$CM_{Trat} = 6,67E-5$$

- b) Cuadrado medio del error (CM_E)

$$CM_E = SC_E/(N-k) = SC_E/k(n-1)$$

$$CM_E = 4,67E-4/(8)$$

$$CM_E = 5,83E-5$$

- ✓ Cálculo de la razón F (F_{cal}):

$$F_{cal} = CM_{Trat}/CM_E = 6,67E-5/5,83E-5$$

$$F_{cal} = 1,14$$

- ✓ Valor crítico de F (F_{Tab})

Este valor se obtiene de la tabla “Puntos porcentuales de la distribución F” [33], para una significancia $\alpha = 0,05$; grados de libertad para el numerador (tratamiento, $4-1=3$) y grados de libertad para el denominador (error, $12-4=8$).

Según esas indicaciones en la tabla señalada se obtiene el valor:

$$F_{Tab} = F_{0,05; 3/8} = 4,07$$

✓ Conclusión:

Dado que el $F_{Cal} < F_{Tab}$, se acepta la hipótesis nula (H_0), esto es, no hay diferencias entre los tratamientos (es decir, el contenido de álcali libre en las diferentes muestras de jabón es estadísticamente semejante entre ellos).

Tabla 3.25 Resumen del ANAVA para el contenido de álcali libre

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F_{Cal}	F_{Tab}
Tratamiento	2,0E-4	3	6,67E-5		
Error	4,67E-4	8	5,83E-5	1,14	4,07
Total	6,67E-4	11			

3.4.3.3.3 Aplicación del ANAVA para el contenido de humedad y materia volátil

Los valores de contenido de humedad determinado a cada muestra de jabón y sometido a ANAVA se presentan en la tabla 3.26

Tabla 3.26 Datos para ANAVA de contenido de humedad y materia volátil

Nº de Corridas	Jabones			
	Artesanal	Hexano	Artesanal con aditivos	Hexano con aditivos
1	9,78	9,87	9,76	9,89
2	9,79	9,85	9,80	9,71
3	9,89	9,90	9,81	9,83
$\sum X_i$	29,46	29,62	29,37	29,73
Promedio	9,82	9,87	9,79	9,88

$$T = (29,46 + 29,62 + 29,37 + 29,63) = 118,08$$

$$k = 4 \text{ (Total de tratamientos)}$$

$$n = 3 \text{ (Número de repeticiones por cada tratamiento)}$$

$$N = 12 \text{ (Total de resultados obtenidos)}$$

- ✓ Hipótesis planteadas:

Hipótesis nula (H_0): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ (No hay diferencias entre tratamientos)

Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ (Al menos uno de los tratamientos es diferentes)

- ✓ Nivel de significancia: 95% ($\alpha=0,05$)

- ✓ Suma de cuadrados total (SCT):

$$SCT = \sum X_{ij}^2 - T^2/N$$

$$SCT = (9,78^2 + 9,79^2 + 9,89^2 + 9,87^2 + 9,85^2 + 9,90^2 + 9,76^2 + 9,80^2 + 9,81^2 + 9,89^2 + 9,91^2 + 9,83^2) - (118,08^2/12)$$

$$SCT = \mathbf{0,029}$$

- ✓ Suma de cuadrados de tratamientos

$$SC_{Trat} = \sum \sum X_i^2/n - T^2/N$$

$$SC_{Trat} = (29,46^2/3 + 29,62^2/3 + 29,37^2/3 + 29,63^2/3) - (118,08^2/12)$$

$$SC_{Trat} = \mathbf{0,016}$$

- ✓ Suma de cuadrados de error (de residuos)

$$SC_E = SCT - SC_{Trat}$$

$$SC_E = (0,029) - (0,016)$$

$$SC_E = \mathbf{0,013}$$

- ✓ Cuadrados medios:

- a) Cuadrado medio de tratamiento (CM_{Trat})

$$CM_{Trat} = SC_{Trat}/(k-1) = 0,016/(4-1)$$

$$CM_{Trat} = \mathbf{0,005}$$

- b) Cuadrado medio del error (CM_E)

$$CM_E = SC_E/(N-k) = SC_E/k(n-1)$$

$$CM_E = 0,013/(8)$$

$$CM_E = \mathbf{0,0016}$$

- ✓ Cálculo de la razón F (F_{cal}):

$$F_{cal} = CM_{Trat}/CM_E = 0,005/0,0016$$

$$F_{cal} = \mathbf{3,125}$$

✓ Valor crítico de F (F_{Tab})

Este valor se obtiene de la tabla “Puntos porcentuales de la distribución F” [33], para una significancia $\alpha = 0,05$; grados de libertad para el numerador (tratamiento, $4-1=3$) y grados de libertad para el denominador (error, $12-4=8$). Según esas indicaciones en la tabla señalada se obtiene el valor:

$$F_{Tab} = F_{0,05; 3/8} = 4,07$$

✓ Conclusión:

Dado que el $F_{Cal} < F_{Tab}$, se acepta la hipótesis nula (H_0), esto es, no hay diferencias entre los tratamientos (es decir, el contenido de humedad y materia volátil en las diferentes muestras de jabón es estadísticamente semejante entre ellos).

Tabla 3.27 Resumen del ANAVA para el contenido de humedad y materia volátil

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F_{Cal}	F_{Tab}
Tratamiento	0,016	3	0,005		
Error	0,013	8	0,0016	3,125	4,07
Total	0,029	11			

3.4.3.3.4 Aplicación del ANAVA para la cantidad de jabón obtenido

La cantidad de jabón obtenido en cada muestra y sometido a ANOVA se presenta en la tabla 3.28

Tabla 3.28 Datos para ANAVA de la cantidad de jabón obtenido

Nº de Corridas	Masa de Jabones (g)			
	Artesanal	Hexano	Artesanal con aditivos	Hexano con aditivos
1	129	131	137	135
2	130	133	130	136
3	133	129	133	133
ΣX_i	392	393	400	404
Promedio	130,62	131	133,33	134,67

$$T = (392 + 393 + 400 + 404) = 1589$$

k = 4 (Total de tratamientos)

n = 3 (Número de repeticiones por cada tratamiento)

N = 12 (Total de resultados obtenidos)

✓ Hipótesis planteadas:

Hipótesis nula (H_0): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ (No hay diferencias entre tratamientos)

Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ (Al menos uno de los tratamientos es diferentes)

✓ Nivel de significancia: 95% ($\alpha = 0,05$)

✓ Suma de cuadrados total (SCT):

$$SCT = \sum X_{ij}^2 - T^2/N$$

$$SCT = (129^2 + 130^2 + 133^2 + 131^2 + 133^2 + 129^2 + 137^2 + 130^2 + 133^2 + 135^2 + 136^2 + 133^2) - (1589^2/12)$$

$$SCT = 78,92$$

✓ Suma de cuadrados de tratamientos

$$SC_{Trat} = \sum \sum X_i^2/n - T^2/N$$

$$SC_{Trat} = (392^2/3 + 393^2/3 + 400^2/3 + 404^2/3) - (1589^2/12)$$

$$SC_{Trat} = 32,92$$

✓ Suma de cuadrados de error (de residuos)

$$SC_E = SCT - SC_{Trat}$$

$$SC_E = (78,92) - (32,92)$$

$$SC_E = 46,00$$

✓ Cuadrados medios:

a) Cuadrado medio de tratamiento (CM_{Trat})

$$CM_{Trat} = SC_{Trat}/(k-1) = 32,92/(4-1)$$

$$CM_{Trat} = 10,97$$

b) Cuadrado medio del error (CM_E)

$$CM_E = SC_E/(N-k) = SC_E/k(n-1)$$

$$CM_E = 46,00/(8)$$

$$CM_E = 5,75$$

✓ Cálculo de la razón F (F_{cal}):

$$F_{cal} = CM_{Trat}/CM_E = 10,97/5,75$$

$$F_{cal} = 1,91$$

✓ Valor crítico de F (F_{Tab})

Este valor se obtiene de la tabla “Puntos porcentuales de la distribución F” [33], para una significancia $\alpha = 0,05$; grados de libertad para el numerador (tratamiento, $4-1=3$) y grados de libertad para el denominador (error, $12-4=8$).

Según esas indicaciones en la tabla señalada se obtiene el valor:

$$F_{Tab} = F_{0,05; 3/8} = 4,07$$

✓ Conclusión:

Dado que el $F_{cal} < F_{Tab}$, se acepta la hipótesis nula (H_0), esto es, no hay diferencias entre los tratamientos (es decir, el rendimiento en las diferentes muestras de jabón es estadísticamente semejante entre ellos).

Tabla 3.29 Resumen del ANAVA para la cantidad de jabón obtenido

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F _{Cal}	F _{Tab}
Tratamiento	32,92	3	10,97		
Error	46,00	8	5,75	1,91	4,07
Total	78,92	11			

3.4.3.4 Aplicación del Diseño Factorial sin repeticiones en la medición de pH para los jabones obtenidos

La medición de ph de los jabones obtenidos en cada muestra y sometido al diseño factorial sin repeticiones se presenta en la tabla 3.30

Tabla 3.30 Datos para el diseño factorial sin repeticiones en la medición de pH para los jabones obtenidos

Jabones	pH - (Tiempo)				TOTAL	PROMEDIOS
	5 min	1 semana	2 semanas	4 semanas		
Artesanal	11,511	9,038	8,283	7,483	36,315	9,079
Hexano	11,499	9,082	8,297	7,151	36,029	9,007
Artesanal con aditivos	11,600	9,207	8,305	7,431	36,543	9,136
Hexano con aditivos	11,568	9,267	8,310	7,483	36,628	9,157
TOTAL	46,178	36,594	33,195	29,548	145,515	36,379
PROMEDIOS	11,5445	9,1485	8,29875	7,387		

$$GT = (36,315 + 36,029 + 36,543 + 36,628) = 145,515$$

k= 4 (Total de tratamientos)

n= 4 (Número de repeticiones por cada tratamiento)

N= 16 (Total de resultados obtenidos)

✓ Hipótesis planteadas:

Hipótesis nula (H_0): $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ (No hay diferencias entre tratamientos)

Hipótesis alternativa (H_1): $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ (Al menos uno de los tratamientos es diferentes)

✓ Nivel de significancia: 95% ($\alpha=0,05$)

Con los datos de la tabla 3.30 se procede con los cálculos del estudio estadístico:

1. $FC = (GT)^2/N = (145,515)^2/16$

FC = 1323,41

▪ Suma de Cuadrados

2. $SC_{\text{Jabones}} = \sum X_j^2/n - FC$

$SC_{\text{Jabones}} = (36,315^2 + 36,029^2 + 36,543^2 + 36,628^2)/4 - 1323,41$

SC_{Jabones} = 0,054

3. $SC_{\text{Tiempo}} = \sum T_i^2/n - FC$

$SC_{\text{Tiempo}} = (46,178^2 + 36,029^2 + 33,195^2 + 29,548^2)/4 - 1323,41$

SC_{Tiempo} = 38,217

4. $SC_{\text{Total}} = (11,511^2 + 11,499^2 + 11,600^2 + 11,568^2 + 9,038^2 + 9,082^2 + 9,207^2 + 9,267^2 + 8,283^2 + 8,297^2 + 8,305^2 + 8,310^2 + 7,483^2 + 7,151^2 + 7,431^2 + 7,483^2) - 1323,41)$

SC_{Total} = 38,334

5. $SC_{\text{Error}} = SC_{\text{Total}} - SC_{\text{Tiempo}} - SC_{\text{Jabones}}$

$SC_{\text{Error}} = 38,334 - 38,217 - 0,054$

SC_{Error} = 0,063

- Cuadrados medios

- a. Cuadrado medio de los jabones (CM_{Jabones})

$$CM_{\text{Jab}} = SC_{\text{Jab}} / (a-1) = 0,054 / (4-1)$$

$$CM_{\text{Jab}} = \mathbf{0,018}$$

- b. Cuadrado medio del tiempo (CM_{Tiempo})

$$CM_{\text{Tiempo}} = SC_{\text{Tiempo}} / (b-1)$$

$$CM_{\text{Tiempo}} = 38,217 / (4-1)$$

$$CM_{\text{Tiempo}} = \mathbf{12,739}$$

- c. Cuadrado medio del error (CM_E)

$$CM_E = SC_E / ((a-1) \times (b-1))$$

$$CM_E = 0,063 / (3 \times 3)$$

$$CM_E = \mathbf{0,007}$$

- Cálculo de la razón F (F_{cal}):

$$F_{\text{Cal)Jabón}} = CM_{\text{Jabón}} / CM_E = 0,018 / 0,007$$

$$F_{\text{Cal)Jabón}} = \mathbf{2,571}$$

$$F_{\text{Cal)Tiempo}} = CM_{\text{Tiempo}} / CM_E = 12,739 / 0,007$$

$$F_{\text{cal)Tiempo}} = \mathbf{1819,86}$$

- Valor crítico de F (F_{Tab})

Este valor se obtiene de la tabla (Anexo D) “Valores para la prueba de Fisher (F)” [33], para una significancia $\alpha = 0,05$; grados de libertad para el numerador (tratamiento, $4-1=3$) y grados de libertad para el denominador (error, $3 \times 3=9$). Según esas indicaciones en la tabla señalada se obtiene el valor:

$$F_{\text{Tab}} = F_{0,05; 3/9} = \mathbf{3,86}$$

- Conclusión:

Dado que el $F_{\text{Cal}} > F_{\text{Tab}}$, se rechaza la hipótesis nula (H_0), esto significa que al menos uno de los tratamientos es diferente, por lo tanto, se debe hacer una prueba de promedios para escoger el mejor o los mejores tiempos de medición de pH independientemente de cualquier jabón que se utilice.

Tabla 3.31 Resumen del diseño factorial sin repeticiones para la medición de ph de los jabones obtenidos

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F _{Cal}	F _{Tab}
Jabones	0,054	3	0,018	2,571	
Tiempo	38,217	3	12,739	1819,86	3,86
Error	0,063	9	0,007		
Total	38,334	15			

- Prueba de diferencia mínima significativa de Bayes (DMSB)

$$DMSB_{95\%} = 1,72 \times \sqrt{(F_{Cal}/(F_{Cal}-1)) \times \sqrt{(2 \times CM_E/N^{\circ}_{Trat})}}$$

$$DMSB_{95\%} = 1,72 \times \sqrt{(1819,86/(1819,86-1)) \times \sqrt{(2 \times 0,007/4)}}$$

$$DMSB_{95\%} = 0,0015$$

Para hacer la escogencia del mejor o de los mejores tratamientos, los promedios se ordenan de mayor a menor y sus diferencias se comparan con el valor calculado de la $DMSB_{95\%}$, si la diferencia es mayor que dicho valor, existen diferencias significativas entre los tratamientos y son estadísticamente diferentes, entonces se les asignan letras diferentes y cuando la diferencia es menor entonces los tratamientos son estadísticamente iguales y se le asignan letras iguales. Comparando las diferencias de los promedios con el valor $DMSB_{95\%}$, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 3.32 Prueba de promedios para la escogencia del mejor tratamiento

TIEMPOS	PROMEDIOS	AMBITO**
5min	46,178	a
1 Semana	36,594	b
2 Semanas	33,195	c
4 Semanas	29,548	d

** $DMSB_{95\%} = 0,0015$

De esta manera se escogió como el mejor tiempo las 4 semanas en comparación con los otros tiempos debido a que ofrece un menor valor de ph en los jabones obtenidos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Análisis de resultados y discusiones.

Los resultados producidos como consecuencia del procedimiento experimental de esta investigación se presentan e interpretan secuencialmente de la siguiente manera:

4.1.1 Características químicas de los aceites de coroba obtenidos

Tabla 4.1 Características de los aceites obtenidos

Análisis (Valores Promedios)	Método de extracción	
	Artesanal	Hexano
Densidad relativa (g/mL)	0,9394	0,9394
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	226,01	226,00
Materia insaponificable (g/Kg aceite)	1,50	1,50

4.1.1.1 Densidad relativa

Los valores obtenidos de la densidad del aceite de coroba obtenido artesanalmente y con hexano a una temperatura de 15 °C y 30 °C se encuentran en la tabla 4.1, en la misma se observa que el valor promedio es de 0,9394 g/ml, el cual al ser comparado con la densidad de algunas grasas o aceite de la tabla 4.2, se puede observar que estos valores son muy similares [34].

Tabla 4.2 Valores promedios de densidad relativa del aceite de semilla de coroba

Aceite	Densidad Relativa a 15°C, (g/mL)	Densidad Relativa a 30°C, (g/mL)
Artisanal	0,9394	0,9311
Hexano	0,9393	0,931

Tabla 4.3 Densidad de algunas grasas o aceites [¹⁶]

Grasa o aceite	Pesos especifico		
	99/15 °C	11/15 °C	25/25 °C
Babassú	-	-	0,916-0,918
Ricino	-	0,958-0,968	-
Nuez de coco	0,869-0,874	-	-
Maíz	-	0,922-0,926	0,915-0,920
Algodón	-	0,921-0,924	0,916-0,918
Capoc	-	0,920-0,923	-
Lino	-	0,931-0,938	0,924-0,931
Oliva	-	0,914-0,919	0,909-0,915
Palma	0,849-0,856	0,921-0,925	0,914-0,918
Semilla de palma	0,863-0,872	-	-
Cacahuete	-	0,917-0,921	0,910-0,915
Cártamo	-	0,925-0,928	-
Sésamo	-	0,920-0,926	-
Soja	-	0,924-0,928	-
Manteca de cerdo	0,858-0,864	0,934-0,938	0,908-0,913
Sebo de buey	0,860-0,870	0,943-0,952	0,903-0,907
Sebo de carnero	0,857-0,860	0,937-0,952	-

4.1.1.2 Índices de saponificación

El índice de saponificación es similar para los aceites obtenidos de manera artesanal y utilizando solvente hexano, por lo que no existen diferencias significativas en cuanto a la posible ventaja de uno sobre otro.

Comparando estos valores con respecto a los otros aceites provenientes de semillas de palmeras, se tiene que el aceite de coroba es similar al de corozo, tucuma, yagua y píritu pero algo menor al de la palma y el coco. Todas estas palmeras tienen un potencial de uso en la industria de jabones (tabla 4.4).

Tabla 4.4 Características químicas de aceites de semilla de diversas palmeras
[^{35,36,37,38,39}]

Análisis	Palmeras						
	Coroba	Palma	Corozo	Coco	Tucuma	Yagua	Piritu
Índice de saponificación mg (KOH/g de aceite)	226,00	255,20	205,00	257,00	231,40	233,03	227,00
Materia insaponificable (g/Kg aceite)	1,53	0,50		48,00		0,97	1,99

4.1.1.3 Materia insaponificable

En cuanto a los valores para la materia insaponificable de cada aceite obtenido por los métodos artesanal y con hexano ambos resultaron similares, por lo que no existen diferencias significativas en cuanto a la utilización de cualquiera de estos métodos; este bajo valor indica que un alto porcentaje del aceite reacciona con el álcali, condición favorable a la industria de jabones. Esta materia esta formada por esteróles, tocoferoles y carotenoides, los cuales poseen propiedades antioxidantes [¹⁴].

4.1.1.4 Rendimiento de los procesos de extracción.

Tabla 4.5 Rendimiento de los procesos de extracción del aceite

Tipo de extracción	Hexano	Artesanal
% de aceite Extraído	46,00	42,18

Se puede observar en la tabla 4.5, que el porcentaje de aceite extraído por el método de extracción con hexano (46%) es mayor al extraído de manera artesanal,

esto indica que este primer método es el más recomendado debido a que su porcentaje de rendimiento es mayor.

4.1.2 Características fisicoquímicas de los jabones obtenidos

Tabla 4.6 Características fisicoquímicas de los jabones de coroba y cuatro jabones comerciales

Tipo de jabón	Análisis fisicoquímicos según normas COVENIN 1620:1995 (Valores promedios)		
	Ácidos grasos totales (% m/m)	Álcali libre (%m/m)	Humedad (%m/m)
Artesanal	66,71	0,02	9,82
Hexano	66,59	0,02	9,87
Artesanal con aditivo	67,09	0,01	9,79
Hexano con aditivo	67,01	0,01	9,88
Protex	70,20	0,03	8,09
Palmolive	71,15	0,03	7,94
Clinique	70,23	0,01	7,54
Avena "Los Altos"	66,65	0,02	10,38

A los jabones obtenidos se le realizaron algunos de los análisis fisicoquímicos exigidos por las Normas Venezolanas COVENIN para jabón de tocador, las cuales son: contenido de ácidos grasos totales, álcali libre, humedad.

El contenido de ácidos grasos totales obtenidos para cada muestra de jabón mostró valores acordes con los exigidos por las normas COVENIN 1620:1995, la cual contempla que el nivel mínimo de este parámetro debe ser 60%; en este caso tanto los jabones producidos con el aceite extraído artesanalmente como los jabones realizados con aceite extraído con hexano, el contenido de ácidos grasos totales fue de 66,71 y 66,59% respectivamente, lo cual indica que el aceite de la semilla de la coroba es un potencial recurso aprovechable en el sector jabonero nacional. Es importante tomar en cuenta que los ácidos grasos del jabón se encuentran en forma de

sales sódicas, dado que el jabón es una mezcla de sales de ácidos grasos con el metal del álcali utilizado [13], para lo cual se utilizó NaOH como agente saponificante. En comparación con los cuatro jabones comerciales utilizados (tabla 4.6), los contenidos de ácidos grasos totales de los mismos son superiores a los jabones 100% coroba sin aditivos, excepto el jabón avena “los altos” que por presentar su materia prima 100% aceite vegetal tiene un contenido de ácidos grasos con un valor similar a los jabones obtenidos.

Con respecto a la concentración de álcali libre representada como % m/m de NaOH que permanece sin reaccionar en el jabón obtenido mediante saponificación con NaOH (COVENIN 1623:1995), los niveles mostrados en la tabla 4.6 están muy por debajo del límite máximo admitido por la norma COVENIN 1620:1995, la cual admite hasta 0,07%, el resultado más alto fue de 0,03% y corresponde a los análisis realizados a los jabones comerciales Protex y Palmolive, y sin embargo está por debajo del valor máximo establecido por la norma COVENIN. No hubo diferencias entre los resultados obtenidos entre los diferentes jabones de coroba, esto es debido a que por tener un índice de saponificación prácticamente igual para ambos aceites, tanto el extraído artesanalmente como con hexano, las cantidades calculadas de NaOH necesarias para saponificar una muestra de aceite de 100g prácticamente fue la misma para ambos aceites (16,15g de NaOH). El resultado es de gran importancia ya que permite considerar al procedimiento aplicado en la obtención de los jabones analizados como excelente. Puede afirmarse que las cantidades de solución de NaOH utilizadas en la saponificación, las cuales fueron calculadas a partir del índice de saponificación para cada aceite a una concentración del 30% p/v de NaOH, fueron las correctas porque permitieron la saponificación de los triacilglicéridos presentes en los aceites. Un bajo contenido de álcali libre en el jabón disminuye el riesgo de irritación en la piel que entre en contacto con el producto, y también favorece el uso del jabón al disminuir los efectos deteriorativos que una elevada proporción del álcali puede ocasionar en la ropa lavada con él.

El contenido de humedad y materia volátil reportados en la tabla 4.6 también estuvo dentro de los límites contemplados en la normativa COVENIN 1620:1995 para este parámetro el cual no debe ser mayor al 20%, para los jabones 100% coroba se obtuvo un porcentaje de humedad cercano al 10%, se puede observar la diferencia entre el porcentaje de humedad de los jabones comerciales Protex, Palmolive y Clinique los cuales presentaron un valor de humedad menor que los jabones de coroba, el jabón que hemos denominado como Avena “Los altos” es un jabón comercial fabricado artesanalmente con una base 100% mezcla de aceites vegetales, por eso el valor obtenido de porcentaje de humedad se aproxima más a los valores de humedad de los jabones 100% aceite de coroba. La proporción de agua en el jabón depende de factores más allá de las características de la materia prima empleada, ya que depende de las cantidades de agua incorporadas en la solución alcalina y en la dilución del jabón, así como también del agua adicionada al lavado con soluciones salinas de NaCl para la eliminación del exceso de NaOH y recuperación del glicerol, además de la aplicación de secado luego de la saponificación y las condiciones de almacenamiento del jabón obtenido, donde puede producirse evaporación [40]. En beneficio del jabón obtenido con la incorporación de aceite de semilla de coroba, se debe tener en cuenta que el procedimiento aplicado no contempló el lavado final para eliminar álcali y glicerol, lo cual disminuyó la proporción de agua incorporada durante el procesamiento. También se puede observar que los valores de humedad de los tres primeros jabones comerciales es menor que los otros jabones realizados por el método en frío, esto es debido al uso de maquinarias industriales y condiciones de almacenamiento que permite que la cantidad de agua evaporada sea mayor. La facilidad de disminuir la cantidad de agua en el jabón es un aspecto importante a considerar porque implica un menor consumo de energía para su eliminación, lo cual puede favorecer la disminución de costos de producción.

El jabón obtenido utilizando aceite extraído por ambos métodos (artesanal y con solvente) produce un jabón cremoso y de color blanco, lo que lo hace beneficioso

a la hora de agregarle cualquier aditivo colorante, garantizando que el jabón que se desea obtener tenga el color originalmente aplicado, es decir que si el colorante es azul, el jabón no quede rosado.

En cuanto a textura y presentación de los jabones obtenidos 100% coroba por ambos métodos de extracción del aceite presentan una textura fina, uniforme y compacta, es decir, homogénea en la plasticidad del jabón, el producto obtenido no presenta grumos, esto es debido a que el método utilizado en el laboratorio (procedimiento sin calderas), presentó todas las condiciones para fabricar un jabón de alta calidad sin tener los equipos sofisticados usados en la industria, y por los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados observamos que los jabones obtenidos están dentro de las normas exigidas por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), lo cual indica que estamos frente a un producto que es fácilmente competitivo en calidad con los jabones comerciales, sabemos que la materia prima en la fabricación de algún producto es un factor importante en la determinación del costo del producto final, por lo tanto un jabón 100% aceite vegetal siempre será más costoso que un jabón producto de una mezcla de sebo animal con aceite vegetal^[6,9,10]

Debido al contenido de ácidos láuricos mostrados en la composición química del aceite estos jabones presentan una característica importante que es la producción de mucha espuma y la capacidad de disolver la grasa y el aceite rápidamente ^[9], lo que los hacen agradables al consumidor.

Se le realizaron mediciones de pH a las muestras de jabón 100% coroba (tabla 3.30) y a algunos jabones comerciales (tabla 4.7)

Tabla 4.7 Valores promedios de pH de algunos jabones comerciales

Jabón comercial	pH medido
Protex	8,351
Palmolive	8,608
Clinique	7,721
Avena “Los Altos”	7,850

Como se puede observar los resultados obtenidos en los jabones de coroba en un tiempo de cuatro semanas mostrados en la tabla 3.30, presentan un pH óptimo en comparación con el de los jabones comerciales, lo que hace de los jabones 100% aceite de coroba un producto de excelente calidad.

4.1.3 Conversión de la materia prima a producto

En la elaboración de los jabones de coroba se obtuvo que para 100g de aceite saponificado se produjo aproximadamente 130 gramos de jabón para ambos aceites, tanto el extraído artesanalmente como el extraído con hexano. La conversión de las grasas al ser saponificadas varía entre 120 y 170% las vegetales (130% el aceite de oliva, 150% los de maní y algodón, 160% los de coco y coroba); 150% el sebo sin fundir y 160% el fundido, aceptándose como promedio razonable que 100Kg de materias grasas dan 150 Kg de jabón puro^[41]. Para incrementar un poco el rendimiento del jabón se le puede añadir a la mezcla de jabón aditivos que sirvan de relleno para aumentar el tamaño de la pastilla. El uso de relleno da al jabón tres características importantes, la primera es el efecto beneficioso para la piel cuando se usan rellenos naturales como avena, germen de trigo, entre otros, la segunda es aumentar el tamaño de la pastilla y la tercera es el placer visual de la textura del

jabón^[6], sin embargo no se recomienda buscar en el jabón un rendimiento superior al que den las grasas que se empleen en su producción así como si se le añade una carga, no debe exceder de proporciones tolerables, pues si a cien kilogramos de pasta se le añade ciento cincuenta más de talco o de silicato de alúmina, se obtendrá algo semejante a adoquines, pero no pastillas de jabón. ^[41]. Estos resultados evidencian que el aceite de semilla de coroba es una materia idónea para la obtención de jabón y su incorporación de aditivos naturales que sirvan de relleno le dan al jabón otras propiedades que son beneficiosas para la piel.

4.2 Conclusiones

1. El método de extracción con hexano presenta ventajas sobre la extracción artesanal en cuanto al rendimiento.
2. El método de extracción no influyó en el perfil de ácidos grasos de los aceites obtenidos.
3. El aceite de semilla de coroba tiene un espacio garantizado en calidad y cantidad para convertirse en una excelente alternativa oleífera acorde para la elaboración de jabón tipo cosmético dentro de los requerimientos oficiales establecidos por la comisión de normas venezolanas industrial (COVENIN).
4. No existe diferencia significativa entre las características fisicoquímicas de los jabones obtenidos usando aceite extraído artesanalmente y los jabones obtenidos usando aceite extraído con hexano, con o sin aditivos cosméticos (perfume y aroma).
5. El método por procedimiento sin calderas (método en frío) utilizado en la fabricación de jabones tipo cosmético con base 100% aceite de palma de coroba permite la obtención de un jabón de excelente calidad con la glicerina natural incorporada.

6. La densidad del aceite de coroba empleado es de 0,9352 g/ml; el cual se encuentra en el rango de valores de la mayoría de los aceites y grasas más comunes.
7. La cantidad de ácidos grasos totales presentes en el jabón, como aceites neutros o saponificados es de 66,7%
8. El porcentaje de humedad y materias volátiles en los jabones obtenidos es de aproximadamente 10%, lo que indica que el aceite de coroba es excelente para la fabricación de jabones de tocador.

4.3 Recomendaciones

1. Realizar un estudio de factibilidad tecno-económica que permita definir la rentabilidad de producir jabón de coroba a escala comercial en las condiciones establecidas en esta investigación.
2. Evaluar el efecto de la incorporación de otros tipos de aceites vegetales a diferentes proporciones en la elaboración de jabón de tocador.
3. Estudiar el efecto de la velocidad de agitación con respecto al tiempo de saponificación
4. Evaluar el efecto de la temperatura utilizando los diferentes métodos para la fabricación de jabón.
5. Evaluar las propiedades fisicoquímicas en la utilización del aceite de coroba como materia prima para la elaboración de jabones transparentes y jabón líquido.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Pino, K. y Jiménez, L., **“Obtención de aceite refinado a partir de la semilla de la Coroba (*Jessenia polycarpa karts*) y su posible aprovechamiento industrial”**, Tesis de grado, Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, Venezuela (2000).
- 2.- Vera, D. y Brito, R., **“Extracción y caracterización fisicoquímica del aceite del mesocarpio de la coroba (*Jessenia polycarpa karts*) utilizando dióxido de carbono en condiciones supercríticas”**, Tesis de grado, Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, Venezuela (2003).
- 3.- Rojas, R. y Mata, R., **“Ingeniería conceptual para una planta de ácidos grasos a partir del aceite de la almendra de la Coroba (*Jessenia polycarpa karts*)”**, Tesis de grado, Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, Venezuela (2003).
- 4.- Pérez, I. y Soto, N., **“Estudio de factibilidad para la fabricación de jabón usando aceite de la semilla del fruto de la palma de la Coroba (*Jessenia polycarpa karts*)”**, Tesis de grado, Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, Venezuela (2003).
- 5.- Failor, C., **“Jabones Líquidos”**, Editorial Paidotribo, primera edición, España (2001)
- 6.- Coss, M., **“El libro del jabón artesanal”**, Editorial Paidotribo, segunda edición, España (2004)
- 7.- Cermeño, J., **“Ciencia de los alimentos”**, Ingeniería Química, Fondo Editorial UDO, Primera edición, Anzoátegui (1998)
- 8.- Sánchez, R., **“Producción de oleaginosas y textiles”**, Editorial Limusa, S.A., Segunda edición, México, (1985)
- 9.- McDaniel, R., **“Jabones esenciales”**, Editorial Paidotribo, primera edición, España (2002)

- 10.- Bardey, C., **“Elaboración de jabones y aromas”**, Editorial Könemann, primera edición, España (2000)
- 11.- Zorrilla, M., Bastardo, L., Álvarez, F. y Moreno, M., **“Características fisicoquímicas del aceite del mesocarpio de la coroba (*Jessenia polycarpa karts*)”**, Tesis de grado, Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, Venezuela (2002).
- 12.- Ziller, S., **“Grasas y Aceites Alimentarios”**, Editorial Acribia, S.A., Séptima Edición, España (1996)
- 13.- Bailey, J., **“Aceite y Grasas Industriales”**, Ediciones Urmo, Quinta edición, España (1978)
- 14.- Badui, S., **“Química de los alimentos”**, Editorial Long Man de México, México (1997)
- 15.- Wittcoff, H. y Rubén, B., **“Productos Químicos Orgánicos Industriales”**, Editorial Limusa S.A., Vol. 1, México (1995)
- 16.- Zorrilla, M. y Bastardo, L. **“Extracción, análisis y refinamiento físico y químico del aceite del mesocarpio de la Coroba”**, Tesis de grado, Ingeniería de los alimentos, Universidad de Oriente, Puerto la Cruz, Venezuela (2000).
- 17.- **“Aceites y grasas vegetales, Determinación de densidad relativa”**, Norma Venezolana COVENIN 703 (2001)
- 18.- **“ Aceites y grasas vegetales, Determinación de Índice de Saponificación”**, Norma Venezolana COVENIN 323 (1998)
- 19.- **“Aceites y grasas vegetales, Determinación de Materia Insaponificable”**, Norma Venezolana COVENIN 326 (2004)
- 20.- Rodríguez, M., **“Análisis de factibilidad económica de la industria de la coroba”**, Tesis de grado, Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela (1980).

- 21.- Lira, M., **“Obtención de aceite refinado a partir de la almendra de la nuez de la Palma Coroba”**, Tesis de grado, Ingeniería de los alimentos, UNERS, Canoabo, Venezuela (1991).
- 22.- Barrios, E., **“Producción de carbón activado a partir de los endocarpios de durazno y coroba”**, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Carabobo, Venezuela (2002)
- 23.- Alemán, R., Jiménez, N. y Pino, K., **“Estudio piloto del potencial agroindustrial de la palma coroba (*Attalea macrolepis*) en el municipio Cedeño del estado Bolívar (2000)**
- 24.- Brito, K., **“Métodos tradicionales para la obtención de los productos derivados de la coroba”**, Tesis de grado, Ingeniería de Alimentos, UNERS, Canoabo, (1995)
- 25.- Pramparo, M., **“Influencia del tipo de contacto sólido-liquido en la extracción de aceites vegetales”**, Ponencia del 8° Congreso Latinoamericano de aceites y grasas de la AOCS, Santiago de Chile, Chile (1999)
- 26.- **“Jabones. Definiciones y clasificaciones”**, Normas Venezolanas COVENIN, 1694 (1995)
- 27.- Hielscher., **“Ultrasound Technology , Proceso de fabricación de jabones”**. (2006)
- 28.- Impexpar, **“Procesadoras de jabón doméstico. Maquinaria agroindustrial para comunidades de pequeños productores” (2001)**
- 29.- **“Jabones. Determinación de ácidos grasos totales”**, Normas Venezolana COVENIN, 1620 (1995)
- 30.- **“Jabones. Determinación de ácido o álcali libre”**, Normas Venezolana COVENIN, 1623 (1995)
- 31.- **“Jabones. Determinación Humedad y materias volátiles”**, Normas Venezolana COVENIN, 1668 (1995)

- 32.- **“Jabones. Determinación de materia insaponificada e insaponificable”**, Normas Venezolana COVENIN, 1626 (1995)
- 33.- Romanelli, P., **“Elaboración de jabones artesanales”**, Editorial El Drac, España, (1999)
- 34.- Cermeño, J., **“Estadística y Diseño de experimentos”**, Ingeniería Química, Fondo Editorial UDO, Primera edición, Anzoátegui (2000)
- 35.- Mehlenbacher, V., **“Análisis de grasas y aceites”**, Editorial Urmo S.A., España, (1979)
- 36.- Mazzani, B., **"Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas"**. Editorial
- 37.- Salvat Venezuela (1983)
- 38.- Belen, D., López, I, Barranco, J., García, D., Moreno, M. y Linares, O., **"Caracterización fisicoquímica del aceite de la semilla de Piritu (*Bactris piritu* (H Karst) H. Wendi)"** Grasas y aceites, (2004)
- 39.- Bora, P, Narain, R., Rocha, R., De Oliveira, A. y Azevedo, R., **"Characterisation of the oil and protein fractions of tucuma (*Astrocaryum vulgare* MART) fruit pulp and seed kernel"**. Cienc. Tecnol. Aliment. (2001)
- 40.- García, D., González, J., Moreno, M., Belén, D., Medina, C. y Linares, O., **"Características fisicoquímicas del aceite del endospermo de la palma yagua (*Attalea crypanther*)"**. Grasas y Aceites, (2006).
- 41.- Tan, S., **"Calidad actual del palmiste y del aceite de palmiste"**. Palmas, (1992).
- 42.- Michael, B., **“Soap in: Bailey’s industrial oil and fat products”**, Vol. 5, Chapter 4, Y. H. Hull (Ed.), John Wiley and sons Inc. New York, USA (1996)
- 43.- Gasabó, J., **“Pequeñas industrias prácticas”**, Editorial Albatros SACI., Argentina (1992).

Anexo E
Jabones Elaborados



Figura E.1 Muestras de diferentes jabones fabricados

Anexo A

Propiedades de las Sustancias Utilizadas

Anexo B
Estabilidad Oxidativa y Perfil Cromatográfico

Anexo C
Normas COVENIN

Anexo D
Tablas Estadística

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

TÍTULO	“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ACEITE DE COROBA EN LA ELABORACIÓN DE JABÓN COSMÉTICO”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CVLAC / E- MAIL	
Nelitza J., Fuentes R.	CVLAC:	
	E MAIL:	
	E MAIL:	
Victor M., Núñez B.	CVLAC:	
	E MAIL:	
	E MAIL:	
	CVLAC:	
	E MAIL:	
	E MAIL:	

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Evaluación _____
 Efecto _____
 Aceite _____
 Elaboración _____
 Coroba _____
 Jabon _____
 Cosméticos _____

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

El objetivo central de este trabajo de investigación consistió en hacer una comparación entre jabones cuyo aceite se obtuvo artesanalmente y con hexano, para ello se caracterizaron fisicoquímicamente ambos aceites obteniéndose tanto para el aceite de coroba extraído de manera artesanal como el extraído con solvente hexano un índice de saponificación de 226,0 mg KOH/g aceite, también se les determinó la densidad relativa y la materia insaponificable. A los jabones obtenidos se les determinó la cantidad de materia insaponificada e insaponificable, ácidos grasos totales, álcali libre y el porcentaje de humedad y materias volátiles, todos estos análisis se realizaron según los lineamientos de las Normas venezolanas COVENIN, los resultados obtenidos permiten afirmar que no existen diferencias significativas en los jabones fabricados para los aceites extraídos por los diferentes métodos (artesanal y con solvente). Así también se puede afirmar que el aceite de coroba es excelente para la fabricación de jabón de tocador y que puede hacerse más atrayente al consumidor mediante la adición de algunos perfumes y colorantes, la comparación hecha con algunos análisis fisicoquímicos de cuatro jabones comerciales así lo demuestra.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Alemán Rafael	ROL	CA	AS X	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Silva Hector	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Rodríguez Justa	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

AÑO 2010	MES	DÍA
--------------------	------------	------------

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS. evaluación del efecto del aceite de coroba en la elaboración de jabón cosmético.doc	APPLICATION/MSWORD

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K
L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w
x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

_____ INGENIERO QUIMICO _____

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

_____ PRE-GRADO _____

ÁREA DE ESTUDIO:

_____ DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA _____

INSTITUCIÓN:

_____ UNIVERSIDAD DE ORIENTE, NÚCLEO DE ANZOATEGÜI _____

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS

DE ACUERDO CON EL ARTÍCULO 44 DEL REGLAMENTO DE TRABAJO DE GRADO. "LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO".

Nelitza J., Fuentes R.

AUTOR

Victor M., Núñez B.

AUTOR

Lic. Rafael Alemán

ASESOR

Ing. Hector Silva, MSc

JURADO

Ing. Justa Rodríguez, MSc

JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS