



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y
Recursos Hidráulicos (ERIS)

**FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y GRADO DE SATISFACCIÓN EN LA
ELABORACIÓN DE UN JABÓN ARTESANAL MEDIANTE EL REUSO DEL ACEITE
RESIDUAL DE COCINA, COMO OPCIÓN PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL**

Ing. Ronny Martín González Guay

Asesorado por el MSc. Ing. Zenon Much Santos

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y GRADO DE SATISFACCIÓN EN LA
ELABORACIÓN DE UN JABÓN ARTESANAL MEDIANTE EL REUSO DEL ACEITE
RESIDUAL DE COCINA, COMO OPCIÓN PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL**

ESTUDIO ESPECIAL

PRESENTADO A LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS (ERIS)

POR

ING. RONNY MARTÍN GONZÁLEZ GUAY

ASESORADO POR EL ING. ZENON MUCH SANTOS

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
**MAESTRO (*MAGISTER SCIENTIFICAE*) EN CIENCIAS
DE INGENIERÍA SANITARIA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE ESTUDIO ESPECIAL

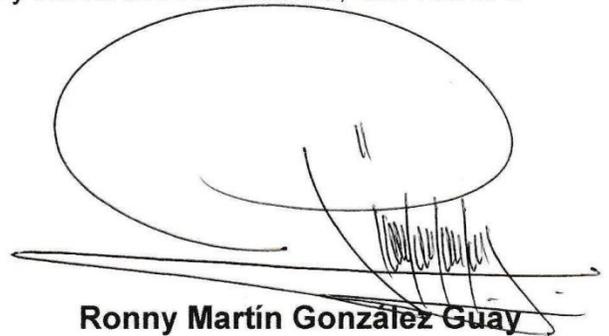
EXAMINADOR	MSc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos
EXAMINADOR	MSc. Ing. Joram Matias Gil Laroj
EXAMINADOR	MSc. Ing. Zenon Much Santos

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y GRADO DE SATISFACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN JABÓN ARTESANAL MEDIANTE EL REÚSO DEL ACEITE RESIDUAL DE COCINA, COMO OPCIÓN PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL

Tema que me fuera asignado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos, con fecha 3 de agosto de 2015.

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, loopy initial 'R' followed by several vertical strokes, all contained within a large, hand-drawn oval.

Ronny Martín González Guay

Correo electrónico: ronnieguay@gmail.com

Carné No.: 2007-14192

Guatemala, julio 31 de 2018

UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hídricos



ESCUELA REGIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRAULICOS - ERIS -
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA - USAC -

Edificio de ERIS,
Instalaciones de Prefabricados, CII
Ciudad universitaria Zona 12
Ciudad de Guatemala 01012
Guatemala, C.A.

Tel. (502) 24188000,
Ext. 86212 y 86213
(502) 24189138
(502) 24189140

Telfax (502) 24189124

www.ingenieria-usac.edu.gt

M. Sc. Ing. Adán Pocasangre
Coordinador de la Maestría en Ingeniería Sanitaria
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos
Hidráulicos "ERIS"
Facultad de Ingeniería, USAC

Habiendo revisado el documento titulado:

"Factibilidad técnica, económica y grado de satisfacción en la elaboración de un jabón artesanal mediante el reúso del aceite residual de cocina, como opción para el saneamiento ambiental".

Elaborado por el Ingeniero Ronny Martín González Guay, como parte de su Estudio Especial y como requisito para optar al grado académico de Maestro en Ingeniería Sanitaria, mediante la presente me permito informarle mi satisfacción con su contenido y por lo tanto, le comunico que dicho documento cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo la atención prestada a la presente, me suscribo de usted,

Atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS".

M. Sc. Ing. Zehón Much Santos
Asesor del estudio





Guatemala, 21 de noviembre de 2018

Señores Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS):

Respetuosamente les comunico que he revisado y aprobado, en mi calidad de coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria, el informe final del Estudio Especial titulado:

**FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y GRADO DE SATISFACCIÓN EN LA
ELABORACIÓN DE UN JABÓN ARTESANAL MEDIANTE EL REÚSO DEL ACEITE
RESIDUAL DE COCINA, COMO OPCIÓN PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL**

Presentado por el estudiante:

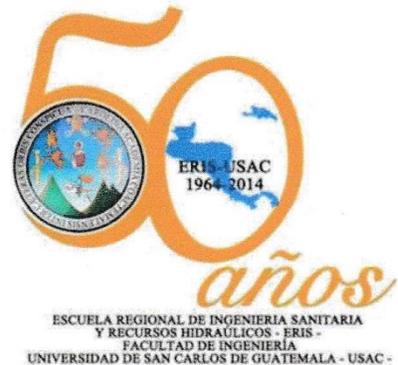
Ing. Ronny Martín González Guay

Les manifiesto que el estudiante cumplió en forma satisfactoria con todos los requisitos establecidos por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos - ERIS- y por la Universidad de San Carlos de Guatemala en la realización de su estudio. Agradeciéndoles de antemano la atención a la presente, se suscribe de ustedes,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Ing. Adán Ernesto Artemio Pocasangre Collazos
Coordinador Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria



Guatemala, 23 de noviembre de 2018

El director de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos - ERIS- después de conocer el dictamen del tribunal examinador integrado por los profesores siguientes: M.Sc. Ing. Adán Ernesto Pocasangre Collazos, M.Sc. Ing. Joram Matias Gil Laroj y M.Sc. Ing. Zenon Much Santos, así como el visto bueno del Coordinador de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Sanitaria; M.Sc Ing. Adán Ernesto Artemio Pocasangre Collazos y la revisión lingüística realizada por la Licenciada Jessica Edith Melgarejo Monterroso, Colegiado No. 27003, al trabajo del estudiante Ing. Ronny Martín González Guay, titulado: **FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y GRADO DE SATISFACCIÓN EN LA ELABORACIÓN DE UN JABÓN ARTESANAL MEDIANTE EL REÚSO DEL ACEITE RESIDUAL DE COCINA, COMO OPCIÓN PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL**. En representación de la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado, procede a la autorización del mismo, en Guatemala al vigésimo tercer día del mes de noviembre de 2018.

Imprimase

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis

DIRECTOR

ACTO QUE DEDICO A:

La Fuente Suprema	La Unidad, por albergar la vida y la conciencia universal.
Mis padres	Guillermo Melini y Carin Guay, por su amor y apoyo incondicional, consejos y el esfuerzo que hicieron para que lograra mi meta.
Mi abuela	Marina de Guay, por su cariño y cuidados a lo largo de toda mi vida.
Mis hermanos	Giovanna Melini, Alejandra, Diego y Ronny González, por su apoyo, consejos y confianza.
Mis amigos y compañeros	Por los ánimos, consejos, ayuda y la amistad forjada a lo largo de mi vida.
Toda mi familia	Por confiar en mí y por el apoyo que me han otorgado en mis estudios.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** *Mi alma mater.*
- Facultad de Ingeniería** Academia por excelencia.
- Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS)** Por otorgarme el espacio necesario en mis actividades como estudiante.
- Ing. Zenon Much Santos** Por su asesoría en todo momento, confianza y amistad.
- Ing. Pedro Saravia** Por el ánimo y seguimiento durante la realización del estudio especial.
- Ing. Adán Pocasangre** Por sus consejos académicos y su amistad.
- Ing. Joram Gil** Por las valiosas recomendaciones vertidas en la presente investigación.
- Sr. Adolfo Dubón** Por su amabilidad y valiosa colaboración en los análisis de las muestras.

Guatemala

Gracias por su esfuerzo, por ello, le serviré incondicionalmente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
JUSTIFICACIÓN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
HIPÓTESIS.....	XIX
ANTECEDENTES.....	XXI
ALCANCES Y LIMITANTES	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Historia de los productos cosméticos e higiene desde la antigüedad	1
1.1.1. Cosméticos en la cultura egipcia	1
1.1.2. Cosméticos en Europa y la Edad Media	2
1.1.3. Surgimiento del jabón en América	2
1.2. Definición de cosmético	3
1.3. Definición de jabón, según la FDA	3
1.4. Definición y regulación de producto cosmético en Guatemala..	4
1.5. La química del jabón	5
1.6. Efecto limpiador de los jabones	7
1.7. Obtención de las grasas y aceites	9
1.7.1. Grasas y aceites vegetales.....	9

1.7.2.	Aceites vegetales comunes de cocina.....	10
1.7.2.1.	Aceite de girasol.....	11
1.7.2.2.	Aceite de maíz.....	12
1.7.2.3.	Aceite de oliva.....	12
1.7.2.4.	Aceite de palma.....	12
1.7.3.	La química de los lípidos.....	14
2.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	17
2.1.	Definición de las variables en el estudio de factibilidad técnica.....	17
2.2.	Delimitación del campo de estudio.....	19
2.2.1.	Procedimiento experimental.....	19
2.2.1.1.	Proceso de limpieza del aceite residual de cocina crudo.....	23
2.2.1.2.	Almacenamiento del aceite residual limpio.....	24
2.2.1.3.	Elaboración de la barra de jabón.....	25
2.2.1.4.	Definición de muestras de concentración jabón – agua destilada.....	27
2.2.1.5.	Determinación de las propiedades fisicoquímicas.....	30
2.2.1.6.	Determinación del grado de satisfacción.....	38
3.	DISEÑO ESTADÍSTICO.....	43
3.1.	Estadística descriptiva.....	43
3.1.1.	Medidas de tendencia central.....	43
3.1.2.	Medidas de variabilidad.....	43

3.2.	Análisis paramétricos	44
3.2.1.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov	44
3.2.2.	Prueba F de Fisher	45
3.2.3.	Análisis de t de Student	45
4.	RESULTADOS	47
4.1.	Formulación de jabón en barra	47
4.2.	Factibilidad técnica de los jabones.....	47
4.3.	Factibilidad económica de los jabones.....	53
4.4.	Grado de satisfacción de los jabones	54
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES.....	63
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	APÉNDICES	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

2.	Reacción de saponificación	6
3.	Mecanismo de reacción de la saponificación.....	7
4.	Efecto hidrofóbico e hidrofílico de la molécula del jabón	8
5.	Aceite de cocina comercial	11
6.	Procedimiento experimental con el aceite residual.....	21
7.	Procedimiento experimental con el jabón convencional	22
8.	Proceso de limpieza, calentamiento y filtrado.....	24
9.	Proceso de saponificación y moldeado.....	27
10.	Concentraciones jabón – agua destilada.....	28
11.	Representación de las concentraciones de una de las barras de jabón por evaluar	30
12.	Paquete que contenía los jabones A y B	39
13.	Formato de encuesta.....	41
14.	Curvas de pH para cada muestra de jabón	48
15.	Curvas de conductividad eléctrica para cada muestra de jabón.....	49
16.	Curvas de densidad para cada muestra de jabón	50
17.	Curvas de tensión superficial para cada muestra de jabón	51
18.	Curvas de DQO para cada muestra de jabón.....	52
19.	Grado de satisfacción del jabón artesanal y convencional	54

TABLAS

I.	Composición promedio de aceites vegetales comunes de cocina (en 100 g).....	13
II.	Propiedades fisicoquímicas de aceites vegetales crudos comunes de cocina	14
III.	Estructura de algunos ácidos grasos comunes	15
IV.	Variables de la factibilidad técnica del jabón artesanal	17
V.	Variables manipuladas	18
VI.	Variables de las propiedades fisicoquímicas.....	18
VII.	Masa de jabón (g) y volumen de agua (mL) utilizado para el lavado de manos	28
VIII.	Masas para cada concentración de jabón (g).....	29
IX.	Concentración en peso de jabón (g/L) para cada muestra.....	29
X.	Rangos probables de DQO de la muestra.....	35
XI.	Tabla para tabulación de los datos.....	35
XII.	Datos de pH (U)	36
XIII.	Datos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	36
XIV.	Datos de densidad (g/mL)	37
XV.	Datos de la tensión superficial (dina/cm).....	37
XVI.	Datos de DQO (mg/L).....	38
XVII.	Prueba de concepto	40
XVIII.	Formulación del jabón artesanal	47
XIX.	Costo de los jabones	53

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura
atm	Atmósfera
cm	Centímetro
C	Concentración
K	Conductividad eléctrica
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ρ	Densidad
Δ	Diferencia
°C	Grados Celsius
g	Gramo
H1	Hipótesis alternativa
H0	Hipótesis nula
kg	Kilogramo
L	Litro
m	Masa
μs	Microsiemens
mg	Miligramo
mL	Mililitro
mm	Milímetro
Q	Moneda quetzal
α	Nivel de significancia
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno

P	Probabilidad
r	Radio del tubo capilar
s	Segundo
T	Temperatura
Y	Tensión superficial
U	Unidades
V	Volumen

GLOSARIO

Aceite residual de cocina	Todo aquel aceite animal o vegetal comestible que ya fue utilizado para freír algún tipo de comida, y que por sus características ya no puede ser reusado en la cocina y debe ser desechado.
Aguas grises	Aguas residuales producto de actividades de limpieza utilizando jabón o detergente, en las cuales se transporta grasas, aceites, polvo, entre otros componentes derivados de la suciedad.
Aguas jabonosas	Solución de una masa de jabón o detergente en determinado volumen de agua, las cuales tienen el potencial de crear micelas.
Jabón artesanal	Jabón elaborado a partir del aceite residual de cocina y con reactivos químicos para su saponificación, mediante técnicas y procedimientos manuales, no industrializados.
Jabón convencional	Es el jabón saponificado utilizando aceites, grasas y materias primas propias de la industria.
Saponificación	Reacción química entre una grasa o aceite animal o vegetal con una base o álcali fuerte para formar jabón y glicerina.

RESUMEN

El presente estudio especial, de alcance explicativo, expone la metodología para determinar si es factible o no el aprovechamiento del aceite residual de cocina para la formulación de un jabón para el lavado de manos, como alternativa para reducir o minimizar los impactos generados a la salud y al ambiente por su disposición final inadecuada.

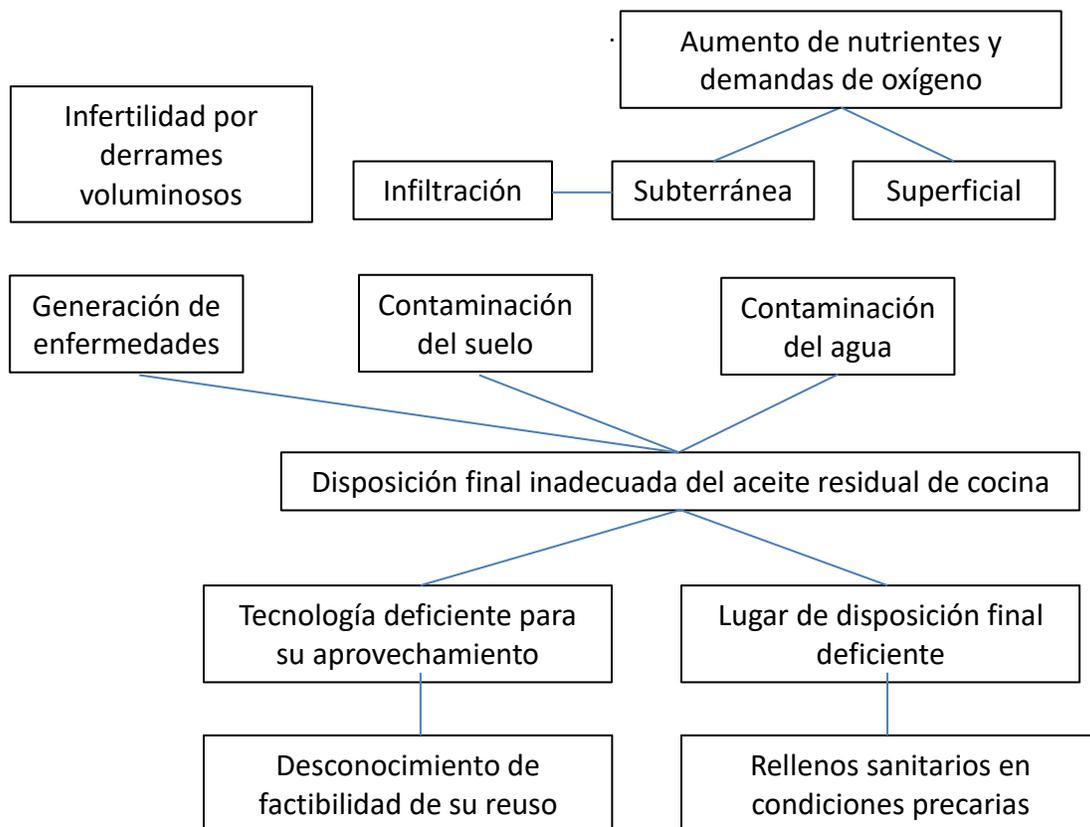
La factibilidad técnica del jabón artesanal se determinó en base a la similitud de las propiedades fisicoquímicas de pH, conductividad eléctrica, tensión superficial, densidad y DQO de las aguas jabonosas respecto de las del jabón convencional, así como el grado de satisfacción del jabón artesanal a un grupo focal. La factibilidad económica se determinó en base a los costos de producción y al promedio del precio de venta de los jabones en barra convencionales.

La formulación y elaboración del jabón artesanal sí es técnica y económicamente factible, ya que no existe diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas evaluadas de las aguas jabonosas del jabón artesanal y del convencional; el producto es aceptable por el consumidor y de costo accesible.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación, manejo y disposición inadecuada de los aceites y grasas utilizados en la cocina (viviendas, restaurantes, industrias y otros), son una fuente significativa de enfermedades y contaminación al recurso edáfico e hídrico.

Figura 1. **Árbol de problemas**



Fuente: elaboración propia.

Esto se debe a la deficiencia en la prestación de servicios y sus tecnologías (de recolección, tratamiento y sitios de disposición final), al nivel de educación poblacional (el problema es más frecuente en áreas rurales), lo que conlleva al desconocimiento de su aprovechamiento en un producto útil para las personas.

¿Es factible el aprovechamiento del aceite residual de cocina para la elaboración de jabón en barra, para reducir o minimizar enfermedades, la contaminación al suelo y agua por su disposición inadecuada?

JUSTIFICACIÓN

Se ha demostrado que la disposición inadecuada de los aceites de origen vegetal causa pérdida en la calidad y degradación de los suelos y aguas. Existen diversas alternativas para el aprovechamiento, manejo o disposición final de las grasas y aceites de origen vegetal que son desechadas a diario en Guatemala.

Una de las alternativas para reducir, minimizar, inclusive prevenir la contaminación en los cuerpos de agua con aceites y grasas son los sistemas de tratamiento de aguas residuales. La mayoría de estos sistemas en su fase preliminar se compone de una trampa de grasas, la cual retiene los aceites y pueden ser fácilmente extraídos. Dependiendo del caudal de agua residual por tratar, así será su diseño (tamaño, tipo de material) y su costo.

En los suelos las alternativas para evitar, minimizar o reducir el riesgo a la contaminación de los suelos por aceites son medidas de prevención y contingencia, impermeabilización, tarimas anti-derrames, diques de contención, u otra tecnología que no permita su contacto directo. En caso de que ya exista la contaminación en el suelo, la biorremediación presenta diversas tecnologías que pueden implementarse para la solución del problema: fitorremediación, biolabranza, biorremediación fase sólida. Presenta costos para su implementación y operación de acuerdo con la tecnología implementada y la cantidad de suelo por tratar.

El presente estudio especial evalúa la factibilidad técnica y económica de reuso del aceite residual de cocina para la elaboración de jabón en barra para el lavado de manos, mediante la comparación de las propiedades fisicoquímicas de sus aguas jabonosas con las del jabón convencional, así como su grado de satisfacción (percepción del consumidor) del producto final.

Los resultados del estudio especial exponen los beneficios de un manejo adecuado (aprovechamiento) del aceite residual de cocina previo a su desecho en un cuerpo o sitio de disposición inadecuado, minimizando o reduciendo enfermedades e impactos ambientales significativos.

El estudio especial se desarrolló para esclarecer científicamente si es factible técnica y económica el reuso del aceite residual de cocina para la elaboración de jabones en barra. Las variables fisicoquímicas evaluadas aportan datos técnicos del comportamiento del jabón a distintas concentraciones en agua, útiles en proyectos de ingeniería sanitaria. En la práctica, dicho producto puede ser utilizado para el saneamiento de comunidades, y es de beneficio para las personas porque minimiza enfermedades específicamente diarreicas. Además, es un producto económicamente accesible.

OBJETIVOS

General

Evaluar la factibilidad en la elaboración de un jabón artesanal, a partir de reuso del aceite residual de cocina de una cafetería ubicada en la Universidad de San Carlos de Guatemala, comparando sus propiedades con el jabón convencional, como opción para el saneamiento ambiental.

Específicos

1. Establecer la formulación de un jabón en barra siguiendo el procedimiento de la receta básica dictada por la Fundación Hesperian, utilizando el aceite residual de cocina como materia prima clave.
2. Determinar las propiedades fisicoquímicas de pH, conductividad eléctrica, densidad, tensión superficial y demanda química de oxígeno, de las muestras de diferente concentración del jabón artesanal/convencional.
3. Determinar el grado de satisfacción del jabón en barra artesanal y del convencional a partir de una prueba de concepto, analizando las propiedades organolépticas de apariencia, color, olor, calidad y funcionalidad del jabón por un grupo focal.
4. Evaluar la factibilidad económica de la formulación de jabón a partir de aceite residual de cocina, según costos de materia prima, estimación de

servicios, insumos de producción y comparando con los precios de los jabones convencionales.

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa

- Las propiedades fisicoquímicas evaluadas en distintas concentraciones del jabón formulado a partir del aceite residual de cocina, difieren significativamente a las que establecen los jabones convencionales con un nivel de significancia de 5 %, por lo que no es técnicamente factible la formulación de jabón artesanal.

Hipótesis nula

- Si las propiedades fisicoquímicas evaluadas en distintas concentraciones del jabón formulado a partir del aceite residual de cocina, no difieren significativamente de las que establecen los jabones convencionales con un nivel de significancia de 5 %, entonces es técnicamente factible la formulación de jabón artesanal.

ANTECEDENTES

En Guatemala se han realizado diversas investigaciones y aportes fundamentales que ayudan a la industria de limpieza e higiene personal.

Walter Armando Mansilla González, en marzo de 2013, elaboró su trabajo de graduación titulado *Diseño del sistema de mezclado para producción de una solución biodegradable desinfectante para superficies*. A nivel laboratorio, se realizó la fórmula de un desinfectante al que luego se le determinaron sus propiedades fisicoquímicas, ensayos de eficacia microbica y de índice de biodegradabilidad. Entre los resultados obtenidos, la relación DBO/DQO fue de 0,31, lo cual hace biodegradable el producto.

En agosto de 2013, Luis Antonio Sazo Vargas realizó su trabajo de graduación titulado *Diseño de investigación para la formulación y evaluación de un desengrasante biodegradable de uso doméstico, para mitigar la contaminación de las aguas residuales domiciliarias*. Se realizó una propuesta del producto de limpieza basada en cuatro formulaciones, y dentro de los ingredientes destaca el ácido cítrico, siendo un efectivo desengrasante biodegradable.

Orpha Guisela Duque Lemus realizó en abril de 2011 su trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), titulado *Guía para la elaboración de jabón líquido dirigido a los alumnos de la Escuela Oficial Rural Mixta aldea Los Laureles, en el municipio de Jalapa, departamento de Jalapa*. En el informe redactó un procedimiento de elaboración de jabón de manos líquido apto para alumnos de una escuela, a partir de tiras de jabón en barra diluidos en agua.

Internacionalmente, se han realizado investigaciones enfocadas a la biodegradabilidad de los productos, generalmente jabones y detergentes.

Evangelina Polaco Mendoza y Víctor Manuel Luna Pabello, de la Universidad Nacional Autónoma de México, publicaron un artículo titulado *Pruebas de biodegradabilidad e inducción de la biodegradación de detergentes*. En este trabajo se evaluó la biodegradabilidad en base DBO/DQO de cinco detergentes comerciales, encontrando que ingredientes como el nonilfenol no son biodegradables según pruebas estándares internacionales de biodegradabilidad aerobia rápida (OECD 301-A, 1997).

Fundaciones como Hesperian, que producen materiales educativos sin fines de lucro con el fin de habilitar a comunidades e individuos para hacerse cargo de su propia salud, han tocado el tema de elaboración de productos de higiene personal. Entre uno de los documentos, la organización presenta *Saneamiento y limpieza para un ambiente sano*, por Jeff Conant. Incluye una página de cómo hacer jabón, indicando los ingredientes, la cantidad, el procedimiento y el equipo necesarios para la fabricación.

Por otra parte, Digna Almendárez Vásquez, de la Universidad Zamorano de Honduras, realizó en 2003 su trabajo de graduación titulado: *Estudio técnico preliminar para la elaboración de un jabón líquido con miel de abejas como alternativa de diversificación apícola*. En ella se realiza una formulación con varias pruebas, tomando como base recetas elaboradas por productores caseros y a pequeña escala. Se realizaron pruebas de aceptabilidad con grupos focales, mostrando resultados favorables de aceptabilidad y preferencia.

ALCANCES Y LIMITANTES

El presente estudio especial es de alcance explicativo. Como limitantes, el estudio se desarrolló a nivel laboratorio, utilizando para la elaboración de los jabones en barra aceite residual de cocina de un restaurante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como el uso de soda cáustica, agua destilada y fragancia de aloe vera como materias primas fundamentales, considerando técnicas y procedimientos dictaminados de fuentes bibliográficas.

Por conveniencia, se desarrollaron tres tipos de jabones según los días de almacenamiento del aceite: jabón X – 0 días de almacenamiento; jabón Y – 15 días de almacenamiento; jabón Z – 30 días de almacenamiento.

Únicamente se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de pH, conductividad eléctrica, densidad, tensión superficial y DQO, a temperatura y presión ambiente.

INTRODUCCIÓN

Las grasas y aceites que se desechan de la cocina generan impactos ambientales al recurso edáfico e hídrico si no se manejan adecuadamente. El derrame de un gramo de aceite en un litro de agua corresponde a una DQO de 2 000 mg/L, problema que se intensifica en áreas rurales o de escasos recursos en donde se desechan y sin tratamiento o aprovechamiento se disponen estos residuos en el suelo o cuerpos receptores hídricos de manera descontrolada e inadecuada.

El presente estudio especial tiene el objetivo de evaluar la factibilidad técnica y económica en la formulación de jabón de manos a partir del aceite residual de cocina (jabón artesanal), para su aprovechamiento y alternativa para su disposición final adecuada, reduciendo o minimizando los impactos generados al ambiente.

La investigación se realizó a escala laboratorio, en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, Dra. Alba Tabarini Molina, utilizando aceite residual recolectado de un restaurante de la Universidad de San Carlos de Guatemala, soda cáustica para la reacción de saponificación y fragancia para la formulación y elaboración del jabón artesanal.

Los jabones artesanales se elaboraron considerando el tiempo de almacenamiento del aceite residual de cocina, el cual fue de 0, 15 y 30 días, así se obtuvieron los jabones X, Y y Z.

Se formaron cuatro concentraciones de jabón artesanal / convencional en agua destilada, denominadas aguas jabonosas, en base a la cantidad en masa de jabón y el volumen de agua aproximado que utiliza una persona durante la actividad de lavado de manos. Las aguas jabonosas fueron objeto del análisis de las propiedades fisicoquímicas de potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, densidad, tensión superficial y DQO.

Mediante la t de Student, se determinó si las propiedades fisicoquímicas de las aguas jabonosas de los jabones artesanales difieren significativamente o no de los jabones convencionales. También se determinó el grado de satisfacción del jabón artesanal para un grupo focal conformado por 13 personas, mediante la prueba de concepto, llevando a cabo una encuesta que incluyó el uso del jabón artesanal para el lavado de manos.

La factibilidad económica se determinó mediante el costo de producción en quetzales por 130 gramos de producto, según lo establecido en la formulación, sumado a los servicios, mano de obra e insumos, y se comparó con el precio de venta promedio de los jabones en barra convencionales en Guatemala, utilizados para la higiene corporal.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Historia de los productos cosméticos e higiene desde la antigüedad

Desde épocas antiguas, las personas se han preocupado por su limpieza e higiene como sinónimo de salud y bienestar. Muchas de las culturas utilizaron ingredientes extraídos de la naturaleza para ser aplicados no solamente a la piel, sino al cabello, y también a los textiles para mantenerse pulcros en todo momento. Debido a que todas estas culturas se establecieron a las orillas de los ríos o lagos, tenían acceso al agua y les fue de utilidad para su saneamiento general.

1.1.1. Cosméticos en la cultura egipcia

En Egipto, hace más de 6 mil años, las personas de la realeza utilizaban productos cosméticos (especialmente maquillaje) como sinónimos de poder y autoridad, puesto que eran productos desarrollados para ser adquiridos por personas de cierto estatus económico. Sin embargo, en los estratos inferiores, se permitía utilizar colores pálidos y otros productos que no mostrasen extravagancia ante la sociedad.

En las tumbas de las reinas y princesas, se encontraron utensilios de belleza y tablillas que describen fórmulas para preparar ungüentos y aceites. En el Departamento de Antigüedades Egipcias del Museo de Louvre, se han estudiado tarros donde el producto se empacaba para que pudiese ser conservado y mantuviera sus propiedades constantes durante el tiempo.

Fueron utilizados diferentes tipos de ingredientes para formular y desarrollar los productos cosméticos. Para lavarse el cuerpo, crearon un producto denominado Wabw a partir de la mezcla entre natrón (un carbonato de sodio mineral), arcilla, cenizas y grasas extraídas de los animales o aceites vegetales.

Para los maquillajes o tintes utilizados sobre la piel, por ejemplo, utilizaron henna y óxidos de hierro (como tintes), galena, sulfuro de plomo y otras sustancias como cerusita, laurionita y fosgenita. Realizaban la investigación, proponían la fórmula, mezclaban los productos según el procedimiento establecido y sintetizaban una pasta, la cual se guardaba en tarros y, posteriormente, la aplicaban con palillos de marfil, madera o metal.

1.1.2. Cosméticos en Europa y la Edad Media

Los árabes fueron los encargados de establecer la primer industria de producción de jabón en Europa, en el siglo X después de Cristo, en Al Andalus, Sevilla. Gracias a los cultivos de olivares y marismas, obtenían la materia prima necesaria para la elaboración del jabón, el cual después se conocería con el nombre de jabón de Castilla. Debido a que este producto se obtenía a partir de aceites vegetales, comenzaron a utilizarlo más para la higiene personal, ayudando a desaparecer las grandes pandemias en Europa.

1.1.3. Surgimiento del jabón en América

En México, en 1575, se estableció la primer industria de jabón, fabricado con tequesquite (mineral que contiene sosa) y otros materiales naturales como fragancias y extractos de plantas.

1.2. Definición de cosmético

El término cosmético fue introducido por primera vez por Albert Kligman, M.D., en 1993, en el cual hace referencia a todos aquellos productos útiles para su uso sobre la piel, los cuales ofrecen ingredientes activos beneficiosos para mejorar la apariencia o la salud de la piel.

La *Food And Drug Administration* (FDA), que regula todos los productos de consumo en los Estados Unidos de América, ha establecido la categoría de cosmético o droga (producto farmacéutico), de acuerdo con su uso intencional. Refiere los cosméticos como artículos cuya intención es frotar, derramar, esparcir y/o rociar (atomizar), introducir o aplicar sobre el cuerpo humano o cualquier parte del cuerpo para su limpieza, belleza, resaltar atractivo, o alterar la apariencia. La FDA excluye al jabón como producto cosmético.

1.3. Definición de jabón, según la FDA

La FDA llama jabón, a todo aquel producto que se comercializa con el nombre jabón, o bien, el producto deberá estar conformado principalmente por una sal álcali de ácidos grasos, y las propiedades detergentes del producto son consecuencia de los compuestos de álcali y ácidos grasos.

Si el producto contiene detergentes sintéticos (tensioactivos aniónicos, catiónicos, no iónicos o anfóteros), según la FDA, estos jabones se consideran cosméticos.

No se adentrará más en detalles en cuanto a definiciones, sin embargo, estas divisiones entre jabón y cosmético se dieron debido al uso generalizado que las personas crearon de la palabra “jabón” durante el tiempo. Existen

jabones para lavar ropa o lavar platos, entre otros, productos cuya intención no es la higiene personal en sí, sino de otras actividades de limpieza.

1.4. Definición y regulación de producto cosmético en Guatemala

En Guatemala, el ente encargado de regular los productos cosméticos es el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).

Según el Código de Salud, inciso 164, los productos cosméticos son preparados y destinados a ser aplicados externamente al cuerpo humano con fines de embellecimiento, modificación del aspecto físico o conservación de las condiciones fisicoquímicas normales de la piel y anexos (pelo y uñas).

Por otro lado, menciona a los productos de higiene personal, aquellos utilizados para la higiene de las personas, como los dentífricos, colutorios o enjuagues bucales, desodorantes, antitranspirantes. De igual forma, los productos para rasurar la barba, para después de rasurar, talcos, condones, toallas sanitarias, tampones, pañales desechables, jabón de tocador sólidos y líquidos, pastas dentales, soluciones y aerosoles para lavado bucal.

Por lo tanto, la regulación de los productos cosméticos y jabones en Guatemala se clasifica en la categoría de productos cosméticos, diferenciados con las siglas (PT-) que anteceden el número de inscripción sanitaria de cada producto, y se regulan de acuerdo a la legislación vigente:

- Decreto 90-97. Código de Salud.
- Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.01.35:06.

- Acuerdo Gubernativo Número 712-99. Reglamento para el control sanitario de los medicamentos y productos afines.
- Norma técnica número 42 versión 7-2015. Inscripción sanitaria de productos cosméticos.

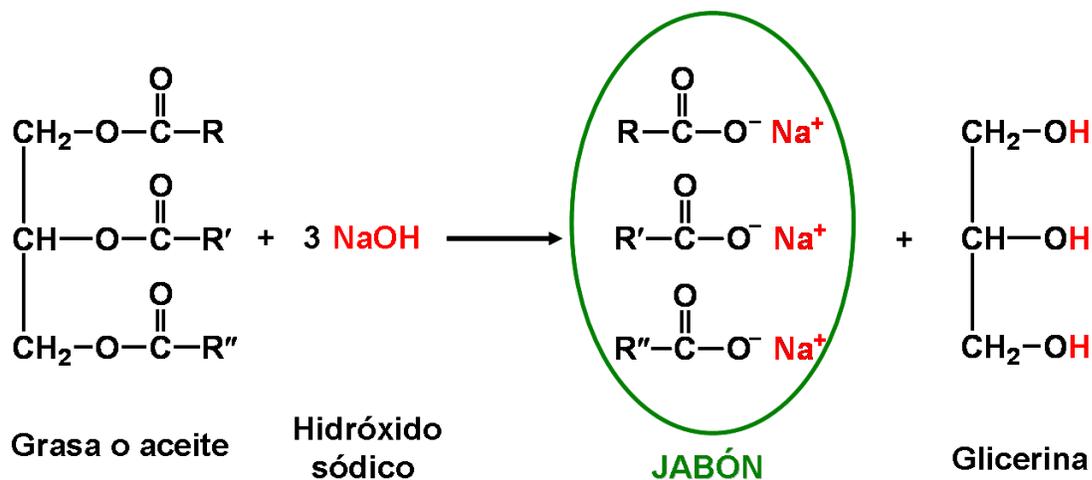
1.5. La química del jabón

El jabón es el resultado de la reacción química entre un ácido graso y un álcali (comúnmente el hidróxido de sodio o de potasio), a la cual se le denomina saponificación.

La saponificación es la hidrólisis con catálisis básica de grasas y aceites para producir jabón. Las grasas, aceites animales y vegetales están compuestos de ésteres glicéricos de los ácidos grasos superiores, de cadena abierta y larga, de 4 o más átomos de carbono, con propanotriol (conocido comúnmente como glicerina). Los aceites y grasas vegetales, exclusivamente, solo contienen ácidos grasos con un número par de átomos de carbono.

Generalmente, la reacción química producida durante la saponificación se puede representar así:

Figura 2. Reacción de saponificación



Fuente: CASTAÑOS, Enrique. <https://goo.gl/NtbT6a>.>Consulta: abril de 2016.

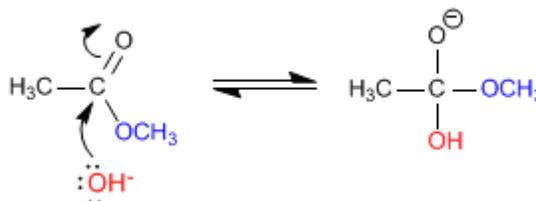
El producto resultante es un jabón crudo, cuya mezcla se compone de glicerina y exceso de hidróxido. Este jabón puede ser purificado calentando y con agua y agregando cloruro de sodio o potasio, de tal forma que precipiten las sales de carboxilato ¹.

La saponificación consta de dos momentos generales: descomposición para formar subproductos y reacción de dichos subproductos para formar los productos finales. Estos momentos establecen el mecanismo de reacción de la saponificación, es decir, la hidrólisis básica de ésteres. Ocurren en tres etapas, como se muestra en la siguiente figura.

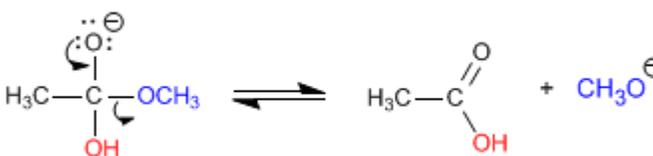
¹ MCMURRY, John. *Organic Chemistry*. p. 1122.

Figura 3. **Mecanismo de reacción de la saponificación**

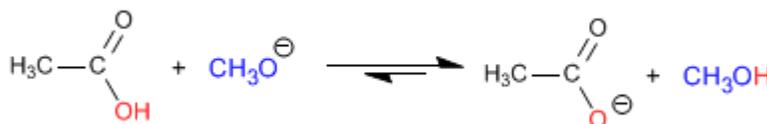
Etapa 1: adición
nucleófila del agua al
carbonilo



Etapa 2: eliminación
del metóxido



Etapa 3: equilibrio
ácido base entre el
ácido carboxílico y el
metóxido. Este
equilibrio desplaza los
equilibrios anteriores
hacia el producto final



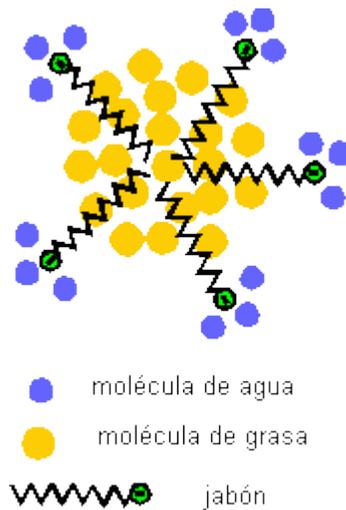
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de
<http://www.quimicaorganica.org/esteres/449-hidrolisis-basica-de-esteres-saponificacion.html>.>Consulta: abril de 2016.

1.6. Efecto limpiador de los jabones

Los jabones actúan como agentes de limpieza, ya que la molécula por la cual se componen tiene la característica de tener sus dos extremos completamente diferentes. El carboxilato aniónico que se encuentra en una de las puntas de la molécula es la parte hidrofílica (que se adhiere al agua).

En cambio, la larga cadena hidrocarbonada de la molécula de jabón es hidrofóbica, por lo que en vez de adherirse a las moléculas de agua, se adhiere a las moléculas de grasa producto de suciedad.

Figura 4. **Efecto hidrofóbico e hidrofílico de la molécula del jabón**



Fuente: VARELA, Antonio. <http://goo.gl/zUTi6L>.>Consulta: abril de 2016.

La acción por la cual el jabón solubiliza las grasas, aceites y demás productos no polares (insolubles) al agua se le denomina micela. Una vez solubilizadas todas las sustancias insolubles, la grasa y suciedad son transportadas por el agua y evacuadas como aguas grises.

En aguas duras, las cuales contienen iones de metales como calcio, magnesio o hierro, los carboxilatos de sodio reaccionan con estos iones y producen jabones insolubles. Por lo tanto, al usar aguas duras se necesitará de más jabón para que se logre la limpieza. También estas aguas reducen drásticamente la formación de espuma.

1.7. Obtención de las grasas y aceites

Las grasas y aceites provienen de dos fuentes naturales: los animales y los vegetales. En conjunto, estas se componen de mezclas de diversos ácidos grasos, que en determinada proporción influyen en la consistencia y el tipo de grasa. Debido a que los aceites alimenticios provienen de los vegetales, se abordará con mayor detalle este tema.

1.7.1. Grasas y aceites vegetales

Las grasas y aceites vegetales se hallan en los frutos y semillas de las plantas. Antes de la obtención del aceite o grasa vegetal, si el fruto o semilla está húmedo, se seca en secadores especiales hasta una humedad del 5 al 10 %. Luego se liberan las impurezas que existan mediante cribado y aventado, para proceder a triturar el fruto o semilla. Posteriormente, se lleva a una prensa, en cuyo proceso mecánico se exprime la mayor parte de la grasa, haciéndose este proceso más eficiente si se calienta con vapor la materia antes de prensar.

Comercialmente, la industria maneja el proceso de prensado hasta dejarle a la semilla o fruto el 10 o 20 % del aceite o grasa, el cual luego se obtiene por un proceso de extracción.

El disolvente más útil para la extracción de las grasas en los frutos y las semillas vegetales es la gasolina, “precisamente una fracción de la misma que no hierva por encima de los 100 °C, pues de no ser así, al evaporar el disolvente, se sobrecalienta la grasa y puede por ello desnaturalizarse”².

² MAYER, Ludwig. *Métodos de la Industria Química*. p. 133.

La extracción completa del aceite o semilla se realiza en extractores de tipo sucesivos o especiales continuos, trabajando en contracorriente, haciendo chocar la materia vegetal con la gasolina, hasta que queda un contenido de aceite entre 30 y 35 % en las semillas o frutos. Se forma una mezcla de gasolina rica en aceite denominada miscella. Esta se filtra y se separan las impurezas sólidas, llevándose luego a un proceso de destilación. La gasolina se evapora entonces por completo y se recupera posteriormente por condensación. El aceite puro se recoge en la parte inferior de la columna de destilación, donde se extrae y luego se purifica.

En la purificación, se separan las impurezas orgánicas por agitación con una solución de ácido sulfúrico. También se eliminan los ácidos libres en las grasas por neutralización con sosa cáustica a 90 °C y lavado con agua caliente. Este proceso debe ser rápido, de lo contrario se saponificará la grasa o aceite. Para separar los colorantes del aceite o grasa, debe mezclarse con carbón activado y tierras decolorantes, y calentarse a 80 °C, agitando por cierto tiempo.

1.7.2. Aceites vegetales comunes de cocina

Existe una gran variedad de aceites vegetales que comercialmente son muy utilizados en la cocina, como el aceite de oliva, girasol, canola, cártamo, maíz, coco, de palma, cacahuete, de grano de palma, de semilla de sésamo, etc.

Todos estos aceites son extraídos desde determinado vegetal y tienen propiedades que los hacen muy característicos, como su color, su olor o el contenido de ácidos grasos que lo componen.

Figura 5. **Aceite de cocina comercial**



Fuente: <http://goo.gl/HRsYFI>. >Consulta abril de 2016.

1.7.2.1. Aceite de girasol

El aceite de girasol se obtiene a partir de las semillas de girasol (*Helianthus annuus* L.). La extracción bruta tiene un color ámbar, y refinado se torna un amarillo pálido, semejante al de otros aceites de semillas³. Tiene un contenido similar de ácidos grasos respecto de los aceites de otras semillas. Su aroma es típico, poco agradable, que puede mejorarse por desodorización al vapor.

³ BAILEY, Alton. *Aceites y grasas industriales*. p. 130.

1.7.2.2. Aceite de maíz

El aceite de maíz en bruto (*Zea mays*) tiene un color ámbar rojizo oscuro que, aun siendo refinado, posee el color más oscuro que el resto de los aceites vegetales⁴. Su contenido en ácidos grasos libres es mayor que el resto de los aceites de semillas vegetales, llegando a superar además en 1,5 % el contenido de fosfátidos. Su aroma es dulce, eliminándose por desodorización.

1.7.2.3. Aceite de oliva

Es un aceite obtenido a partir del fruto conocido como aceituna, también llamado olivo. El color que se obtiene del aceite luego de su extracción tiene una relación estrecha con el tipo de aceituna, que generalmente se encuentra entre un amarillo verdoso a uno pajizo. Tiene un sabor afrutado característico, un tanto amargo.

1.7.2.4. Aceite de palma

Obtenido de los frutos de la palma africana, tiene un color rojizo anaranjado, ya que contiene caroteno (0,05 a 0,2 %), y dicho color no es afectado por la neutralización en su proceso de extracción⁵. Este color puede ser eliminado y blanquear el aceite por procesos de hidrogenación. Con olor agradable, característico, es muy estable ante la oxidación y no cuenta con propiedades secantes.

⁴ BAILEY, Alton. *Aceites y grasas industriales*. p. 132.

⁵ *Ibíd.* p. 128.

Tabla I. **Composición promedio de aceites vegetales comunes de cocina (en 100 g)**

Ácidos grasos	Tipo de aceite			
	Girasol	Maíz	Oliva	Palma
Ácido graso monoinsaturado oleico	24,940	32,100	69,631	36,600
Ácido graso monoinsaturado palmitoleico	0,095	0,286	0,955	0,300
Ácido graso saturado mirístico	0,061	0,030	0,010	1,000
Ácido graso saturado palmítico	6,100	9,300	12,409	43,500
Ácido graso saturado esteárico	4,000	1,800	2,814	4,300
Ácido graso poliinsaturado linoleico	62,210	52,530	9,943	9,100
Ácido graso poliinsaturado linolénico	0,061	1,440	0,547	0,200

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en <http://nutricion.nichese.com/aceite.htm>.>Consulta: marzo, 2016.

Tabla II. **Propiedades fisicoquímicas de aceites vegetales crudos comunes de cocina**

Propiedades fisicoquímicas	Tipo de aceite			
	Girasol	Maíz	Oliva	Palma
Densidad relativa (X °C /agua a 20 °C)	0,918 – 0,923 X = 20 °C	0,917 – 0,925 X = 20 °C	0,910 – 0,916 X = 20 °C	0,891 – 0,899 X = 50 °C
Densidad aparente (g/mL)	-	-	-	0,889 – 0,895 T = 50 °C
Índice de refracción (ND 40 °C)	1,461 – 1,468	1,465 – 1,468	1,4677 – 1,4705	1,454- 1,456 T = 50 °C
Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)	188 – 194	187 – 195	184 – 196	190 – 209
Índice de yodo*	118 – 141	103 – 135	75 – 94	50,0 – 55,0
Materia insaponificable (g/kg)	≤15	≤28	≤15	≤12
Relación de isótopo de carbono estable**	-	-13,71 a -16,36	-	-

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos en Codex Stan 210 y 33.

1.7.3. La química de los lípidos

Los lípidos son moléculas orgánicas naturales aisladas de las células y tejidos por la extracción con un solvente orgánico no polar. Se clasifican en dos tipos generales: aquellos como las grasas y ceras, que contienen enlaces de ésteres y pueden ser hidrolizados, y aquellos como el colesterol y otros esteroides, los cuales no tienen enlaces ésteres y no pueden ser hidrolizados.

Las grasas y aceites son triglicéridos, triésteres de glicerol con tres cadenas largas de ácidos carboxílicos ⁶.

Se han identificado más de 100 ácidos diferentes. El ácido palmítico (C16) y el ácido esteárico (C18) son los ácidos grasos saturados más abundantes, por otro lado, los ácidos oleico y linoléico (C18) son los ácidos grasos insaturados más abundantes ⁷.

Tabla III. **Estructura de algunos ácidos grasos comunes**

Nombre	No. de carbonos	Estructura	Punto de fusión (°C)
Ácidos grasos saturados			
Láurico	12	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	44
Mirístico	14	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	58
Palmítico	16	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	63
Esteárico	18	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	70
Ácidos grasos insaturados			
Palmitoléico	16	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH (cis)	32
Oléico	18	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH (cis)	16
Linoléico	18	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CH(CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH (cis, cis)	-5

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MCMURRY, John. *Organic Chemistry*. 2000. p. 1120.

Los ácidos grasos insaturados presentan generalmente un punto de fusión más bajo que los saturados.

⁶ MCMURRY, John. *Organic Chemistry*. p. 1121.

⁷ *Ibíd.* p. 1119.

Los aceites vegetales, por otra parte, se componen de una alta proporción de ácidos grasos insaturados que de saturados; lo contrario sucede con las grasas animales. Esto es debido a la estructura del lípido.

Las grasas saturadas tienen una forma uniforme que les permite empacarse eficientemente en una red cristalina. Sin embargo, en los aceites vegetales insaturados, los enlaces C=C introducen curvas y dobleces en las cadenas hidrocarbonadas, haciendo que la formación del cristal sea más dificultosa. Entre más dobles enlaces existan, más difícil será para las moléculas cristalizarse y, por lo tanto, el punto de fusión del aceite será más bajo.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Definición de las variables en el estudio de factibilidad técnica

Se determinaron todas las variables que influyen de manera directa o indirecta en el proceso de experimentación, clasificándolas como variables independientes o dependientes, sean constantes o no constantes, y que influyeron en los resultados de la investigación.

Tabla IV. **Variables de la factibilidad técnica del jabón artesanal**

Variables	Indep.	Dep.	Ctes.	No ctes.	Respuesta
Concentración jabón – agua destilada	X		X		
Tiempo de reposo	X		X		
Temperatura atmosférica	X			X	
Presión atmosférica	X		X		
Densidad		X		X	X
Tensión superficial		X		X	X
pH		X		X	X
Conductividad eléctrica		X		X	X
DQO		X		X	X

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Variables manipuladas**

Variables	Dimensional	Rango de variación
Concentración en peso de jabón – agua destilada	g/L	0,1639, 0,4918, 0,8197 y 1,1475
Tiempo de reposo	días	0, 15 y 30

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Variables de las propiedades fisicoquímicas**

No.	Variables	Dimensional
1	Concentración en peso	g/L
2	Tiempo de reposo	días
3	Temperatura atmosférica	°C
4	Presión atmosférica	atm
5	Densidad	g/mL
6	Tensión superficial	dina/cm
7	pH	U
8	Conductividad eléctrica	µs/cm
9	DQO	mg/L

Fuente: elaboración propia.

2.2. Delimitación del campo de estudio

En el presente estudio se evaluó la factibilidad técnica en el desarrollo de un jabón artesanal a partir del aceite residual de cocina, utilizando los ingredientes comunes para la elaboración de la formulación, y posteriormente se realizaron cuatro muestras, tres del producto y una del jabón convencional en agua destilada, y se comparó sus propiedades fisicoquímicas de densidad, tensión superficial, pH, conductividad y DQO. La fase experimental se llevó a cabo a escala laboratorio.

Además, se desarrolló una prueba de concepto de producto mediante una encuesta, para un grupo focal determinado, a fin de determinar el grado de aceptabilidad del producto.

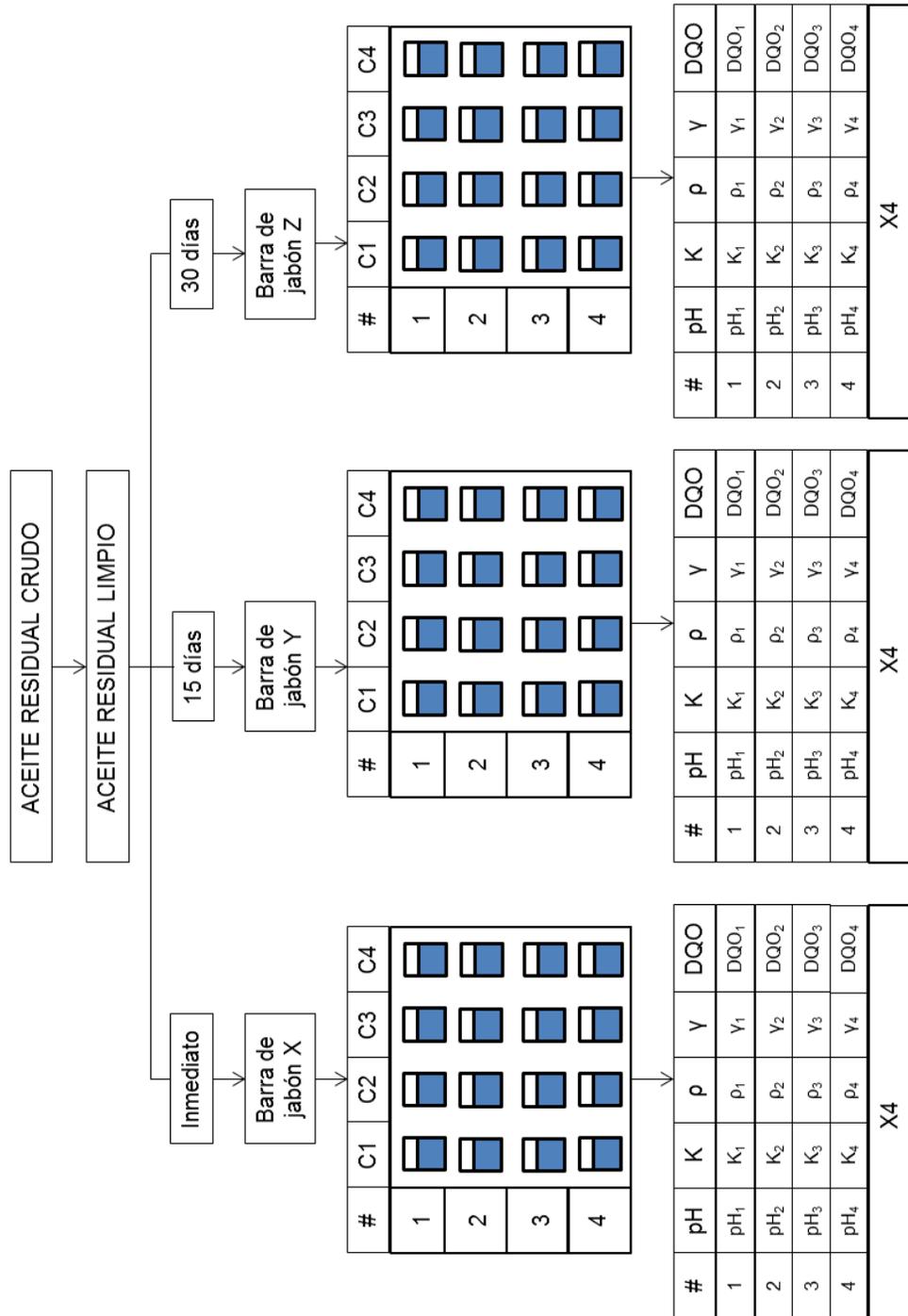
2.2.1. Procedimiento experimental

En las figuras 5 y 6 puede apreciarse el procedimiento experimental que generalmente siguió la presente investigación. Nótese que X4 significa que se realizaron cuatro veces los análisis mostrados en las tablas, para el análisis estadístico.

La materia prima esencial que se utilizó para el presente estudio es el aceite residual de cocina, el cual se obtuvo de un restaurante ubicado en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Todo el aceite residual se juntó dentro de un recipiente plástico por el personal de dicho establecimiento, siendo este tapado y almacenado hasta obtener un galón.

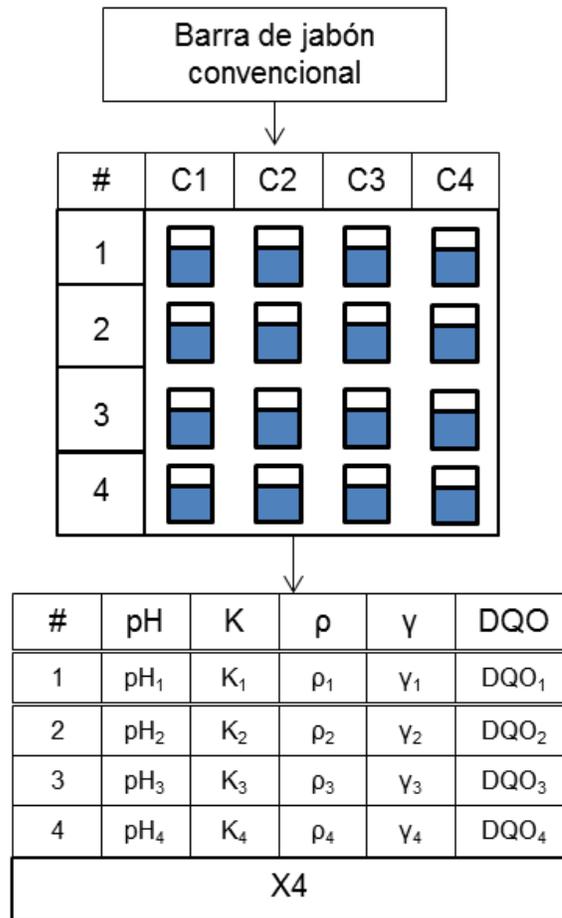
El aceite residual crudo presentó las siguientes características: color café quemado, con impurezas sólidas (restos de comida), olor característico a rancio desagradable.

Figura 6. Procedimiento experimental con el aceite residual



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Procedimiento experimental con el jabón convencional



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.1. Proceso de limpieza del aceite residual de cocina crudo

Luego de la recolección del aceite residual crudo, se llevó al laboratorio para el proceso de limpieza. El proceso de limpieza se basó en la metodología “Sanear y limpiar para un ambiente sano”, por Jeff Conant, de la fundación Hesperian.

El proceso de limpieza del aceite residual de cocina crudo consistió en los siguientes pasos:

- Se agitó el galón que contenía el aceite para su homogenización.
- Se mezcló el aceite en una cantidad igual de agua (se utilizó agua destilada para la presente investigación).
- Se calentó esta mezcla hasta hervir.
- Se dejó enfriar y se sacó el aceite que flotaba encima del agua.
- Se repitió nuevamente el proceso con agua limpia, puesto que existía aún olor a rancidez.
- Se procedió a filtrarlo una sola vez utilizando una tela limpia.

Finalizada la limpieza del aceite residual de cocina, el agua utilizada para su limpieza se reusó para riego de unas plantas en una jardinera, en cumplimiento con los artículos 34 y 35 del Acuerdo Gubernativo 236-2006, para reuso de aguas residuales de tipo I, haciendo de esta forma una disposición adecuada al agua generada en este proceso.

Figura 8. **Proceso de limpieza, calentamiento y filtrado**



Fuente: elaboración propia.

El aceite residual limpio de cocina se caracterizó por estar libre de impurezas, aún quedó el olor característico a rancio y el mismo color del aceite residual crudo. El proceso de filtrado fue efectivo para eliminar las impurezas (sólidos, restos de comida) contenidas en el aceite residual de cocina.

2.2.1.2. Almacenamiento del aceite residual limpio

Una vez limpio el aceite, inmediatamente se procedió a elaborar las primeras muestras de barras de jabón artesanal (barras X). Se almacenó el resto de aceite residual limpio de cocina en un envase de galón de plástico, tapado, a presión y temperatura ambiente, en un lugar sin exposición a la luz, limpio y seco. Por conveniencia, se decidió que el tiempo de almacenamiento fuera de 15 y 30 días, para la elaboración de las barras Y y Z, respectivamente, y así evaluar las diferencias de los productos debido al tiempo de almacenamiento del aceite residual limpio.

2.2.1.3. Elaboración de la barra de jabón

El presente estudio se realizó a nivel laboratorio, por lo que el equipo que se utilizó fue el siguiente:

- 2 *beackers* de 500 mL
- 2 recipientes de plástico de 1 L
- 1 varilla de agitación
- 1 probeta de 50 y 100 mL
- 1 balanza analítica
- 1 licuadora comercial
- 1 recipiente tipo *bowl* comercial
- 1 rollo de plástico "film"
- Moldes comerciales de plástico para jabón

La materia prima utilizada fue la siguiente:

- Aceite residual limpio de cocina
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (lentejas)
- Fragancia (aloe vera)
- Silicona cosmética (para facilitar el desmolde)

A continuación, el procedimiento utilizado para elaborar el jabón a partir de aceite residual limpio de cocina:

- Se añadió el hidróxido de sodio en lentejas al agua destilada. Puesto que se genera reacción exotérmica, se colocó en baño maría y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Se agitó la solución hasta que todo el hidróxido se disolviera.
- Se vertió la solución de hidróxido de sodio lentamente al aceite, se agitó constantemente en una dirección por 10 minutos y se agregó la fragancia de aloe vera.
- Se continuó agitando la mezcla por 25 minutos hasta su espesor (al momento que el agitador deje surcos sobre la mezcla).
- Se agregó silicona cosmética en forma atomizada sobre los moldes, para evitar que el producto se quiebre al momento de retirarlo.
- Se vació la mezcla en el molde, se atomizó nuevamente silicona encima del molde ya con la mezcla, se tapó con “film” plástico y se dejó reposar por 3 días.
- Se palpó el jabón y al sentirlo duro, se procedió a retirarlo de los moldes.
- Se dejó reposar el jabón por al menos 1 mes luego de sacarlo de los moldes, para que finalizara el proceso de saponificación.
- Se cubrió el jabón para evitar la pérdida de humedad.

Figura 9. **Proceso de saponificación y moldeado**



Fuente: elaboración propia.

Para el presente estudio, por la formulación detallada y por el tipo de molde, se llegó a producir cuatro barras de jabón X, Y y Z.

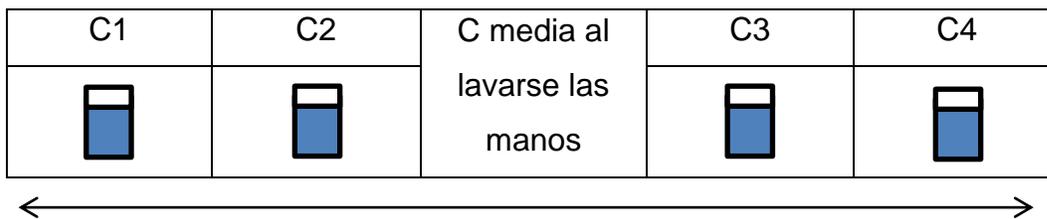
Se siguió el procedimiento establecido por Jeff Conant y la Organización Hesperian. Sin embargo, también se utilizaron otras fuentes bibliográficas teóricas para la formulación del jabón artesanal, de forma que en los resultados se propuso una fórmula cuantitativa a partir de una mezcla homogénea de aceites residuales de cocina (es decir, sin importar si es aceite de oliva, de girasol u otro).

2.2.1.4. Definición de muestras de concentración jabón – agua destilada

Una vez realizadas las cuatro barras de jabones para cada tiempo de almacenamiento (X, Y y Z), aleatoriamente se escogió una barra de jabón, la cual se procedió a cortar, pesar y disolver cierta cantidad de masa para crear diferentes concentraciones con agua destilada.

Por conveniencia, se realizaron cuatro concentraciones diferentes, tomando como referencia la cantidad (en masa) de jabón que se necesita para lavarse las manos utilizando determinada cantidad (volumen) de agua.

Figura 10. **Concentraciones jabón – agua destilada**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Masa de jabón (g) y volumen de agua (mL) utilizado para el lavado de manos**

Corrida	$m_{\text{jabón inicial}} \text{ (g)}$	$m_{\text{jabón final}} \text{ (g)}$	$\Delta m \text{ (g)}$	$V_{\text{agua utilizada}} \text{ (mL)}$
1	6,68	6,55	0,13	300
2	6,55	6,51	0,04	450
3	6,51	6,25	0,26	300
4	6,25	5,79	0,46	250
5	5,79	5,58	0,21	225

Fuente: elaboración propia.

El volumen de agua utilizado se determinó mediante aforación, simulando el tiempo en que se deja abierta la llave del grifo mientras se da la acción del lavado de manos. El cambio de la masa en gramos es, por tanto, la cantidad de jabón real utilizado durante el lavado de manos. En promedio, el cambio en la masa fue de 0,22 gramos, y 305 mL el promedio de volumen de agua utilizada, por lo que la concentración en peso media del agua jabonosa al lavarse las manos fue de 0,7213 g/L.

Por conveniencia, se dejó el volumen de agua constante (305 mL = 0,305 L) y se utilizaron las siguientes masas de jabón:

Tabla VIII. **Masas para cada concentración de jabón (g)**

Masa 1	Masa 2	Masa media	Masa 3	Masa 4
0,05	0,15	al lavarse las manos = 0,22 gramos	0,25	0,35

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Concentración en peso de jabón (g/L) para cada muestra**

Tipo de barra de jabón: <u>X, Y, Z o convencional</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	0,1639	0,4918	0,8197	1,1475
2	0,1639	0,4918	0,8197	1,1475
3	0,1639	0,4918	0,8197	1,1475
4	0,1639	0,4918	0,8197	1,1475

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.5. Determinación de las propiedades fisicoquímicas

El presente estudio no solamente se enfocó en la factibilidad técnica de la elaboración de un jabón artesanal a partir de aceite residual de cocina, sino que también consideró el saneamiento del suelo y los cuerpos de agua, dándole una utilidad al aceite previo a su disposición final transformándolo en jabón.

Por lo tanto, se determinó si es factible técnicamente la elaboración del jabón desde un punto de vista sanitario, a partir de las evaluaciones fisicoquímicas de agua jabonosa que generó cada barra de jabón artesanal, y se comparó con la generada por la barra de jabón convencional.

Una vez definidas las muestras para cada concentración de jabón en barra, se procedió a evaluar sus propiedades fisicoquímicas. De esta forma, se cuantificaron las variables del proceso que determinaron los resultados.

Figura 11. **Representación de las concentraciones de una de las barras de jabón por evaluar**



Fuente: elaboración propia.

Propiedades fisicoquímicas evaluadas:

- pH: nivel de acidez o alcalinidad de la concentración de jabón.
- Conductividad eléctrica (K): capacidad que tiene cada concentración de jabón para conducir la corriente eléctrica.
- Densidad: masa de la concentración de jabón en determinado volumen.
- Tensión superficial: cantidad de energía necesaria para aumentar la superficie de cada concentración de jabón por unidad de área.
- DQO: carga orgánica total contenida en cada concentración de jabón.

El pH, la conductividad y la densidad son propiedades comunes que se evalúan en jabones y en productos cosméticos general; debido a que los jabones modifican la tensión superficial del agua, también fue objeto de estudio. Como 1 g de aceite de girasol en 1 L de agua aporta una DQO de 2 000 mg/L⁸, se determinó la DQO de cada concentración de jabón a partir de aceite residual de cocina y convencional, y se analizaron los resultados.

- Método y modelo según tipo de variable
 - pH

Variable: cuantitativa

Método: medida de diferencial de potencial eléctrico

Explicación del método:

- Se encendió el potenciómetro.

⁸ CISTERNA, Pedro. *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región.* p. 7.

- Se colocó la muestra en un vaso de precipitar y se realizó la lectura de pH.
- Conductividad eléctrica

Variable: cuantitativa

Método: medida de conducción de corriente eléctrica

Explicación del método:

- Se agregó la muestra a un vaso de precipitar.
- Se encendió el conductivímetro.
- Se introdujo el electrodo del aparato y se presionó la tecla correspondiente (algunos AR).
- Se presionó de nuevo y se dejó estabilizar la lectura.
- Densidad

Variable: cuantitativa

Modelo: magnitud intensiva por definición

Método: picnómetro

Explicación del método:

- Se calibró la balanza analítica de acuerdo con el manual del equipo.
- Se taró el picnómetro vacío.
- Con la muestra, se llenó el picnómetro hasta su punto de aforo.
- Se pesó el picnómetro conteniendo cada muestra.

- Tensión superficial

Variable: cuantitativa

Modelo: ley de Jurín

Método: capilaridad

Explicación del método:

- Se colocó la muestra en un vaso de precipitar.
- Se introdujo un capilar de manera vertical en la muestra hasta su marca de aforo.
- Se anotó la altura a la que ascendió el líquido por encima de la superficie.

- DQO

Variable: cuantitativa

Modelo: ley de Lambert – Beer

Método: espectrofotometría

Explicación del método:

- Se conectó el reactor de DQO y se precalentó a 150 °C por 25 minutos.
- Se agitó la muestra por analizar de 30 segundos a un minuto.

- Se midió 2 mL de agua destilada (blanco) y se colocó en un vial para DQO. Se agitó fuertemente el vial con la muestra. Esto sirvió para calibrar a cero el espectrofotómetro.
- Se midió 1 mL de agua de muestra por analizar y 1 mL de agua destilada (para crear dilución 1:2) y se colocó en un vial para DQO. Se agitó fuertemente el vial con la muestra.
- Se colocaron los viales en el reactor de DQO por un tiempo de 2 horas a 150 °C.
- Pasadas las 2 horas, se dejaron enfriar los viales por 20 minutos, se invirtieron varias veces aún calientes y luego se dejaron enfriar a temperatura ambiente.
- Se colocó el número de método que corresponde (435) en el espectrofotómetro de acuerdo con el rango empleado y se verificó la longitud de onda (620 nm).
- Se colocó el vial que contiene agua destilada en el espectrofotómetro y se presionó la tecla “zero”.
- Se limpió la parte externa del vial que contiene la muestra y se colocó en el espectrofotómetro.
- Se presionó la tecla “read” y el aparato realizó la lectura.

Tabla X. Rangos probables de DQO de la muestra

Rango (mg/L)	Tipo de Tubo	Volumen de muestra (mL)	Método
0-40	Ultra bajo	2	431 (350 nm)
0-150	Bajo	2	430 (420 nm)
0-1 500	Alto	2	435 (620 nm)
0-15 000	Extra alto	0,20	435 (620 nm)

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de MUCH, Zenon. *Manual de prácticas de laboratorio "Química y microbiología sanitaria"*. p. 6.

- Tabulación de los datos fisicoquímicos

La siguiente tabla muestra la manera en la cual se tabularon todos los datos para cada variable fisicoquímica determinada:

Tabla XI. Tabla para tabulación de los datos

Tipo de barra de jabón: <u>X, Y, Z o convencional</u>					
Concentración: <u>1, 2, 3 o 4</u> T = _____ °C					
Muestra	pH	K	ρ	h	DQO
1	pH 1	K 1	ρ 1	h 1	DQO 1
2	pH 2	K 2	ρ 2	h 2	DQO 2
3	pH 3	K 3	ρ 3	h 3	DQO 3
4	pH 4	K 4	ρ 4	h 4	DQO 4

Fuente: elaboración propia.

Una vez tabulados los datos en la fase de determinación de propiedades fisicoquímicas, se organizaron para establecer la base de datos:

Tabla XII. **Datos de pH (U)**

Tipo de barra de jabón: <u>X, Y, Z o convencional</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	pH 11	pH 21	pH 31	pH 41
2	pH 12	pH 22	pH 32	pH 42
3	pH 13	pH 23	pH 33	pH 43
4	pH 14	pH 24	pH 34	pH 44

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Datos de conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)**

Tipo de barra de jabón: <u>X, Y, Z o convencional</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	K 11	K 21	K 31	K 41
2	K 12	K 22	K 32	K 42
3	K 13	K 23	K 33	K 43
4	K 14	K 24	K 34	K 44

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Datos de densidad (g/mL)**

Tipo de barra de jabón: <u>X, Y, Z o convencional</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	ρ_{11}	ρ_{21}	ρ_{31}	ρ_{41}
2	ρ_{12}	ρ_{22}	ρ_{32}	ρ_{42}
3	ρ_{13}	ρ_{23}	ρ_{33}	ρ_{43}
4	ρ_{14}	ρ_{24}	ρ_{34}	ρ_{44}

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Datos de la tensión superficial (dina/cm)**

Tipo de barra de jabón: <u>X, Y, Z o convencional</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	γ_{11}	γ_{21}	γ_{31}	γ_{41}
2	γ_{12}	γ_{22}	γ_{32}	γ_{42}
3	γ_{13}	γ_{23}	γ_{33}	γ_{43}
4	γ_{14}	γ_{24}	γ_{34}	γ_{44}

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Datos de DQO (mg/L)**

Tipo de barra de jabón: <u>X, Y, Z o convencional</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	DQO 11	DQO 21	DQO 31	DQO 41
2	DQO 12	DQO 22	DQO 32	DQO 42
3	DQO 13	DQO 23	DQO 33	DQO 43
4	DQO 14	DQO 24	DQO 34	DQO 44

Fuente: elaboración propia.

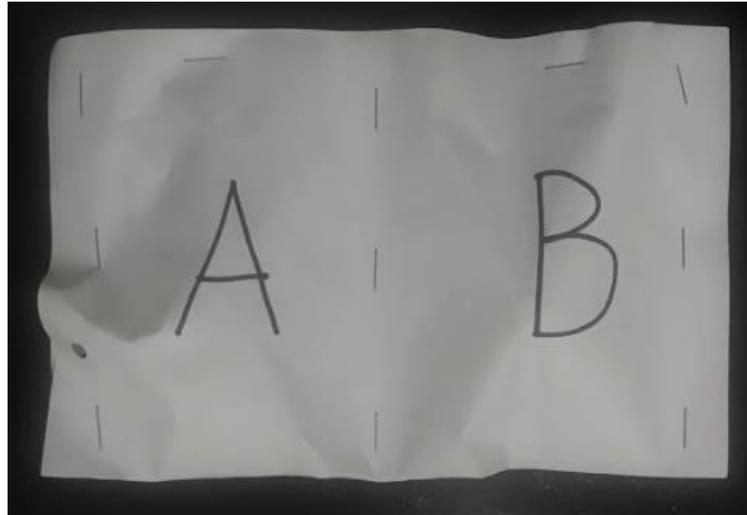
2.2.1.6. Determinación del grado de satisfacción

Debido a que el jabón en la presente investigación es enfocado como medida de saneamiento para el lavado de manos, se debe asegurar la calidad del producto final en cuanto a la percepción del consumidor.

Para llevar a cabo esta evaluación, se desarrolló una encuesta en la cual se le pidió a los voluntarios probar el jabón artesanal a partir de aceite residual de cocina (B) y el jabón convencional (A). El jabón artesanal que se dio a probar fue aquel que se asemejaron sus propiedades fisicoquímicas en disolución al jabón convencional, siendo este el jabón en barra "X".

Los encuestados desconocían el jabón artesanal y el convencional, solamente se les dio a conocer por las letras A y B. La encuesta se diseñó para que el consumidor evaluara los dos productos de forma independiente.

Figura 12. **Paquete que contenía los jabones A y B**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se aprecia el formato de tabulación utilizado para la evaluación del grado de satisfacción mediante un extracto de las pruebas de concepto.

Se utilizó la escala numérica las cuales evaluaron en un rango de 1 a 10 los factores organolépticos y de uso, estipulando en promedio al menos la satisfacción de los resultados en un 65 % para determinar si el producto tiene el potencial de satisfacer generalmente las necesidades de los consumidores.

Tabla XVII. **Prueba de concepto**

ENCUESTA No.		
Factores	A	B
Apariencia		
Olor		
Color		
Funcionalidad		
Calidad		

Fuente: elaboración propia.

Se determinó un valor por conveniencia del 65 % en promedio como grado de satisfacción, ya que el jabón artesanal proviene de una materia prima reciclada, por lo que no es de esperarse que sea un producto con las cualidades finales deseadas por parte del consumidor.

Para que la validez y la fiabilidad del cuestionario se fundamenten de manera estadística, la muestra piloto debió ser de unas 30 a 50 personas. Para el presente caso no se corroboró estadísticamente la validez y la fiabilidad del cuestionario, porque la encuesta se realizó a un grupo focal de 13 personas (ver apéndice 5).

Para el desarrollo de la tabla de evaluación, se procedió a realizar el proceso de encuesta, siguiendo el diseño presentado a continuación:

Figura 13. **Formato de encuesta**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
E ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA**

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: _____ Jabón B: _____

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: _____ Jabón B: _____

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: _____ Jabón B: _____

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: _____ Jabón B: _____

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: _____ Jabón B: _____

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO ESTADÍSTICO

3.1. Estadística descriptiva

Debido a que se realizaron cuatro réplicas para las cuatro concentraciones jabón artesanal – agua destilada establecidas previamente, para cada tiempo de almacenamiento, y también para las cuatro concentraciones de jabón convencional – agua destilada, se obtuvieron datos para analizarlos por medio de la estadística descriptiva, a fin de representar de mejor forma las variables de las muestras. El muestreo fue realizado por conveniencia. La estadística descriptiva se aplicó a las propiedades fisicoquímicas evaluadas.

3.1.1. Medidas de tendencia central

La única medida de tendencia central aplicada para la esta investigación es la media de los datos, definida como el promedio aritmético de una distribución.

3.1.2. Medidas de variabilidad

Las medidas de variabilidad aplicadas a la estadística descriptiva realizada, son la desviación estándar y la varianza, las cuales indican la dispersión de los datos obtenidos.

3.2. Análisis paramétricos

Para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en la presente investigación, se realizó la prueba de t de Student para muestras independientes, puesto que las muestras analizadas son diferentes (jabones X, Y y Z difieren del convencional). Se definió la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y se determinó si la prueba de t de Student es de varianzas iguales o desiguales debido a la verificación del supuesto de homocedasticidad, mediante la prueba de F de Fisher.

3.2.1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Es una prueba para determinar la uniformidad de un grupo de datos; se hace necesaria para que los resultados de los análisis de la t de Student sean fiables, cumpliendo con el supuesto de la normalidad de los datos. Se utilizaron las siguientes hipótesis para corroborar si los datos siguen una distribución normal:

H0 = los datos están distribuidos normalmente.

H1 = la distribución observada no se ajusta a la distribución normal.

Se utilizó el programa de Microsoft Excel 2010 para realizar una matriz de probabilidades y valores teóricos acumulados con el objetivo de determinar su valor máximo P. Se utilizó un nivel de significancia α de 0,05. Para este caso, si $P > \alpha$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

3.2.2. Prueba F de Fisher

La prueba F de Fisher permite concluir si dos muestras presentan igualdad de varianzas, la homocedasticidad necesaria para desarrollar la prueba t de Student. Se utilizaron las siguientes hipótesis para corroborar la igualdad:

H0 = las dos muestras presentan varianzas iguales

H1 = las dos muestras presentan varianzas distintas

Se utilizó la “Prueba F para varianzas de dos muestras” de Microsoft Excel 2010, la cual despliega como resultados la media, varianza, observaciones, grados de libertad, F, $P(F \leq f)$ una cola, valor crítico para F (una cola). Se utilizó un nivel de significancia α de 0,05. Para este caso, si $P > \alpha$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

3.2.3. Análisis de t de Student

La t de Student es una prueba estadística para analizar si dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias⁹. Una vez obtenido el resultado de las propiedades fisicoquímicas para cada concentración, se procedió a analizar mediante la t de Student el jabón X, Y y Z con el convencional (como variable de control), utilizando la “Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales” y “Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales” (para los valores que no cumplan con F de Fisher), de Microsoft Excel 2010, de la cual se obtuvo la varianza, grados de libertad, el estadístico t y el estadístico P. Se utilizó un nivel de significancia α de 0,05.

⁹ HERNÁNDEZ, Roberto. *Metodología de la investigación*. p. 460.

4. RESULTADOS

4.1. Formulación de jabón en barra

A partir de fuentes bibliográficas y experimentaciones, se definió la siguiente formulación del jabón, utilizando los ingredientes convencionales para el proceso de saponificación.

Tabla XVIII. **Formulación del jabón artesanal**

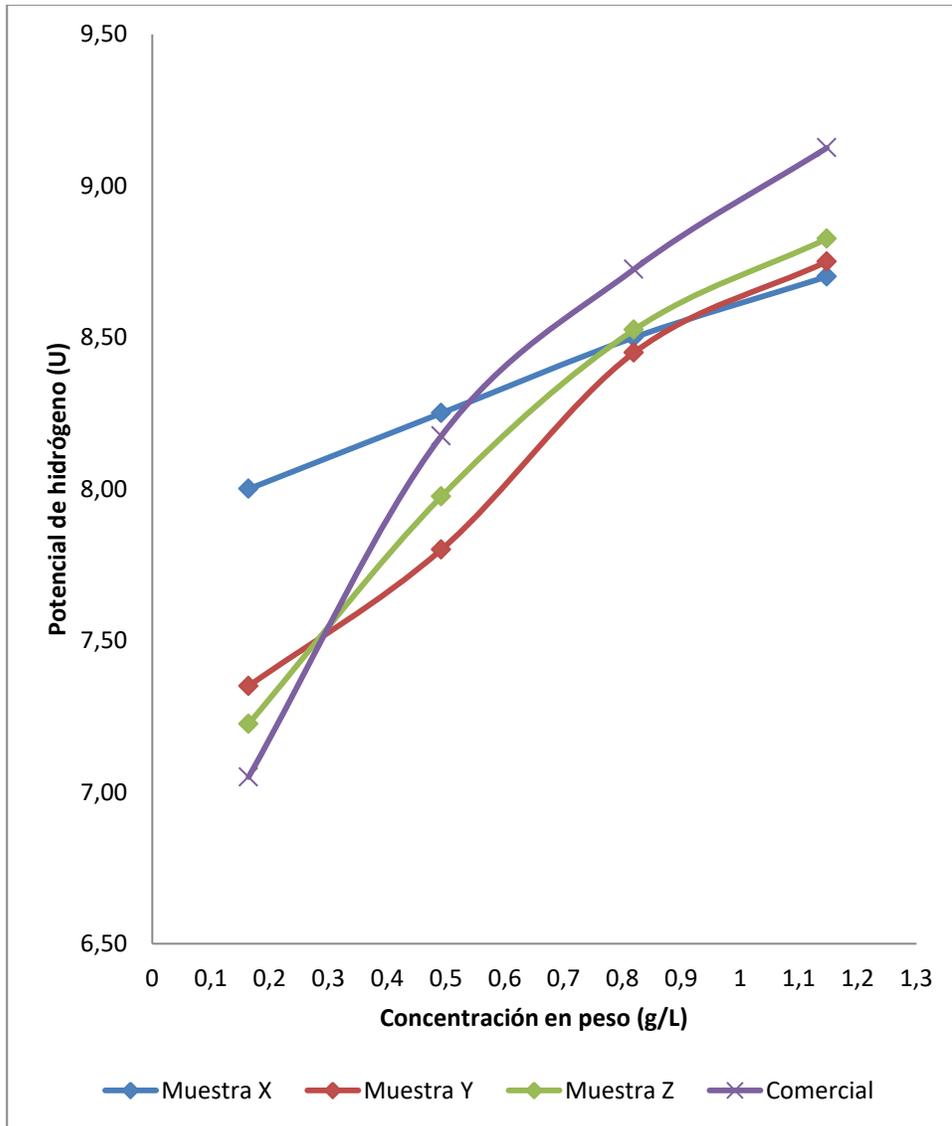
Ingrediente	Cantidad (en g y/o mL)
Aceite residual limpio de cocina	500 g – 510 mL
Hidróxido de sodio	62,5 g
Agua destilada	200 g – 200 mL
Fragancia	20 g – 20 mL

Fuente: elaboración propia.

4.2. Factibilidad técnica de los jabones

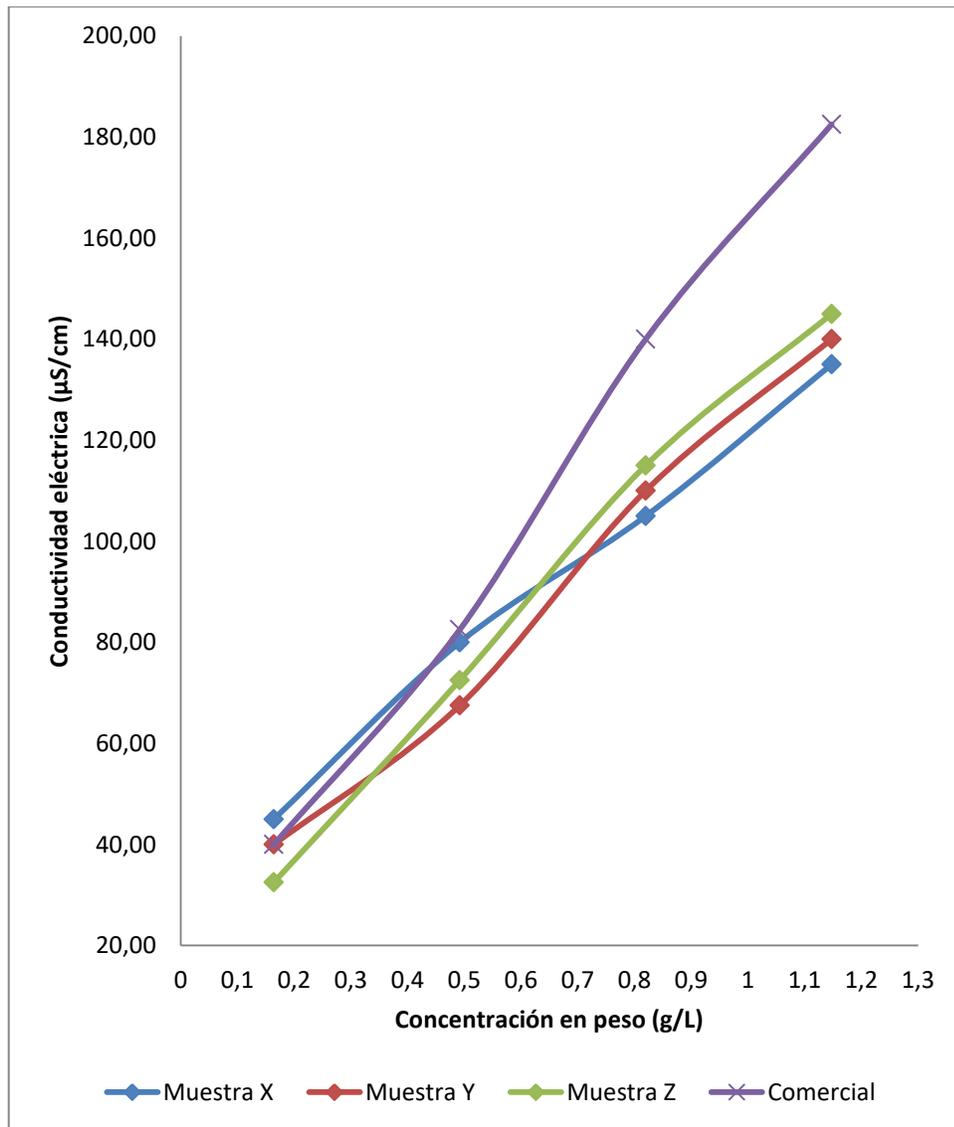
A continuación, se presentan las figuras de las propiedades fisicoquímicas de pH, conductividad eléctrica, densidad, tensión superficial y demanda química de oxígeno, evaluadas a las concentraciones de 0,1639, 0,4918, 0,8197 y 1,1475, para cada muestra de jabón artesanal y convencional en agua destilada.

Figura 14. Curvas de pH para cada muestra de jabón



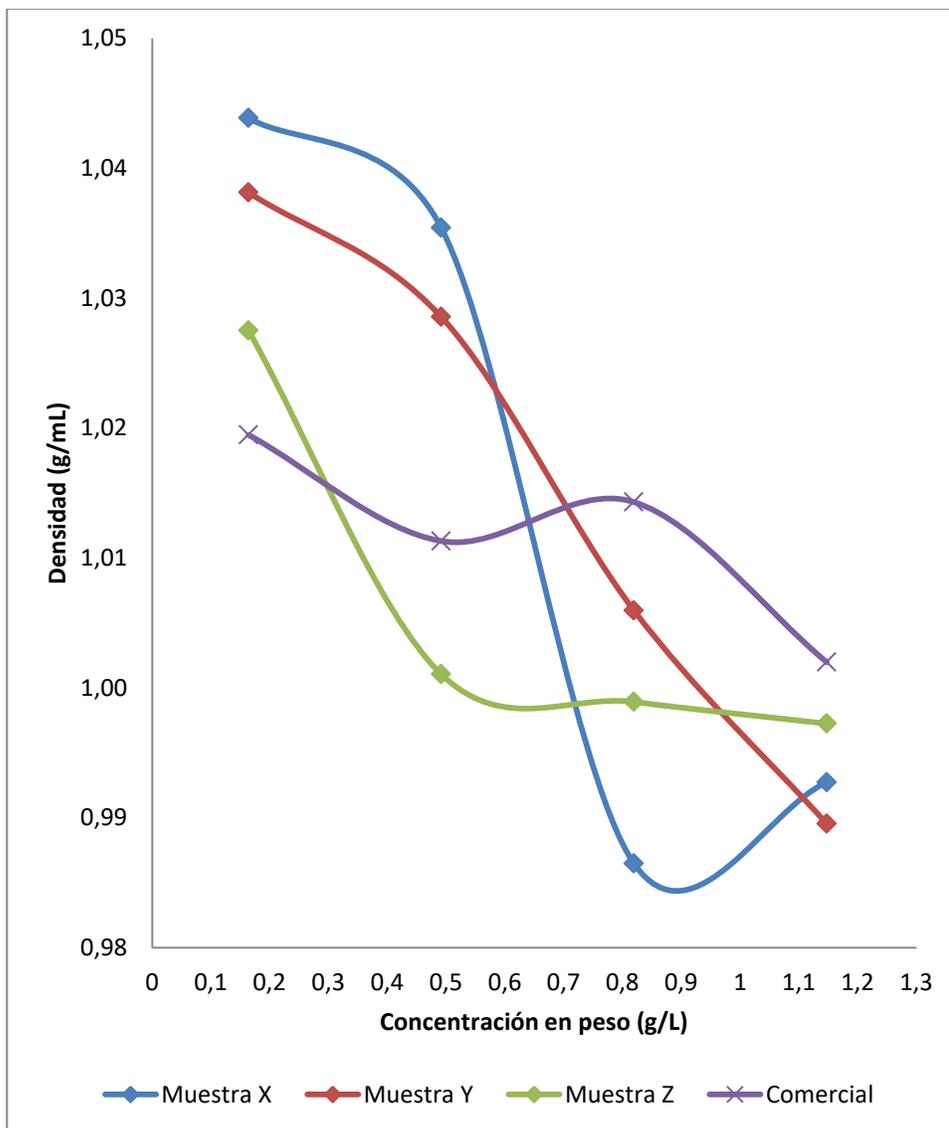
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Curvas de conductividad eléctrica para cada muestra de jabón**



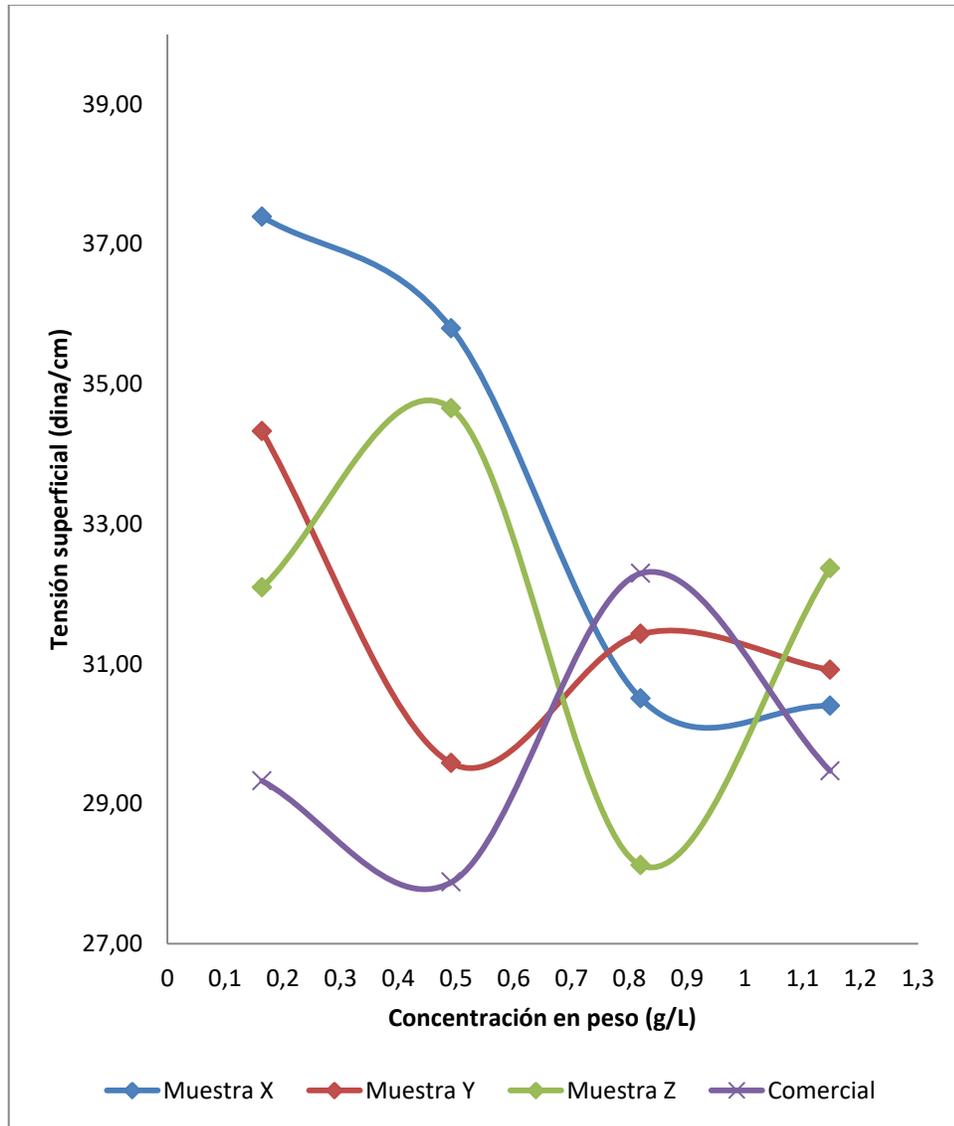
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Curvas de densidad para cada muestra de jabón**



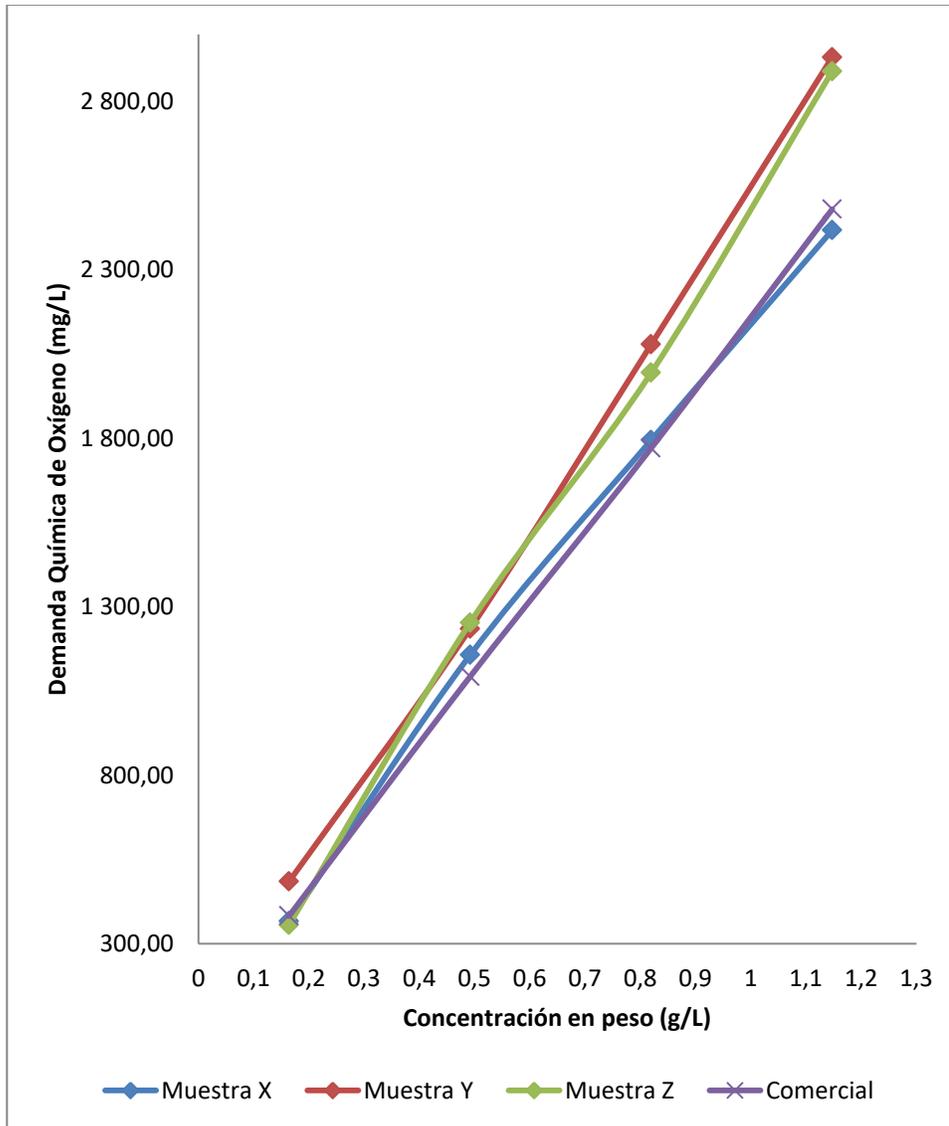
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Curvas de tensión superficial para cada muestra de jabón**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Curvas de DQO para cada muestra de jabón



Fuente: elaboración propia.

4.3. Factibilidad económica de los jabones

Al jabón artesanal se le determinó el costo de producción (en quetzales por 130 gramos de producto) según lo establecido en la formulación, sumado a los servicios e insumos. El jabón convencional está basado como un promedio del precio de venta de los jabones en barra convencionales en Guatemala.

Tabla XIX. **Costo de los jabones**

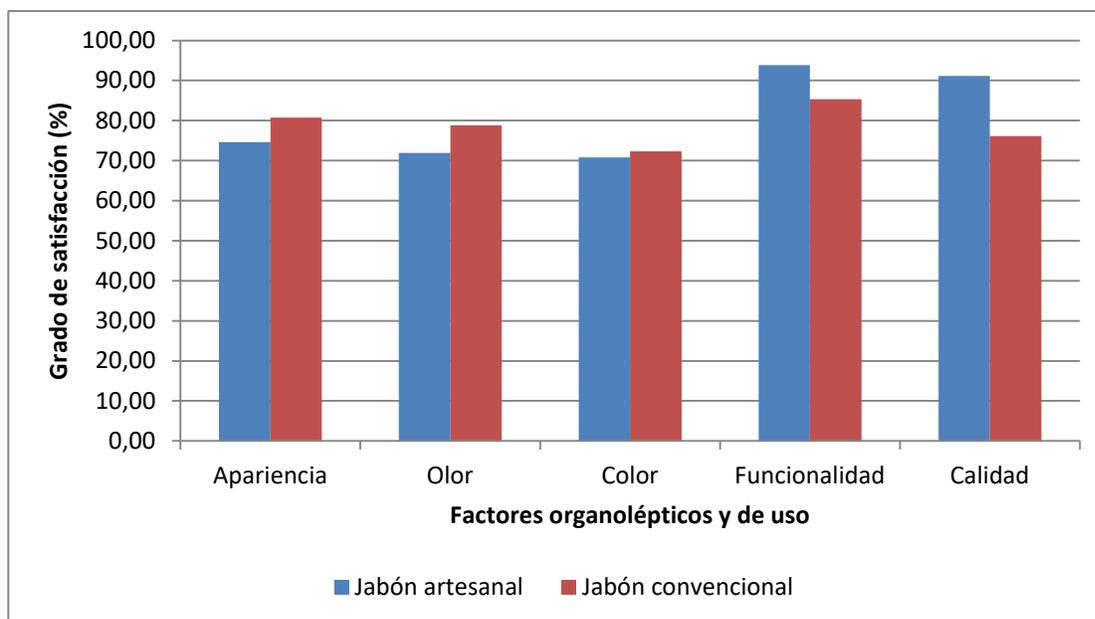
Producto	Quetzales por 130 gramos de producto
Jabón artesanal	Q 2,32
Jabón convencional	Q 5,00

Fuente: elaboración propia.

4.4. Grado de satisfacción de los jabones

Se presentan los resultados del grado de satisfacción de los productos obtenidos de un grupo focal de 13 personas.

Figura 19. **Grado de satisfacción del jabón artesanal y convencional**



Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las formulaciones contemplan una serie de materias primas (o ingredientes) que, mediante el uso de procesos tanto físicos como químicos, dan como resultado un producto final. En la tabla XVIII se hace pública la formulación de un jabón artesanal a partir del aceite residual de cocina, el cual puede ser elaborado por las propias comunidades para propiciar su saneamiento, mejorando así sus condiciones de salud. Esta formulación fue la que se utilizó para elaborar los jabones artesanales para la presente investigación.

Para ello, se procedió a limpiar el aceite residual crudo mediante procesos de calentamiento, decantación y filtración. Se preparó una solución de hidróxido de sodio, conformada por 62,5 g de hidróxido de sodio y 200 g de agua. Luego, se tomaron 500 g de aceite residual limpio y se agregó poco a poco la solución de hidróxido de sodio mientras se agitaba la mezcla (generándose la reacción de saponificación). Mientras se agitaba se agregó 20 g de fragancia (esencia de perfume de aloe vera) y los 25 minutos, se vertió la mezcla en los moldes. Los detalles del proceso se encuentran en el numeral 2.2.1.3.

La diferencia entre los jabones artesanales X, Y y Z, fue que el jabón X se elaboró el día inmediato en que se recolectó el aceite residual de cocina, el jabón Y se elaboró a los 15 días y el Z a los 30 días. Al determinar la *t* de Student se encontró que no existe diferencia significativa entre los valores resultantes de las propiedades fisicoquímicas.

Por lo tanto, al menos para el tiempo que se estableció, el jabón puede elaborarse desde el primer día en que se recolecta el aceite residual o a los 30 días posteriores y se obtendrá un producto final con características finales similares. El aceite residual por ser un compuesto orgánico, lípido, contaminado por agentes externos como restos de alimentos varios, con características odoríficas a rancidez, puede tender a aumentar su nivel de descomposición luego de los 30 días de almacenamiento, aspecto que no fue evaluado.

Factibilidad técnica:

En la figura 13 se muestra el comportamiento del potencial de hidrógeno de las soluciones de los cuatro jabones analizados. Teóricamente, debido a la reacción de saponificación, un jabón común presenta un pH relativamente alcalino, lo cual se cumple por los cuatro jabones. Asimismo, el pH es directamente proporcional al aumento en la concentración en peso de jabón en la solución, lo cual era de esperarse.

Las líneas de tendencia tienden a comportarse de forma similar; al analizarse la t de Student para el pH, se determinaron valores de probabilidades P mayores que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), lo cual establece que el pH no difiere significativamente entre los jabones X, Y, Z y convencional. El jabón X es el que menos difiere al convencional.

En la figura 14 se muestra el comportamiento de la conductividad eléctrica (K) de las soluciones de los cuatro jabones analizados. Se determinó que la K es directamente proporcional al aumento en la concentración en peso de jabón en la solución.

Esto se debe a que existe presencia de sustancias ionizadas en el agua, en este caso moléculas de jabón con su propiedad hidrofóbica e hidrofílica en equilibrio, y mientras mayor sea el contenido de jabón en determinado volumen de agua, mayor será su conductividad.

Las líneas de tendencia tienden a comportarse de forma similar; al analizarse la t de Student para la K, se determinaron valores de probabilidades P mayores que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), lo cual establece que la K no difiere significativamente entre los jabones X, Y, Z y convencional. El jabón Z es el que menos difiere al convencional.

Respecto de la densidad, la figura 15 muestra que la densidad es generalmente inversamente proporcional a la concentración en peso de la solución jabonosa. Se corroboró que el jabón al diluirse tiende a reducir drásticamente la densidad del agua a temperatura ambiente (25 °C aproximadamente). La densidad se utilizó como un parámetro fisicoquímico de comparación; al analizarse la t de Student para la densidad, se determinaron valores de probabilidades P mayores que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), lo cual establece que la densidad no difiere significativamente entre los jabones X, Y, Z y convencional. El jabón X es el que menos difiere del convencional.

Se determinó que la tensión superficial es generalmente inversamente proporcional a la concentración en peso de la solución jabonosa, según la figura 16. El jabón es considerado un tensioactivo o surfactante, es decir, un modificador de la tensión superficial del agua. El jabón al disolverse en agua forma una película en la superficie, cuya energía de atracción respecto de las moléculas del líquido interior es débil. Por lo tanto, a mayor presencia de jabón en el agua, menor será la tensión superficial.

La tensión superficial del agua jabonosa es menor que la tensión superficial del agua a 25 °C, que es de 72,75 dina/cm.

Al analizarse la t de Student para la tensión superficial, se determinaron valores de probabilidades P mayores que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), lo cual establece que la tensión superficial no difiere significativamente entre los jabones X, Y, Z y convencional. El jabón Z es el que menos difiere del convencional.

La demanda química de oxígeno es un parámetro fisicoquímico que indica la cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas susceptibles de ser oxidadas por medio de procesos químicos. La determinación de este parámetro permite conocer los valores típicos de DQO para las aguas jabonosas. La DQO de las aguas jabonosas depende de la cantidad de jabón presente en disolución. La figura 17 muestra que la DQO es directamente proporcional a la concentración en peso de jabón, lo cual es de esperarse, puesto que, a mayor presencia de solutos en una muestra, mayores serán los requerimientos para su oxidación.

Al analizarse la t de Student para la DQO, se determinaron valores de probabilidades P mayores que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), lo cual establece que la DQO no difiere significativamente entre los jabones X, Y, Z y convencional. El jabón X es el que menos difiere al convencional.

La prueba de t de Student para muestras independientes de varianzas iguales permitió comprobar y aceptar la hipótesis nula planteada, siendo factible su uso al corroborar previamente los supuestos de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y de igualdad de varianzas (prueba F de Fisher).

Se utilizó únicamente la prueba de t de Student para dos muestras suponiendo varianzas desiguales en la densidad al comparar el jabón X y convencional, porque la muestra no cumplió la prueba F de Fisher.

Grado de satisfacción:

En la figura 18 se presentan los resultados del grado de satisfacción de un grupo focal de 13 personas tanto para el jabón artesanal como convencional, nombrados B y A respectivamente al momento de realizar la encuesta. Los encuestados eran personas con conocimiento en prácticas de saneamiento ambiental y de la ingeniería sanitaria, las cuales pueden observarse en el apéndice 5.

Para el jabón artesanal se obtuvo un 74,62 % en apariencia, lo cual establece que es aceptable a la vista del consumidor; un 71,92 % en olor, la cantidad de esencia de perfume de aloe vera en la formulación fue la adecuada, haciéndola agradable al olfato; y un 70,77 % en color, lo cual demuestra que no es necesario agregar colorantes o pigmentos en la formulación y hacerla más económica, el color amarillo del jabón es el original resultante luego de la saponificación.

Al momento de la práctica de lavado de manos, se determinó que la funcionalidad del jabón artesanal es del 93,85 %, cumpliendo con su objetivo como producto que es la limpieza de manos; en calidad presentó 91,15 % lo que representa que, al aplicarse el jabón sobre la piel, deja las manos limpias, suaves y humectantes, sin resequedad, lo cual se debe debido a la presencia de glicerina en su formulación, puesto que esta, en ningún momento, se extrajo del producto final.

El jabón artesanal superó en funcionalidad y en calidad al jabón convencional, mas no en apariencia, olor y color, cuyas propiedades son de percepción. No fueron superadas debido a que el jabón convencional presenta mayor inversión en su formulación, el uso de moldes más profesionales, mayor cantidad de fragancia e inversión en colorantes para mejorar su apariencia.

Factibilidad económica:

La tabla XIX muestra los costos de la producción del jabón artesanal y del convencional al consumidor final, basado en 130 g en peso que es el peso neto común de los jabones en barra convencionales.

El costo de producción de 130 g de jabón artesanal es de Q 2,32, considerando también el costo de servicios y personal. Un jabón en barra convencional de 130 g se vende al menudeo a Q 5,00.

A pesar de que los costos de producción no son los más eficientes en comparación a los procesos industrializados actuales, se demuestra que mejorando los procesos de producción los jabones a partir del aceite residual de cocina pueden producirse no solamente a menor escala, sino a escala industrial, y así disponer adecuadamente el aceite y mejorar condiciones de saneamiento.

CONCLUSIONES

1. Sí es factible el reuso del aceite residual de cocina para la elaboración de un jabón artesanal, puesto que sus propiedades fisicoquímicas no difieren significativamente de un jabón convencional (aceptando la hipótesis nula planteada). Es, por lo tanto, una opción para el saneamiento ambiental.
2. La formulación del jabón en barra artesanal X presentó menor significancia en las propiedades fisicoquímicas de pH, densidad y DQO, con valores de probabilidad P máximos de 0,85, 0,86 y 0,99 respectivamente. El jabón en barra artesanal Z presentó menor significancia en la conductividad eléctrica y tensión superficial, con valores de probabilidad P máximos de 0,63 y 0,25 respectivamente. Por tanto, los jabones pueden elaborarse inmediatamente, una vez finalizado el proceso de limpieza del aceite residual de cocina.
3. Es factible técnicamente la elaboración de jabón artesanal a partir del aceite residual de cocina, puesto que las curvas de pH, conductividad eléctrica y DQO siguen una misma tendencia en función de la concentración en peso evaluada, indicando semejanza en sus propiedades. Las de densidad y tensión superficial carecen de una tendencia definida.

4. El producto tiene potencial de satisfacer generalmente las necesidades de los consumidores, puesto que el grado de satisfacción del jabón en barra artesanal satisface, al menos en un 65 %, los resultados en apariencia (74,62 %), olor (71,92 %), color (70,77 %), funcionalidad (93,85 %) y calidad (91,15 %).

5. Es factible económicamente la formulación de jabón a partir del aceite residual de cocina, puesto que el costo por una barra de 130 g es de Q2,32. Este costo es menor que el precio de venta de un jabón convencional al hacerlo de forma artesanal como medida de saneamiento básico.

RECOMENDACIONES

1. Investigar y desarrollar una metodología de filtración o limpieza para el aceite residual de cocina que garantice la eliminación total del olor a rancio, partículas suspendidas y color.
2. Evaluar la relación intrínseca de las propiedades fisicoquímicas del jabón artesanal en función del tiempo de almacenamiento del aceite residual de cocina.
3. Mejorar la formulación del jabón artesanal a partir de aceite residual de cocina, aplicando técnicas experimentales para hacer más eficiente el uso de los recursos (superando la cifra económica determinada en la presente) sin escatimar sus propiedades organolépticas.
4. Determinar mediante el método científico la razón por la cual la densidad del jabón diluido es inversamente proporcional a la concentración de la solución (a mayor masa de jabón diluido en determinado volumen de agua destilada, menor densidad).
5. Con la misma formulación de la barra de jabón artesanal, evaluar su efectividad para diferentes usos como parte del saneamiento básico: lavado de ropa, lavado de platos y cubiertos, entre otras actividades de higiene y limpieza en el hogar.
6. Repetir el presente diseño experimental, considerando control estricto de las condiciones ambientales de temperatura y presión.

7. Evaluar las alternativas para la disposición final del agua residual que resulta del proceso de limpieza (agua decantada) del aceite residual de cocina, según sus características fisicoquímicas y microbiológicas, en cumplimiento con el Acuerdo Gubernativo 236-2006 REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS.

BIBLIOGRAFÍA

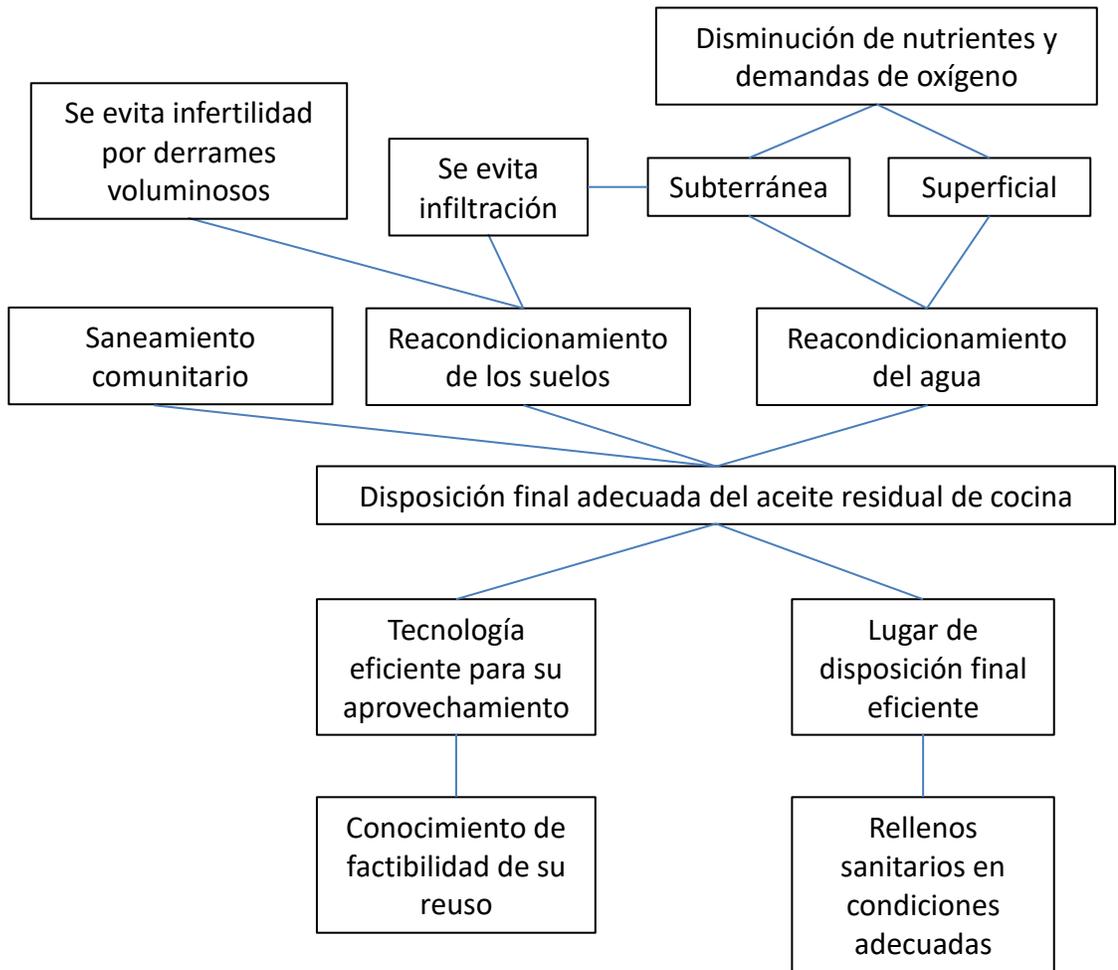
1. BAILEY, Alton E. *Aceites y grasas industriales*. Barcelona, España: Reverté, S.A. 1984., 746 p.
2. CISTERNA O., Pedro. *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región*. [en línea]. <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>>. [Consulta: 15 de marzo de 2017].
3. Naturvegan Ecologico S.L. *Cómo elaborar jabón artesanal en casa*. [en línea]. <<https://www.ecoagricultor.com/como-elaborar-jabon-artesanal-en-casa/>>. [Consulta: 5 de febrero de 2016].
4. CONANT, Jeff. *Saneamiento y limpieza para un ambiente sano*. [en línea]. <<http://www.funsepa.net/hesperian/saneamiento.pdf>>. [Consulta: 14 de enero de 2016].
5. Corazón Verde. *Jabones caseros con aceite reciclado*. [en línea]. (Archivo de video). <<https://www.youtube.com/watch?v=IhIBg6uW8Qk>>. [Consulta: 5 de febrero de 2016].

6. U.S. Food and Drug Administration. *¿Es un cosmético, un medicamento o ambos? (¿O es jabón?)*. [en línea]. <<https://www.fda.gov/downloads/Cosmetics/GuidanceRegulation/LawsRegulations/UCM488795.pdf>>. [Consulta: 14 de marzo de 2016].
7. FERNÁNDEZ, Germán. *Hidrólisis básica de ésteres. Saponificación*. [en línea]. <<http://www.quimicaorganica.org/esteres/449-hidrolisis-basica-de-esteres-saponificacion.html>>. [Consulta: 4 de abril de 2016].
8. GONZÁLEZ, Iñigo.; GONZÁLEZ, José. *Aceites usados de cocina. Problemática ambiental, incidencias en redes de saneamiento y coste del tratamiento en depuradoras*. [en línea]. <<http://residusrecursos.cat/uploads/activitats/docs/20170427092548.pdf>>[Consulta: 15 de marzo de 2017].
9. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto.; FERNÁNDEZ, Carlos. y BAPTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. Distrito Federal, México: McGraw-Hill/Interamericana, 2006. 850 p.
10. MAYER, Ludwig. *Métodos de la Industria Química*. Barcelona, España: Reverté, S.A., 1975. 200 p.
11. MCMURRY, John. *Organic Chemistry*. Estados Unidos: Thomson Learning, 2000. 1338 p.

12. PÉREZ, Inma. *Historia del jabón*. [en línea]. <<https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/3668/historia-del-jabon>>. [Consulta: 18 de septiembre de 2016].
13. PUJOL, Rosa. *Jabón – Higiene Corporal*. [en línea]. <<http://belleza.innatia.com/c-perfume-antiguo-egipto/a-jabon-egipto.html>>. [Consulta: 18 de septiembre de 2016].
14. REUSCH, William. *Application of Solubility: Soap*. [en línea]. <[https://chem.libretexts.org/Textbook_Maps/Organic_Chemistry/Map%3A_Organic_Chemistry_\(Smith\)/Chapter_03%3A_Introduction_to_Organic_Molecules_and_Functional_Groups/3.6%3A_Application_of_Solubility%3A_Soap](https://chem.libretexts.org/Textbook_Maps/Organic_Chemistry/Map%3A_Organic_Chemistry_(Smith)/Chapter_03%3A_Introduction_to_Organic_Molecules_and_Functional_Groups/3.6%3A_Application_of_Solubility%3A_Soap)>. [Consulta: 12 de abril de 2016].
15. SALABERT, Eva. *Cosméticos en el antiguo Egipto*. [en línea]. <<https://www.webconsultas.com/curiosidades/cosmeticos-en-el-antiguo-egipto-63>>. [Consulta: 18 de septiembre de 2016].
16. SANGRONIS, Aimee. *Práctica I Saponificación*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/l0bit4/preparacin-de-un-jabn>>. [Consulta: 5 de abril de 2016].
17. TOAPANTA VERA, María. *Calidad del agua: grasas y aceites*. [en línea]. <<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>>. [Consulta: 15 de marzo de 2017].

APÉNDICES

Apéndice 1. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Muestra de cálculo

Tensión superficial de los jabones artesanales y del jabón convencional.

[Ecuación 1]

$$\gamma = \frac{1}{2} * \rho * g * h * r$$

Donde:

γ = tensión superficial del jabón [dina/cm]

ρ = densidad del jabón [g/mL]

g = gravedad [980 cm/s²]

h = altura de ascenso en el tubo capilar [cm]

r = radio del tubo capilar [0,05 cm]

Ejemplo: cálculo de la tensión superficial para la muestra 1 y concentración 1 de la barra de jabón X, mediante el método de capilaridad.

$$\gamma = \frac{1}{2} * 1,06 \text{ g/mL} * 980 \text{ cm/s}^2 * 1,40 \text{ cm} * 0,05 \text{ cm}$$

$$\gamma = 36,30 \text{ dina/cm}$$

De la misma forma se calculó para cada concentración de solución jabonosa. Los valores se hallan en el apéndice 3.

Continuación del apéndice 2.

Grado de satisfacción de los jabones artesanales y del jabón convencional.

[Ecuación 2]

$$G = \frac{X}{E} * 100$$

Donde:

G = grado de satisfacción del factor [%]

X = promedio del factor organoléptico, funcionalidad o calidad [adim.]

E = total de la escala de valoración de los factores [10]

Ejemplo: cálculo del grado de satisfacción para el factor apariencia del jabón artesanal X a partir de los resultados de las encuestas.

$$G = \frac{8,07}{10} * 100$$

$$G = 80,77\%$$

De la misma forma se calculó para cada factor organoléptico evaluado del jabón artesanal y convencional. Los valores se hallan en el apéndice 4.

Apéndice 3. **Datos calculados: factibilidad técnica**

Determinación de la tensión superficial para cada solución jabonosa

Tipo de barra de jabón: <u>X</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	36,30	40,43	33,84	31,23
2	35,67	35,32	26,82	26,78
3	37,03	36,32	32,58	31,68
4	40,57	31,10	28,79	31,92
Tipo de barra de jabón: <u>Y</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	33,83	32,33	32,59	26,57
2	34,46	29,75	31,92	29,19
3	32,89	27,79	29,42	34,10
4	36,11	28,46	31,77	33,79
Tipo de barra de jabón: <u>Z</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	30,42	37,07	31,24	33,84
2	33,22	36,82	27,25	31,66
3	32,69	34,20	24,55	31,68
4	32,03	30,52	29,45	32,30
Tipo de barra de jabón: <u>CONVENCIONAL</u>				
Muestra	C1	C2	C3	C4
1	30,07	27,34	35,22	29,29
2	27,43	27,20	34,03	29,35
3	25,16	26,94	29,89	32,38
4	34,66	30,04	30,03	26,86

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

**Determinación de la estadística descriptiva para la variable fisicoquímica
pH**

Promedios pH (U)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	8,00	8,25	8,50	8,70
Y	7,35	7,80	8,45	8,75
Z	7,23	7,98	8,53	8,83
CONV.	7,05	8,18	8,73	9,13
Desviación estándar pH (U)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	0,34	0,10	0,08	0,08
Y	0,54	0,14	0,06	0,10
Z	0,46	0,05	0,10	0,05
CONV.	0,25	0,05	0,10	0,05
Varianza pH				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	0,11	0,01	0,01	0,01
Y	0,30	0,02	0,00	0,01
Z	0,21	0,00	0,01	0,00
CONV.	0,06	0,00	0,01	0,00

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

**Determinación de la estadística descriptiva para la variable fisicoquímica
conductividad eléctrica**

Promedios k ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	45,00	80,00	105,00	135,00
Y	40,00	67,50	110,00	140,00
Z	32,50	72,50	115,00	145,00
CONV.	40,00	82,50	140,00	182,50
Desviación estándar k ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	10,00	0,00	5,77	5,77
Y	8,16	5,00	0,00	0,00
Z	5,00	5,00	5,77	5,77
CONV.	8,16	5,00	8,16	5,00
Varianza k				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	100,00	0,00	33,33	33,33
Y	66,67	25,00	0,00	0,00
Z	25,00	25,00	33,33	33,33
CONV.	66,67	25,00	66,67	25,00

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

**Determinación de la estadística descriptiva para la variable fisicoquímica
densidad**

Promedios ρ (g/mL)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	1,04	1,04	0,99	0,99
Y	1,04	1,03	1,01	0,99
Z	1,03	1,00	1,00	1,00
CONV.	1,02	1,01	1,01	1,00
Desviación estándar ρ (g/mL)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	0,01	0,02	0,01	0,01
Y	0,03	0,02	0,01	0,00
Z	0,02	0,01	0,01	0,01
CONV.	0,01	0,01	0,02	0,01
Varianza ρ				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	1,01E-04	2,38E-04	4,37E-05	8,06E-05
Y	6,48E-04	4,07E-04	1,36E-04	2,18E-05
Z	2,54E-04	3,18E-05	1,63E-04	1,38E-04
CONV.	4,94E-05	8,65E-05	2,36E-04	9,59E-05

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

**Determinación de la estadística descriptiva para la variable fisicoquímica
tensión superficial**

Promedios γ (dina/cm)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	37,39	35,80	30,51	30,40
Y	34,32	29,58	31,43	30,91
Z	32,09	34,65	28,12	32,37
CONV.	29,33	27,88	32,29	29,47
Desviación estándar γ (dina/cm)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	2,19	3,83	3,26	2,43
Y	1,36	2,00	1,38	3,67
Z	1,21	3,04	2,89	1,02
CONV.	4,08	1,45	2,74	2,26
Varianza γ				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	4,79	14,69	10,64	5,91
Y	1,84	4,01	1,91	13,44
Z	1,47	9,27	8,35	1,05
CONV.	16,66	2,10	7,49	5,10

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

**Determinación de la estadística descriptiva para la variable fisicoquímica
tensión superficial**

Promedios γ (dina/cm)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	37,39	35,80	30,51	30,40
Y	34,32	29,58	31,43	30,91
Z	32,09	34,65	28,12	32,37
CONV.	29,33	27,88	32,29	29,47
Desviación estándar γ (dina/cm)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	2,19	3,83	3,26	2,43
Y	1,36	2,00	1,38	3,67
Z	1,21	3,04	2,89	1,02
CONV.	4,08	1,45	2,74	2,26
Varianza γ				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	4,79	14,69	10,64	5,91
Y	1,84	4,01	1,91	13,44
Z	1,47	9,27	8,35	1,05
CONV.	16,66	2,10	7,49	5,10

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

**Determinación de la estadística descriptiva para la variable fisicoquímica
DQO**

Promedios DQO (mg/L)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	367,00	1 157,00	1 795,00	2 418,00
Y	485,00	1 235,00	2 079,00	2 931,50
Z	356,00	1 253,00	1 995,00	2 889,50
CONV.	382,50	1 093,00	1 771,50	2 480,50
Desviación estándar DQO (mg/L)				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	33,37	133,88	100,79	147,85
Y	68,17	82,02	54,52	94,24
Z	59,33	47,90	61,11	92,90
CONV.	75,67	113,72	67,54	35,72
Varianza DQO				
Muestra	C1	C2	C3	C4
X	1 113,33	17 924,00	10 158,67	21 858,67
Y	4 646,67	6 726,67	2 972,00	8 881,00
Z	3 520,00	2 294,67	3 734,67	8 630,33
CONV.	5 726,33	12 932,00	4 561,00	1 275,67

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para el pH

Barra de jabón	Variables calculadas					
	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
X	8,00	0,25	-1,19324	0,117	0,133	0,117
	8,25	0,5	-0,37031	0,3557	0,1443	0,1057
	8,50	0,75	0,452607	0,6736	0,0764	0,1736
	8,70	1	1,110945	0,8665	0,1335	0,1165
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1736	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Y	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	7,35	0,25	-1,16761	0,121	0,129	0,121
	7,80	0,5	-0,45517	0,3228	0,1772	0,0728
	8,45	0,75	0,573911	0,7157	0,0343	0,2157
	8,75	1	1,048871	0,8531	0,1469	0,1031
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,2157	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		
Z	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	7,23	0,25	-1,29834	0,0968	0,1532	0,0968
	7,98	0,5	-0,23121	0,409	0,091	0,159
	8,53	0,75	0,551349	0,7088	0,0412	0,2088
	8,83	1	0,9782	0,8365	0,1635	0,0865
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,2088	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		
Convencional	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	7,05	0,25	-1,35265	0,0885	0,1615	0,0885
	8,18	0,5	-0,10405	0,4602	0,0398	0,2102
	8,73	0,75	0,506375	0,695	0,055	0,195
	9,13	1	0,95032	0,8289	0,1711	0,0789
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,2102	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la conductividad eléctrica

Barra de jabón	Variables calculadas					
	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
X	45,00	0,25	-1,21198	0,1131	0,1369	0,1131
	80,00	0,5	-0,2948	0,3859	0,1141	0,1359
	105,00	0,75	0,360317	0,6406	0,1094	0,1406
	135,00	1	1,146463	0,8749	0,1251	0,1249
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1406	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Y	40,00	0,25	-1,11293	0,1335	0,1165	0,1335
	67,50	0,5	-0,49307	0,3121	0,1879	0,0621
	110,00	0,75	0,464896	0,6772	0,0728	0,1772
	140,00	1	1,141109	0,8729	0,1271	0,1229
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1879	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Z	32,50	0,25	-1,19457	0,117	0,133	0,117
	72,50	0,5	-0,38125	0,352	0,148	0,102
	115,00	0,75	0,482912	0,6844	0,0656	0,1844
	145,00	1	1,092906	0,8621	0,1379	0,1121
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1844	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Convencional	40,00	0,25	-1,13577	0,1271	0,1229	0,1271
	82,50	0,5	-0,45829	0,3228	0,1772	0,0728
	140,00	0,75	0,458292	0,6772	0,0728	0,1772
	182,50	1	1,135768	0,8729	0,1271	0,1229
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1772	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la densidad

Barra de jabón	Variables calculadas					
X	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	0,99	0,25	-0,84292	0,2005	0,0495	0,2005
	0,99	0,5	-0,84292	0,2005	0,2995	0,0495
	1,04	0,75	0,869467	0,8078	0,0578	0,3078
	1,04	1	0,869467	0,8078	0,1922	0,0578
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,3078	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		
Y	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	0,99	0,25	-1,16317	0,123	0,127	0,123
	1,01	0,5	-0,25244	0,4013	0,0987	0,1513
	1,03	0,75	0,658284	0,7454	0,0046	0,2454
	1,04	1	1,113647	0,8665	0,1335	0,1165
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,2454	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		
Z	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	1,00	0,25	-0,43223	0,3336	0,0836	0,3336
	1,00	0,5	-0,43223	0,3336	0,1664	0,0836
	1,00	0,75	-0,43223	0,3336	0,4164	0,1664
	1,03	1	1,665978	0,9525	0,0475	0,2025
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,4164	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		
Convencional	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	1,00	0,25	-1,60102	0,0548	0,1952	0,0548
	1,01	0,5	-0,2399	0,4052	0,0948	0,1552
	1,01	0,75	-0,2399	0,4052	0,3448	0,0948
	1,02	1	1,121222	0,8686	0,1314	0,1186
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,3448	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la tensión superficial

Barra de jabón	Variables calculadas					
	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
X	30,40	0,25	-0,86657	0,1922	0,0578	0,1922
	30,51	0,5	-0,83605	0,2005	0,2995	0,0495
	35,80	0,75	0,631657	0,2643	0,4857	0,2357
	37,39	1	1,072803	0,8577	0,1423	0,1077
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,4857	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Y	29,58	0,25	-0,99141	0,1611	0,0889	0,1611
	30,91	0,5	-0,32609	0,3745	0,1255	0,1245
	31,43	0,75	-0,06596	0,4721	0,2779	0,0279
	34,32	1	1,379738	0,9162	0,0838	0,1662
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,2779	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Z	28,12	0,25	-1,36007	0,0869	0,1631	0,0869
	32,09	0,5	0,1039	0,5596	0,0596	0,3096
	32,37	0,75	0,207152	0,5832	0,1668	0,0832
	34,65	1	1,047918	0,8531	0,1469	0,1031
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,3096	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Convencional	27,88	0,25	-1,00952	0,1587	0,0913	0,1587
	29,33	0,5	-0,22396	0,4129	0,0871	0,1629
	29,47	0,75	-0,14811	0,4404	0,3096	0,0596
	32,29	1	1,379678	0,9162	0,0838	0,1662
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,3096	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la DQO

Barra de jabón	Variables calculadas					
	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
X	367,00	0,25	-1,21525	0,1112	0,1388	0,1112
	1 157,00	0,5	-0,3157	0,3745	0,1255	0,1245
	1 795,00	0,75	0,410776	0,6591	0,0909	0,1591
	2 418,00	1	1,120167	0,8686	0,1314	0,1186
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1591	
				Si (P> α) → Ho	Se acepta	
Y	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	485,00	0,25	-1,13309	0,1292	0,1208	0,1292
	1 235,00	0,5	-0,4235	0,3372	0,1628	0,0872
	2 079,00	0,75	0,375015	0,648	0,102	0,148
	2 931,50	1	1,181576	0,881	0,119	0,131
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1628	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		
Z	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	356,00	0,25	-1,17595	0,119	0,131	0,119
	1 253,00	0,5	-0,34366	0,3669	0,1331	0,1169
	1 995,00	0,75	0,344818	0,6368	0,1132	0,1368
	2 889,50	1	1,174792	0,879	0,121	0,129
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,1368	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		
Convencional	Xi	Fi(x)	Zi	F(x)	Fi(x)-F(x)	Fi-1(x)-F(x)
	382,50	0,25	-1,16574	0,121	0,129	0,121
	1 093,00	0,5	-0,37645	0,352	0,148	0,102
	1 771,50	0,75	0,377285	0,648	0,102	0,148
	2 480,50	1	1,164903	0,877	0,123	0,127
	Kolmogorov-Smirnov			MÁXIMO	0,148	
			Si (P> α) → Ho	Se acepta		

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba F de Fisher para el pH

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	8,3625	8,26875
Varianza	0,092292	0,811823
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,113684	
P(F<=f) una cola	0,05364	
Valor crítico para F (una cola)	0,107798	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	8,0875	8,26875
Varianza	0,398958	0,811823
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,491435	
P(F<=f) una cola	0,287202	
Valor crítico para F (una cola)	0,107798	

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	8,1375	8,26875
Varianza	0,493958	0,811823
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,608456	
P(F<=f) una cola	0,346573	
Valor crítico para F (una cola)	0,107798	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba F de Fisher para la conductividad eléctrica

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	91,25	111,25
Varianza	1456,25	3935,417
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,370037	
P(F<=f) una cola	0,217943	
Valor crítico para F (una cola)	0,107798	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	89,375	111,25
Varianza	1968,229	3935,417
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,500132	
P(F<=f) una cola	0,291862	
Valor crítico para F (una cola)	0,107798	

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	91,25	111,25
Varianza	2418,75	3935,417
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,614611	
P(F<=f) una cola	0,349502	
Valor crítico para F (una cola)	0,107798	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba F de Fisher para la densidad

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	1,014613	1,011763
Varianza	0,000853	5,4E-05
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	15,79524	
P(F<=f) una cola	0,024219	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	1,015544	1,011763
Varianza	0,000482	5,4E-05
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	8,934632	
P(F<=f) una cola	0,052547	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	1,00618	1,011763
Varianza	0,000204	5,4E-05
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	3,787366	
P(F<=f) una cola	0,151501	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba F de Fisher para la tensión superficial

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	33,52335	29,74338
Varianza	12,99061	3,406998
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	3,812921	
P(F<=f) una cola	0,150354	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	31,56186	29,74338
Varianza	3,996117	3,406998
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	1,172914	
P(F<=f) una cola	0,449393	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	31,80824	29,74338
Varianza	7,353927	3,406998
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	2,158477	
P(F<=f) una cola	0,271845	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba F de Fisher para la DQO

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	1434,25	1431,875
Varianza	771264,9	810327,9
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	0,951794	
P(F<=f) una cola	0,484278	
Valor crítico para F (una cola)	0,107798	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	1682,625	1431,875
Varianza	1117159	810327,9
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	1,37865	
P(F<=f) una cola	0,399088	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	1623,375	1431,875
Varianza	1161532	810327,9
Observaciones	4	4
Grados de libertad	3	3
F	1,433409	
P(F<=f) una cola	0,387215	
Valor crítico para F (una cola)	9,276628	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Resumen de la prueba F de Fisher y aceptación de los datos

Propiedad fisicoquímica	Muestras emparejadas		P	α	Si ($P > \alpha$) \rightarrow Ho
pH (U)	X	Convencional	0,05364	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	0,287202	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	0,346573	0,05	Se acepta
k ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	X	Convencional	0,217943	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	0,291862	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	0,349502	0,05	Se acepta
ρ (g/mL)	X	Convencional	0,024219	0,05	Se rechaza
	Y	Convencional	0,052547	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	0,151501	0,05	Se acepta
γ (dina/cm)	X	Convencional	0,150354	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	0,449393	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	0,271845	0,05	Se acepta
DQO (mg/L)	X	Convencional	0,484278	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	0,399088	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	0,387215	0,05	Se acepta

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba t de Student para el pH

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	8,3625	8,26875
Varianza	0,092292	0,811823
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	0,452057	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	0,197192	
P(T<=t) una cola	0,425094	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,850188	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	8,0875	8,26875
Varianza	0,398958	0,811823
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	0,605391	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-0,32944	
P(T<=t) una cola	0,37651	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,75302	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Continuación del apéndice 3.

Continuación de la tabla

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	8,1375	8,26875
Varianza	0,493958	0,811823
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	0,652891	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-0,22972	
P(T<=t) una cola	0,412971	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,825942	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Fuente: elaboración propia.

Prueba t de Student para la conductividad eléctrica

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	91,25	111,25
Varianza	1456,25	3935,417
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	2695,833	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-0,54475	
P(T<=t) una cola	0,302782	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,605564	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Continuación del apéndice 3.

Continuación de la tabla

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	89,375	111,25
Varianza	1968,229	3935,417
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	2951,823	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-0,5694	
P(T<=t) una cola	0,294875	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,589749	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	91,25	111,25
Varianza	2418,75	3935,417
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	3177,083	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-0,5018	
P(T<=t) una cola	0,316843	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,633686	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba t de Student para la densidad

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	1,014613	1,011763
Varianza	0,000853	5,4E-05
Observaciones	4	4
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0,189312	
P(T<=t) una cola	0,430966	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363	
P(T<=t) dos colas	0,861932	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	1,015544	1,011763
Varianza	0,000482	5,4E-05
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	0,000268	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	0,326577	
P(T<=t) una cola	0,37754	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,755079	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Continuación del apéndice 3.

Continuación de la tabla

	Z	Convencional
Media	1,00618	1,011763
Varianza	0,000204	5,4E-05
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	0,000129	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-0,69455	
P(T<=t) una cola	0,256658	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,513317	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Fuente: elaboración propia.

Prueba t de Student para la tensión superficial

	X	Convencional
Media	33,52335	29,74338
Varianza	12,99061	3,406998
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	8,198806	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,866929	
P(T<=t) una cola	0,055576	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,111151	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Continuación del apéndice 3.

Continuación de la tabla

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	31,56186	29,74338
Varianza	3,996117	3,406998
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	3,701558	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,336693	
P(T<=t) una cola	0,114887	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,229775	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	31,80824	29,74338
Varianza	7,353927	3,406998
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	5,380463	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	1,258913	
P(T<=t) una cola	0,127412	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,254824	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Prueba t de Student para la DQO

	<i>X</i>	<i>Convencional</i>
Media	1434,25	1431,875
Varianza	771264,9	810327,9
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	790796,4	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	0,003777	
P(T<=t) una cola	0,498554	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,997109	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

	<i>Y</i>	<i>Convencional</i>
Media	1682,625	1431,875
Varianza	1117159	810327,9
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	963743,2	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	0,361223	
P(T<=t) una cola	0,365156	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,730311	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Continuación del apéndice 3.

Continuación de la tabla

	<i>Z</i>	<i>Convencional</i>
Media	1623,375	1431,875
Varianza	1161532	810327,9
Observaciones	4	4
Varianza agrupada	985929,7	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	0,272748	
P(T<=t) una cola	0,397096	
Valor crítico de t (una cola)	1,94318	
P(T<=t) dos colas	0,794191	
Valor crítico de t (dos colas)	2,446912	

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Resumen de la prueba t de Student y evaluación de la hipótesis nula

Propiedad fisicoquímica	Muestras emparejadas		t de Student	P	α	Si ($P > \alpha$) \rightarrow Ho
pH (U)	X	Convencional	0,19719211	0,850187606	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	-0,329439119	0,753020419	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	-0,229717507	0,825942263	0,05	Se acepta
k (μ S/cm)	X	Convencional	-0,544751549	0,605563986	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	-0,569400586	0,589749138	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	-0,501800039	0,633686183	0,05	Se acepta
ρ (g/mL)	X	Convencional	0,220635771	0,861932403	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	0,326577031	0,75507912	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	-0,694554839	0,513316602	0,05	Se acepta
γ (dina/cm)	X	Convencional	1,866928631	0,111151064	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	1,336693155	0,229774502	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	1,258913207	0,254824396	0,05	Se acepta
DQO (mg/L)	X	Convencional	0,003776994	0,997108849	0,05	Se acepta
	Y	Convencional	0,361222896	0,730311381	0,05	Se acepta
	Z	Convencional	0,27274751	0,794191415	0,05	Se acepta

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 3.

Determinación del jabón en barra que más se asemeja al convencional, en función de la prueba t de Student

Propiedad fisicoquímica	MÁXIMO	JABÓN
pH (U)	0,850187606	X
k ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,633686183	Z
ρ (g/mL)	0,839538811	X
γ (dina/cm)	0,254824396	Z
DQO (mg/L)	0,997108849	X

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Datos calculados: grado de satisfacción**

Determinación del promedio de los valores para cada factor organoléptico, funcionalidad y calidad de la prueba de concepto (jabón convencional)

MATRIZ DEL JABÓN "A" - JABÓN CONVENCIONAL					
ENCUESTA No.	Apariencia	Olor	Color	Funcionalidad	Calidad
1	9	6	8	8	8
2	7	8	6	8	7
3	8	7,5	8	8	8
4	8	9	8	7	7
5	8	7	6	8	7
6	8	5	7	8	8
7	7	5	6	8	7
8	8	8	5	7	7
9	8	10	8	10	8
10	8	9	7	10	7
11	8	9	8	10	8
12	10	10	9	10	8
13	8	9	8	9	9
PROMEDIO	8,08	7,88	7,23	8,54	7,62

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 4.

Determinación del promedio de los valores para cada factor organoléptico, funcionalidad y calidad de la prueba de concepto (jabón artesanal)

MATRIZ DEL JABÓN "B" - JABÓN ARTESANAL					
ENCUESTA No.	Apariencia	Olor	Color	Funcionalidad	Calidad
1	7	9	6	9	9
2	8	7	8	9	8
3	9	7,5	8	9	8,5
4	7	8	8	10	10
5	6	8	7	8	8
6	7	6	6	9	8
7	8	7	7	9	9
8	7	2	5	10	10
9	7	10	5	10	9
10	9	8	10	10	10
11	6	7	8	10	10
12	10	9	8	10	10
13	6	5	6	9	9
PROMEDIO	7,46	7,19	7,08	9,38	9,12

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Datos calculados: factibilidad económica**

Determinación del costo de producción del jabón artesanal

Ingrediente	Cantidad utilizado (g)	Costo (Q)
Aceite residual limpio de cocina	500	0
Hidróxido de Sodio	62,5	3,13
Agua destilada	200	0,16
Fragancia	20	2,09
Servicios estimados	SUB-total	5,37
Energía eléctrica	0.2 KWH	0,50
Agua potable	1 L	0,10
Insumos	SUB-total	0,60
Tela filtrante	1	0,50
Papel mayordomo	4 hojas	1,00
Hojas bond	5 hojas	0,50
Estimación mano de obra	1 persona	5,00
Otros	Varios	1,00
SUB-total		8,00
Total		13,97
Masa total = 782,5 g		
Quetzales por 130 g de jabón artesanal		2,32

Cambio: USD\$1,00 = 7,69883 para 7 de octubre 2018. Banco de Guatemala.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Datos originales: propiedades fisicoquímicas**

Datos obtenidos en la fase experimental para la barra de jabón X

Tipo de barra de jabón: X					
C1: (0,05 g / 305 mL)			T = 23 °C		
Muestra	pH (U)	K (μS/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.40	60.00	1.06	1.40	172.00
2	8.10	40.00	1.04	1.40	174.00
3	7.90	40.00	1.04	1.45	208.00
4	7.60	40.00	1.03	1.60	180.00
C2: (0,15 g / 305 mL)			T = 23 °C		
Muestra	pH (U)	K (μS/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.40	80.00	1.03	1.60	583.00
2	8.20	80.00	1.03	1.40	615.00
3	8.20	80.00	1.02	1.45	483.00
4	8.20	80.00	1.06	1.20	633.00
C3: (0,25 g / 305 mL)			T = 23 °C		
Muestra	pH (U)	K (μS/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.50	100.00	0.99	1.40	966.00
2	8.60	110.00	1.00	1.10	904.00
3	8.40	100.00	0.99	1.35	866.00
4	8.50	110.00	0.98	1.20	854.00
C4: (0,35 g / 305 mL)			T = 23 °C		
Muestra	pH (U)	K (μS/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.80	140.00	0.98	1.30	1,268.00
2	8.70	130.00	0.99	1.10	1,195.00
3	8.70	140.00	0.99	1.30	1,263.00
4	8.60	130.00	1.00	1.30	1,110.00

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 6.

Datos obtenidos en la fase experimental para la barra de jabón Y

Tipo de barra de jabón: <u>Y</u>					
C1: (0,05 g / 305 mL)			T = 27.5 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.10	50.00	1.06	1.30	247.00
2	7.40	40.00	1.00	1.40	278.00
3	7.00	40.00	1.03	1.30	249.00
4	6.90	30.00	1.05	1.40	196.00
C2: (0,15 g / 305 mL)			T = 27.5 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	7.70	70.00	1.02	1.30	648.00
2	7.80	70.00	1.01	1.20	634.00
3	7.70	60.00	1.03	1.10	557.00
4	8.00	70.00	1.06	1.10	631.00
C3: (0,25 g / 305 mL)			T = 27.5 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.40	110.00	1.02	1.30	1,070.00
2	8.50	110.00	1.00	1.30	1,017.00
3	8.50	110.00	1.00	1.20	1,055.00
4	8.40	110.00	1.00	1.30	1,016.00
C4: (0,35 g / 305 mL)			T = 27.5 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.80	140.00	0.99	1.10	1,502.00
2	8.80	140.00	0.99	1.20	1,502.00
3	8.80	140.00	0.99	1.40	1,456.00
4	8.60	140.00	0.99	1.40	1,403.00

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 6.

Datos obtenidos en la fase experimental para la barra de jabón Z

Tipo de barra de jabón: <u>Z</u>					
C1: (0,05 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	7.90	40.00	1.03	1.20	220.00
2	7.10	30.00	1.04	1.30	164.00
3	7.00	30.00	1.03	1.30	176.00
4	6.90	30.00	1.01	1.30	152.00
C2: (0,15 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.00	80.00	1.01	1.50	659.00
2	7.90	70.00	1.00	1.50	610.00
3	8.00	70.00	1.00	1.40	607.00
4	8.00	70.00	1.00	1.25	630.00
C3: (0,25 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.40	110.00	0.98	1.30	1,022.00
2	8.50	110.00	1.01	1.10	954.00
3	8.60	120.00	1.00	1.00	1,015.00
4	8.60	120.00	1.00	1.20	999.00
C4: (0,35 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.80	150.00	0.99	1.40	1,487.00
2	8.80	140.00	0.99	1.30	1,380.00
3	8.90	150.00	0.99	1.30	1,467.00
4	8.80	140.00	1.01	1.30	1,445.00

Fuente: elaboración propia.

Continuación del apéndice 6.

**Datos obtenidos en la fase experimental para la barra de jabón
convencional**

Tipo de barra de jabón: CONVENCIONAL					
C1: (0,05 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	7.00	40.00	1.02	1.20	146.00
2	7.00	40.00	1.02	1.10	196.00
3	7.40	50.00	1.03	1.00	238.00
4	6.80	30.00	1.01	1.40	185.00
C2: (0,15 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.10	80.00	1.01	1.10	550.00
2	8.20	90.00	1.01	1.10	596.00
3	8.20	80.00	1.00	1.10	574.00
4	8.20	80.00	1.02	1.20	466.00
C3: (0,25 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	8.60	130.00	1.03	1.40	850.00
2	8.70	140.00	0.99	1.40	876.00
3	8.80	150.00	1.02	1.20	931.00
4	8.80	140.00	1.02	1.20	886.00
C4: (0,35 g / 305 mL)			T = 24 °C		
Muestra	pH (U)	K (μ S/cm)	ρ (g/mL)	h (cm)	DQO 1:2 (mg/L)
1	9.10	180.00	1.00	1.20	1,238.00
2	9.10	190.00	1.00	1.20	1,256.00
3	9.10	180.00	1.02	1.30	1,216.00
4	9.20	180.00	1.00	1.10	1,251.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Datos originales: encuestas

Encuesta 1



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 6

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 9 Jabón B: 5

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 8 Jabón B: 6

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 9 Jabón B: 9

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 9 Jabón B: 9

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 2



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA**

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 10 Jabón B: 10

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 10 Jabón B: 9

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 9 Jabón B: 8

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 10 Jabón B: 10

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 8 Jabón B: 10

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 3



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 6

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 9 Jabón B: 7

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 8 Jabón B: 8

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 10 Jabón B: 10

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 8 Jabón B: 10

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 4



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 9 Jabón B: 8

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 7 Jabón B: 10

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 10 Jabón B: 10

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 7 Jabón B: 10

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 5



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 7

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 10 Jabón B: 10

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 8 Jabón B: 5

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 10 Jabón B: 10

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 6



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 7

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 8 Jabón B: 2

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 5 Jabón B: 5

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 7 Jabón B: 10

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 7 Jabón B: 10

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 7



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 7 Jabón B: 8

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 5 Jabón B: 7

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 6 Jabón B: 7

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 7 Jabón B: 9

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 8



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 7

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 5 Jabón B: 6

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 7 Jabón B: 6

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 8 Jabón B: 8

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 9



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 6

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 7 Jabón B: 8

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 6 Jabón B: 7

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 8 Jabón B: 8

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 7 Jabón B: 8

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 7

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 9 Jabón B: 8

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 8 Jabón B: 8

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 7 Jabón B: 10

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 7 Jabón B: 10

N.º.º: Aceite + Espuma

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 11



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 9 Jabón B: 7

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 6 Jabón B: 9

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 8 Jabón B: 6

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 12



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 7.5 Jabón B: 7.5

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 8 Jabón B: 8

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 8 Jabón B: 8.5

Continuación del apéndice 7.

Encuesta 13



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Y RECURSOS HIDRÁULICOS –ERIS–
FACULTAD DE INGENIERÍA

La siguiente es una encuesta para conocer el grado de aceptabilidad de un jabón formulado a partir de aceite residual de cocina. Se le entregará el jabón A y el B, los cuales inspeccionará físicamente a fin de contestar las preguntas 1 a 3. Luego se procederá con la práctica de lavado de manos con los dos jabones y contestará las preguntas 4 y 5.

1. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría las apariencias de los jabones? Donde 1 es una apariencia muy pésima y 10 es una apariencia excelente.

Jabón A: 7 Jabón B: 8

2. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los jabones cuentan con aromas agradables? Donde 1 es un aroma nefasto y 10 es un aroma muy agradable.

Jabón A: 8 Jabón B: 7

3. En un rango de 1 a 10, ¿qué tan llamativo es el color de los jabones? Donde 1 es un color nada llamativo y 10 es un color perfecto.

Jabón A: 6 Jabón B: 8

Por favor, proceder a lavarse las manos como lo suele hacer comúnmente.

4. En un rango de 1 a 10, ¿cree que los productos funcionan? Donde 1 no cree en absoluto que el producto funcione y 10 el producto funciona a la perfección.

Jabón A: 8 Jabón B: 9

5. En un rango de 1 a 10, ¿cómo calificaría la calidad de los jabones? Donde 1 es una calidad deficiente y 10 es un producto de excelente calidad.

Jabón A: 7 Jabón B: 8