

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**Proyecto de investigación y desarrollo previo a la obtención del
título de:**

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

**Elaboración de jabón líquido con aceite vegetal de ungurahua
(*Oenocarpus bataua*) y aceites esenciales de hierba luisa
(*Cymbopogon citratus*).**

Autor

Ángel Marcelo Freire Castro

Director

Dr. Manuel Lázaro Pérez Quintana PhD.

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez PhD.

Puyo – Pastaza- Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Ángel Marcelo Freire Castro, con cédula de identidad 160060406-8, declaro que las actividades realizadas para la elaboración y culminación del presente proyecto de investigación y desarrollo, que tiene como tema “**ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO CON ACEITE VEGETAL DE UNGURAHUA (*OENOCARPUS BATAUA*) Y ACEITES ESENCIALES DE HIERBA LUISA (*CYMBOPOGON CITRATUS*)**”, no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional, y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en la presente investigación.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la Universidad Estatal Amazónica, según lo establecido en la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y normativa Institucional vigente.

Angel Marcelo Freire Castro
CI. 160060406-8

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado por FREIRE CASTRO ANGEL MARCELO, egresado de la carrera de ingeniería agroindustrial de la universidad estatal amazónica bajo nuestra supervisión.

Dr. Manuel Lázaro Pérez Quintana PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Luis Ramón Lázaro Bravo Sánchez PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: “Elaboración de jabón líquido con aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*) y aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)”

Autor (a): Angel Marcelo Freire Castro

Unidad de Titulación: Ingeniería Agroindustrial

Directores del proyecto: Manuel Lázaro Pérez Quintana, Luis Ramón Bravo Sánchez

Fecha: 14 de junio de 2018

Introducción y contexto de la investigación:

Ecuador es un país privilegiado en términos de diversidad biológica. Está incluido dentro de los 17 países más mega diversos del planeta, considerando que su territorio cubre solo el 0,2% de la superficie terrestre de la Tierra (Mittermeier, 1997).

Moreno (2003) define que los aceites pertenecen al grupo de compuestos que bioquímicamente se conocen con el nombre de lípidos, los aceites son compuestos químicos formados por la mezcla de ácidos grasos con glicerina (glicéridos). La mayor parte de los glicéridos encontrados de forma natural son triglicéridos, dichas sustancias están compuestas de tres tipos de ácidos grasos. Los componentes principales que tienen dichos aceites son compuestos llamados carotenos, xantofilas adquieren un color que comúnmente puede ser naranja y amarillo.

Hoy en día los productos cosméticos naturales en los mercados tanto nacionales como internacionales requieren que se presenten fórmulas con componentes extraídos exclusivamente de plantas que no contienen sustancias tóxicas o efectos secundarios (Revista GCI, 2002).

Cumplimiento de objetivos

Los objetivos planteados se cumplieron al 100%

Principales resultados obtenidos

El rendimiento obtenido para aceite esencial de hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) extraído por arrastre de vapor fue de 0,48 % como promedio.

El aceite esencial de hierba Luisa mostró contenido polifenólico y actividad antioxidante.

La temperatura influyó de manera significativa sobre el rendimiento de la pasta jabonosa una vez realizada la saponificación del aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*), el

tiempo y la interacción tiempo - temperatura no influyó significativamente en el rendimiento obtenido.

El jabón líquido elaborado a partir de la pasta jabonosa y el aceite esencial de hierba Luisa posee contenido polifenólico y actividad antioxidante.

El estudiante Angel Marcelo Freire Castro ha mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrado durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

La redacción, ortografía, calidad de los gráficos, tablas y anexos es adecuada.

Sin otro particular.

Atentamente,

Manuel Lázaro Pérez Quintana
CI. 175519081-4

Luis Ramón Bravo Sánchez
175704145-2

AVAL

Por medio del presente, Certifico que el proyecto de investigación y desarrollo sobre el tema **“ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO CON ACEITE VEGETAL DE UNGURAHUA (*oenocarpus bataua*) Y ACEITES ESENCIALES DE HIERBA LUISA (*cymbopogon citratus*)”**, bajo nuestra tutoría y dirección ha sido prolijamente revisado cumplimiento con todos los requisitos y disponibilidades legales establecidas en el Reglamento de Títulos de grado de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Estatal Amazónica, por lo que se autoriza su presentación.

Puyo, 14 de Junio del 2018.

Dr. Manuel Lázaro Pérez Quintana PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO
175519081-4

Dr. Luis Ramón Lázaro Bravo Sánchez PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO
175704145-2

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Elaboración de jabón líquido con aceite vegetal de ungurahua (Oenocarpus bataua) y aceites esenciales de hierba luisa (Cymbopogon citratus).docx (D40185577)

Submitted: 6/14/2018 11:45:00 PM

Submitted By: lbravo@uea.edu.ec

Significance: 4 %

Sources included in the report:

tesis jabu00F3n EG aprobada.docx (D12200182)
https://kipdf.com/procesamiento-de-frutos-y-extraccion-artesanal-de-aceite-vegetal-de-la-palmera-d_5ac44a751723dd49c393d1c7.html
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/5032/1/56T00638%20UDCTFC.pdf>

Instances where selected sources appear:

4



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



Oficio No. 014-UTIC-UEA-2018
Puyo, 14 de Junio de 2018

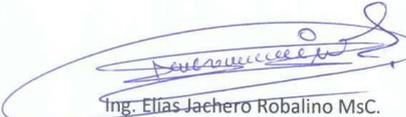
Señores
Secretaría Académica U.E.A.
Presente.-

Por medio de presente CERTIFICO que:

El proyecto de titulación, investigación y desarrollo correspondiente a **FREIRE CASTRO ANGEL MARCELO**, con C.I. 1600604068 con el Tema: **"ELABORACIÓN DE JABON LÍQUIDO CON ACEITE VEGETAL DE UNGURAHUA(*Oenocarpus bataua*) Y ACEITES ESENCIALES DE HIERVA LUISA(*Cymbopogon citratus*)"**, de la Carrera de Ing. Agroindustrial, Director de proyecto. Dr. C. Manuel Pérez Quintana ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 04 %. Informe generado con fecha 14 de junio de 2018 por parte del Director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Ing. Elias Jachero Robalino MSc.
UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

NOTA: Adjunto Informe generado el 14 de junio de 2018 por parte del Director del proyecto.

www.uea.edu.ec

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El Tribunal de sustentación del Proyecto de Investigación y Desarrollo aprueba el proyecto de investigación y desarrollo con tema **“ELABORACIÓN DE JABÓN LÍQUIDO CON ACEITE VEGETAL DE UNGURAHUA (*oenocarpus bataua*) Y ACEITES ESENCIALES DE HIERBA LUISA (*cymbopogon citratus*)”**.

Dr. Amaury Pérez, PhD

Ing. Ketty Yáñez, MBA

MSc. Marianela Escobar

AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente por darme salud y permitirme finalizar mis estudios, por sus bendiciones y por estar cuando más lo he necesitado.

Mi gratitud, principalmente está dirigida a los docentes de la Facultad de Ciencias de la Tierra, de la Universidad Estatal Amazónica, por haberme brindado sus conocimientos y formarme como profesional.

A mis tutores del Proyecto de Investigación, Dr. Manuel Pérez y Dr. Luis Bravo, por sus conocimientos, orientaciones, paciencia y apoyo en la realización de este Proyecto, gracias por su valiosa colaboración.

A mis compañeras y amigos con los que compartí alegrías y tristezas e hicieron de cada día de clases algo inolvidable.

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico de manera especial a mi Madre Martha Castro, quien confía en mí, quien jamás se rinde y consigue todo lo que se propone, por ser un gran ejemplo de fortaleza, cariño, valentía, gracias a ella lo tuve todo, no fortunas ni lujos, sino lo más importante, su amor, cuidado y comprensión, por eso y mucho más le dedico mis logros, aunque una vida no me alcanzara para agradecerle.

A mi Padre Angel Freire, por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos y enseñanzas, por quien siempre me brindó su apoyo incondicional a pesar de las adversidades; su vida es un ejemplo de lucha y dedicación.

A mis hermanos, Wilfrido, Jhon, Cecilia, Areliz, Henry, Javier y Darwin, por su paciencia, consejos, alegría y motivo de superación, Dios los bendiga siempre.

A mis mejores amigos Lucero, Andres, por su amistad sincera y por hacerme sonreír en los peores momentos.

Angel Freire

RESUMEN EJECUTIVO

Se preparó una formulación de jabón líquido a partir de la saponificación con mejor rendimiento de aceite de *Oenocarpus bataua* (ungurahua) e hidróxido de potasio, con la adición de aceite esencial extraído de *Cymbopogon citratus* (hierba Luisa). El rendimiento obtenido para el aceite esencial de hierba Luisa, extraído por destilación por arrastre con vapor fue de 0,48 % como promedio. Este aceite esencial mostró contenido polifenólico y actividad antioxidante. El diseño factorial empleado arrojó como resultado que la temperatura influyó de manera significativa sobre el rendimiento de la pasta jabonosa una vez realizada la saponificación del aceite vegetal de unguahua, en cambio, el tiempo y la interacción tiempo - temperatura no influyeron significativamente en el rendimiento obtenido. El jabón líquido elaborado a partir de la pasta jabonosa y con la adición del aceite esencial de hierba Luisa resultó poseer contenido polifenólico y actividad antioxidante. Se determinaron los parámetros de calidad físico química del jabón líquido obtenido y se demostró que estos cumplen con lo establecido en la norma INEN 850.

PALABRAS CLAVES

Saponificación, jabón líquido, aceite esencial, actividad antioxidante

ABSTRACT

A liquid soap formulation was prepared from the saponification with better oil yield of *Oenocarpus bataua* (ungurahua) and potassium hydroxide, with the addition of essential oil extracted from *Cymbopogon citratus* (Luisa herb). The yield obtained for the essential oil of Luisa grass, extracted by steam distillation was 0.48% on average. This essential oil showed polyphenolic content and antioxidant activity. The factorial design employed showed that the temperature had a significant influence on the yield of the soapy pulp once the saponification of the unguahua vegetable oil was carried out. On the other hand, time and temperature-time interaction did not significantly influence the yield obtained. . The liquid soap made from the soapy paste and with the addition of the essential oil of Luisa grass was found to have polyphenolic content and antioxidant activity. The chemical physical quality parameters of the liquid soap obtained were determined and it was demonstrated that these comply with the provisions of the INEN 850 standard.

KEYWORDS

Saponification, liquid soap, essential oil, antioxidant activity

INDICE

CAPÍTULO I.....	1
1.INTRODUCCIÓN	1
1.2PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2.1PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.2JUSTIFICACIÓN	2
1.3FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4OBJETIVOS.....	3
1.4.1OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1ANTECEDENTES	5
2.2BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1ACEITES VEGETALES.....	6
2.2.2PALMA DE UNGURAHUA (OENOCARPUS BATAUA).....	6
2.2.3ACEITE ESENCIAL	9
2.2.3.1HIERBA LUISA (<i>CYMBOPOGON CITRATUS</i>).....	9
2.2.4MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	12
2.2.4.1EXTRACCIÓN EFFLEURAGE.....	12
2.2.4.2EXTRACCIÓN DE DESTILACIÓN TURBO.....	12
2.2.4.3EXTRACCIÓN POR DESTILACIÓN DE VAPOR	12
2.2.5MÉTODOS PARA EVALUAR LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.....	13
2.2.6OBTENCIÓN DE JABONES.....	13
2.2.6.1JABONES LÍQUIDOS.....	16
2.2.6.2CLASIFICACIÓN	16
2.2.6.3MATERIAS PRIMAS	17
2.2.6.4SAPONIFICACIÓN	18
2.2.6.5EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL JABÓN	18
2.2.6.6FORMULACIÓN DEL JABÓN LÍQUIDO	19
2.2.6.7ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL JABÓN LÍQUIDO	19
CAPÍTULO III	21
3METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	21
3.1LOCALIZACIÓN.....	21

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	21
3.4.1 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE VEGETAL DE UNGURAHUA	24
3.4.2 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (MÉTODO A. O. C.S. CA. 5A-40)	24
3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA.....	25
3.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.7 MATERIALES Y EQUIPOS	28
3.8 FORMULACIÓN DEL JABÓN LÍQUIDO	29
3.9 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL JABÓN LÍQUIDO.....	31
3.10 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO POLIFENÓLICO POR EL MÉTODO FOLIN CIOCALTEAU.....	33
3.11 DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL MÉTODO FRAP (FERRIC ION REDUCING ANTIOXIDANT POWER) (BENZI Y STRAIN 1996)	34
CAPÍTULO IV	36
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1 RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (<i>CYMBOPOGON CITRATUS</i>) EXTRAÍDO POR DESTILACIÓN A VAPOR.....	36
4.2 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN LA REACCIÓN DE SAPONIFICACIÓN.....	36
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL.....	37
4.4 CONTENIDO POLIFENÓLICO (MÉTODO FOLIN-CIOCALTEAU).	41
4.5 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE (MÉTODO FRAP).....	43
5 CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES	45
5.1 CONCLUSIONES	45
5.2 RECOMENDACIONES	45
CAPÍTULO VI	46
6.1 BIBLIOGRAFÍA	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. División taxonómica de unguurahua.	6
Tabla 2. Composición de ácidos grasos del aceite del mesocarpio de <i>Oenocarpus Bataua</i> ...	8
Tabla 3. Constituyentes menores y composición de esteroides del aceite de <i>O. bataua</i>	9
Tabla 4. Clasificación taxonómica de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).	10
Tabla 5. Compuestos químicos del aceite esencial de Hierba Luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) obtenido por destilación con arrastre de vapor de agua.	11
Tabla 6. Propiedades de los aceites vegetales, acciones en la piel y saponificación.	17
Tabla 7. Insumos requeridos para obtención de la pasta jabonosa.	19
Tabla 8. Insumos requeridos para la dilución de la pasta jabonosa.	19
Tabla 9. Especificaciones del jabón líquido de tocador.	20
Tabla 10. Condiciones meteorológicas de la ciudad de Puyo	21
Tabla 11. Matriz de diseño experimental para un diseño factorial 2^3	27
Tabla 12. Niveles de los parámetros de control.....	28
Tabla 13. Parámetros de control en la reacción de saponificación.	30
Tabla 14. Rendimiento del aceite esencial de hoja de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) en estado fresco.....	36
Tabla 15. Resultados del análisis de varianza para el modelo cuadrático sugerido.	37
Tabla 16. Resultados del diseño experimental para optimizar el rendimiento de la pasta jabonosa.....	39
Tabla 17. Análisis físico químico del jabón líquido.	40
Tabla 18. Resultados del análisis de varianza para la comparación de polifenoles totales. 41	
Tabla 19. Comparaciones múltiples a través de la prueba de Tukey para polifenoles totales.	42
Tabla 20. Medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.....	42
Tabla 21. Resultados del análisis de varianza para la comparación de la actividad antioxidante (FRAP).	43
Tabla 22. Comparaciones múltiples a través de la prueba de Tukey para actividad antioxidante.	44
Tabla 23. Medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000 (actividad antioxidante).	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acción limpiadora del jabón.....	16
Figura 2. Saponificación de grasas con hidróxido de potasio.	18
Figura 3. Diagrama heurístico de la metodología de la investigación.	22
Figura 4. Diagrama de flujo de extracción del aceite de unguahua (<i>Oenocarpus bataua</i>)	24
Figura 5. Diagrama de flujo de extracción del aceite esencial de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	26
Figura 6. Diagrama de elaboración de jabón líquido.	33
Figura 7. Efecto de los factores temperatura y tiempo en el rendimiento de la pasta jabonosa. A – gráfico de probabilidad; B – diagrama de Pareto	38
Figura 8. Relación entre los datos de rendimiento experimentales y calculados por el modelo.....	38
Figura 9. Efecto de la temperatura y el tiempo de saponificación sobre el rendimiento de la pasta jabonosa.	40
Figura 10. Actividad polifenólica por el método Folin-Ciocalteu (mg/L) de aceite esencial de hierba Luisa, aceite fijo de unguahua y jabón líquido (tres repeticiones).	41
Figura 11. Actividad antioxidante por el método FRAP (mg/L) de aceite esencial de hierba Luisa, aceite fijo de unguahua y jabón líquido (dos repeticiones).	43

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	18
Ecuación 2	25
Ecuación 3	27
Ecuación 4	31
Ecuación 5	32
Ecuación 6	32
Ecuación 7	34

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país privilegiado en términos de diversidad biológica. Está incluido dentro de los 17 países más mega diversos del planeta, considerando que su territorio cubre solo el 0,2% de la superficie terrestre de la Tierra (Mittermeier, 1997).

Su gran biodiversidad se refleja en una variedad de organismos vivos y especies vegetales, el 18% de las especies de aves, incluido el 50% de las plantas de América del Sur, y el 7% de los anfibios. Dentro de su superficie se encuentra el 7% de las especies de plantas vasculares que existen en el mundo, el 11% de los helechos, el 20% de las orquídeas. Cabe recalcar que Ecuador también es un país cultural y multiétnico, dentro de él se ubican 14 nacionalidades y 10 de ellas se encuentran en la región amazónica (Romero et al., 2016).

La biodiversidad que existe y ofrece la amazonia ecuatoriana es ideal para elaborar una amplia gama de productos naturales adecuados para la industria cosmética, por ejemplo de aceites vegetales, aceites esenciales y extractos de plantas. Son ideales para elaborar productos en el cuidado de la piel. Los extractos de plantas, debido a la actividad antioxidante, son capaces de prevenir o reducir el daño oxidativo. Los compuestos bioactivos suelen ser flavonoides, compuestos polifenólicos y antocianidinas, principalmente (Mosquera et al., 2012).

Moreno (2003) define que los aceites pertenecen al grupo de compuestos que bioquímicamente se conocen con el nombre de lípidos, los aceites son compuestos químicos formados por la mezcla de ácidos grasos con glicerina (glicéridos). La mayor parte de los glicéridos encontrados de forma natural son triglicéridos, dichas sustancias están compuestas de tres tipos de ácidos grasos. Los componentes principales que tienen dichos aceites son compuestos llamados carotenos, xantofilas adquieren un color que comúnmente puede ser naranja y amarillo.

Hoy en día los productos cosméticos naturales en los mercados tanto nacionales como internacionales requieren que se presenten fórmulas con componentes extraídos exclusivamente de plantas que no contienen sustancias tóxicas o efectos secundarios (Revista GCI, 2002).

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecuador posee una gran biodiversidad de plantas aromáticas y medicinales en su territorio y en especial en la región amazónica. Es así que en la Amazonia, no se ha impulsado por parte de los gobiernos autónomos en el desarrollo de tecnologías, para la obtención de aceites esenciales de estas plantas, en la mayoría de los casos las plantas se utilizan en infusión o en forma de té por su agradable aroma y sabor o por sus propiedades, antisépticas, antiinflamatorias, cicatrizantes, que aportan beneficios únicos a las piel.

A pesar de todas las ventajas que brindan estos recursos naturales, no son totalmente aprovechados en el desarrollo de actividades que promuevan un progreso económico y sustentable con el medio ambiente. Uno de los procesos que se puede dar como alternativa es la extracción de aceites, lo cual es un proceso que aprovecha las propiedades de la planta para obtener un producto valorado en el mercado nacional e internacional.

Ante esta situación pronunciada, la presente investigación busca aprovechar los recursos naturales mediante la extracción del aceite esencial de unguurahua (*Oenocarpus bataua*) para el enriquecimiento de jabón líquido ya que el producto procesado tendrá como fin aportar beneficios a la piel, y promover las propiedades de la unguurahura a nivel de laboratorio.

Los aceites esenciales, tales como el aceite de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) son ricos en vitaminas que aportan beneficios a la piel, evitando el envejecimiento celular, hidratándola y regenerando las células por su actividad antioxidante que dichos aceites contienen.

1.2.2 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación pretende realizar un estudio el cual permita conocer en teoría y experimentalmente, la extracción del aceite esencial de plantas amazónicas, y de esta manera lograr sacar provecho de la variedad vegetal con la que cuenta la región amazónica, además de determinar el mejor método de extracción se evaluara el rendimiento y que tecnología se implementa para dicha operación.

El aceite de unguurahua tiene propiedades nutritivas para la piel retrasa el envejecimiento celular por su contenido de vitamina E, se saponifica rápidamente, produce espuma suave y tiene acción limpiadora eficiente.

Desconocimiento, falta de indagación, recursos económicos y técnicos para aprovechar los recursos naturales, son algunos de los principales inconvenientes a los cuales se enfrentan las industrias y empresas cosméticas de Ecuador.

El uso de aceite de unguahua (*Oenocarpus bataua*) y aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) en la elaboración de jabón líquido, contribuirá a conocer cada etapa, la dosificación, la actividad antioxidante y los análisis fisicoquímicos de calidad del producto final, lo cual permitirá formular y explorar una propuesta práctica desde un diseño experimental.

El estudio de la actividad antioxidante de aceites fijos es muy frecuente debido a la gran importancia de su uso en cosmética moderna. En base a este estudio se pretende fomentar la investigación de especies amazónicas que contribuyan, a la elaboración de productos cosméticos y otros posibles usos.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efecto tendrán el uso de materias primas amazónicas y las condiciones de temperatura y tiempo de saponificación en la obtención de jabón líquido a partir del aceite de *Oenocarpus bataua* (ungurahua) y con la adición de aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), en las características físico químicas del producto final?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar jabón líquido, a partir de aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*).

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar la extracción del aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), con actividad antioxidante comprobada, mediante destilación por arrastre con vapor.
2. Evaluar el rendimiento de la reacción de saponificación del aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*) con hidróxido de potasio a partir de un diseño estadístico factorial sobre la base de las variables temperatura y tiempo.
3. Valorar la actividad antioxidante y la posible presencia de compuestos polifenólicos en el jabón líquido formulado a partir del material saponificado a través de los métodos espectrofotométricos: FRAP y Folin Ciocalteu.
4. Determinar las características físicas y químicas del jabón líquido obtenido.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES

Salazar & Mayanquer, (2009) Obtuvieron aceites esenciales de Cedron(*Aloysia Triphylla*), Sunfo (*Clinopodium nubigenum*), y Hierba luisa(*Cymbopogon Citratus*), por destilación con arrastre de vapor, en estado fresco y deshidratado, utilizando tiempos de 45 minutos y 90 minutos, los resultados obtenidos en el experimento de los tratamientos estudiados en estado fresco de las especies mencionadas si influyen en el rendimiento y en las características fisicoquímicas de los aceites esenciales, se realizaron tres extracciones de 1 Kg de muestra fresca de Hierba Luisa y se obtuvieron por cada extracción la siguientes cantidades de aceite esencial R1:3,6 ml R2: 3,5 ml R3: 3,4 ml y finalmente se obtuvo un rendimiento de 0,35 %.

La investigación de Camacho & Cervantes (2015), permitió evaluar la actividad antioxidante del aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*) mediante el método *in vitro*. Para determinar dicha actividad se empleó el método de radical estable 2,2-difenil-1-picril hidrazilo (DPPH), utilizando como referencia la vitamina E (alfa tocoferol acetato), los resultados determinados en el desarrollo de la investigación arrojaron que el aceite de *Oenocarpus bataua* presentó una actividad antioxidante de 68,42; 91,38; 87,88 y 85,12 % a las concentraciones de 6, 8, 10 y 12 % respectivamente, en comparación con la vitamina E que presentó una actividad antioxidante de 77,51; 93,42 y 92,73 % a las concentraciones de 6, 8 y 10%.

Díaz de los Ángeles (2017), elaboró un jabón líquido para uso industrial a partir de glicerina, debido a que este subproducto es obtenido como desecho de la elaboración de biodiesel y por ende es un contaminante ambiental. Una vez obtenido el producto jabón líquido industrial se procedió a determinar las características fisicoquímicas y se realizaron los ensayos de determinación de potencial de hidrógeno (pH), determinación de la alcalinidad total. Se demostró que el subproducto de desecho de la elaboración de biodiesel es viable para elaborar un jabón líquido industrial.

Leyva Arévalo & Torres Gómez (2016) obtuvieron un jabón líquido usando aceite vegetal reciclado en la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana-Iquitos, en esta investigación se realizó el análisis fisicoquímico del aceite vegetal reciclado, el cual presentó un índice de

saponificación de 278,9 mg de KOH/g, índice de acidez 0,28 mg de KOH/g, ácidos grasos libres 0,56 % y índice de peróxido 278,9 mg. De KOH/g. Se aplicó un diseño experimental del tipo factorial 2³, los factores que se analizaron fueron la composición de la mezcla del aceite de coco/aceite reciclado y el tiempo de reacción a temperaturas de 70 y 90 °C.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 ACEITES VEGETALES

Koolmal (2004) explica que los aceites no volátiles forman parte de la familia de los lípidos, los cuales son fácilmente solubles en disolventes orgánicos como el metanol, la acetona, cloroformo y el benceno.

Los aceites o grasas vegetales son compuestos orgánicos que se extraen de células vegetales. Estos suelen ser frutos, semillas u otras partes de las plantas (Martínez, 1996). Los aceites vegetales son ésteres de glicerol de ácidos grasos llamados triglicéridos y que son saponificables (Radice et al., 2014)

2.2.2 PALMA DE UNGURAHUA (OENOCARPUS BATAUA)

- **Taxonomía**

A continuación se muestra en la tabla 1 de la división taxonómica de la especie *Oenocarpus bataua* de acuerdo con la nomenclatura moderna.

Tabla 1. División taxonómica de ungurahua.

División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Sub clase	Areceidae
Orden	Arecales
Familia	Areceaceae (Palmae)
Tribu	Areceae
Subtribu	Euterpeinae
Género	Oenocarpus
Especie	Bataua

Fuente: Montaña *et al.* 2010

• Descripción botánica

Es una palma que puede llegar a medir de 12 a 25 metros de altura, su fruto es ovalado de 2,7 a 3,9 cm de largo y de 1,9 a 2,4 cm de grosor, los cuales se encuentran aglomerados en un racimo con un peso de aproximadamente de 3 a 36 kg, y se puede evidenciar una carguío por racimo de 520 a 3,000 frutos, la capa externa es decir la cascara, es dura, lisa y de color negro oscuro cuando está en la etapa de cosecha, lo cubre una capa semi-delgada de color pardo, el mesocarpio es voluminoso con alto contenido de aceite, la cascara y la pulpa tienen un espesor de 2,5 a 3,4 mm. El tallo es simple es decir que es completamente liso y tiene un grosor aproximado de 16 a 27 cm, sus hojas son anchas y puede tener de 9 a 17 hojas, y un largo de 4 a 11 m, sus flores son en forma de cola, protegidas por brácteas que permiten un floreado correcto del fruto (Belizario Ferrel & Cahuana Mamani, 2014).

• Distribución geográfica

La ungurahua (*Oenocarpus bataua*) es una palmera que se encuentra en el Norte de Sudamérica y sur del América Central, en la cuenca amazónica, especialmente en la costa del pacífico de los países de Ecuador, Panamá, Perú, Colombia. En Ecuador se encuentra en las provincias amazónicas como: Pastaza, Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Orellana y algunas provincias de la región Costa: Esmeraldas y El Oro. Esta especie *Oenocarpus bataua* conocida comúnmente como ungurahua en las poblaciones indígenas y mestizas de las zonas rurales de la región amazónica, tiene algunos usos entre los que se resaltan es elaborar artesanías con sus semillas, sus hojas son utilizadas para la construcción de techos de casas, su pulpa es consumida directamente o también es utilizada para elaborar bebidas fermentadas (Padilla & Maricela, 2015).

Según Rendón, Chavez, & Torrico (2013), en el campo de la medicina se utiliza para regenerar y evitar la caída del cabello, además es usado para dar masajes hidratantes por su aporte de vitamina E y usado como laxante. Se usa para el tratamiento del asma, bronquitis, tos, entre otros problemas de origen respiratorio. El aceite de esta especie es usado por su valor nutritivo, reduce la sequedad de la piel, usado en el cabello lo suaviza dándole más brillo.

En la tabla 2 se indica que el aceite del mesocarpio de ungurahua contiene ácido oleico, palmítico, linoleico, linolénico, que son ácidos grasos pertenecientes al tipo omega 3, 6 y 9

los cuales son recomendables en la nutrición, desarrollo hormonal y disminución del colesterol malo.

- **Composición química del aceite del mesocarpio de unguurahua**

Tabla 2. Composición de ácidos grasos del aceite del mesocarpio de *Oenocarpus Bataua*

Ácido graso	Balick (1992)	Briceño & Navas (2005)	Camacho(2015)
Palmítico	13,2	13,6	18,12
Palmitoleico	0,60	0,30	0,89
Esteárico	3,60	2,20	1,74
Oleico	77,7	82,3	72,69
Linoleico	2,70	2,30	1,93
Linolénico	0,60	-	0,79
Otros	1,60	-	0,65
ags / agis*	-	0,20	-

*ags / agis=relación entre ácidos grasos saturados e insaturados.

Fuente: Balick, 1992, Briceño & Navas, 2005 y Camacho (2015).

Según Camacho (2015) la fracción esterólica del aceite de *Oenocarpus bataua* es particularmente muy rica en avenasterol y es relativamente pobre en campesterol, estas características pueden servir como marcadores para la autenticación del aceite vegetal (Tabla 3).

Tabla 3. Constituyentes menores y composición de esteroides del aceite de *O. bataua*

Contenido de constituyentes menores (mg/Kg)		Composición de esteroides (%)	
Esteroides	368	B-sitosterol	34,2
B-caroteno	2,38	Avenasterol	27,8
Alfa-tocoferol	1704	Estigmasterol	19,2
Gamma tocotrienol	269	Campesterol	7,20
Cicloartenol	105	Campestanol	6,00
		Colesterol	3,40
		No identificado	2,2,

Fuente: Camacho, 2015.

2.2.3 ACEITE ESENCIAL

Según Kumar (2010) los aceites esenciales son sustancias aglomeradas que contiene compuestos de naturaleza orgánica volátiles de aroma y de aspecto viscoso espeso, la coloración varía según la especie de la que se extraiga. Los aceites esenciales también se conocen como aceites volátiles, etéreos y se extraen de flores, hojas, tallos, raíces, semillas, corteza y cáscaras de frutas, la cantidad de dichos aceites, que se encuentran en las plantas, pueden oscilar entre 0,02 y el 12 por ciento del total de la muestra extraída.

Estos aceites esenciales son sustancias líquidas volátiles presentes en especies vegetales de las cuales son extraídas del fruto, semilla u otras partes de las plantas, generalmente destilables por arrastre de vapor de agua, que contienen compuestos responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica (Martínez, 1996).

2.2.3.1 HIERBA LUISA (*CYMBOPOGON CITRATUS*)

- **Taxonomía**

En la tabla 4 se representa la clasificación taxonómica de *Cymbopogon citratus* de acuerdo a la nomenclatura moderna.

Tabla 4. Clasificación taxonómica de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*).

Reino	Cormobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliatae (Liliopsida)
Sub-clase	Commelinidae
Orden	Cyperales
Familia	Poaceae (Gramineas)
Género	Cymbopogon Spreng.
Especie	<i>Citratus Stapf</i>

Fuente: Salazar *et al.* 2011

- **Origen y distribución**

Esta planta es originaria de la India, se ha identificado la existencia en Asia Suroriental y también en África ecuatorial, distribuida en zonas tropicales, subtropicales y templadas (Del Pozo Espinosa, 2006).

- **Descripción botánica**

Es una planta herbácea, con rizoma aromático, tiene tallos cortos de forma ramificada, sus hojas pueden llegar a medir una altura de aproximadamente entre 0,9 a 1,5 m y de ancho 1,25 a 2,5 cm, su aroma es cítrico, que están acumulados desde el asiento de la base.

- **Composición química**

Tabla 5. Compuestos químicos del aceite esencial de Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) obtenido por destilación con arrastre de vapor de agua.

Componente químico	Porcentaje (%)
Óxido de Cis-linalool	0,70
Lilalool	0,64
2-hidroxi-1, 1, 10-trimetil-6-9-decalin epidioxi	8,09
Oxirano metanol, 3-metil-3-(4-metil-3-pentenil)	28,4
Dihydronopol	2,52
Neral	19,35
Geranial	15,97
Ácido geránico	5,76
Ácido nérico	9,15
2-tridecanona	1,21
7-metil-z-tetradecen-1-ol-acetato	2,37
Acido 1-alil-2-hidroxi-6-metil-ciclohexanocarboxilico	1,10
9-metil-z10-tetradecen-1-ol-acetato	4,00
Cholestan-3-ol, 2-metileno (3 β , 5 α)	0,30
Etil-linoleato	0,43

Fuente: Physicochemical and Antioxidant Properties of *Cymbopogon citratus* Essential Oil. 2013

En la tabla 5 se muestran los compuestos químicos de hierba luisa, Oxirano metanol, 3-metil-3-(4-metil-3-pentenil) es el que más resalta en el aceite esencial de hoja fresca de *Cymbopogon citratus* que se encuentra en un porcentaje de 28.4 %, se ha demostrado que este componente tiene efecto inhibidor sobre bacterias y hongos.

- **Propiedades**

La especie *Cymbopogon citratus* posee propiedades antimicrobianas, antimicóticas, antiprotozoaria, antitumoral y antiinflamatoria. El potencial antibacteriano a su composición, además presenta propiedades medicinales reconocidas, tiene acción farmacológica sobre el sistema cardiocirculatorio, antihipertensivo, antiespasmódico,

antiasmático, antibacteriano en bacterias Gram positivas como *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus* y antimicótico (Azaña Díaz, Vásquez, & Tatiana, 2017).

2.2.4 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES

Para la extracción de aceites esenciales pueden efectuarse varios métodos: extracción con solvente, prensado en frío, effleurage, extracción CO₂ súper crítica, extracción de destilación turbo y destilación por vapor.

2.2.4.1 EXTRACCIÓN EFFLEURAGE

Este método es utilizado principalmente para extraer aceite esencial de flores, cuyo procedimiento cuenta con colocar una capa de grasa vegetal sobre los pétalos de las flores, luego que la grasa se encargue de absorber los aceites esenciales presentes, el alcohol se usa para separar y extraer los aceites de la grasa, el alcohol se evapora y finalmente queda solo el aceite esencial (Rao & Pandey, 2007).

2.2.4.2 EXTRACCIÓN DE DESTILACIÓN TURBO

Este método de destilación turbo es utilizado para materias vegetales que son difíciles de extraer, como raíces y semillas. En este procedimiento las partes de la planta se sumergen en agua y se hace circular vapor de agua durante todo el procedimiento el agua se recicla continuamente a través de la materia vegetal este método permite una extracción más rápida de los aceites esenciales que son difíciles de extraer (Kumar, 2010).

2.2.4.3 EXTRACCIÓN POR DESTILACIÓN DE VAPOR

La destilación de vapor es un proceso de separación para materias vegetales sensibles a la temperatura las cuales pueden ser aceites, resinas, hidrocarburos, etc. Que son insolubles en agua y pueden descomponerse a un cierto punto de ebullición. Los aceites esenciales contienen sustancias con puntos de ebullición hasta de 200 °C o a otras temperaturas más altas, la temperatura del vapor de este proceso debe ser lo suficientemente alta para vaporizar el aceite presente, pero evitando temperaturas que destruyan el aceite presente. La ventaja que presenta este procedimiento de destilación por vapor es que es un proceso barato y las propiedades de los aceites esenciales con este método no se pierden y aparte de eso es más rápido que otros métodos de extracción (Kumar, 2010)

2.2.5 MÉTODOS PARA EVALUAR LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

- **Ensayo de Fenoles Totales con Capacidad Antioxidante**

La determinación de fenoles totales se realizará por la técnica de Singleton et al. (1999) que determina la capacidad que tienen los polifenoles para reducir el Mo (VI) a Mo (V), como resultado de tal reacción, el reactivo de color amarillo adquiere un intenso color azul que se mide con el espectrofotómetro (Nossa *et al.* 2016).

- **Ensayo de Decoloración del Cation Radical A-A-Difenil-β-Picrilhidrazilo (Dpph)**

Este método es utilizado para cuantificar la capacidad captadora de radicales libres de los extractos se determina el grado de decoloración que provocan sus componentes a una solución metanólica, se prepara una muestra de solución madre de DPPH aproximadamente 20 mg/L del radical en metanol, los resultados se muestran mediante la construcción de una curva patrón usando como antioxidante TROLOX (Mesa-Vanegas et al., 2010).

- **Ensayo de Decoloración con el Radical Cationico ABTS^{•+}**

Este método se obtiene tras la reacción de ABTS con persulfato potásico que se incuba a temperatura ambiente de aproximadamente de 25 °C durante 16 h. la absorbancia se mide de forma continua transcurridos 7 minutos. Los resultados se expresan en TEAC (actividad antioxidante equivalente a Trolox) (Mesa-Vanegas et al., 2010).

- **Ensayo Frap (Ferricreducing/AntioxidantPower)**

Este método evalúa la capacidad antioxidante de una muestra de acuerdo a su capacidad para reducir el hierro férrico (Fe⁺³) presente en un complejo con TPTZ (2, 4, 6-tri (2-piridil)-s-triazina) hasta la forma ferrosa (Fe⁺²), cuyo máximo de absorbancia se encuentran entre 590-595 nm. (Mesa-Vanegas et al., 2010).

2.2.6 OBTENCIÓN DE JABONES

- **Historia**

El jabón actualmente ocupa un lugar esencial en la sociedad. Aunque no se puede precisar el año exacto en que se preparó por primera vez, existen indicios de que ya se usaba hace 2500 A.C. Se cree que la palabra jabón, del latín “*saponem*”, proviene de la montaña Sapo, lugar en el que se sacrificaban animales y cuya grasa era arrastrada junto con las cenizas y el barro hasta las orillas del río Tíber (Contreras & Neri, 2014).

Según De la Rosa Mitma, Asto, & Rosel (2015a) alrededor del siglo XII cuando la historia del jabón llegó a Francia desde Italia, la mayoría de los jabones se elaboraban con la grasa de animales que eran sacrificados en esa época, los franceses obtuvieron una fórmula en la cual en vez de utilizar grasa animal utilizaban grasa vegetal proveniente del aceite de oliva y se le adicionaba el álcali. En el año 1500 introdujeron sus investigaciones a Inglaterra donde la industria del jabón se incrementó debido a las propiedades limpiadoras que dichos jabones tenían. En el año 1783 un conocido químico sueco Carl Wilhelm Scheele obtuvo de forma accidental la reacción de saponificación en la cual se obtuvo glicerina. Para el año 1823 un químico francés descubrió que no todas las grasas simples se pueden combinar con un álcali, sino que se descomponen para formar ácidos grasos y glicerina.

La fórmula egipcia también fue utilizada por los griegos y romanos, se elaboraba hirviendo grasas y aceites con álcali de ceniza y cal y para la limpieza corporal utilizaban el aceite de oliva que contenía propiedades exfoliantes y cuidaba la piel. A lo largo de la historia, distintas poblaciones utilizaban diversos ingredientes para elaborar jabón, se usaba una materia grasa que podía ser de origen vegetal o animal, posteriormente un álcali este podría provenir de parte de plantas o cenizas de madera que eran ricas en carbonatos de sodio y potasio y así se originó la reacción más antigua, la saponificación (Contreras & Neri, 2014)

- **Acción limpiadora**

Según Gabriela, Alonso, Carlos, & Ronald (2011) el jabón es un surfactante que mantiene una emulsión con eficacia como agente limpiador, esto se debe a su naturaleza anfifílica, contiene una parte lipófila (apolar) por medio de la cual se une la grasa o el aceite y una hidrófila (polar) que tiene afinidad por el agua, de esta manera se forma una emulsión con grasa y agua eliminando la suciedad e impurezas de la piel. Cuando el jabón se disuelve en el agua, las moléculas de este son atraídas por la suciedad de la piel y forman una cápsula

alrededor de las partículas que se conoce como micela. Las micelas se suspenden fácilmente en agua porque están cubiertas por los grupos carboxílicos hidrófilos del jabón, en la figura 1 se puede apreciar la acción limpiadora del jabón.

- **Definición**

El jabón es un producto que permite limpiar y eliminar impurezas de la piel, para su elaboración, principalmente, se utiliza grasa de origen animal o vegetal. Químicamente, es la sal de sodio o potasio de un ácido graso que se forma por la reacción de grasas y aceites con álcali (Díaz & de los Angeles, 2017).

- **Composición**

Un jabón tiene como estructura una cabeza que es hidrofílica la cual no es soluble en aceite y su composición se debe al álcali que se utiliza que puede ser hidróxido de potasio o sodio y contiene una cola que es hidrófoba y fácilmente soluble en aceite, que consiste en una cadena de ácidos grasos, en la fabricación del jabón los ácidos grasos más importantes son: el esteárico, palmítico y el oleico (Guijarro, 2016).

- **Características**

El jabón contiene un pH de 7,5 a 9, es un producto que es capaz de aceptar un alto rango de aditivos sólidos y líquidos, es decir, que se le puede adicionar sustancias que enriquezcan al producto y permita mejorar sus propiedades exfoliantes, suavizantes y limpiadoras. La calidad de las materias primas que se usen en su elaboración del jabón tendrá un efecto significativo en el color y fragancia final del producto terminado y es importante elegir de forma correcta de acuerdo al tipo de jabón que se desea elaborar y el uso final que se le quiera dar (Díaz & de los Angeles, 2017).

- **Tipos de jabón**

El jabón se puede encontrar en dos estados sólidos y líquidos, esto depende del álcali que se vaya a utilizar, por ejemplo para elaborar jabones sólidos se utiliza el hidróxido de sodio (NaOH) y para obtener jabones líquidos el hidróxido de potasio (KOH) (Díaz & de los Angeles, 2017).

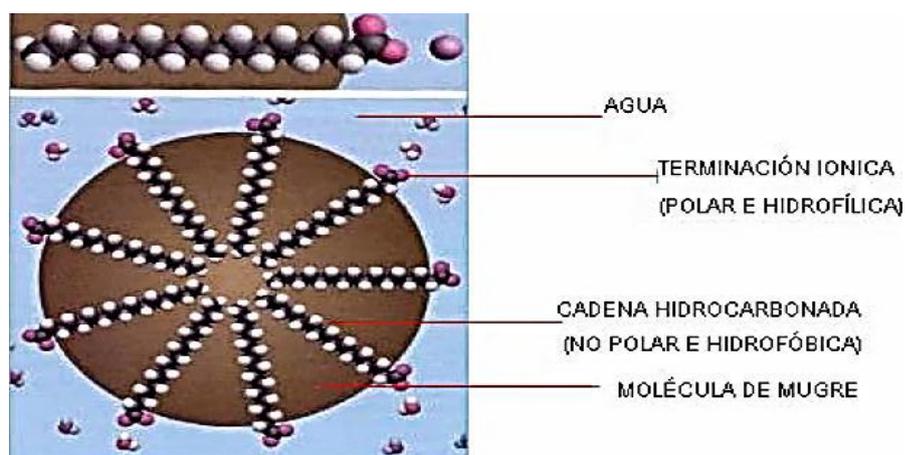


Figura 1. Acción limpiadora del jabón.

Fuente: (Téllez, 2010)

2.2.6.1 JABONES LÍQUIDOS

Estos jabones están disueltos en agua, glicerina o mezcla de aceites que contengan un índice de saponificación apropiado para elaborar jabones líquidos, a los cuales se les adiciona aceites esenciales para darles el aroma u olor agradable al producto final (Díaz & de los Angeles, 2017).

2.2.6.2 CLASIFICACIÓN

Los jabones líquidos se clasifican en tres tipos básicos:

Jabones líquidos naturales, su composición consiste en la mezcla de ácidos grasos de aceites vegetales, como el de palma y coco, al cual se le añade ácido oleico en mínimas cantidades o también ácidos grasos insaturados provenientes de aceites vegetales de girasol, soya, etc. Se utiliza hidróxido de potasio como álcali, estos jabones pueden ocasionar resequedad e irritación. **Jabones líquidos semisintéticos**, son mezclas de surfactantes de ácido oleico neutralizados con una amina orgánica en este caso se utiliza monoetanolamina, la cual es una sustancia que es soluble en agua y da sensación de limpieza en la piel. **Jabones líquidos sintéticos**, estos contienen mezclas de surfactantes y agentes espumantes, poseen ligeras fragancias y se adicionan aditivos naturales como los aceites esenciales para dar aroma y además se adicionan otros ingredientes que ayuden al cuidado de la piel, estos jabones tienen excelentes propiedades limpiadoras y son compatibles en cualquier tipo de agua (De la Rosa Mitma, Asto, & Rosel, 2015b).

2.2.6.3 MATERIAS PRIMAS

Catherine Failor, (2002) indica las principales materias primas que se utilizan dentro de la industria de cosmética para elaborar jabón, en la tabla 6 se puede apreciar las funciones de los aceites y sus propiedades.

Sobre la base de estos aspectos que tienen los aceites vegetales, se escoge el tipo a usar y la proporción, de eso dependerá la calidad del producto final; a continuación, se indican las características de algunos aceites.

Aceite de palma. - Usado principalmente por ser un aceite relativamente barato y que produce espuma muy cremosa y contiene una acción limpiadora eficiente.

Manteca de cacao.- Proporciona suavidad, dureza y cremosidad en la espuma, además es usado para dar aroma a chocolate.

Aceite de coco. - Tiene como particularidad la cantidad de espuma que produce y su acción limpiadora eficaz, puede resultar demasiado limpiador y su desventaja es que produce resequedad e irritación en la piel.

Aceite de unguahua. – Tiene propiedades nutritivas, regeneradoras y suavizantes en la piel es rico en vitamina E, retrasa el envejecimiento celular por la acción de la vitamina E, proporciona elasticidad a las membranas celulares, se saponifica rápidamente, produce espuma suave y tiene acción limpiadora eficiente.

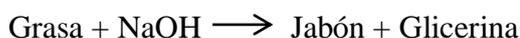
Tabla 6. Propiedades de los aceites vegetales, acciones en la piel y saponificación.

Grasa o aceite	Propiedades limpiadoras	Acciones sobre la piel	Como se saponifica
Almendra	De medias a buenas	Muy suave	Con bastante facilidad
Coco	Excelentes	Acción abrasiva, áspera	Muy rápido
Oliva	De medias a buenas	Muy suave	Con bastante facilidad
Palma	Muy buenas	Muy suave	Con bastante facilidad
Ricino	Suficientes	Suave	Muy fácilmente
Sebo	Buenas	Muy suave	Con bastante facilidad
Semilla de palma	Excelentes	Acción abrasiva, áspera	Muy rápido

Fuente: Steger *et al.*, 2012

2.2.6.4 SAPONIFICACIÓN

La saponificación es un proceso químico por el cual un cuerpo graso, unido a un álcali y agua, da como resultado jabón y glicerina. Las bases o álcalis pueden ser sales de sodio o potasio (Proaño et al., 2015)



Ecuación 1

- **Saponificación del metiléster con un álcali**

La figura 2 muestra como el metiléster es obtenido por trans-esterificación catalítica de triglicéridos con el metanol. El producto final de este proceso tiene un contenido de ácido graso más alto, a cargo de un proceso más costoso.

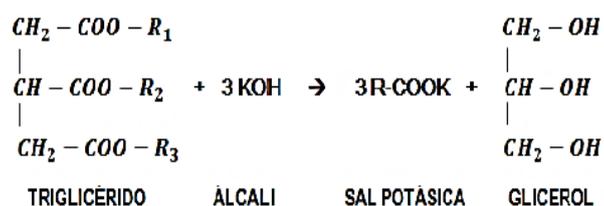


Figura 2. Saponificación de grasas con hidróxido de potasio.

Fuente: (Guerrero González, 2015)

- **Índice de saponificación**

Se utiliza para determinar qué cantidad precisa de hidróxido de potasio, de acuerdo al tipo de aceite vegetal que se vaya a utilizar, para que la grasa se saponifique completamente, químicamente indica la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesario para saponificar un gramo de grasa.

2.2.6.5 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL JABÓN

Para la elaboración de jabón normalmente se utilizan temperaturas menores de 90 °C. La mayoría de jabones se elaboran dentro de diferentes temperaturas, pero el productor de jabón decide según los rendimientos que ha obtenido, la temperatura que mejor favorezca su producción.

2.2.6.6 FORMULACIÓN DEL JABÓN LÍQUIDO

En las tablas 7 y 8, se describen los requerimientos para la obtención de la pasta jabonosa y su dilución.

Tabla 7. Insumos requeridos para obtención de la pasta jabonosa.

Insumos	Peso (gramos)	Porcentaje (%)
Aceite Vegetal de palma	90,00	44,4
Aceite de coco	10,00	4,93
Disolución de KOH al 45%	62,71	30,94
Agua destilada	40,00	19,73
Total		100,0

Fuente: (Leyva Arévalo & Torres Gómez, 2016)

Tabla 8. Insumos requeridos para la dilución de la pasta jabonosa.

Insumos	Peso (gramos)	Porcentaje (%)
Pasta jabonosa	130	26
Agua destilada	325	65
Disolución de ácido cítrico	35	7
Aceite esencial	10	2
Total	500	100

Fuente: (Leyva Arévalo & Torres Gómez, 2016)

2.2.6.7 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL JABÓN LÍQUIDO

Requisitos para jabones líquidos.

La norma técnica ecuatoriana INEN 850 -1982 -02 establece los requisitos que debe cumplir el jabón líquido de tocador. En su alcance esta norma se refiere al jabón líquido de tocador, para uso común, quedando excluidos los productos para usos particulares, tales como desinfectantes o medicinales (Tabla 9).

Requisitos generales:

- El jabón líquido de tocador debe presentarse como una solución acuosa y homogénea.
- El olor debe ser agradable, en condiciones normales de uso y almacenamiento; el producto puede per-fumarse.

- c) No debe contener ingredientes en cantidades que sean tóxicas para los seres humanos.
- d) El jabón líquido de tocador debe producir espuma durante su uso.
- e) El producto debe estar libre de materias extrañas a su composición y fórmula declarada.
- f) El jabón líquido de tocador, mantenido a 5°C durante 24 h, no debe presentar sedimentación ni turbidez.
- g) El jabón líquido de tocador debe cumplir las especificaciones establecidas en la siguiente tabla.

Tabla 9. Especificaciones del jabón líquido de tocador.

Requisito	Unidad	Máximo	Método de ensayo
Materia soluble en agua	(m/m)	0,2	INEN 816
Materia insoluble en alcohol	(m/m)	1,2	INEN 817
Alcalinidad libre (NaOH)	(m/m)	0,12	INEN 821
Cloruros	(m/m)	0,7	INEN 819
pH	-----	9,5	INEN 820

Fuente: INEN 850 -1982

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto de investigación se desarrolló en los Laboratorios de Química y Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en la Provincia y Cantón Pastaza, en el km. 2½, vía a Tena. La materia con la que se trabajó se obtuvo del Mercado del Centro Agrícola del Cantón Pastaza. La ciudad de Puyo posee un clima tropical húmedo, cuyas características se describen en la tabla 10.

Tabla 10. Condiciones meteorológicas de la ciudad de Puyo

Datos Meteorológicos	Valores promedio
Humedad relativa (%)	69-89%
Temperatura promedio (°C)	16°C – 25°C
Precipitación anual (mm)	3 500 y 4 000 mm
Viento	14 km/h – E
Zona ecológica	Bosque semi-húmedo tropical

Fuente: Climatología, 2015

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación es de tipo descriptiva y experimental. Descriptiva porque se analizó el índice de saponificación que tiene el aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*) y se determinó el rendimiento del aceite esencial de hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*). De tipo experimental porque se manipuló, en la reacción de saponificación, la temperatura y el tiempo de reacción para obtener la parte jabonosa.

Transversal: porque la investigación se realizó en un corto periodo de tiempo.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

El procedimiento metodológico que se aplicó para la ejecución del proyecto de investigación fue de método científico, la extracción del aceite esencial de hierba Luisa

Cymbopogon citratus, se realizó la destilación por arrastre de vapor. En la elaboración de jabón líquido se tomó en cuenta la formulación propuesta por Leyva y Torres (2016). Para la determinación de polifenoles se usó el método del Folin Ciocalteau. En la evaluación de actividad antioxidante se utilizó el ensayo FRAP. Se determinarán las características físicas y químicas del jabón obtenido de acuerdo a la Norma INEN 850 -1982.

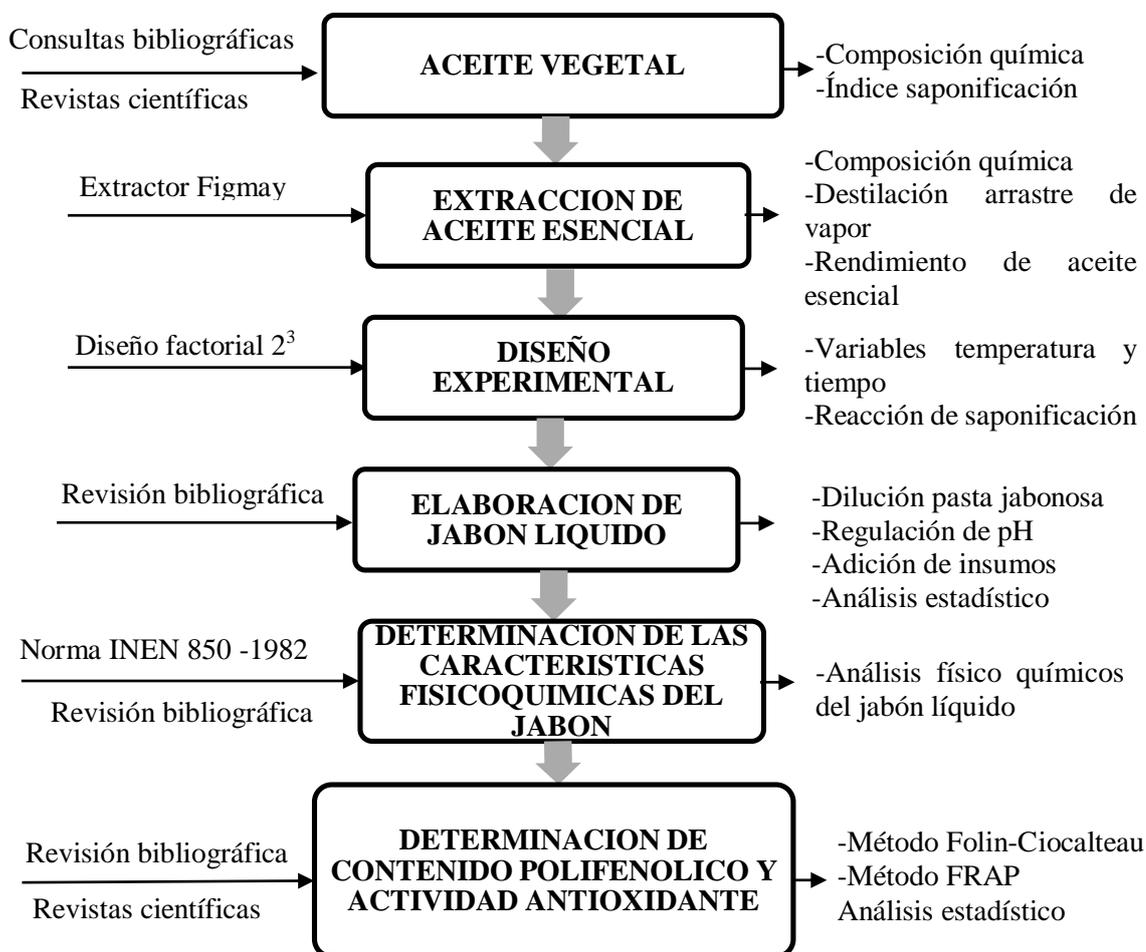


Figura 3. Diagrama heurístico de la metodología de la investigación.

Fuente: Elaboración propia

Para el cumplimiento de los objetivos específicos se describen en la Figura 3, partiendo de:

- **Recuperación de información**

La investigación se obtuvo de fuentes secundarias en la que se realizó un sondeo en revistas científicas, artículos científicos de revistas indexadas, tesis de pregrado, páginas web y libros.

3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE UNGURAHUA

Recolección:

El fruto de ungurahua (*Oenocarpus bataua*) provino de la parroquia Diez de Agosto, km 12, vía Arajuno, para su recolección los frutos fueron depositados en un saco, luego se seleccionaron y se descartaron los frutos dañados en la figura 4 se muestra el proceso de extracción del aceite vegetal.

Recepción.- Se verificó que los frutos de ungurahua estén maduros y se descartan los frutos verdes o con daños y se procedió a almacenar a temperatura ambiente por 24 horas.

Lavado.- Se colocaron los frutos en un balde con agua y se eliminaron materiales extraños y luego se pesaron los frutos seleccionados.

Ablandamiento.- Se colocan los frutos en recipientes plásticos con agua hasta sumergir completamente los frutos y se deja en remojo por 6 horas, luego se utiliza agua caliente a 60 °C por 15 minutos. El indicador de ablandamiento del fruto se verifica por la presencia de una abertura en la corteza del fruto.

Despulpado.- Se separa la pulpa de la corteza y de la semilla con un cernidor metálico y se procede a cernir para obtener el jugo de la pulpa.

Evaporación.- La solución de pulpa cernida se coloca en una olla y se somete a calentamiento a 130 °C por un tiempo de 40 a 45 minutos es importante controlar la temperatura.

Filtración. - Se colocó una tela en el recipiente, se vierte el aceite obtenido y se separan las impurezas y restos de la pulpa, finalmente se tapa el recipiente para evitar derrames.

Almacenamiento.- El aceite se guarda en un lugar limpio, protegido de la humedad y evitando la exposición al sol.

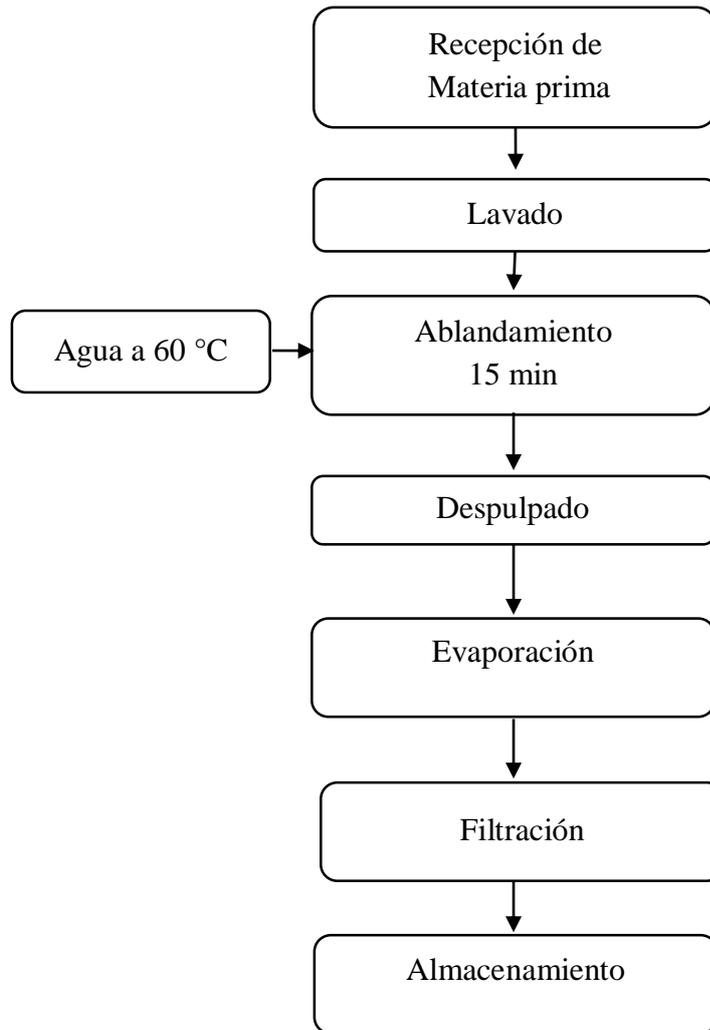


Figura 4. Diagrama de flujo de extracción del aceite de unguurahua (*Oenocarpus bataua*)

Fuente: Elaboración propia

3.4.1 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN DEL ACEITE VEGETAL DE UNGURAHUA

3.4.2 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (MÉTODO A. O. C.S. CA. 5A-40)

Se pesó en un matraz de ebullición 2 g de grasa, se añadió 25 ml de solución etanólica de KOH 0,5 N. Se instaló el equipo refrigerante de reflujo y se calentó a 125 °C hasta que produzca ebullición, durante 60 minutos, agitando por rotación magnética de vez en cuando. Se retiró el matraz de la fuente de calor y se agregó de 4 a 5 gotas de fenolftaleína, posteriormente, se valoró la solución jabonosa, en caliente, con solución de ácido clorhídrico

0,5 N. Se realizó en las mismas condiciones un ensayo en blanco. Calcular el índice de saponificación expresado en mg de KOH por gramos de grasa.

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{56,1 \times N (V - V'')}{P} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

V = Volumen en ml de solución de HCl 0,5 N utilizados en la prueba en blanco.

V''= Volumen en ml de solución HCl 0,5 N utilizados en el ensayo.

N = Normalidad exacta de la solución

P= Peso en gramos de la muestra utilizada.

3.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*)

Las hojas de hierba luisa *Cymbopogon citratus* se obtuvieron de la parroquia Diez de Agosto, km 12, vía Arajuno, se dejaron en un recipiente durante 24 horas en la figura 5 se describe el proceso de extracción del aceite esencial.

Recepción.- Las muestras de hierba luisa fresca fueron seleccionadas eliminando las que presentaban deterioro o en mal estado u otros componentes que afecten la calidad del proceso.

Limpieza.- Se procedió a eliminar materiales extraños como polvo, raíces y otros componentes ajenos a la materia prima.

Reducción de tamaño.- Para asegurar una mayor exposición de las glándulas de aceite, se requiere fragmentar en partículas de aproximadamente 1 mm.

Pesado.- Con una balanza analítica se procedió a pesar 800 gramos de materia prima fresca en cada canasto del equipo. Se procede a colocar en la cámara de destilación.

Destilación.- En este proceso se colocó agua en el fondo del reactor hasta que alcanzó el punto de ebullición que es alrededor de 100- 110 °C, este proceso consiste en separar por calentamiento sustancias volátiles que son relativamente inmiscibles con el agua.

Condensación.- Los vapores son condensados y enfriados simultáneamente.

Separación.- La mezcla de líquidos es obtenida en la cámara de separado, el agua queda en el fondo mientras que el aceite, con menos densidad, queda en la parte superior. Se procede

a separar el aceite esencial eliminando el agua cuidadosamente hasta que quede completamente el aceite esencial.

Envasado.- Se envasa en frascos de vidrio o de plástico.

Almacenamiento.- El aceite esencial se almacena en lugares limpios, frescos y evitando la radiación solar.

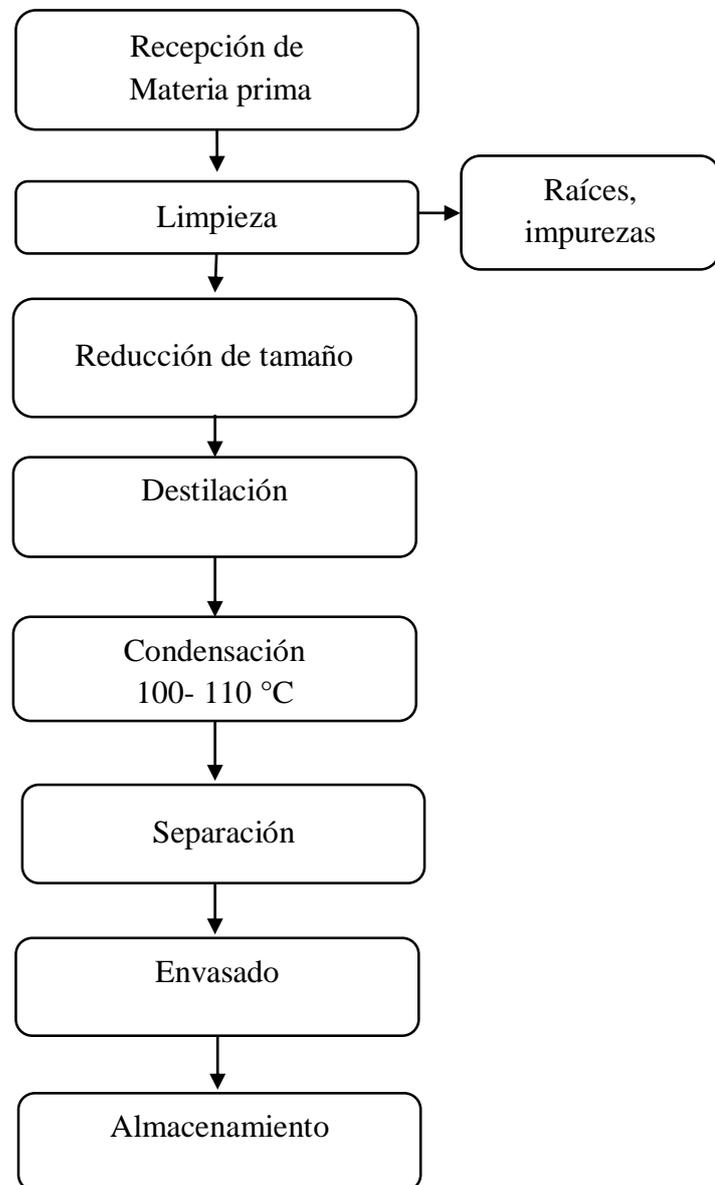


Figura 5. Diagrama de flujo de extracción del aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*)

Fuente: Elaboración propia

3.5.1 RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL

Se determinó cuantitativamente el rendimiento del aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y el resultado se expresó en porcentaje mediante la ecuación: (Álvarez et al., 2001).

$$R = \frac{M1}{M2} * 100$$

Ecuación 3

Dónde:

R = rendimiento en porcentaje (%).

M1 = Peso del aceite esencial obtenido en (g).

M 2= Peso de materia prima vegetal inicial (g).

100= Factor matemático.

3.6 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño factorial empleado se describe en la tabla 11 y los parámetros de control del diseño experimental en la tabla 12.

Tabla 11. Matriz de diseño experimental para un diseño factorial 2³.

Exp.	T °C	t min
1	50	6
2	90	6
3	50	2
4	70	4
5	50	2
6	90	6
7	90	2
8	90	2
9	70	4
10	50	6
11	70	4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Niveles de los parámetros de control.

Parámetros de control	Unidad	Niveles
Temperatura	°C	50 – 70 – 90
Tiempo	minutos	2 – 4 – 6

Fuente: Elaboración propia

T °C= temperatura de reacción de saponificación

T min = tiempo de reacción en minutos

3.7 MATERIALES Y EQUIPOS

Materia prima vegetal

- Aceite de unguurahua *Oenocarpus bataua*.
- Aceite esencial de hierba luisa *Cymbopogon citratus*.

Reactivos químicos

- Hidróxido de potasio
- Ácido cítrico
- Fenolftaleína
- Alcohol etílico neutro
- Ácido clorhídrico
- Cloruro férrico
- Folin–Ciocalteu
- Agua destilada

Instrumentos

- Matraces aforados de 10 mL y 250 mL

Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza analítica digital
- Extractor de Aceites esenciales Figmay
- Plancha de calefacción
- Mufla
- Espectrofotómetro ultravioleta

3.8 FORMULACIÓN DEL JABÓN LÍQUIDO

1) Obtención de la pasta jabonosa

Se realizaron pruebas de saponificación al aceite vegetal de unguahua, se utilizaron 25 gramos de aceite con 16 mL de disolución de hidróxido de potasio al 45%, se evaluó la temperatura y el tiempo de reacción, para observar el rendimiento obtenido. Los parámetros de control que se combinaron en el proceso de saponificación se muestran en la tabla 12 y en la figura 6 se describe el proceso de elaboración del jabón líquido.

- **Preparación de la solución alcalina**

Se prepararon soluciones de hidróxido de potasio al 45% para cada corrida, teniendo en cuenta el índice de saponificación del aceite de unguahua, previamente determinado utilizando el KOH que se emplea en el proceso de saponificación.

- **La saponificación**

En la tabla 13 se aprecia las cantidades que se utilizaron para la reacción de saponificación, se pesaron 25 gramos de grasa en un vaso de precipitación con agitación constante y ayuda de una varilla de agitación. Luego se calentó la muestra hasta alcanzar la temperatura establecida para cada corrida experimental, seguidamente, se agregó por goteo con una bureta de 25 mL, 16 mL la solución de KOH al 45%, calentando sin dejar de agitar, hasta que se forme una solución homogénea, que poco a poco se va a solidificar.

Tabla 13. Parámetros de control en la reacción de saponificación.

Corridas	A.U (gramos)	KOH (ml)	T °C	t min
1	25	16	50	6
2	25	16	90	6
3	25	16	50	2
4	25	16	70	4
5	25	16	50	2
6	25	16	90	6
7	25	16	90	2
8	25	16	90	2
9	25	16	70	4
10	25	16	50	6
11	25	16	70	4

Fuente: Elaboración propia

A.U = Aceite de unguahua en gramos

KOH = Cantidad de solución de hidróxido de potasio al 45%

T =Temperatura de reacción

t = Tiempo de la reacción

El propósito de variar los parámetros de control en la reacción se debe a que con frecuencia se emplean temperaturas relativamente altas y tiempos también prolongados, sin embargo, es bien conocido que se pueden llegar a condiciones más específicas de ambos parámetros, dependiendo sobre todo del tipo de aceite y el tipo de álcali que se utilice en la saponificación.

2) Dilución de la pasta jabonosa

Para la dilución de la pasta jabonosa se utilizó agua destilada a 80 °C, hasta que quede completamente disuelta, luego se adicionó la solución de ácido cítrico al 5 % y finalmente, se agregó el aceite esencial para darle aroma al jabón.

3) Regulación de pH

Para regular el pH del jabón líquido se usó una solución de ácido cítrico (5 gramos de ácido cítrico disuelto en 100 mL de agua destilada).

3.9 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL JABÓN LÍQUIDO (Norma Técnica Ecuatoriana 1982).

a) pH (INEN 820 1982-02)

La determinación de este parámetro de calidad se efectuó sobre la muestra homogenizada. Se colocaron aproximadamente 25 ml en un vaso de precipitación de 100 ml y se introdujo el electrodo del potenciómetro (previamente calibrado) en la muestra de jabón, cuidando que no toquen las paredes ni el fondo del recipiente. Se anotó el valor que obtenido.

b) Alcalinidad libre (NaOH) (INEN 822 1982-02)

Se pesan y colocan en un matraz Erlenmeyer, 10 g de muestra, se añaden 100 mL de alcohol etílico neutro y se disuelve mediante agitación, manteniendo caliente hasta disolución completa. Se adicionan cinco gotas de solución indicador de fenolftaleína para determinar el carácter básico o ácido de la solución; se continua con la determinación, si la solución es alcalina, se titula con solución de ácido clorhídrico 0,1 N.

La alcalinidad libre se determina mediante la ecuación siguiente:

$$Al=4 \frac{V \cdot N}{m} \quad \text{Ecuación 4}$$

Siendo:

AL = Alcalinidad libre, expresada como hidróxido de sodio, en porcentaje de masa.

V = Volumen de la solución de ácido clorhídrico utilizado en la titulación, en ml.

N = Normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

m = Masa de la muestra analizada en gramos.

c) Materia insoluble en alcohol (INEN 817 1982-02)

Se pesaron de 2 a 5 g de muestra y colocaron en un vaso de precipitación de 250 ml, adicionando 100 ml de alcohol etílico, previamente neutralizado y se disuelve la muestra calentando en baño María, se filtra a través de crisol Gooch poroso No. 4 tarado y con succión; se repite la extracción y filtración tres veces, usando en cada operación, 25 ml de alcohol etílico neutro a 60 °C. Se coloca el crisol con el residuo insoluble en la estufa, a 105°C durante 3 h. Se enfría en el desecador y se pesa el crisol con el residuo insoluble seco. El contenido de materia insoluble en alcohol, se determina mediante la ecuación siguiente:

$$Ia1=100 \frac{m1-m2}{m}$$

Ecuación 5

Siendo:

Ia1 = Materia insoluble en alcohol, en porcentaje de masa.

m = Masa de la muestra analizada, en gramos.

m1 = Masa del crisol Gooch con el residuo insoluble seco, en gramos.

m2 = Masa del crisol Gooch, en gramos.

d) Materia insoluble en agua (INEN 816 1982-02)

Se pesan de 2 a 5 g de muestra, y se colocan en un vaso de precipitado de 250 ml, se adicionan 100 ml de alcohol etílico previamente neutralizado y se disuelve la muestra con ayuda de calentamiento en baño María. Se filtra a través de crisol Gooch poroso No. 4 tarado y con succión; luego se lava el residuo con tres porciones de 25 ml de alcohol etílico neutro a 60 °C. Se lava, nuevamente, el residuo con cinco porciones de 25 ml de agua destilada caliente (aproximadamente a 60 °C), procediendo a la correspondiente filtración con succión. Se coloca el crisol con el residuo insoluble en la estufa, a $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 3 h. Se enfría en el desecador y se pesa el crisol con el residuo insoluble seco.

El contenido de materia insoluble en agua, en agentes tensioactivos, se determina mediante la ecuación siguiente:

$$IA= \frac{m1-m2}{m}$$

Ecuación 6

Siendo:

IA = Materia insoluble en agua, en porcentaje de masa.

m= Masa de la muestra analizada, en gramos.

m1 = Masa del crisol Gooch con el residuo insoluble seco, en gramos.

m2 = Masa del crisol Gooch, en gramos.

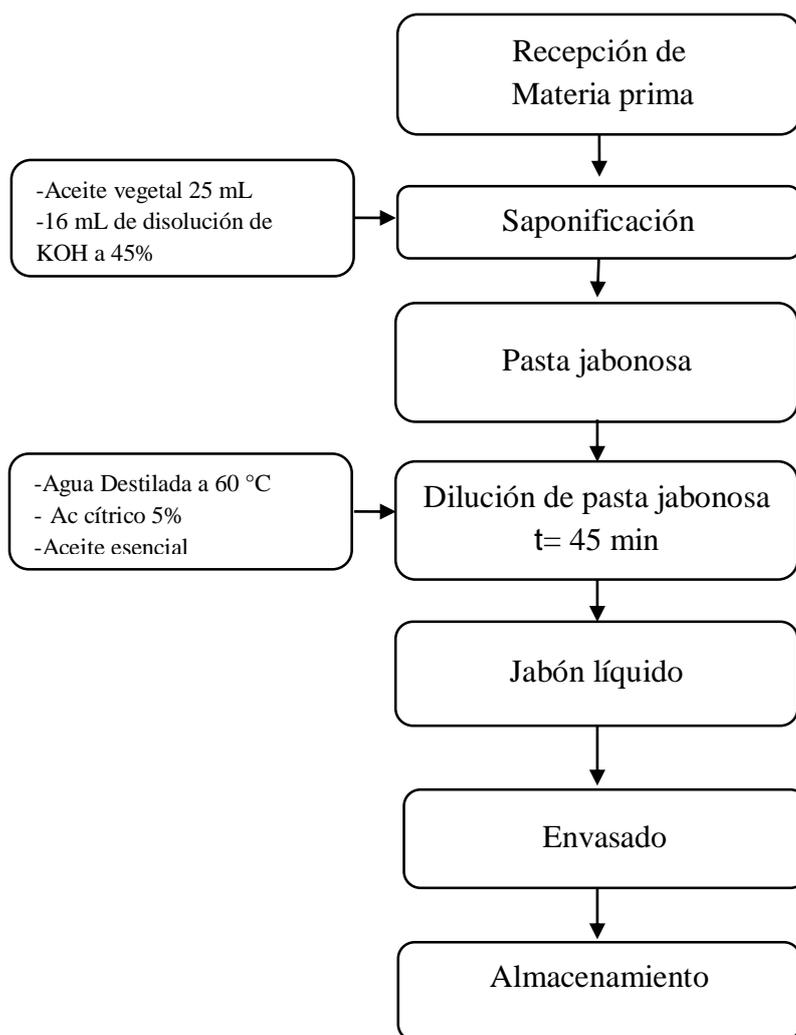


Figura 6. Diagrama de elaboración de jabón líquido.

Fuente: Elaboración propia

3.10 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO POLIFENÓLICO POR EL MÉTODO FOLIN CIOCALTEAU

Se determinó el contenido de polifenoles presentes en las muestras de aceite esencial de hierba luisa, aceite vegetal de unguurahua y en el jabón líquido cuyos resultados se expresaron en mg/L de muestra, a través de la ecuación de la curva de calibración de ácido gálico (Bravo *et al.*, 2017). Determinación de polifenoles totales manifestado en gramos por cada 100 gramos de muestra analizada se calcula por la siguiente fórmula.

$$C = \frac{(A + 0,0028)}{0,0734}$$

Ecuación 7

Dónde:

C= concentración en g/L

A= absorbancia de las muestras analizadas

3.11 DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL MÉTODO FRAP (FERRIC ION REDUCING ANTIOXIDANT POWER) (BENZI Y STRAIN 1996)

Este ensayo se basa en la capacidad que tiene una sustancia antioxidante para reducir Fe^{3+} a Fe^{2+} . El complejo férrico: 2, 4, 6 – tripiridil-s-triazina (TPTZ) incoloro es reducido a complejo ferroso coloreado.

- **Preparación de disoluciones**

Preparación de disolución de ácido clorhídrico (HCl) 40 mM

Se disuelve 535 μL HCl (37%) en 100 mL de agua destilada.

Disolución de tampón acetato 0,3 mM

Se disuelve 0,0061 g de acetato de sodio en 200 mL de agua destilada, se añade ácido clorhídrico 40 mM hasta que la mezcla llegue a un pH de 3,5 y enrasa con agua destilada hasta llegar a 250 mL.

Preparación de disolución de TPTZ 10 mM

Se coloca 0,0352 g de reactivo TPTZ y se disuelve en agua destilada, se transfiere a un matraz aforado de 10 mL y se enrasa con ácido clorhídrico 40 mM.

Preparación de disolución de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20 mM

Se disuelve 0,1352 de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (cloruro de hierro III) en 25 mL de agua destilada.

Preparación de la disolución de trabajo diario FRAP.

Esta disolución deberá prepararse a diario, para lo cual se mezcla 2,5 mL de disolución de TPTZ con 2,5 mL de disolución de cloruro de hierro III y 25 mL de tampón de acetato.

- **Preparación de la muestra**

Se coloca en un matraz de 10 mL, 80 μ L de muestra y se adicionan 5 mL de disolución de FRAP. Se enrasa con agua destilada. Se dejó reposar en una estufa a 37°C por 30 minutos. Se registran las absorbancias a una longitud de onda de 593 nm.

Técnicas y recolección de datos

Se utilizaron técnicas de análisis químico para evaluar las características de la muestra que se estudió. Los datos que se obtuvieron fueron recopilados en cuadros y tablas, para su deducción y subsiguiente interpretación en los resultados.

Procesamiento de la información

Los resultados que se obtuvieron están representados mediante estadística descriptiva, empleando tablas, ilustraciones y gráficos. Se desarrolló el análisis ANOVA para definir si existe cierto grado de diferencia significativa entre las variantes propuestas en la reacción de saponificación y observar la interacción entre las variables de estudio y verificar cual influye en el proceso.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento del aceite esencial de hierba luisa

(Cymbopogon citratus) extraído por destilación a vapor.

En la tabla 14 se puede observar el porcentaje de rendimiento obtenido del aceite esencial, similar en las tres extracciones realizadas.

Tabla 14. Rendimiento del aceite esencial de hoja de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) en estado fresco.

Indicadores	Ext. 1	Ext. 2	Ext. 3	Total
Peso de hierba luisa (g)	800	800	800	2400
Cantidad de aceite esencial extraído (mL)	3,7	3,8	4	11,5
Rendimiento (%)	0,46	0,48	0,5	0,48

Fuente: Elaboración propia

En el presente trabajo el rendimiento obtenido fue de 0,48%. En estudios anteriores se han obtenido rendimientos de 0,45 % (Soto, 2002) y 0,39 % (Salazar y Mayanquer, 2011), por lo tanto, el rendimiento logrado en este trabajo fue superior, lo cual permite constatar la eficacia del equipo de destilación por arrastre con vapor utilizado en esta investigación.

4.2 Preparación de las muestras en la reacción de saponificación.

El aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*), se sometió a una filtración para eliminar restos de materias extrañas y garantizar una adecuada limpieza del aceite, luego se evaluó el índice de saponificación para determinar la cantidad de hidróxido de potasio que se necesita para saponificar completamente los 25 gramos de aceite vegetal.

4.3 Análisis estadístico del diseño factorial.

Una vez realizadas las saponificaciones correspondientes al diseño planteado en el Capítulo III, se procesaron estadísticamente los datos para seleccionar las condiciones más adecuadas que garantizaran un mayor rendimiento de la pasta jabonosa. Se obtuvo un modelo cuadrático (Tabla 15).

Tabla 15. Resultados del análisis de varianza para el modelo cuadrático sugerido.

Fuente	Suma de cuadrados	g.l.	Media cuadrática	Valor F	Prob. > F	
Modelo	173,16	3	57,72	77,12	< 0,0001	Significativo
A-Temperatura	167,35	1	167,35	223,59	< 0,0001	
B-Tiempo	3,45	1	3,45	4,6	0,0691	
AB	2,37	1	2,37	3,16	0,1187	
Residuo	5,24	7	0,75			
Falta de ajuste	0,17	1	0,17	0,2	0,668	No significativo
Error Puro	5,07	6	0,84			
Correlación total	178,4	10				

Fuente: Elaboración propia

El valor de F del modelo igual a 77,12 implica que este es significativo. Existe solo una probabilidad de 0,01% de que un valor de F de esta magnitud pudiera existir debido al ruido. Los valores de "Prob > F" menores que 0,0500 indican que los términos del modelo son significativos. En este caso la temperatura (A) es un término significativo en el modelo, mientras que el factor tiempo (B) resultó ser no significativo (0,0691), superior a 0,1000, así como la interacción entre A y B (Figura 7).

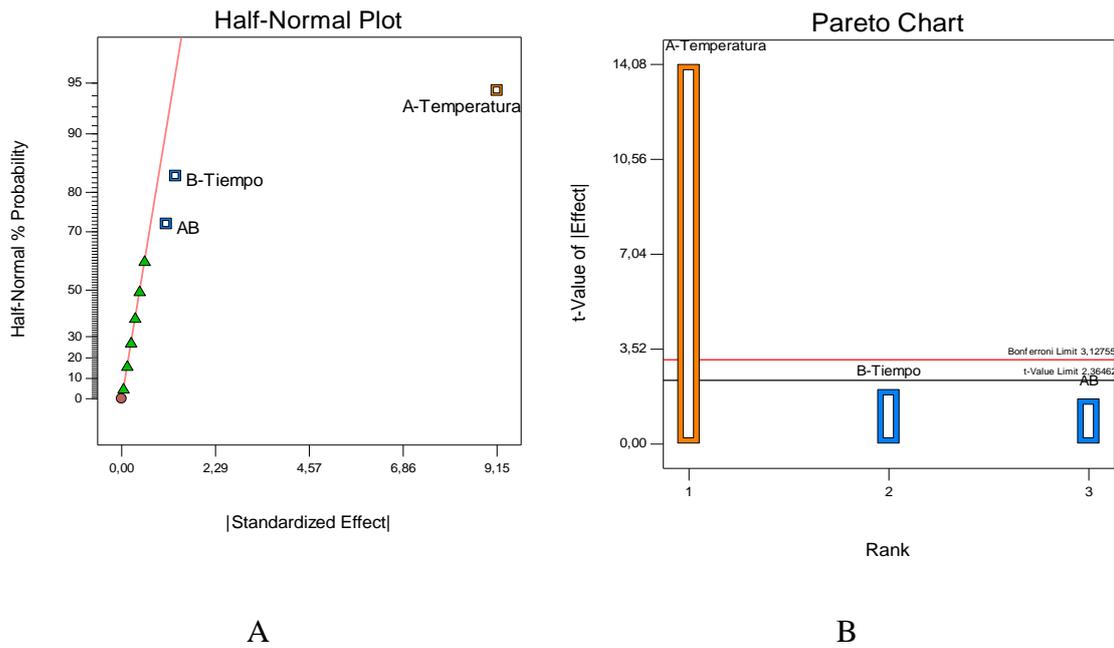


Figura 7. Efecto de los factores temperatura y tiempo en el rendimiento de la pasta jabonosa. A – gráfico de probabilidad; B – diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

El valor F de falta de ajuste igual a 0,20 implica que esta no es significativa respecto al error puro. Existe una probabilidad de 66,80% de que una falta de ajuste de esta magnitud pudiera existir respecto al ruido.

La figura 8 muestra la comparación entre los valores de respuesta calculados por el modelo y los valores de reales obtenidos a partir de los resultados experimentales.

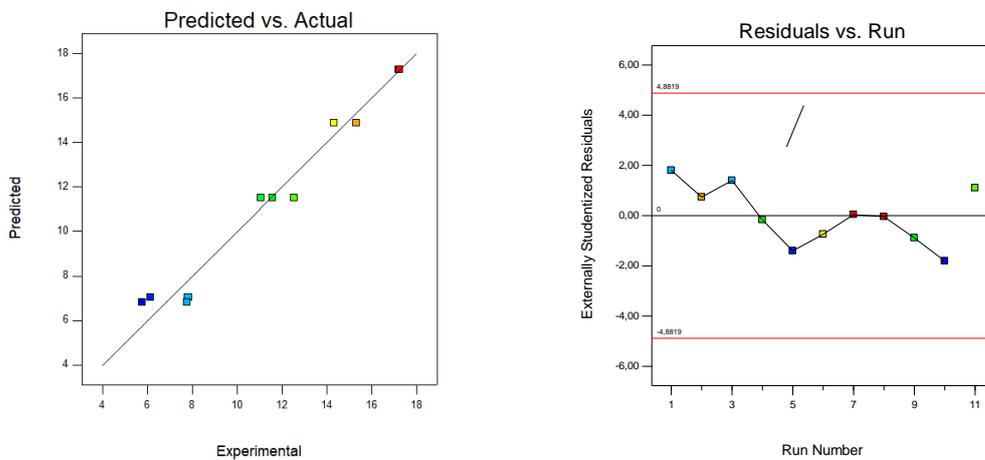


Figura 8. Relación entre los datos de rendimiento experimentales y calculados por el modelo.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se observan los resultados del procesamiento estadístico del diseño factorial realizado. Las condiciones recomendadas son: 90 °C y 2 minutos. Esto se aprecia mejor en la figura 9 correspondiente a la superficie de respuesta.

Tabla 16. Resultados del diseño experimental para optimizar el rendimiento de la pasta jabonosa.

Corridas			
experimentales	T °C	t (min)	R (g)
1	50	6	7,75
2	90	6	15,31
3	50	2	7,82
4	70	4	11,58
5	50	2	6,13
6	90	6	14,31
<u>7</u>	<u>90</u>	<u>2</u>	<u>17,24</u>
8	90	2	17,18
9	70	4	11,04
10	50	6	5,75
11	70	4	12,53

Fuente: Elaboración propia

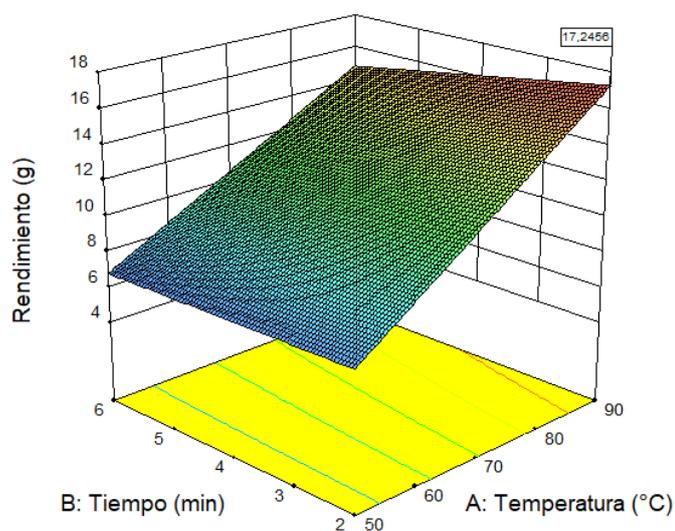


Figura 9. Efecto de la temperatura y el tiempo de saponificación sobre el rendimiento de la pasta jabonosa.

Fuente: Elaboración propia

A partir de la pasta jabonosa optimizada se elaboró el jabón líquido, según el procedimiento descrito en el Capítulo III y con vistas a evaluar su calidad se realizaron una serie de ensayos físicos químicos, cuyos resultados se muestran en la tabla 17.

Tabla 17. Análisis físico químico del jabón líquido.

Pruebas fisicoquímicas	Unidad	INEN	Investigación	Método de ensayo
		850		
pH	(m/m)	9,5	9,4	INEN 820
Alcalinidad libre (NaOH)	(m/m)	0,12	0,11	INEN 821
Materia insoluble en alcohol	(m/m)	1,2	1,0	INEN 817
Materia insoluble en agua	(m/m)	0,2	0,2	INEN 816

Fuente: Elaboración propia

Cada uno de los parámetros que se establecen en las normas INEN son los imprescindibles para asegurar la calidad de un producto de este tipo y los límites, como toda especificación de calidad físico química, están calculados y establecidos estadísticamente a partir de ensayos repetidos en muestras estándares que garantizan la seguridad en el uso de estas formulaciones, por ejemplo, para el caso de pH, y la alcalinidad libre, si los valores exceden los límites establecidos, el preparado puede resultar corrosivo. El contenido de materia insoluble en agua o en alcohol son parámetros necesarios pues, si se excedieran estos límites pueden verse afectadas las características organolépticas del producto, lo que puede dar lugar a la no conformidad. Si se comparan los resultados obtenidos en este trabajo con los normados puede afirmarse que en todos los casos se cumple con lo establecido en las normas INEN (Norma técnica ecuatoriana. INEN 850-1982).

4.4 Contenido polifenólico (método Folin-Ciocalteu).

En la figura 10 se observan las diferencias en cuanto a polifenoles totales de los componentes básicos del producto y de la formulación final del jabón líquido.

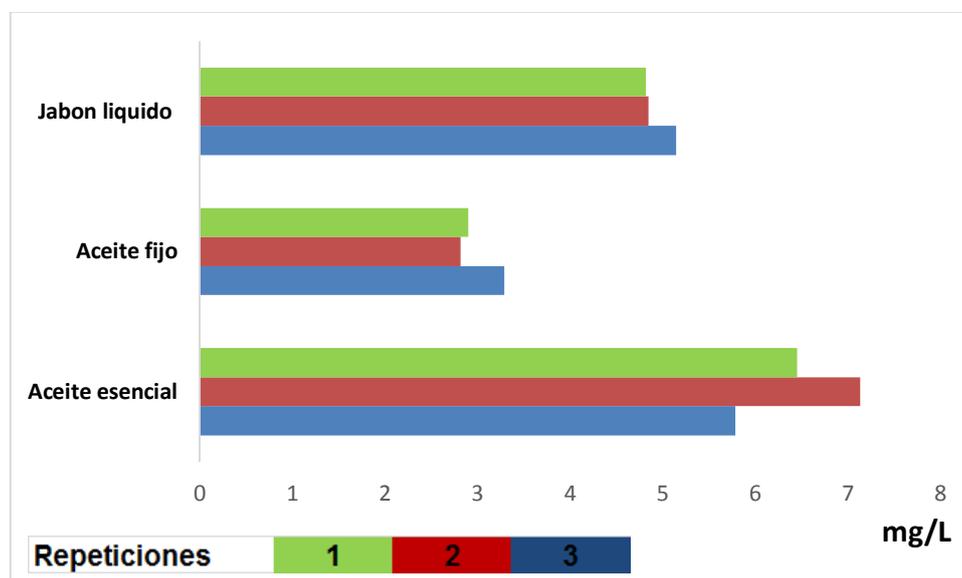


Figura 10. Actividad polifenólica por el método Folin-Ciocalteu (mg/L) de aceite esencial de hierba Luisa, aceite fijo de unguirahua y jabón líquido (tres repeticiones).

Fuente: Elaboración propia

Para determinar si existen diferencias significativas en el grupo se realizó la prueba estadística ANOVA de un Factor con un nivel de significación de $\alpha = 0,05$, declarándose las siguientes hipótesis. Hipótesis nula: no hay diferencia entre los elementos del grupo. Hipótesis alternativa: si hay diferencia entre los elementos del grupo (Tabla 18).

Tabla 18. Resultados del análisis de varianza para la comparación de polifenoles totales.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	18,002	2	9,001	48,872	0,000
Dentro de grupos	1,105	6	0,184		
Total	19,107	8			

Fuente: Elaboración propia

Una vez realiza la prueba se observa una significación de 0,000 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se asume la alternativa.

Para analizar la diferencia entre las medias de cada tratamiento se realizó la prueba de Tukey con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$ (Tablas 19 y 20).

Tabla 19. Comparaciones múltiples a través de la prueba de Tukey para polifenoles totales.

(I) Factor	(J) factor	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Aceite esencial (mg/L)	Aceite fijo (mg/L)	3,45595*	0,3504	0,000	2,3808	4,5311
	Jabón líquido (mg/L)	1,52044*	0,3504	0,012	0,4453	2,5956
Aceite fijo (mg/L)	Aceite esencial (mg/L)	-3,45595*	0,3504	0,000	-4,5311	-2,3808
	Jabón líquido (mg/L)	-1,93551*	0,3504	0,004	-3,0106	-,8604
Jabón líquido (mg/L)	Aceite esencial (mg/L)	-1,52044*	0,3504	0,012	-2,5956	-,4453
	Aceite fijo (mg/L)	1,93551*	0,3504	0,004	0,8604	3,0106

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Concentración polifenoles	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		1	2	3
Aceite fijo (mg/L)	3	3,0036		
Jabón líquido (mg/L)	3		4,9391	
Aceite esencial (mg/L)	3			6,4596
Significación		1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, aunque el proceso de saponificación afectara parcialmente la concentración de polifenoles, ya sea por termolabilidad o por interacción química con el KOH, la actividad antioxidante protectora se restablece con la adición del aceite esencial, dada la concentración encontrada (Tabla 20).

4.5 Actividad antioxidante (método FRAP)

En la figura 11 se aprecian las diferencias en cuanto a actividad antioxidante, calculados por el método FRAP de los componentes básicos del producto y de la formulación final del jabón líquido.

Para determinar si existen diferencias significativas en el grupo se realizó la prueba estadística ANOVA de un Factor con un nivel de significación de $\alpha = 0.05$, declarándose las siguientes hipótesis. Hipótesis nula: no hay diferencia entre los elementos del grupo. Hipótesis alternativa: si hay diferencia entre los elementos del grupo (Tabla 19).

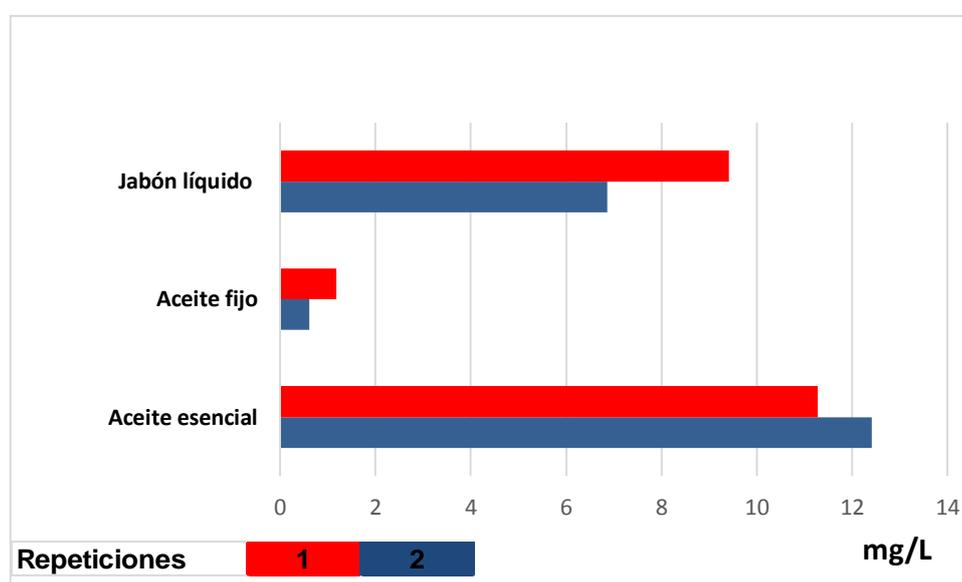


Figura 11. Actividad antioxidante por el método FRAP (mg/L) de aceite esencial de hierba Luisa, aceite fijo de unguirahua y jabón líquido (dos repeticiones).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Resultados del análisis de varianza para la comparación de la actividad antioxidante (FRAP).

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	124,096	2	62,048	45,729	0,006
Dentro de grupos	4,071	3	1,357		
Total	128,166	5			

Fuente: Elaboración propia

Una vez realiza la prueba se observa una significación de 0,006 (Tabla 21) por lo que se rechaza la hipótesis nula y se asume la alternativa.

Para analizar la diferencia entre la media de cada tratamiento se realizará la prueba de Tukey con un nivel de significación de $\alpha = 0,05$

Tabla 22. Comparaciones múltiples a través de la prueba de Tukey para actividad antioxidante.

(I) Factor (mg/L)	(J) Factor (mg/L)	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de confianza	
					Límite inferior	Límite superior
Aceite esencial	Aceite fijo	10,94997*	1,16484	0,005	6,0824	15,8175
	Jabón líquido	3,70144	1,16484	0,099	-1,1661	8,5690
Aceite fijo	Aceite esencial	-10,94997*	1,16484	0,005	-15,8175	-6,0824
	Jabón líquido	-7,24854*	1,16484	0,017	-12,1161	-2,3810
Jabón líquido	Aceite esencial	-3,70144	1,16484	0,099	-8,5690	1,1661
	Aceite fijo	7,24854*	1,16484	0,017	2,3810	12,1161

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000 (actividad antioxidante).

Factor	N	$\alpha = 0,05$	
		1	2
Aceite fijo (mg/L)	2	0,8941	
Jabón líquido (mg/L)	2		8,1426
Aceite esencial (mg/L)	2		11,844
Significación		1,000	0,099

Fuente: Elaboración propia

De la prueba de Tukey se aprecia que el aceite fijo tiene diferencias significativas con el Jabón líquido y el aceite esencial. El Jabón líquido y el aceite esencial no presentan diferencias significativas.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El rendimiento obtenido para aceite esencial de hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) extraído por arrastre de vapor fue de 0,48 % como promedio.
2. El aceite esencial de hierba Luisa mostró contenido polifenólico y actividad antioxidante que permiten dar un valor añadido al producto, pues se incorpora un aditivo con actividad protectora para la piel.
3. La temperatura influyó de manera significativa sobre el rendimiento de la pasta jabonosa una vez realizada la saponificación del aceite vegetal de unguahua (*Oenocarpus bataua*), el tiempo y la interacción tiempo - temperatura no influyó significativamente en el rendimiento obtenido, la corrida experimental C7 con temperatura de 90 °C y tiempo de 2 minutos obtuvo 17,24 gramos de pasta jabonosa siendo la mejor muestra en el diseño experimental realizado.
4. El jabón líquido elaborado a partir de la pasta jabonosa y el aceite esencial de hierba Luisa posee contenido polifenólico y actividad antioxidante.
5. Los parámetros físicos químicos, del jabón líquido obtenido: pH 9.4, Alcalinidad libre 0.11, materia soluble en alcohol 1.0, materia soluble en agua 0.2, cumplen con lo establecido en la norma INEN 850.

5.2 RECOMENDACIONES

Elaborar jabones líquidos con otros aceites de plantas de origen amazónico como *Mauritia flexuosa* y *Plukenetia volubilis*

Investigar la utilización de otro tipo de ácidos, que permitan trabajar con sus concentraciones para facilitar el proceso de regulación de pH de los jabones líquidos.

Investigar alternativas adecuadas de un envase que sea usado para el jabón líquido.

Realizar un estudio económico que permita determinar la rentabilidad de producir jabón líquido a escala comercial en las condiciones establecidas en esta investigación.

CAPÍTULO VI

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1 BIBLIOGRAFÍA

- Azaña Díaz, V. J., Vásquez, C., & Tatiana, L. (2017). Características fisicoquímicas de los aceites esenciales de las hojas de *Cymbopogon citratus* y determinación del porcentaje relativo de sus componentes hidrocarbonados y oxigenados. (Tesis de pregrado) . Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo- Peru.
- Belizario Ferrel, J. C., & Cahuana Mamani, P. (2014). Evaluación de la capacidad antioxidante del copoazu (*Theoproma grandiflorum*) y ungurahui (*Oenocarpus bataua*) en el proceso de la elaboración del néctar. (Tesis de pregrado) . Universidad Nacional Madre de Dios. Puerto Maldonado- Peru.
- Camacho Cervantes, R. M. (2015). Evaluación de la actividad antioxidante e irritabilidad dérmica del aceite de ungurahui *Oenocarpus bataua* para uso cosmético. (Tesis de pregrado) . Universidad Nacional Mayor San Marcos. Lima- Peru. Pag. 95.
- Contreras, J. I. R., & Neri, A. C. (2014). La química del jabón y algunas aplicaciones. *Revista digital universitaria*.15(5), 15.
- De la Rosa Mitma, T. H., Asto, P., & Rosel, J. (2015). Elaboración de un jabon líquido a partir del extracto glicólico de las hojas de Luma chequen (Molina) a. Gray con acción antibacterial. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Luis Gozaga de Ica. San Luis- Peru.
- Del Pozo Espinosa, X. A. (2006). Extracción, caracterización y determinación de la actividad antibacteriana y antimicótica del aceite esencial de Hierba Luisa (*Cymbopogon Citratus* (DC) stapf). ESPE/SANGOLQUÍ/2006.
- Díaz, M., & de los Angeles, W. (2017). Elaboración de jabón líquido para uso industrial a partir de glicerina, como subproducto de la obtención de biodiésel, en el laboratorio 101 del Departamento de Química de la UNAN-Managua, Agosto a Diciembre 2016. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Gabriela, B. C. M., Alonso, D., Carlos, R. N. J., & Ronald, A. M. (2011). Formulación de una emulsión dermocosmética para el tratamiento del acné y cicatrices.
- Guerrero González, C. E. (2015). Diseño de una planta de fabricación de jabón a partir de aceites vegetales usados. (Tesis de pregrado). Universidad de Almería. San Luis- Peru.

- Guijarro Polo, G. A. (2016). Aprovechamiento del aceite residual y las cenizas provenientes de restaurantes (asaderos de pollos) en el sector Carapungo de la ciudad de Quito, para la obtención de productos de aseo *personal*. Quito: Universidad de las Américas, 2016.
- Kumar, K. S. (2010). Extraction of essential oil using steam distillation. Unpublished bachelor's thesis. National Institute of Technology Rourkela, India.
- Leyva Arévalo, M. E., & Torres Gómez, V. G. (2016). Obtención de jabón líquido usando aceite vegetal reciclado en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-Iquitos. (Tesis de pregrado). Peru.
- Macias, M. R., Domínguez, Y. D., Santana, E. F., García, D. T., Piloto-Rodríguez, R., & Muñoz, S. R. (2017). Universidad Tecnológica de La Habana José A. Echeverría, CUJAE.
- Martínez, A. (1996). Aceites esenciales. *J. Nat. Prod*, 59(1), 77-79.
- Mesa-Vanegas, A. M., Gaviria, C. A., Cardona, F., Sáez-Vega, J. A., Blair Trujillo, S., & Rojano, B. A. (2010). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de algunas especies del género *Calophyllum*. *Revista Cubana de plantas medicinales*, 15(2), 13-26.
- Ocampo-Duran, Á., Fernández-Lavado, A. P., & Castro-Lima, F. (2013). Aceite de la palma de seje *Oenocarpus bataua* Mart. por su calidad nutricional puede contribuir a la conservación y uso sostenible de los bosques de galería en la Orinoquia Colombiana. *Orinoquia*, 17(2), 215-229.
- Padilla, T., & Maricela, D. (2015). Estudio comparativo del grado de estabilidad del aceite de unguahua (*Oenocarpus bataua*) con otros aceites en la fritura. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Ambato- Ecuador.
- Proaño, F., Stuart, J., Chongo, B., Flores, L., Herrera, M., Medina, Y., & Sarduy, L. (2015). Evaluación de tres métodos de saponificación en dos tipos de grasas como protección ante la degradación ruminal bovina. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(1).
- Radice, M., Viafara, D., Neill, D., Asanza, M., Sacchetti, G., Guerrini, A., & Maietti, S. (2014). Chemical characterization and antioxidant activity of Amazonian (Ecuador) *Caryodendron orinocense* Karst. and *Bactris gasipaes* Kunth seed oils. *Journal of oleo science*, 63(12), 1243-1250.
- Rao, V. P., & Pandey, D. (2007). *Extraction of essential oil and its applications*.

- Rendón, W. J., Chavez, G., & Torrico, D. (2013). EVALUACION QUIMICA DEL ACEITE DE OENOCARPUS BATAUA “ACEITE DE MAJO”. *Revista Boliviana de Química*, 30(1), 70-73.
- Torres, V., Katherine, Y., León, L., & Luis, J. (2011). Extracción y caracterización del aceite esencial del romero (*Rosmarinus officinalis*) por el método de arrastre de vapor obtenida en estado fresco y secado convencional. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro de Peru. Tarma- Peru.
- Romero, D., Aillón, F., Freire, A., & Radice, M. (2016). Design of an industrial process focused on the elaboration of cosmetics from Amazonian oils: a Biotrade opportunity. Universidad Estatal Amazonica. Puyo-Ecuador.
- Norma técnica ecuatoriana. INEN 850 1982-02 Agentes tensoactivos. Requisitos para jabones líquidos. 1982. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0819.1982.pdf>
- Norma técnica ecuatoriana. INEN 819 1982-02 Agentes tensoactivos. Determinación de cloruros. 1982. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0819.1982.pdf>
- Norma técnica ecuatoriana. INEN 816 1982-02 Agentes tensoactivos. Determinación de la materia insoluble en agua. 1982. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0816.1982.pdf>
- Norma técnica ecuatoriana. INEN 817 1982-02. Agentes tensoactivos. Determinación de la materia insoluble en alcohol. 1982. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0817.1982.pdf> 58
- Norma técnica ecuatoriana. INEN 821 1982-02. Agentes tensoactivos. Determinación de alcalinidades libre y total. 1982. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0821.1982.pdf>
- Norma técnica ecuatoriana. INEN 822 1982-02. Agentes tensoactivos. Determinación de la acidez libre. 1982. <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0822.1982.pdf>
- Norma técnica ecuatoriana. INEN 820 1982-02 Agentes tensoactivos. Determinación del pH. 1982 <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0820.1982.pdf>
- Mittermeier, R. A. (1997). Megadiversity: earth's biologically wealthiest nations. *Mega diversidad: los países biológicamente más ricos del mundo: Agrupación Sierra Madre Cementos Mexicanos*.
- Mosquera, T., Noriega, P., Tapia, W., & Pérez, S. H. (2012). Evaluación de la eficacia cosmética de cremas elaboradas con aceites extraídos de especies vegetales

Amazónicas: *Mauritia Flexuosa* (Morete), *Plukenetia Volubilis* (Sacha Inchi) y *Oenocarpus Bataua* (Ungurahua).

Nossa González Diana, Talero Pérez Yudy, Roza Núñez Wilson. 2016. Determinación del contenido de polifenoles y actividad antioxidante de los extractos polares de comfrey (*Symphytum officinale* L). *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 2016;21(2):125-132.

Kiev Ochoa Pumaylle, Luis Ricardo Paredes Quiroz, Dagnith Liz Bejarano Luján y Reynaldo Justino Silva Paz. 2012. Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya). *Scientia Agropecuaria* 3 (2012) 291-302.

Loachamín Suntaxi Lisette, Loayza Valarezo Claudia. 2016. Variación de la composición química de los aceites esenciales de hierba luisa (*cymbopogon citratus*) y jengibre (*zingiber officinale*) en función de las condiciones ambientales y del tipo de suelo de la zona de cultivo en las provincias de Loja, Azuay, Cañar, El Oro y Zamora Chinchipe. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: Ingenieras en biotecnología de los recursos naturales. Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/11655/1/UPS-QT09222.pdf>

Montaño, N. A., Ambiental, C. A. E. E. G., & Ambiente, A. D. M. 2010. Estudios de alternativas tecnológicas sostenibles para mejorar los procesos de aprovechamiento de las palmas de mil pesos y corozo en la comunidad de la plata bahía Málaga-buenaventura-valle del Cauca. Instituto de Investigaciones Ambientales Del Pacífico. Málaga-España.

Salazar Mora, A. P., & Mayanquer Chuga, S. I. (2011). Obtención de aceites esenciales de cedrón (*aloesia triphylla*), sunfo (*clinopodium nubigenum* (Kunth) Kuntze) y hierba luisa (*cymbopogon citratus*), en un alambique tipo cachimbo por cohobación. Tesis de pregrado. Universidad Técnica del Norte. Ibarra-Ecuador.

Soto Ortiz, R., Vega Marrero, G., & Tamajón Navarro, A. L. (2002). Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (caña santa). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 7(2), 0-0.