

Diseño de una planta de producción de base de jabón líquido antibacterial a partir  
de aceite de *Jatropha Curcas L.* con un biocida natural



Giomar Alexandra Téllez Quiroga

Oscar Mauricio Sánchez Rueda

Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Físico Químicas  
Escuela de Ingeniería Química  
Bucaramanga

2010

Diseño de una planta de producción de base de jabón líquido antibacterial a partir  
de aceite de *Jatropha Curcas L.* con un biocida natural

Giomar Alexandra Téllez Quiroga

Oscar Mauricio Sánchez Rueda

Trabajo de grado en modalidad práctica empresarial, presentado como requisito  
para el título de Ingeniero Químico

Director UIS

ING. MARIO ALVAREZ CIFUENTES

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Químicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2010

Primeramente a Dios: eternas gracias, sin ti no hubiera sido posible. Nadie dijo que era fácil alcanzar los sueños, pero alguien me dijo que con tenacidad y sacrificio podían convertirse en realidad: a ti Yaneth Quiroga Bareño, gracias por ser mi orgullo y a Dios gracias por otorgarme el gran privilegio de ser tu hija.

Te Amo

**GIOMAR ALEXANDRA TELLEZ QUIROGA**

A Dios por todo tu apoyo incondicional para conmigo, gracias por permitirme este logro tan importante en mi vida; a mis padres Luis Enrique y Lilia que tanto en los momentos buenos y difíciles me han respaldado incondicionalmente, y mi hermana Martha también por su apoyo, los AMO.... Son el motor de mi vida.

**OSCAR MAURICIO SANCHEZ RUEDA**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	17
1. NOCIONES GENERALES ACERCA DEL JABÓN.....	18
1.1. DEFINICIÓN .....	18
1.2. HISTORIA .....	18
1.3. JABÓN.....	19
➤ PROPIEDADES Y USOS .....	19
➤ TIPOS DE JABÓN .....	20
1.4. SAPONIFICACION .....	21
i. SAPONIFICACIÓN DE ACEITES NEUTRALES: .....	21
ii. SAPONIFICACION DE ACIDOS GRASOS:.....	22
iii. SAPONIFICACION DE ACIDOS GRASOS DE METIL ÉSTERES .....	23
1.5. JABÓN LÍQUIDO.....	24
➤ MATERIAS PRIMAS.....	24
1.6. JABONES A ESCALA INDUSTRIAL.....	26
1.7. SELECCIÓN DEL PROCESO DE SAPONIFICACIÓN .....	28
2. ACEITE DE JATROPHA CURCAS L: PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS.....	29
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	31
3.1. PRUEBAS DE EXTRACCIÓN .....	31
3.2. PRUEBA SAPONIFICACIÓN .....	32
Diagrama de Flujo 1. <i>Metodología experimental.</i> .....	33
4. PLANTEAMIENTO DEL ESQUEMA O SECUENCIA EN DISEÑO DE LA PLANTA A ESCALA INDUSTRIAL.....	34
5. RESULTADOS .....	35
6. PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO.....	39
CONCLUSIONES .....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
ANEXOS.....	42

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis próximo de la semilla <i>Jatropha Curcas</i> L.....	29
Tabla 2. Caracterización del aceite <i>Jatropha Curcas</i> L.....	30
Tabla 3. Tipos y contenido de ácidos grasos en el aceite de <i>Jatropha Curcas</i> .....	30
Tabla 4. Resultados de las 3 pruebas de extracción del aceite y sus rendimientos.....	34
Tabla 5. Datos del proceso de desgomado del aceite de <i>Jatropha Curcas</i> .....	34
Tabla 6. Datos de cantidades de materia prima utilizada.....	35
Tabla 7. Condiciones de operación, tiempos de reacción y cantidades de producto obtenidas.....	36
Tabla 8. Variación de pH en todo el proceso desde la saponificación hasta la separación de fases.....	37
Tabla 9. Compuesto y peso molecular para la estequiometría.....	50
Tabla 10. Dimensionamiento reactor de saponificación.....	54
Tabla 11. Dimensionamiento tanque de almacenamiento de aceite.....	55
Tabla 12. Dimensionamiento tanque de almacenamiento de solución de KOH.....	55
Tabla 13. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de	

<b>solución de NaCl.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 14. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de agua.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 15. Balance de masa de producción.....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE IMÁGENES

<b>Imagen 1. Semilla de Jatropha Curcas con cascara.....</b>	<b>43</b>
<b>Imagen 2. Semilla de Jatropha Curcas sin cascara.....</b>	<b>43</b>
<b>Imagen 3. Expeller.....</b>	<b>43</b>
<b>Imagen 4. Proyectos con Jatropha Curcas identificados en 2008 y hectáreas plantadas esperadas para el 2015.....</b>	<b>44</b>
<b>Imagen 5. Acción de limpieza del jabón.....</b>	<b>45</b>

## LISTA DE ESQUEMAS

<b>Esquema 1. Proceso de producción en continuo propuesto a escala industrial en Laboratorios Industriales y Ambientales S.A. ....</b>	<b>33</b>
<b>Esquema 2. Proceso Batch a escala industrial en Laboratorios Industriales y Ambientales S.A.....</b>	<b>38</b>

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1. Situación de Jatropha Curcas.....</b>	<b>42</b>
<b>Anexo 2. Diagrama de flujo extracción y limpieza del aceite.....</b>	<b>46</b>
<b>Anexo 3. Diagrama de flujo de saponificación.....</b>	<b>48</b>
<b>Anexo 4. Estequiometria y dimensionamiento.....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 5. Cronograma de Actividades.....</b>	<b>58</b>

## RESUMEN

**TITULO:** Diseño de una planta de producción de base de jabón líquido antibacterial a partir de aceite de *Jatropha Curcas L.* con un biocida natural<sup>1</sup>.

**AUTOR:** OSCAR MAURICIO SANCHEZ RUEDA<sup>2</sup>  
GIOMAR ALEXANDRA TELLEZ QUIROGA<sup>2</sup>

**Palabras clave:** *Jatropha Curcas*, extracción de aceite, desgomado, saponificación, tóxico, antibacterial.

### DESCRIPCIÓN:

Actualmente la *Jatropha curcas L.*, por sus atributos adaptativos a condiciones limitantes de suelo y agua, se constituye en una especie con potencial comercial en el país para lograr un desarrollo sostenible sin detrimento de la seguridad alimentaria, debido a que, su aceite proveniente de las semillas es tóxico y por ende no es apto para el consumo humano. Este trabajo investigativo se realizó en Laboratorios Industriales y Ambientales S.A., empresa ubicada en Bogotá Colombia y la Universidad Industrial de Santander, en donde se estudió el impacto actual de *Jatropha Curcas L.* Se realizó la caracterización y el análisis próximo de las semillas provenientes de cultivos de Santa Rosalia en el departamento de Vichada en Colombia y posteriormente se ejecutaron varias pruebas de extracción de aceite a escala laboratorio para destinarlo a un proceso de saponificación y según la investigación pertinente, hallar el rendimiento del producto, obtener las condiciones de operación y finalmente proponer un modelo de la planta de producción de la base de jabón líquido, en la cual se pretende usar el poder toxico del aceite que en su mayor parte son ésteres de forbol y curcina como agentes antibacteriales naturales; producto final destinado inicialmente para superficies.

---

<sup>1</sup> Tesis de grado.

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química.  
Director: Paola Ximena García. Codirector: Mario Alvarez Cifuentes.

## ABSTRACT

**TITLE:** Design of a plant for the production of antibacterial liquid soap base from *Jatropha Curcas* L. oil with a natural biocide<sup>3</sup>.

**AUTHORS:** OSCAR MAURICIO SANCHEZ RUEDA<sup>4</sup>  
GIOMAR ALEXANDRA TELLEZ QUIROGA<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** *Jatropha Curcas*, extracción de aceite, desgomado, saponificación, tóxico, antibacterial.

### SUMMARY:

Nowadays the *Jatropha curcas* L, thanks to its attributes for adapting to limiting soil and water conditions, is considered a specie with commercial potential to achieve a sustainable development without affecting food security in this country, due to the fact that the oil that comes from its seeds is toxic and therefore is not suitable for human consumption. This research work was carried out at Laboratorios Industriales y Ambientales S.A, a company located in Bogotá Colombia, and the Universidad Industrial de Santander, where the current impact of *Jatropha Curcas* L. was studied. It was done a characterization and proximate analysis of seeds coming from crops located in Santa Rosalia in Vichada department in Colombia, followed by several laboratory-scale tests of oil extraction to use it in a saponification process, and according to relevant research, find the product performance, obtain the operating conditions and finally propose a model of the plant for the production of the liquid soap base, in which the toxic power of the oil, mostly composed by phorbol esters and Curcin, is intended to be used as natural antibacterial agents, the final product initially designated for surfaces.

---

<sup>3</sup> Degree Thesis.

<sup>4</sup> Physical-Chemistry Engineerings Faculty. Chemical Engineering school.  
Director: Paola Ximena Garcia. Codirector: Mario Álvarez Cifuentes.

## INTRODUCCIÓN

La producción del jabón es de gran importancia tanto para la industria como para el cuidado personal, por lo tanto ha sido muy común el estudio de este procedimiento por varias generaciones. A través de los años se han producido jabones a partir de diferentes tipos de aceites y grasas muy comunes como las grasas animales, el aceite de coco y aceite de maíz, por mencionar algunos. Además con diferentes características y usos, debido a los tipos de agentes que le son agregados a dichos productos de la mano con la nueva tecnología con el fin de avanzar, perfeccionar y proponer metodologías más limpias de fabricación.

En este trabajo se busca proponer un procedimiento para la producción de jabón líquido a partir del aceite de *Jatropha curcas* a escala industrial, ya que esta materia prima ofrece ciertas ventajas con respecto a las demás, tanto en la parte económica como en sus propiedades físicas y químicas muy importantes para el jabón que se desea obtener, partiendo de los diferentes aspectos a tener en cuenta, condiciones de operación y pruebas realizadas a escala de laboratorio del proceso de saponificación para finalmente proponer un diseño adecuado a escala industrial, que será evaluado por la empresa LABORATORIOS INDUSTRIALES Y AMBIENTALES S.A. ; la cual es la responsable en gran parte de la puesta en marcha de este trabajo y de que sea todo un hecho la implementación de la planta gracias a los aportes que el grupo de investigación realice puesto que se verán plasmados en este proyecto.

## 1. NOCIONES GENERALES ACERCA DEL JABÓN

### 1.1. DEFINICIÓN

Según el ICONTEC, se define el jabón como “el producto formado por la saponificación, o neutralización de grasas, aceites, ceras, resinas o sus ácidos, con bases orgánicas o inorgánicas”. Únicamente los jabones de álcalis y de algunas bases son solubles en agua; esta solubilidad hace disolver la grasa (denominada mugre), pudiéndose retirar por lavado. [1]

### 1.2. HISTORIA

**[Año 2.500 a.d.C]** Se tienen referencias del uso del jabón para el lavado de la ropa. La primera mención se encuentra en el libro “Historia Naturalis” de Plinio El Viejo, pero según él no se usaba para la limpieza sino para el brillo y color del pelo.

**[Siglo II]** Galeano menciona al jabón como medio de limpieza, desinfectante y como medicamento que se producía a partir del sebo de buey, cabra u oveja, con lejías obtenidas de cenizas de madera.

**[Año 1636]** David Ramsey en Inglaterra patentó los primeros calderines y allí en 1662 creó el primer monopolio de jabón.

**[Año 1824]** El químico francés Eugenio Chevreul (1786 - 1889) ofreció los primeros conocimientos acerca de los procesos químicos en la obtención y fue el primero en aislar los ácidos grasos y la glicerina (su descubridor, el sueco G. Scheele (1742-1786), había denominado “principio dulce de los aceites”) de las correspondientes grasas.

El proceso de refinación de materias primas marcaron la pauta para la elevada tecnología en esta industria, con factores como el desarrollo del proceso Leblanc

para producción de soda cáustica, la obtención de carbono potásico y la lejía de potasa cáustica por vía electrolítica que junto con la evolución del uso de las grasas, contando desde el sebo hasta los ácidos grasos aislados y recorriendo todo tipo de grasas vegetales, se han visualizado en la optimización del jabón. [1]

### **1.3. JABÓN**

Es una sal orgánica con propiedades detergentes. Dependiendo del álcali cáustico utilizado se puede producir un jabón blando o un jabón duro, así pues, con NaOH se obtiene un jabón duro y con KOH uno blando.

#### ➤ **COMPOSICIÓN**

En la fabricación del jabón los ácidos grasos más importantes son: el esteárico, el palmítico y el oleico, y el empleo de aceites que contienen ácidos grasos diferentes a estos deben considerarse, como los ácidos láurico y mirístico. Estos ácidos están contenidos en la mayoría de las grasas, pero en la industria jabonera también cuentan todos aquellos de cadena entre 7 a 18 átomos de carbono.

#### ➤ **PROPIEDADES Y USOS**

Los jabones son solubles en alcohol, insolubles en éter y benceno. Los potásicos son más solubles que los jabones sódicos; estos a su vez absorben más humedad del aire que los sódico, por eso es muy importante tener en cuenta el comportamiento del jabón respecto al agua pues en ello se basa su uso como agente de limpieza. En agua hirviendo pura, el jabón se disuelve en solución completamente clara, mientras que la solución acuosa en frío es turbia. El jabón que se produce con grasas y aceites naturales tiene la propiedad de ser biodegradable. [1]

- ✓ **ACCION DESINFECTANTE:** Las investigaciones bacteriológicas realizadas [2] demostraron que el jabón inhibe el desarrollo de bacterias tales como bacilos del

carbunco, del cólera, del tifus y los estafilococos, o los elimina completamente, dependiendo de las concentraciones del mismo en la solución acuosa.

- ✓ **ACCIÓN LIMPIADORA:** Es esta tal vez la característica más importante del jabón. La acción limpiadora radica en la facultad que tiene la parte hidrocarbonada de la molécula de jabón de “disolverse” en gotitas de grasa o mugre, insolubles en agua. Simultáneamente la del grupo  $\text{-COO}^-$  de solubilizar en agua el conglomerado de grasas, mediante la solvatación de dichos iones carboxilato (*Imagen 5, ver Anexo 1*) [1].

➤ **TIPOS DE JABÓN**

Ya se había nombrado que dependiendo del álcali utilizado se puede obtener dos tipos, pero existen otras clasificaciones más específicas dependiendo de su uso y su forma física (NTC 545) [1]:

A) Por su uso:

- ✓ Jabones para lavar
- ✓ Jabones para tocador: corrientes, desodorantes, medicinales y especiales
- ✓ Jabones para afeitar
- ✓ Jabones abrasivos
- ✓ Jabones industriales

✓ Champús

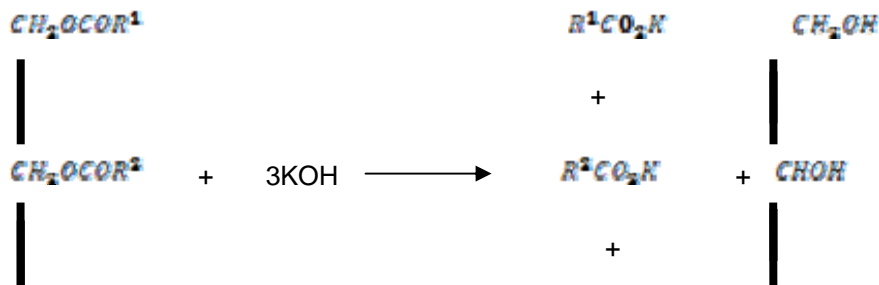
B) Por su forma física:

- ✓ Jabones en barra
- ✓ Jabones en escamas
- ✓ Jabones líquidos
- ✓ Jabones en polvo
- ✓ Jabones en pasta

#### 1.4. SAPONIFICACION

Las grasas y los aceites naturales son ésteres de ácidos grasos de cadena larga y de glicerina. En su estructura general cada uno de los radicales constituyentes (R1, R2 y R3 (Ver a continuación saponificación de aceites neutrales)), puede ser cualquier grupo alquilo, no ramificado, con número impar de átomos de carbono, sin importar si sus enlaces son saturados o no saturados. Cuando se calienta una grasa o aceite con una solución acuosa alcalina, el grupo éster se hidroliza y suele llamarse saponificación, obteniéndose así glicerina y una mezcla de sales alcalinas de los ácidos grasos provenientes de la grasa. Esta reacción es exotérmica y las altas temperaturas favorecen la producción. Si se ponen en contacto ácidos grasos libres la reacción es casi inmediata, a diferencia de las grasas neutras que están constituidas por ácidos grasos combinados en forma de triglicéridos, los cuales a condiciones normales son difíciles de reaccionar espontáneamente. La saponificación puede tener diferentes connotaciones de acuerdo con la materia prima que se pondrá a reaccionar con el hidróxido. A continuación se verán representadas las reacciones llevadas a cabo en los procesos mencionados anteriormente [2]:

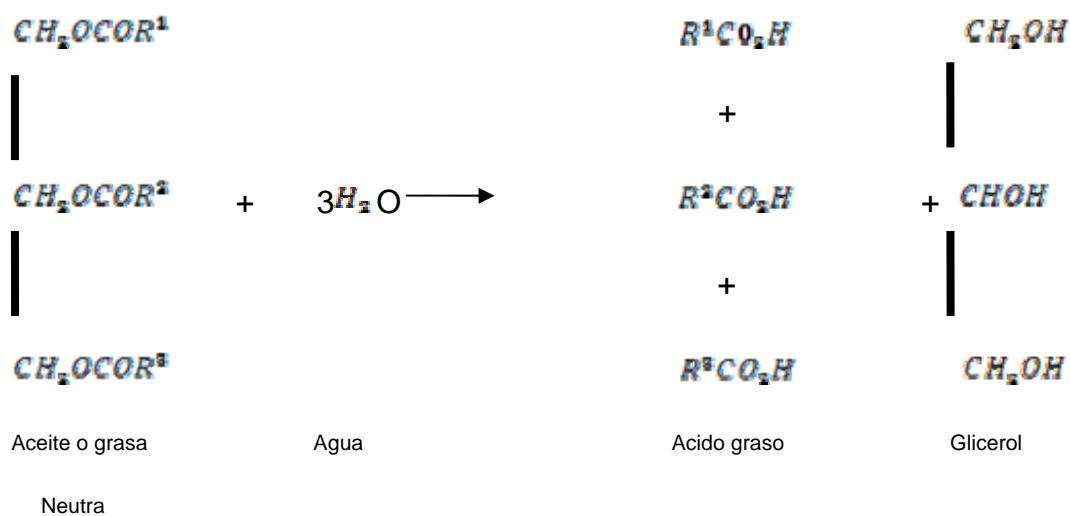
- i. **SAPONIFICACIÓN DE ACEITES NEUTRALES:** En la saponificación neutral de aceites y grasas con hidróxido potásico acuoso, estos dos componentes son mutuamente solubles y miscibles. Para obtener una velocidad de reacción satisfactoria se requiere de una mezcla intensiva hasta lograr emulsificación.



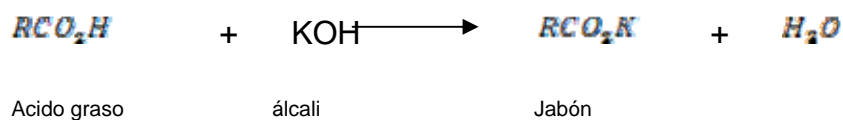


R= Grupo alquil del acido graso

- ii. **SAPONIFICACION DE ACIDOS GRASOS:** Primero se hace la producción de ácidos grasos por ruptura con vapor :



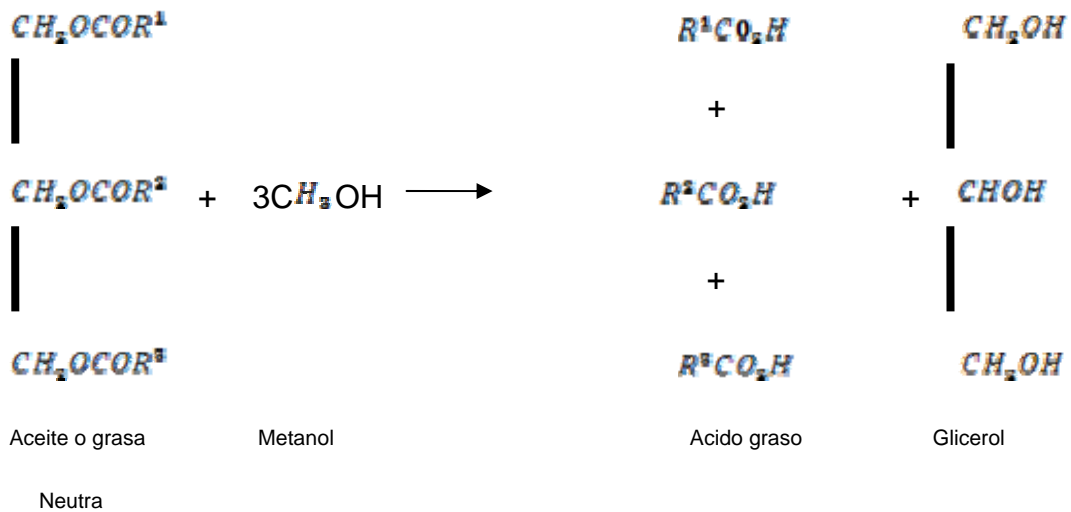
Después se realiza la saponificación del acido graso:



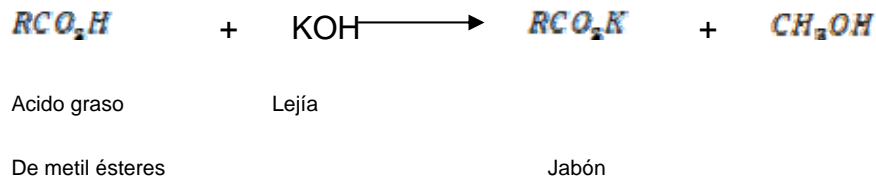
En esta etapa de saponificación de ácidos grasos, se puede decir que es una neutralización, aquí la presencia de jabón como emulsificante es absolutamente esencial. También se puede usar una solución de soda en lugar de solución de hidróxido de potasio.

### iii. SAPONIFICACION DE ACIDOS GRASOS DE METIL ÉSTERES

#### a. Transesterificación



#### b. Saponificación



La reacción de saponificación se favorece cuando [3]:

- ✓ Las grasas son emulsificadas por medio de agitación con soluciones concentradas de álcalis cáusticos a bajas temperaturas.
- ✓ Se mezclan grasas precalentadas y álcalis cáusticos concentrados, mantenidos a una temperatura cercana y alrededor de los 80°C.
- ✓ Por ebullición de grasas con álcalis acuosos de varias concentraciones.
- ✓ Por calentamiento de las grasas con álcalis, bajo presión.

### 1.5. JABÓN LÍQUIDO

En principio la producción de jabón líquido comprende los siguientes pasos:

- ✓ Producción de una base adecuada de jabón
- ✓ Mezcla y homogenización del jabón base con aditivos como esencias, colorantes.
- ✓ Empaque

#### ➤ MATERIAS PRIMAS

Dependen de la clase y calidad del jabón que se desea producir. Se pueden dividir en dos grupos: Principales y Adicionales. Las Principales son: grasas, aceites, álcalis y agua; con ellas, inicialmente se puede producir un jabón. El grupo de las materias Adicionales se conforma por las sustancias colorantes, odorantes,

granuladoras, espumantes y de relleno que incrementan o varían las propiedades del producto.

- ✓ **SUSTANCIAS GRASAS:** la materia prima más importante en la industria del jabón, pueden ser de origen vegetal o animal. De acuerdo con el grado de insaturación (Índice de Yodo), se pueden dividir en grasas no secantes (índice de Yodo < 90), semisecantes (Índice de Yodo entre 90 y 130), y secantes (Índice de Yodo > 130). En la industria jabonera son importantes todas las materias grasas que se puedan saponificar, de ahí la importancia e interés para este proyecto el aceite de *Jatropha Curcas L.* Otras materias primas usadas en esta industria son: grasas animales como el sebo, grasas y aceites vegetales como el aceite de coco, aceite de palma, aceite de ricino, aceite de linaza, entre otros.
  
- ✓ **ÁLCALIS:** Se utiliza hidróxido de sodio (NaOH) o de potasio (KOH). El NaOH, es fuertemente higroscópico, ataca el zinc, aluminio, estaño latón y bronce. En la saponificación, es el encargado de disociar y combinarse con los ácidos grasos presentes, obteniéndose jabones de grano. El KOH, produce jabones blandos y tiene una actividad química más marcada que el hidróxido de sodio. Su precio es más elevado pero genera productos de primera calidad y al igual que el NaOH, se presenta en diferentes concentraciones.
  
- ✓ **AGUA:** Este proceso trabaja exclusivamente con soluciones acuosas, es necesario que sea incolora y pura. En cuanto a su dureza (contenido de sales de calcio y magnesio), hay teorías diferentes, opiniones de su no influencia en el producto final y su inmensa influencia en el proceso y la calidad del jabón [4]. En general se puede decir que la dureza afecta poco, pero en jabones potásicos es preferible que el agua sea blanda, ya que se obtiene soluciones más claras [3].

- ✓ CLORURO DE SODIO: o sal común, es conocida como el agente granulador o separador, ayuda a precipitar la glicerina, las impurezas, el agua, etc. Debe tener buena pureza y baja cantidad de calcio y magnesio (menos del 0,5%).
  
- ✓ ADITIVOS: Material de relleno: se clasifican en dos grupos, los denominados *Builders*, permiten mejorar las propiedades limpiadoras, prevenir el enranciamiento y aumentar el contenido de álcali. El otro grupo está conformado por los *Materiales de relleno* propiamente dichos, los cuales se adicionan para reducir costos, como el silicato de sodio y el talco. *Esencias y colorantes*: imparten el color y aroma al producto, se usan de acuerdo con la formulación requerida. En este proyecto solo se pretende incorporar productos amigables con el medio ambiente. [1]

#### **1.6. JABONES A ESCALA INDUSTRIAL**

Los aceites vegetales son transportados en carrotanques, tanques metálicos y en algunos casos en recipientes de polipropileno, estos últimos son los más comunes y económicos. Al ser recibidos en producción, los aceites vegetales son bombeados hacia los tanques ubicados en el área de almacenamiento. Por lo general, estos tanques de almacenamiento son de geometría cónica para provocar sedimentación, lo cual permite una mejor alternativa para separar los excesos de humedad y material insoluble presente en el aceite. Los aceites deben conservarse libres de humedad, para evitar enranciamiento por hidrólisis y deben ser refinados y blanqueados antes de introducirlos al reactor de saponificación. [5]

- ✓ REFINACION: Con la intención de mejorar la calidad del jabón a producir se usa un álcali para llevar a cabo la refinación del aceite. Los residuos de la refinación se asientan en el fondo del recipiente, estas contienen un porcentaje de aceite neutro. Para que la masa pueda ser bombeada, se le agrega NaCl con el fin

de hacerla fluida. Además si la masa de residuos se requiere convertir en ácidos grasos, entonces se saponifica el aceite neutro y luego se hidroliza para liberar los ácidos.

- ✓ **BLANQUEO:** Después del proceso de refinación, se procede a realizar el blanqueo con el fin de eliminar pigmentos como la clorofila y caroteno presentes en el aceite; esto se logra haciendo pasar la materia grasa sobre tierras absorbentes a presión atmosférica o al vacío. El proceso al vacío da el valor agregado que además de blanquear desodoriza el aceite. Finalmente se pasa por filtros prensa y se almacena.
- ✓ **SAPONIFICACIÓN:** El aceite se lleva al reactor en donde se efectúa la reacción, además de la salinización y lavados. En algunas ocasiones se puede introducir en el reactor residuos de jabones provenientes de otro proceso con el fin de volverlos a procesar y también ayudar a acelerar la reacción. En el proceso de saponificación, el reactor es cilíndrico con sección cónica en el fondo, equipado con sistema de calentamiento, y salidas para el jabón y la lejía. En cuanto al sistema de agitación puede ser mecánica o con vapor directo; es importante aislar las paredes del reactor para que las pérdidas por calor sean mínimas. En el reactor se introduce una determinada cantidad de aceite cuyo índice de saponificación es calculado con anterioridad, se calienta a una temperatura óptima y se procede a adicionar la soda lentamente. Se deben tener en cuenta algunos aspectos presentes al momento de la reacción:

Si la masa de reacción tiende a rebosar el recipiente, se debe reducir el suministro de calor y añadir cantidades pequeñas de agua para enfriar.

Si se observa que la masa empieza a tener un comportamiento en el cual tienda a volverse espesa, para fluidizar un poco la mezcla se agregan cantidades pequeñas de solución de NaCl.

Si la reacción se lleva a cabo muy rápido y empieza a recalentar el jabón, se debe reducir el calentamiento y agregar agua para enfriar.

- ✓ **LAVADOS:** Es muy provechoso efectuar lavados, para reducir la alcalinidad y recuperar la glicerina remanente. Ya que la capa de jabón procedente de la salinización contiene gran cantidad de lejía y la mayor parte de glicerina recuperable. En la salinización se reduce la solubilidad del jabón en la fase acuosa gracias a la adición de salmuera que actúa como electrolito causando la separación de fases. El procedimiento más usado es mantener el reactor a temperatura de operación mientras se adiciona la salmuera, cuando se observe la separación de fases, se detiene la adición de salmuera. Se observa fácilmente la lejía que esta conformada por agua, solución salina, soda, además de pequeñas cantidades de glicerina, jabón disuelto, impurezas etc. Cuando esto ocurre se deja el reactor en reposo y se deja decantar. El procedimiento de lavado comienza después de haber retirado la lejía proveniente de la salinización, luego la cantidad de agua y salmuera por agregar va a depender del peso de la lejía que se quiere obtener. Posterior a esto el jabón forma otra vez una masa homogénea, que se saliniza nuevamente para separar otra nueva cantidad de lejía que contiene más glicerina, luego de esta operación se deja decantar la masa jabonosa. El jabón en este punto contiene entre 30 y 40% de humedad, por lo cual se le debe agregar algún componente que cumpla la función de darle un relleno. Para luego llevarlo a un proceso de secado. Al producto obtenido puede añadirse pigmento, aromas o esencias, agentes neutralizantes, bactericidas, desodorantes y aditivos de acuerdo con el uso al cual está destinado el jabón.

### **1.7. SELECCIÓN DEL PROCESO DE SAPONIFICACIÓN**

Entre los procesos de fabricación de jabón, existen básicamente dos tipos principales de funcionamiento, el continuo y el discontinuo. De ellos el más

empleado y difundido en el medio es el proceso discontinuo, el cual, entre otras, presenta las ventajas siguientes [6]:

- ✓ Ofrece una operación flexible, lo cual es posible llevarlo en una paila o caldera de saponificación.
- ✓ Es versátil a la hora de cambiar una formulación a otra.
- ✓ La operación de estabilización de sus unidades se hace más fácil y rápidamente.

Por otro lado, las plantas con procesos continuos para producir jabón con materias neutras, son adecuadas, cuando se desea aumentar la capacidad productiva sin aumentar las dimensiones de infraestructura de la fábrica, especialmente si la planta puede operar por largos periodos de tiempo sin parar, pero tienen la desventaja que son procesos fijos y poco flexibles, los cuales, no admiten con facilidad cambios repentinos en formulaciones para el producto.

Según lo expuesto anteriormente y teniendo presentes los intereses de la empresa, se recomienda el uso de un proceso discontinuo, el cual se acomoda a los requerimientos y demanda establecida para este producto (30 Ton/mes), lo cual va a permitir una mayor versatilidad en el funcionamiento. De los procesos de saponificación expuestos, se seleccionó el que utiliza como materia prima las grasas neutras, debido a su bajo costo comparado con los procesos en los cuales requieren ácidos grasos tanto destilados como de metilésteres.

## **2. ACEITE DE JATROPHA CURCAS L: PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS**

El aceite de *Jatropha Curcas L.* (*Anexo 1*) se va a usar como la materia grasa. Este aceite se caracterizó con Laboratorios Colben de Colombia (*Anexo 2*), empresa ubicada en la ciudad de Bogotá y con la cual se llevó a cabo el análisis del aceite de la semilla (*Tabla 1, Tabla 2*) de dicho arbusto, producida en cultivos

nacionales, específicamente ubicados en Santa Rosalía en el departamento del Vichada. Una fuente bibliográfica acerca de un estudio de caracterización de aceite de *Jatropha curcas* proporcionó los datos de la tabla 3, que completa la información necesaria para el proceso.

**Tabla 1.** Análisis próximo de la semilla *Jatropha Curcas L.*

PARÁMETRO	VALOR (%)
<b>Humedad</b>	4,838
<b>Proteína</b>	20,40
<b>Grasa Bruta</b>	49,50
<b>Carbohidratos</b>	19,39
<b>Ceniza</b>	4,393

**Tabla 2.** Caracterización del aceite *Jatropha Curcas L.*

PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR
Densidad Relativa	[g/ml]	0,9103
Humedad y Materia Volátil	[%]	0,093
Índice de Acidez	[KOH/g]	1,431
Índice de Peróxidos	[meq O <sub>2</sub> /Kg]	1,74
Índice de Yodo	---	99,63

índice de Saponificación	[mg KOH/g aceite]	197
índice de Refracción	---	1,4685
índice de Éster	[mg KOH/g aceite]	195,57

**Tabla 3.** Tipos y contenido de ácidos grasos en el aceite de *Jatropha Curcas*.

NOMBRE DEL ÁCIDO GRASO	# átomos de carbono	# enlaces dobles	TIPO	%
<b>Oléico</b>	18	1	insaturado	44,7
<b>Linoléico</b>	18	2	insaturado	32,8
<b>Palmítico</b>	16	0	saturado	14,2
<b>Estearico</b>	18	0	saturado	7
<b>Palmitoléico</b>	16	1	insaturado	0,7
<b>Linoléico</b>	18	3	insaturado	0,2
<b>Aráquico</b>	20	0	saturado	0,2
<b>Margárico</b>	17	0	saturado	0,1
<b>Mirístico</b>	14	0	saturado	0,1
<b>Capróico</b>	6	0	saturado	...
<b>Caprílico</b>	8	0	saturado	...
<b>Láurico</b>	12	0	saturado	...
<b>Cáprico</b>	10	0	saturado	...
			SATURADOS	21,6
			MONOINSATURADOS	45,4
			POLINSATURADOS	33

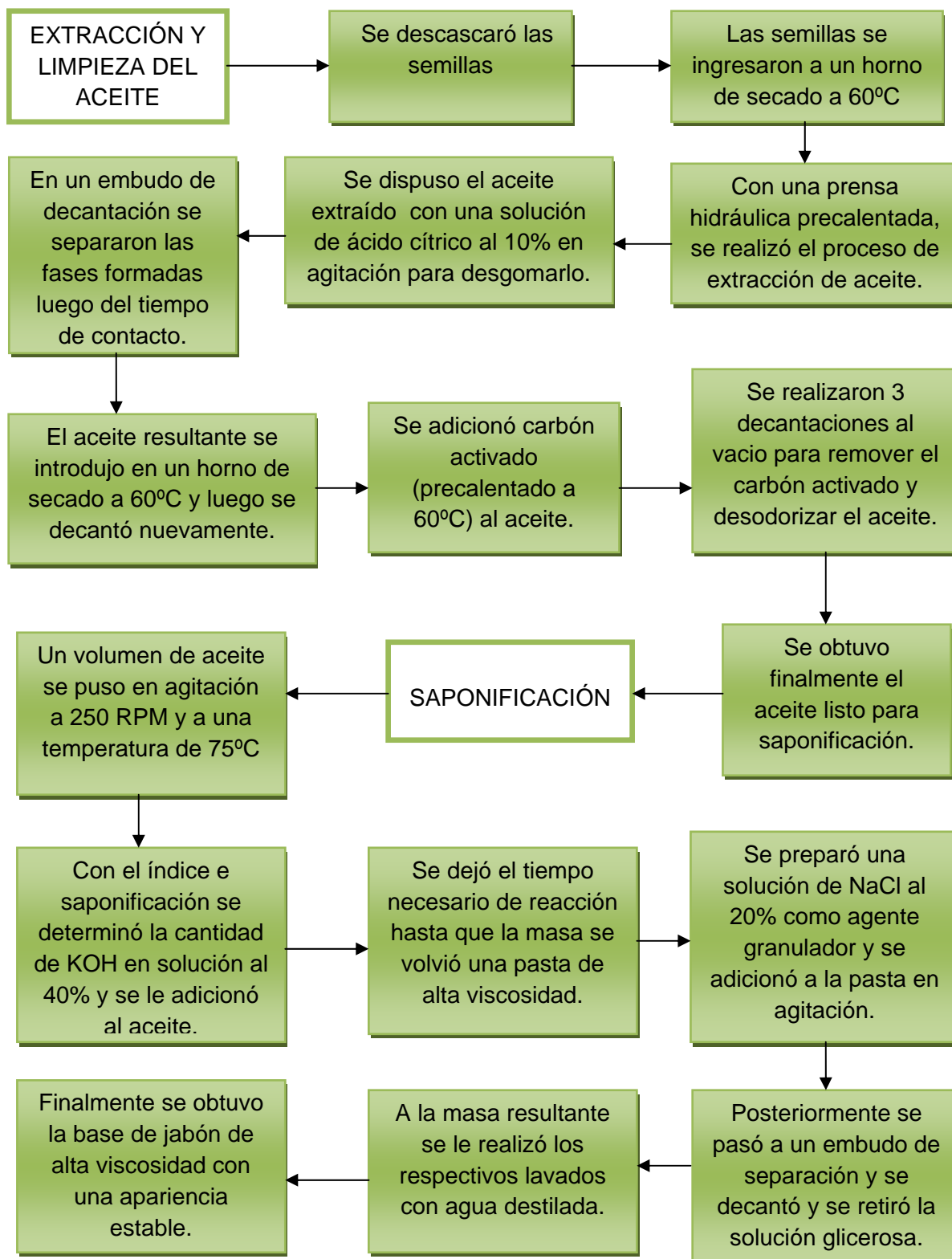
Fuente: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm> - European Journal of Scientific Research 2009 [7]

### 3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

**3.1. PRUEBAS DE EXTRACCIÓN:** Se realizaron 3 pruebas con el fin de determinar los rendimientos experimentales en la obtención de aceite a partir de las semillas de *Jatropha Curcas* provenientes de un cultivo de 20 hectáreas (Santa Rosalía -Meta, Colombia), mediante una prensa hidráulica precalentada a 98°C. El diagrama de flujo 1 muestra el respectivo procedimiento.

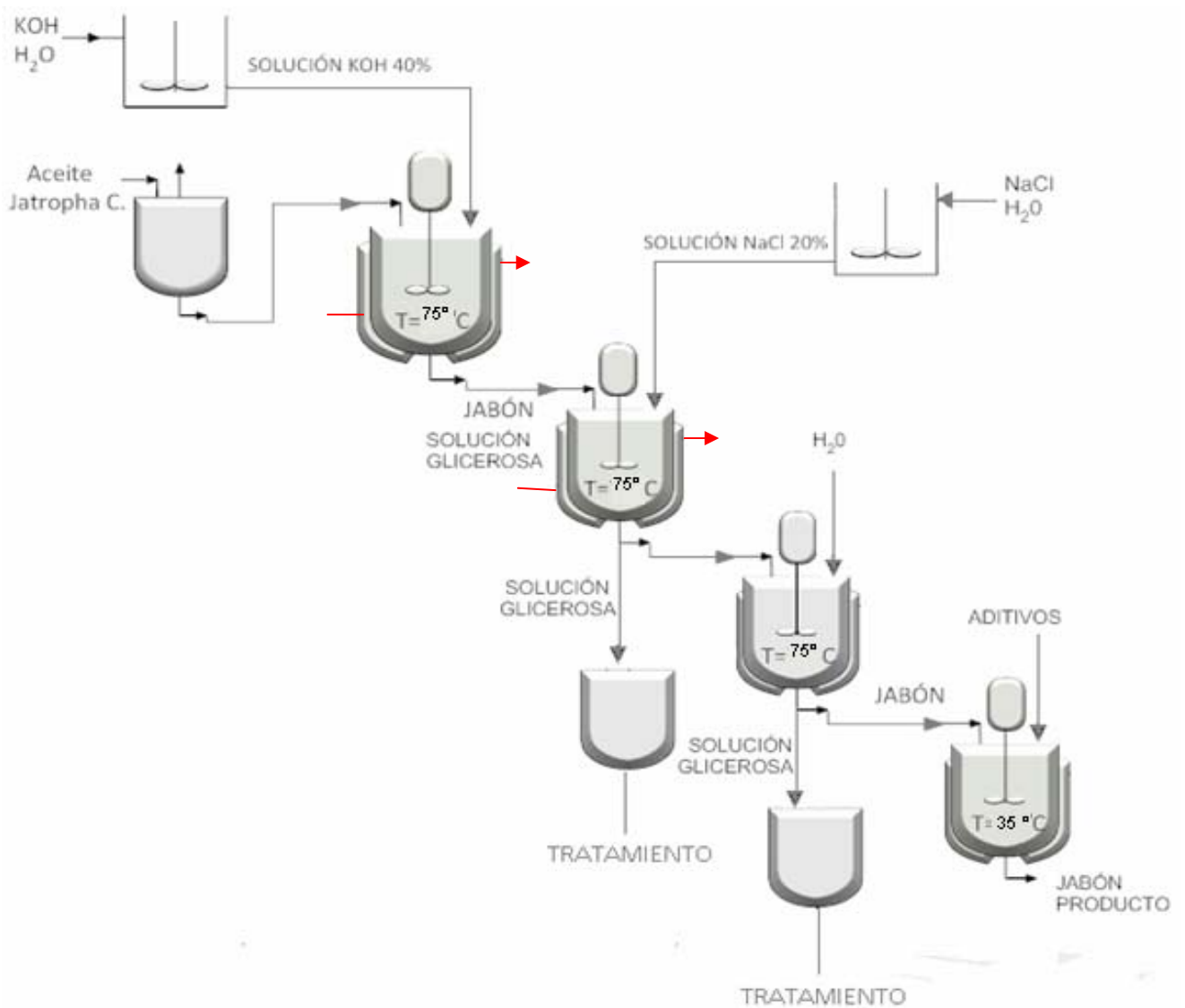
**3.2. PRUEBA SAPONIFICACIÓN:** Se realizaron 4 pruebas, se tomó determinada cantidad de aceite de *Jatropha Curcas* desgomado y a través del índice de saponificación se calculó la cantidad de KOH en escamas para la reacción en solución al 40%, con un exceso de 5% para asegurar reacción completa. El aceite se introdujo en el reactor de saponificación con agitación constante a 250 RPM y a una temperatura de 75°C y se adicionó el KOH en solución a la misma temperatura. Después de 2 horas y 40 min, la mezcla comenzó a homogenizar completamente y tomó una apariencia de pasta de alta viscosidad. Se adicionó la solución de NaCl como el agente separador al 20% con agitación durante 5 min, hubo separación de fases, específicamente se observaron dos, la menos densa fue la del jabón con las trazas de glicerina atrapada, agua, KOH, NaCl, pero el mayor contenido de estos componentes se asume, fueron decantados con la solución glicerosa, la cual se observó como la más densa ubicada al fondo del reactor. Para limpiar el producto se adicionó un lavado con 400 ml de H<sub>2</sub>O para eliminar los componentes atrapados en la solución jabonosa. Por ende, se especifica que aún después de las etapas previas a la neutralización, al producto final se le debe determinar la cantidad de KOH, NaCl, Humedad, Glicerina, y ácidos grasos libres como indicadores de calidad. El diagrama de flujo 1 muestra el procedimiento. Se muestra detalladamente el procedimiento en el *Anexo 3*.

**Diagrama de Flujo 1.** Metodología experimental.



#### 4. PLANTEAMIENTO DEL ESQUEMA O SECUENCIA EN DISEÑO DE LA PLANTA A ESCALA INDUSTRIAL

Teniendo en cuenta la experimentación en el laboratorio, a continuación se presenta el esquema propuesto de diseño de planta, inicialmente en continuo para



posteriormente determinar el proceso en diseño Batch.

**Esquema 1.** Proceso de producción en continuo propuesto a escala industrial en Laboratorios Industriales y Ambientales S.A.

## 5. RESULTADOS

PRUEBAS DE EXTRACCIÓN	PRUEBA	SEMILLA SIN CÁSCARA (g)	TEMPERATURA DE SECADO SEMILLA (°C)	TEMPERATURA DE EXTRACCIÓN (°C)	TORTA (g)	ACEITE EXTRAÍDO (ml)
	1	1696	60	100	946	703
	2	440	60	100	268	174
	3	760	60	100	464	300
PRUEBAS DE EXTRACCIÓN	PRUEBA	DENSIDAD ACEITE a T amb. (g/ml)	VOLUMEN ACEITE (ml)	MASA ACEITE (g)	MASA PERDIDA EN EL PROCESO (g)	
	1	0,908	703	638,32	111,68	
	2	0,908	174	157,99	14.01	→
	3	0,908	300	272,4	23.6	→

### 5.1. ETAPA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE

**Tabla 4.** Resultados de las 3 pruebas de extracción del aceite y sus rendimientos.

### 5.2. ETAPA DE DESGOMADO DEL ACEITE

**Tabla 5.** Datos del proceso de desgomado del aceite de *Jatropha Curcas*.

PARA LA SAPONIFICACIÓN	PROCESO DE DESGOMADO					
	ACEITE BRUTO (ml)	Ácido Cítrico (g)	H <sub>2</sub> O (ml)	Lavado H <sub>2</sub> O (ml)	Carbón activado (g)	Aceite Desgomado (ml)
1	400	0	0	0	0	0
2	300	10	90	500	9	250
3, 4	550	18,33	165	1000	0	488

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

- ✓ En el proceso de desgomado para la saponificación 1, no se realizó desgomado para verificar y observar el comportamiento de la reacción, de ahí los valores de cero en la tabla 5 para saponificación 1. Hubo inhibición de la reacción y no fue completa, quedó gran parte del aceite sin reaccionar.
- ✓ Para el proceso de desgomado del aceite destinado para la saponificación 2, el aceite estuvo con solución de ácido cítrico 1 h en agitación, se lavó con agua, y se pasó a embudo de separación. El aceite resultante se dejó en el horno 16 horas a 60 °C y posteriormente se pasó nuevamente a embudo de separación para eliminar las precipitaciones. Se llevó a agitación por 1 h con el carbón activado (pre reactivado en horno a 50°C por 1 h) y después se filtró 4 veces al vacío el aceite resultante.
- ✓ Para el proceso de desgomado de la saponificación 3 y 4 se realizó el proceso similar al de la saponificación 2 pero sin paso del carbón activado notándose que se incrementa en la producción de jabón el tiempo de reacción.

### 5.3. ETAPA DE SAPONIFICACIÓN

**Tabla 6.** Datos de cantidades de materia prima utilizada.

PRUEBAS DE SAPONIFICACIÓN	SAPONIFICACIÓN	V ACEITE BRUTO (ml)	V ACEITE DESGO (ml)	M ACEITE BRUTO (g)	M ACEITE DESGO (g)	INDICE DE SAPONI (g KOH/ g Aceite)	KOH (g)
	1	400	0	363,2	0	0,197	71,550
	2	0	220	0	199,76	0,197	39,353
	3	0	250	0	227	0,197	44,719
	4	0	100	0	90,8	0,197	17,888

**Tabla7.** Condiciones de operación, tiempos de reacción y cantidades de producto obtenidas.

Solución 40%		CONDICIONES DE OPE.		Solución 20%			TIEMPO DE RXN. (h)	JABÓN (g)
TOTAL KOH exceso 5%	H2O (g)	T sap. (°C)	AGITACIÓN (RPM)	V Sol. 20% (ml)	NaCl (g)	H2O (g)		
75,128	112,692	70	200	0	0	0	4	0
41,320	61,981	75	250	300	60	240	2	288,67
46,955	70,432	75	250	340,91	68,182	272,728	3.40	220,21
18,782	28,173	75	250	136,36	27,272	109,088	3	110,91

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

- ✓ La saponificación 1 fue realizada con aceite bruto, el proceso de la reacción fue muy lento, se formaron precipitados rojizos de apariencia gelatinosa, se identificaron como gomas y se inhibió la reacción, así que fue incompleta. Para la saponificación 2 se realizó proceso de limpieza desgomado y desodorizado

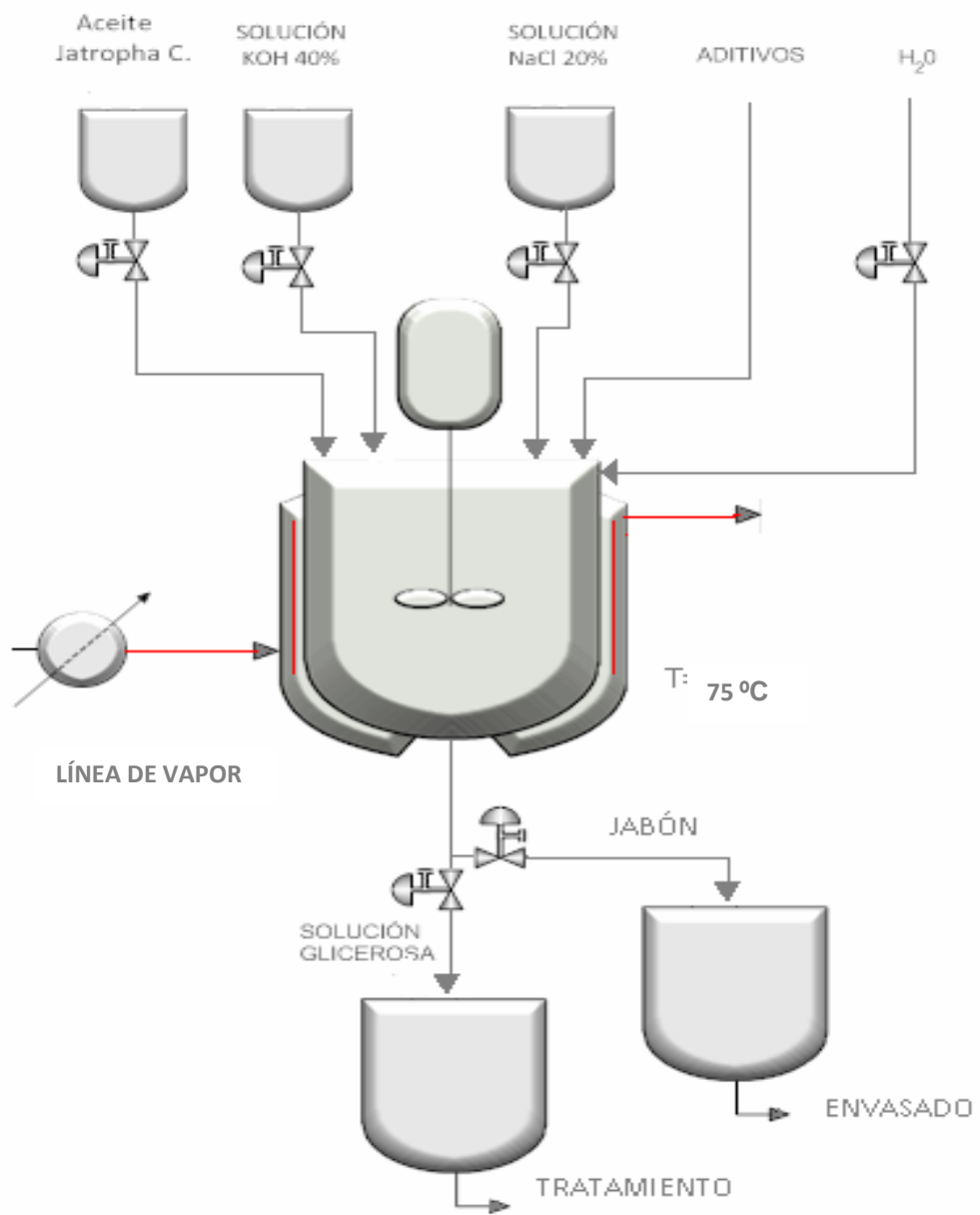
generando un comportamiento en reacción muy favorable y satisfactorio, reduciéndose el tiempo de reacción completándose así la saponificación. En la saponificación 3 se desgomó el aceite, pero se eliminó el paso de adición de carbón activado para verificar el comportamiento, incrementándose así el tiempo de reacción completa. En la saponificación 4 se adicionó la solución de KOH precalentada, pero al igual que en la saponificación 3 no se adicionó al aceite carbón activado aumentando el tiempo de reacción. La variación del pH en el proceso se da a conocer en la tabla 6.

**Tabla 8.** Variación de pH en todo el proceso desde la saponificación hasta la separación de fases.

CONTROL DE pH EN EL PROCESO					OBSERVACIONES
SAPONIFICACIÓN	pH aceite	pH en reacción	pH Jabón	pH Solución glicerosa	
1	5	13	6	13	Hubo inhibición por goma, pH del jabón en realidad es aceite sin reaccionar y el pH de solución es el resultado de jabón, agua, glicerina, goma y restos de KOH así como de NaCl.
2	5	13	12	13	Se observó que reacciona inmediatamente el KOH, el tiempo se redujo considerablemente y se incrementó la evolución del proceso.
3	5	13	10	13	La solución de KOH se adicionó a T ambiente, se redujo la eficiencia en tiempo y producción de jabón.
4	5	12	9	13	El aceite se usó sin desodorizar con carbón activado, se incrementó el tiempo de reacción y la producción de jabón disminuyó

## **6. PLANTEAMIENTO DEL DISEÑO**

Revisando el proceso en continuo, se propuso un esquema del proceso Batch (*Esquema 2*) a escala industrial para la producción de 30 toneladas por mes de base de jabón en Laboratorios Industriales y Ambientales S.A.



**Esquema 2.** *Proceso Batch a escala industrial en Laboratorios Industriales y Ambientales S.A.*

## CONCLUSIONES

- El aceite de *Jatropha Curcas* es una muy buena materia prima para la elaboración de jabones con un rendimiento del componente activo de 1.4 g jabón/g aceite, y su toxicidad puede resultar útil como agente antibacterial para el producto terminado.
- La saponificación de aceites neutrales resulta un método adecuado, económico, versátil y óptimo en la producción de jabón líquido, teniendo como materia prima principal el aceite y su composición de ácidos grasos estudiados en este proyecto.
- La *Jatropha Curcas* representa una viabilidad en la cadena productiva desde la siembra hasta la aplicación del aceite para un valor agregado; y aunque en Colombia aún no existe la producción a escala industrial, no se puede ignorar el potencial para el desarrollo agroindustrial de estos cultivos, al brindar nuevas alternativas para su uso como la implementación de plantas de producción de jabones a partir del mismo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir estudiando el efecto de las toxinas contenidas en el aceite de *Jatropha curcas* L. como aditivo antibacterial para el producto final, así como otras fuentes de obtención alternas de biocidas naturales.
- Es necesario caracterizar las corrientes de salida en la producción de jabón, como indicadores de calidad.
- Por otro lado, es conveniente realizar las pruebas dermatológicas para la utilidad del jabón a partir de aceite de *Jatropha curcas* como producto de tocador.
- Sería útil, la integración de la cadena productiva desde la siembra para impulsar así el desarrollo agroeconómico del país, con una visión fresca como la presente en este proyecto, para que los productores de aceite de *Jatropha Curcas* tengan la posibilidad de destinarlo a otras alternativas diferentes al biodiesel.
- Es fundamental seguir trabajando en el diseño de esta planta de producción para su correspondiente implementación.
- Es importante trabajar sobre un tratamiento conveniente de la glicerina generada durante el proceso, mediante procedimientos y tecnologías amigables con el medio ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] NTC 545. Jabones y Detergentes. Definiciones Generales. Pag 1 – 11. Vanegas
- [2] Koch, Behring, Jollet y Rodet, Karl, B. Fabricación de Jabones, Ed. Rabasa UTEA, 1964, entre otros.
- [3] Davidson A. Soap Manufacturing, Interscience Publishers, 1953
- [4] L. E. Estudio técnico económico y mejoramiento del proceso para recuperación de glicerina a partir de sublejas de saponificación de jabón. Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Pag 1 – 26.
- [5] Aponte Gutiérrez, C. Montaje de una planta piloto para elaboración de jabón. Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Pag 47 – 70.
- [6] Deite, C. Tratado de Jabonería. Ed. Gustavo Gili. - Pou, E. Fabricación de Lejías y Jabones. Ed. Sintés.
- [7] Emil Akbar, Zahira Yaakob. *Characteristic and Composition of Jatropha Curcas Oil Seed from Malaysia*. European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.29 No.3 2009.
- [8] FACT Knowledge and Expertise. *The Jatropha Handbook*. Segunda edición, junio 2009  
[http://www.fact-foundation.com/en/Knowledge\\_and\\_Expertise/Handbooks](http://www.fact-foundation.com/en/Knowledge_and_Expertise/Handbooks)
- [9] Cai-Yan Li. Rakshit K. Devappa. *Toxicity of Jatropha curcas phorbol esters in mice*. Elsevier Ltd. 2009
- [10] Hared Castro, F. *Diseño de una planta de extracción, semi-refinamiento y transesterificación de aceite de Jatropha curcas*. Zamorano, Honduras.
- [11] Reinhard Henning, baganí GbR, *The Jatropha Manual*.  
[www.Jatropha.org](http://www.Jatropha.org)
- [12] GEXSI. *Global Market Study on Jatropha*. London, 2008.

## ANEXO 1. SITUACIÓN DE JATROPHA CURCAS

Una de las ventajas más importantes de esta materia prima es que no pone en riesgo la salud alimentaria, es decir, para su crecimiento el arbusto no ocupa los terrenos destinados a alimentos básicos como el maíz, la palma, etc. [8] Además el aceite no es de consumo humano debido a su alto contenido de toxinas (ésteres de forbol, curcina) [9]. Su requerimiento de nutrientes y fertilidad del suelo es muy baja, por lo cual es útil en terrenos semiáridos y ayuda por ende a la reforestación y mejoramiento de condiciones de dichos suelos.

Para la producción de este jabón se usa el aceite que está contenido en las semillas de la planta. Primero se tiene que descascarar o quitar la testa de las semillas (*imagen 1*) debido a que la mayor cantidad de aceite se encuentra en su interior o nuez (*imagen 2*). Al aplicar temperatura se rompen las paredes celulares y permiten mas fácilmente la extracción obteniéndose así el aceite bruto, este proceso se hace a través de máquinas llamadas expellers (*imagen 3*) [10]. Posteriormente se realiza la limpieza de dicho aceite para remover impurezas mediante filtros y se elimina la posible humedad contenida.

El anterior procedimiento es realizado por los proveedores de aceite de esta planta y de los cuales hay una gran cantidad dedicados a dicha extracción, con enfoque de venta para la producción de biodiesel, pero sin descubrir aún totalmente su potencial económico como materia prima de jabón a escala industrial, pues la mayoría se fabrican de manera artesanal y en bajas proporciones a partir de este aceite. Los practicantes del presente proyecto cuentan con posibles proveedores confirmados de Brasil, Malasia, Chile, Argentina, España y Camerún. El aceite es entregado en puerto Colombia a un precio que oscila entre USD 300 – 600 MT FOB, dependiendo si es: aceite bruto, refinado o desgomado. En Colombia no se cuenta aún con la producción de aceite a escala industrial (*imagen 4*), pero con este proyecto se pretende incentivar más los cultivos y la extracción in situ.



**Imagen 1.** Semilla de J.C. con cáscara

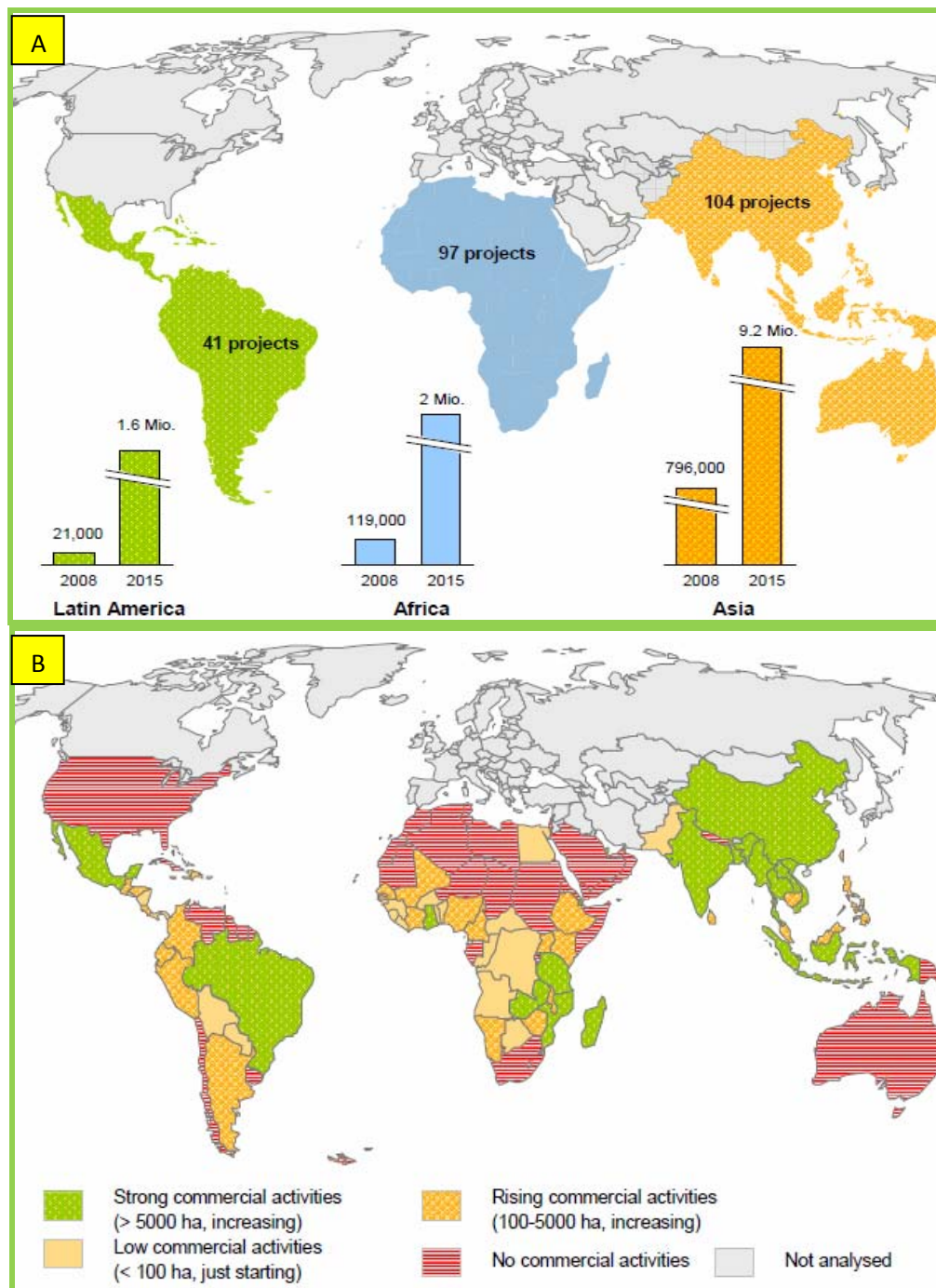


**Imagen 2.** Semilla J.C. sin cáscara.



**Imagen 3.** Expeller

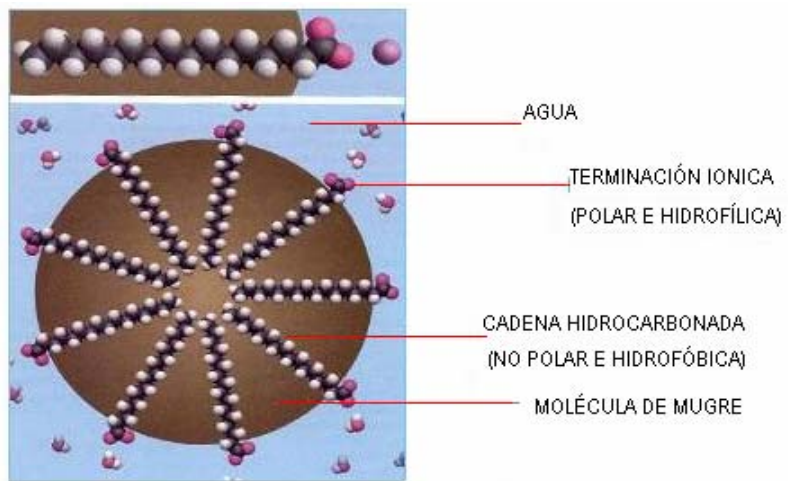
La actividad comercial y económica de *Jatropha Curcas L.* alrededor del mundo aun esta en auge y las condiciones climáticas favorecen a unos países más que a otros y Colombia es favorecido en este aspecto.



Fuente: GEXI Global Market Study on Jatropha – London/Berlín, May 8th 2008. [12]

**Imagen 4. A)** Proyectos con *Jatropha Curcas* identificados en 2008 y hectáreas plantadas esperadas para el 2015, **B)** Actividad comercial mundial de *Jatropha Curcas* en 2008.

Las zonas demarcadas con verde presentan una fuerte actividad comercial (mayor de 5000 hectáreas), seguido de las zonas de color amarillo que presentan un aumento de la actividad comercial y donde se incluye a Colombia (entre 100 y 5000 hectáreas), posteriormente se encuentra las zonas color beige con baja actividad (menos de 100 hectáreas) y por último las zonas en rojo en donde no hay actividad alguna.



**Imagen 5.** Acción de limpieza del jabón.

## ANEXO 2. DIAGRAMA DE FLUJO EXTRACCIÓN Y LIMPIEZA DEL ACEITE



Semillas de *Jatropha Curcas* con cáscara



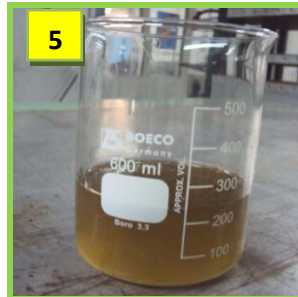
Se descascaró la semilla.



A 60 °C y por 4 horas se dejaron las semillas en un horno de secado.



Con una prensa hidráulica se realizó el procesos de extracción de aceite a una T= 98°C



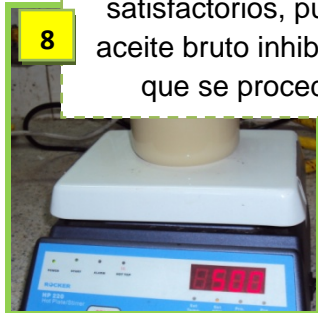
Por un lado se obtuvo el aceite bruto de *Jatropha Curcas*.



Y por el otro la torta o masa de semillas que queda posterior a la extracción.



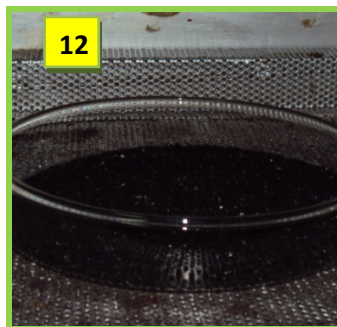
Se realizó la primera prueba de saponificación sin resultados satisfactorios, puesto que se determinó que la goma contenida en el aceite bruto inhibió la saponificación y no reaccionó todo el aceite, así que se procedió a realizar el desgomado y limpieza del mismo.



Por 45 min y con ácido cítrico en solución al 10% se dejó solo con agitación para desgomarlo.

Se pasó posteriormente a un embudo de decantación para separar fases formadas.

Por 1 hora y a 60°C en un horno de secado, se dispuso el aceite para precipitar las impurezas restantes.



Se pasó el aceite luego por un embudo de decantación.

Se precalentó carbón activado granulado a 60°C por una hora.

Se adicionó 3 g de carbón por cada 100 ml de aceite.

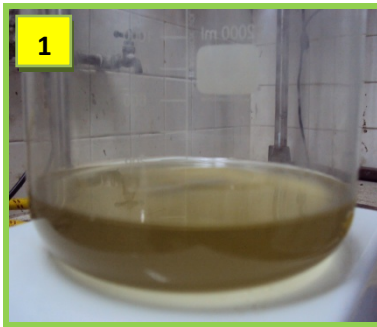


14  
Luego se llevo acabo 3 veces decantación al vacio para remover el carbón activado con las impurezas.



15  
Se obtuvo finalmente el aceite desgomado y desodorizado listo para saponificación.

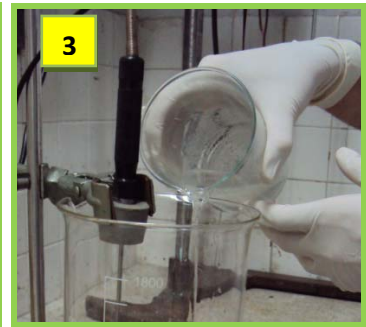
### ANEXO 3. DIAGRAMA DE FLUJO DE SAPONIFICACIÓN



1  
Aceite de *Jatropha Curcas* desgomado y desodorizado en agitación 250 RPM y a  $T=75^{\circ}\text{C}$



2  
Con el índice de saponificación ( ) se determinó la cantidad de KOH



3  
Con el KOH se prepara la solución al 40% y a la misma temperatura se adiciona al aceite.



Los indicios de reacción son inmediatos. Al pasar el tiempo se observó la aparición cada vez mayor de la base de jabón.



Se detalló el comportamiento de la reacción y con el paso del tiempo se redujo más la cantidad de reactivos.



Al cabo de 1 hora 48 min se observó una consistencia muy viscosa.



Finalmente al cabo de 2 horas la apariencia fue totalmente de una pasta de alta viscosidad.



Se preparó una solución de NaCl al 20% como agente granulador o separador de fases y se adicionó.



Luego de 5 min en la plancha de calentamiento con agitación, se pasó a un embudo de separación.



10 Se le realizaron 2 lavados con agua al producto en el embudo para arrastrar las trazas de potasa, NaCl y glicerina.



11 Se terminó de decantar la fase más densa o solución glicerosa.



12 La base de jabón se pasó a un vaso de precipitados y se neutralizó (pH= 7).



13 Se dejó en almacenamiento por 24 horas para verificar su comportamiento y la apariencia final fue la que muestra la imagen.



14 La solución glicerosa (agua + glicerina + KOH+ NaCl) también fue almacenada.

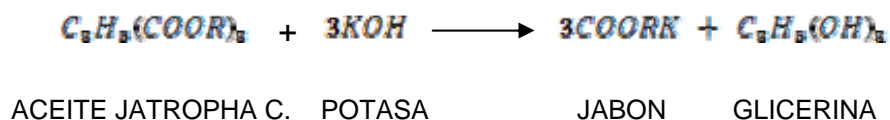


15 Se hicieron unas pruebas de disolución en agua de la base de jabón y de aditivos (colorante natural verde y lauril sulfato), y sin colorante para evaluar el producto y su poder de limpieza.



16 De izquierda a derecha: Jabón con colorante, jabón sin colorante, base de jabón, solución glicerosa de reacción y solución glicerosa de los lavados.

**ANEXO 4: ESTEQUIOMETRÍA DE LA REACCIÓN QUÍMICA (SAPONIFICACIÓN)  
Y DIMENSIONAMIENTO**

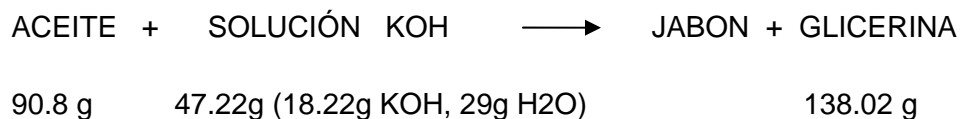


**Tabla 9.** Compuesto y peso molecular para la estequiometria

COMPUESTO	PESO MOLECULAR
$C_3H_5(COOR)_3$	277.35
$3KOH$	168
$3COOK$	353.35
$C_3H_5(OH)_3$	92

➤ **PROCEDIMIENTO**

Según los rendimientos obtenidos mediante pruebas de laboratorio se tienen las siguientes relaciones:



El índice de saponificación del aceite de JATROPHA CURCAS ES 0.192 gramos KOH/gramos de aceite, la solución de KOH es preparada al 40% con un 5% de exceso

La solución de salmuera es en relación 1 a 1 con respecto a la masa de producto, y es preparada al 20%.

ECUACIÓN DE DISEÑO: 
$$\frac{\pi D^2 h}{4} = v$$

Donde: D= diámetro, h= altura, v=volumen total

Se tomaron diámetros específicos, dejando como incógnita la altura.



### CALCULOS PARA EL REACTOR DE SAPONIFICACIÓN

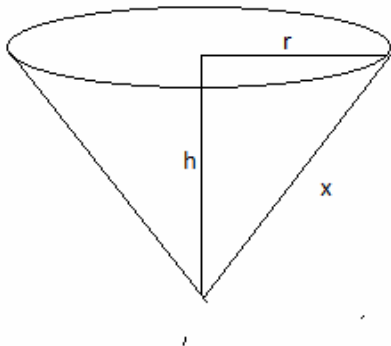


Imagen 1. Fondo cónico del reactor.

La imagen 1 representa la parte inferior del reactor, donde x es la longitud de la inclinación, h es la altura y r el radio.

Se aplicaron las siguientes expresiones matemáticas:

$$h = r * \text{Tan } 30$$

$$x = \frac{h}{\text{Sen}30}$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$



### VISUALIZACIÓN

Se van a calcular las dimensiones del reactor

Tomando un **Diametro = 1.2m**

Volumen agua de lavado =  $1 m^3$

Volumen producto =  $1.64 m^3$

Volumen total =  $2.64 m^3$

Se aplica la siguiente expresión y se despeja la altura del reactor (cilindro), sin el agua de lavado, el cual se realiza reemplazando el volumen del producto.

$$\frac{\pi D^2 h}{4} = v$$

$$h = \frac{4V}{D^2 \pi}$$

$$h = \frac{4 * 1.64 m^3}{(1.2 m)^2 * 3.1416}$$

$$h = 1.45 m$$

Luego se procede a calcular la altura del cilindro con el volumen total, el cual si tiene en cuenta el agua de lavado

$$h = \frac{4V}{D^2 \pi}$$

$$h = \frac{4 * 2.64 m^3}{(1.2 m)^2 * 3.1416}$$

$$h = 2.34 m$$

Posteriormente se realizan los cálculos de la sección en forma de cono, correspondiente a la parte inferior del reactor

Angulo = 30 grados

$$h = 0.6 m * \tan 30$$

$$h = 0.35 m$$

$$x = \frac{h}{\text{Sen}30}$$

$$x = \frac{0.35\text{m}}{\text{Sen}30}$$

$$x = 0.7 \text{ m}$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

$$V_{\text{cono}} = \frac{1}{3} \cdot 3.1416 \cdot (0.6\text{m})^2 \cdot 0.35$$

$$V_{\text{cono}} = 0.13 \text{ m}^3$$

Ya con las dimensiones, se calcula el volumen total.

Volumen total sección cilíndrica = volumen reactor si fuera totalmente cilíndrico – volumen sección cónica.

$$\text{VOLUMEN TOTAL SECCIÓN CILÍNDRICA} = 2.64 \text{ m}^3 - 0.13 \text{ m}^3 = 2.51 \text{ m}^3$$

Finalmente se calcula la altura de la sección cilíndrica del Batch:

$$H = \frac{4V}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 2.51\text{m}^3}{3.1416 \cdot (1.2\text{m})^2} = 2.219 \text{ m}$$

➤ **ESPECIFICACIONES**

Batch: 1 por día

Producto: 1,5 Ton de producto por día Días de producción mensual: 20 días.

*Tabla 10. Dimensionamiento reactor de saponificación.*

<b>ASPECTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Servicio</b>	Proceso de saponificación
<b>Capacidad [m3]</b>	2,64
<b>Cuerpo del Tanque</b>	Cilindro con fondo cónico
<b>Diámetro [m]</b>	1,2
<b>Altura del cilindro [m]</b>	2,21
<b>Altura del cono [m]</b>	0,35
<b>Base del Tanque</b>	Tubo de acero al carbón 3 1/2 in
<b>Número de soportes</b>	4
<b>Temperatura a mantener [°C]</b>	75
<b>Tubería de desalajo [in]</b>	4
<b>Material de construcción</b>	Lámina HR
<b>Calibre Lámina [in]</b>	3/16
<b>Agitador</b>	Apoyo central forma helicoidal
<b>Potencia motorreductor</b>	5 HP

**Tabla 11.** Dimensionamiento tanque de almacenamiento de aceite.

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Servicio	Tanque de almacenamiento de aceite 10 días
Cantidad	10
Capacidad c/u [m3]	1,27
Cuerpo del Tanque	Cilíndrico
Diámetro [m]	1,2
Altura [m]	1,12
Número de soportes	4
Tubería de desalojo [in]	3
Material de construcción	Lámina HR
Calibre Lámina [in]	3/16
Tapa tanque	Seccionada
Detalle	Pintura anticorrosiva

**Tabla 12.** Dimensionamiento tanque de almacenamiento de solución de KOH.

ASPECTO	DESCRIPCIÓN
Servicio	Almacenamiento de solución potasa 40% por día
Capacidad [L]	490
Cuerpo del Tanque	Cilindro
Diámetro [m]	0,7

<b>Altura del cilindro [m]</b>	1,3
<b>Base del Tanque</b>	Tubo de acero al carbón 3 1/2 in
<b>Número de soportes</b>	4
<b>Tubería de desalojo [in]</b>	3
<b>Material de construcción</b>	Lámina HR
<b>Calibre Lamina</b>	3/16 in
<b>Detalles</b>	Pintura epóxica en la parte interior

**Tabla 13.** Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de solución de NaCl

<b>ASPECTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Servicio</b>	Almacenamiento Solución de NaCl por día
<b>Capacidad [m<sup>3</sup>]</b>	1,53
<b>Diámetro [m]</b>	1,2
<b>Altura [m]</b>	1,35
<b>Material</b>	Compuesto polimérico reforzado

**Tabla 14.** Dimensionamiento del tanque de almacenamiento de Agua

<b>ASPECTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Servicio</b>	Almacenamiento de H <sub>2</sub> O
<b>Capacidad [m<sup>3</sup>]</b>	3
<b>Diámetro [m]</b>	1,4
<b>Altura [m]</b>	1,95
<b>Material</b>	Polietileno de baja densidad

➤ **BALANCE DE MASA DE PRODUCCIÓN**

Trabajando de lunes a viernes, 1 Batch diario (con base a 30 toneladas de producto mensual)

*Tabla 15. Balance de masa de producción.*

<b>REACTIVO O PRODUCTO</b>	<b>CANTIDAD CONSUMIDA O PRODUCIDA SEMANAL (TON)</b>	<b>CANTIDAD CONSUMIDA O PRODUCIDA MENSUAL (TON)</b>
<b>ACEITE JATROPHA</b>	5	20
<b>SOLUCION KOH</b>	0.2007	4.014
<b>NaCl</b>	1.508	6.032
<b>JABON</b>	6.108	24.432
<b>GLICERINA Y OTROS</b>	1.098	5.614

## **ANEXO 5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

	ACTIVIDADES	2009						2010					
		JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
JATROPHA CURCAS	Introducción, documentación, identificación y características.												
	Estudio de la situación comercial mundial y en Colombia.												
	Conocimiento acerca del aceite, documentación, búsqueda de información y estudios relacionados.												
	Investigación bibliográfica de la composición, propiedades químicas y físicas del aceite, métodos de extracción del aceite.												
	Estudio de la actividad económica del aceite a nivel nacional y búsqueda de proveedores internacionales.												
	Análisis de la toxicidad del aceite a través de estudios científicos relacionados.												
	Búsqueda de proveedor de semilla nacional como materia prima destinada a la experimentación, caracterización e investigación.												
	Caracterización de la semilla nacional y de su aceite.												
EXTRACCIÓN Y SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE	Documentación acerca del proceso de saponificación, tipos de saponificación, condiciones de operación, características del proceso.												
	Identificación de materias primas para el proceso de saponificación del aceite de Jatropha Curcas L.												
	Experimentación e investigación en el laboratorio; pruebas de extracción de aceite de las semillas de Jatropha Curcas y de la saponificación del mismo para la obtención de la base de jabón líquido												
DISEÑO	Estudio de conservación de toxinas en el producto final, evaluación de posibles biocidas naturales, y concentración mínima inhibitoria.												
	Propuesta de esquemas de diseño de planta de producción para 30 toneladas por mes de producto.												
	Análisis de la legislación para la producción de jabones líquidos a partir de aceites naturales, producción limpia y características para tener en cuenta en el proceso.												