



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

“Exploración y propuesta de uso de aceites reciclados de la Industria Alimentaria. Caso práctico: formulación base de un jabón en barra para la Empresa Aquamarina”

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS

Autora:

Ana Victoria Samaniego Vanegas

Directora:

Gladys Rebeca Webster Coello

CUENCA – ECUADOR

2019

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a las personas más importantes en mi vida, a mi madre querida Nancy, que siempre ha sido mi pilar y mi guía, a mi amado esposo Pedro, que fue siempre mi apoyo durante toda mi carrera, pero sobre todo a mi hijo Pedro José, quién en su corta vida me ha enseñado que todo es posible y es mi motor e inspiración en cada paso de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por ayudarme a alcanzar esta meta tan anhelada.

A Pedro, mi esposo por apoyarme tanto en este largo trayecto, por no dejarme rendir y animarme a seguir, por todos los consejos.

A la Universidad del Azuay por permitirme ser parte de este proyecto contribuyendo de esta manera a mi formación profesional

A los laboratoristas y personal administrativo de la Universidad del Azuay por su apoyo y ayuda para realizar el presente trabajo de titulación.

De manera especial a los docentes de la Universidad del Azuay por ser una guía para mi formación profesional.

“Exploración y propuesta de uso de aceites reciclados de la Industria Alimentaria. Caso práctico: formulación base de un jabón en barra para la Empresa Aquamarina”

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue explorar el uso de aceites vegetales provenientes del procesamiento de alimentos mediante una formulación base de un jabón en barra. Las variables consideradas fueron: cantidad de hidróxido de sodio y agua, tiempo de licuado, con valores fijos de cantidad de aceite, glicerina y como variables medibles pH, humedad y rendimiento. El diseño factorial tuvo dos niveles y tres variables (2^3); se efectuó dos réplicas y cinco puntos centrales. El experimento con las mejores condiciones fue 20 g de NaOH, 100 g de agua y 6 minutos de licuado, se cumple la normativa INEN 841.

Palabras clave: procesamiento de alimentos, diseño factorial, variables, normativa INEN 841, reciclado de aceites.



Dra. Rebeca Webster Coello
Directora de Tesis



Ing. María Fernanda Rosales
Coordinadora Escuela
Ingeniería en Alimentos



Ana Samaniego Vanegas
Autora

**“Exploration and proposal to use recycled oils from the food industry. Practical case:
base formulation of a bar soap for the Aquamarina Company”**

ABSTRACT

The objective of this research was to explore the use of vegetable oils from food processing through a base formulation of a bar soap. The variables considered were amount of sodium hydroxide and water, liquefied time with fixed values of amount of oil and glycerin. The measurable variables were pH, humidity and performance. The factorial design had two levels and three variables (2^3). Two replications and five central points were made. The experiment with the best conditions was 20g of NaOH, 100g of water and 6 minutes of liquefaction. The experiment meet the INEN 841 standard.

Keywords: food processing, factorial design, variables, INEN 841 standard, recycling of oils.



Dra. Rebeca Webster Coello

Thesis Director



Ing. Maria Fernanda Rosales

Food Engineering

Faculty Coordinator



Ana Samaniego Vanegas

Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by

Ing. Paúl Arpi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
1.1 Materia prima.....	3
1.1.1 Análisis físico químico de agua	3
1.1.2 Análisis químico del Hidróxido de Sodio	3
1.1.3 Análisis fisicoquímico del aceite vegetal reciclado.....	3
1.2 Elaboración del jabón	3
1.3 Diseño de Experimentos.....	6
1.4 Análisis fisicoquímicos realizados a los jabones.....	6
1.5 Prueba piloto.....	7
CAPÍTULO II RESULTADOS	8
CAPÍTULO III DISCUSIÓN	15
CONCLUSIÓN.....	17
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
ANEXOS.....	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I Tabla diseño experimental y resultados obtenidos.....	9
Tabla II Análisis del diseño experimental.....	11
Tabla III Resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del jabón.....	14

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I Diagrama de la elaboración del jabón en barra.....	5
Figura II Análisis de supuestos para humedad	12
Figura III Análisis de supuestos para rendimiento.....	12
Figura IV Análisis de supuestos para pH	13
Figura V Análisis de supuestos para utilidad	13

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I Aplicación y análisis del diseño factorial completo.....	20
Anexo II Análisis y jabón de la mejor formulación obtenida.....	21
Anexo III Aplicación de la fórmula en la Empresa Aquamarina.....	21
Anexo IV Resultados de laboratorio.....	23

Ana Victoria Samaniego Vanegas

Trabajo de graduación

Dra. Gladys Rebeca Webster Coello

Abril 2019

“Exploración y propuesta de uso de aceites reciclados de la Industria Alimentaria. Caso práctico: formulación base de un jabón en barra para la Empresa Aquamarina”

INTRODUCCIÓN

El aceite de desperdicio de la Industria Alimentaria es uno de los contaminantes más difíciles de eliminar tanto de suelos como de agua. Un litro de aceite podría llegar a contaminar un millón litros de agua fresca para consumo humano (Sanaguana, Tigre, & Bayas, 2018). Estos desechos causan daños en la ciudad como obstrucción de los desagües de la red doméstica y pública (Goyes, 2014).

En el Azuay no existe un adecuado control de la disposición final del aceite vegetal de deshecho de la Industria Alimentaria, puesto que en su mayoría es desechado a la red pública y en algunos casos directamente en cuerpos de agua. Además, no se llevan registros oficiales de las cantidades generadas de este desperdicio (Sáenz, 2018).

Una opción viable que se ha encontrado para evitar lo ya mencionado es la producción de jabones a partir de los desechos de la Industria Alimentaria, que es la mayor productora de este tipo de residuos (Aranda & Cortés, 2012).

El proceso de fabricación de los jabones se produce por una reacción llamada saponificación, en este caso de tipo exotérmica, en la que un ácido graso se combina con una solución de hidróxido de sodio en agua, de la cual se obtiene una pastilla de jabón dura debido a la cristalización de las sales de sodio (Fuentes & Núñez, 2010), por lo general el 95% del aceite es convertido en jabón y el 5% de aceite restante permanece remanente (Sanaguana, Tigre, & Bayas, 2018). El índice de saponificación es la cantidad necesaria de hidróxido de potasio para saponificar un gramo de aceite y depende del tipo de aceite analizado (Suárez, 2016).

El aceite al ser sometido a altas temperaturas sufre alteraciones químicas y físicas tales como: hidrólisis, oxidación con formación de radicales libres que producen cambios en el índice de saponificación, polimerización en la que se producen sustancias gomosas que no son solubles en el aceite, por lo que interfieren en la elaboración del jabón. Esto se soluciona filtrando y decantando la grasa antes del proceso (Zapata, 2004). Al mismo tiempo, se producen cambios en sus compuestos polares, en polímeros y monómeros de los ácidos cíclicos y estos influyen en el proceso de saponificación afectando negativamente el rendimiento del jabón (Hurtado, 2009). Debido a estos cambios producidos en el aceite se cree conveniente estandarizar la temperatura y tiempo de uso de la materia prima.

La dureza del agua influye en la saponificación debido a las altas concentraciones de calcio, magnesio o hierro que interfieren negativamente tanto en la saponificación como en la solubilidad del jabón, formando sales insolubles y como consecuencia el jabón no produce espuma (Romo, 2012).

La materia prima base para la elaboración de un jabón es: agua, aceite y un álcali, en este caso NaOH. En el producto final la lejía llega a evaporarse por completo después de 48 horas del moldeado del producto final y se necesita un reposo mínimo de 15 a 20 días (Stepanik, 2015), lo cual puede variar.

El objetivo de esta investigación fue reutilizar aceites vegetales reciclados por la Empresa Aquamarina para explorar y proponer la formulación de un jabón en barra a base de aceites vegetales reciclados mediante análisis fisicoquímicos de la materia prima utilizada y del jabón obtenido y por medio de un diseño experimental de dos niveles y tres variables para obtener como resultado la formulación para el jabón base en barra.

Aquamarina es una empresa ubicada en Yunguilla en la provincia del Azuay, realiza productos de uso cosméticos, entre estos están los jabones en barra elaborados a partir de aceites vegetales reciclados provenientes del procesamiento de alimentos que hasta la fecha se ha llevado a cabo de forma empírica, por lo cual, se busca explorar y proponer una formulación base de un jabón en barra para obtener un producto de mejor calidad y bajo los parámetros que dispone la Normativa INEN 841.

CAPÍTULO I

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para identificar la mejor formulación de la experimentación tuvo varias etapas: análisis de la materia prima, diseño de experimentos y análisis fisicoquímicos de los jabones, las cuales serán descritos a continuación.

1.1 Materia prima

La materia prima utilizada en la formulación del jabón fue: aceite recolectado de restaurantes de Yunguilla y sus alrededores, agua proveniente de Yunguilla y lejía comercial.

1.1.1 Análisis físico químico de agua

El análisis de dureza de agua de Yunguilla se determinó siguiendo la Normativa Mexicana A.-0.-S. 2001 descrita a continuación:

En 50 ml de agua muestra, se añadió 2ml de buffer pH 10 más 1 ml de trietanolamina, luego se colocó el indicador NET y se procedió a titular con EDTA hasta que se obtuvo un viraje de color azul.

1.1.2 Análisis químico del Hidróxido de Sodio

La concentración de Hidróxido de Sodio en la lejía comercial utilizada fue determinada por análisis volumétrico.

1.1.3 Análisis fisicoquímico del aceite vegetal reciclado

Previo al análisis de las muestras, el aceite fue filtrado por medio de un lienzo y se dejó reposar y decantar por 15 días para separar las impurezas. El índice de saponificación del aceite reciclado utilizado, fue determinado de acuerdo a la Norma INEN-ISO 3657.

Se pesó 2 g de muestra en un matraz de 250 ml, se agregó 25 ml de solución alcohólica de KOH, se colocó en el condensador de agua y se dejó en reflujo durante una hora, se detuvo la ebullición y en caliente se agregó el indicador fenolftaleína y se tituló con HCl 0,5 N hasta viraje del indicador, se siguió los mismos pasos con un blanco y posteriormente se realizaron los cálculos.

1.2 Elaboración del jabón

Para la elaboración de los jabones se siguieron los siguientes pasos (ver figura 1):

- Se filtró el aceite vegetal proveniente del procesamiento de alimentos con un lienzo

- Al aceite ya filtrado se le dejó decantar por 15 días para separar las partículas más pequeñas de la materia prima.
- Una vez clarificado el aceite se procedió a realizar la reacción de saponificación, para lo cual se hizo una solución de agua (100-125 g) con hidróxido de sodio (20-28 g) a una temperatura de 30°C, esta solución fue vertida en la licuadora junto con el aceite clarificado y se mezcló (4-6 minutos) hasta obtener una pasta homogénea.
- Después se procedió a adicional glicerina y mezclar por un minuto más.
- Luego se vertió la mezcla en los moldes
- Después de 48 horas se desmoldaron los jabones
- Pasados 7 días se envolvió los jabones con film para evitar la pérdida de humedad
- Finalmente, después de 15 días de la elaboración se envasó

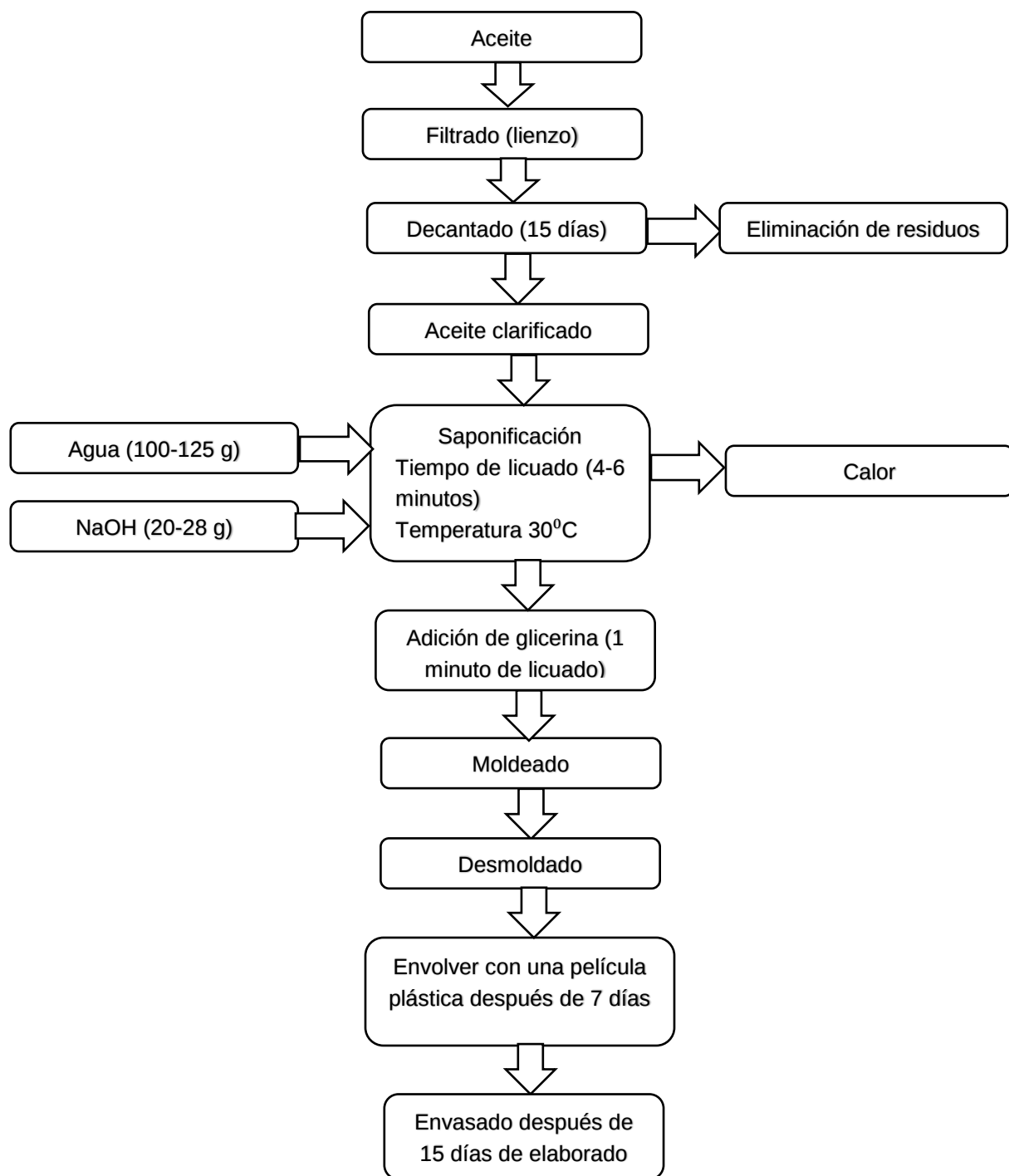


Figura I Diagrama de la elaboración del jabón en barra

1.3 Diseño de Experimentos

El método utilizado para la reacción de saponificación fue en frío, es decir, la reacción fue exotérmica.

Después de los análisis de la materia prima se realizaron varias pruebas para identificar una formulación cero para el diseño experimental. Una vez establecidas las variables: cantidad de NaOH (20-28 g), cantidad de agua (100-125 g) y tiempo de licuado (4-6 minutos), manteniendo fijas la cantidad de aceite (100 g) de glicerina (6,5 g) y temperatura de mezclado (30°C), se procedió a realizar un diseño factorial completo de dos niveles con tres factores (2^3), el cual se hizo por duplicado y con cinco puntos centrales; es decir, se realizaron 21 experimentos (ver tabla I), midiendo las variables de salida después de dos semanas de realizados los jabones: pH, humedad y rendimiento (Ver Anexo I). Ya conseguidos los resultados de dichos análisis se ingresaron los datos en un programa estadísticos para evaluar cuál fue la mejor formulación.

1.4 Análisis fisicoquímicos realizados a los jabones.

Sobre el producto obtenido luego, de aplicar las mejores condiciones de procesamiento, se le realizaron los análisis requeridos por la Normativa INEN 841, en las que constan:

pH, determinado según la Norma INEN-ISO 4316. Se colocó 10 g de jabón en 100 ml de agua destilada, se calentó hasta disolución completa, se dejó enfriar hasta 20°C y se determinó el pH con un potenciómetro marca Mettler Toledo.

Contenido de humedad, determinada según la Norma INEN 818, la determinación se realizó por duplicado, se taró la balanza analítica con la cápsula, la varilla y arena, se pesó en la cápsula aproximadamente 5 g de muestra de jabón rallado, se puso en estufa, se pesó cada hora hasta masa constante.

Materia grasa total fue determinada según la Norma INEN 823, se realizó por duplicado, se pesó 10 g de muestra previamente desmenuzada, se colocó en un vaso de precipitación y añadió 100 ml agua destilada, se disolvió calentando, después de trasvaso la disolución a un embudo de separación lavando el vaso de precipitación con una pequeña cantidad de agua destilada, se añadió el indicador naranja de metilo y se aciduló con una solución 0,5 N de ácido clorhídrico hasta viraje del indicador y se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, luego se efectuó la extracción con 100 ml de éter etílico, agitando fuertemente durante 1 min. Se dejó en reposo hasta separación completa de las dos fases. Se transfirió la fase acuosa a otro embudo de separación y se efectuó dos nuevas extracciones con porciones de 50 ml de éter etílico. Se reunió los extractos etéreos en el primer embudo de

separación y se eliminó el agua que pudiere existir. Después de transfirió el extracto etéreo a un vaso de precipitación de 250 ml previamente tarado; se evaporó en baño maría. Finalmente, se secó el residuo obtenido en la estufa a $85 \pm 3^{\circ}\text{C}$, durante 10 min; se enfrió en el desecador y se pesó hasta masa constante.

Materia activa valorable, fue determinada mediante la (Norma INEN 833, se pesó 10 g de la muestra en una balanza analítica, se disolvió en 150 ml de agua destilada y se dejó enfriar. Se transfirió cuantitativamente la solución a un matraz aforado de 1000 ml, se aforó y luego se pipeteó una alícuota de 5, 10, 15, 20 ml de esta solución dentro de la botella de titulación, se diluyó hasta 30 ml en agua. Se añadió el indicador fenolftaleína y se neutralizó con hidróxido de sodio 0,1 N, hasta que se obtuvo un color verde. Se añadió 15 ml de cloroformo y se agitó la botella de titulación. Se tituló con hiamina 1622, agitando después de cada adición. Se dejó caer de 0,5 ml de titulante cada vez, hasta estar cerca del punto final que dio un viraje de color gris.

Además, se realizó los análisis requeridos por la Empresa Aquamarina: rendimiento y cantidad de espuma usando las técnicas sugeridas por Suárez (2016), para lo cual se pesó 1 gramo de jabón y se colocó en un vaso de precipitación con 100 ml de agua destilada calentando hasta su completa disolución. En una probeta graduada se colocó la disolución y se agitó continuamente por un minuto y se tomó la lectura del volumen de la espuma generada. (Ver Anexo II).

Los jabones fueron desmoldados después de 48 horas de su elaboración, empacados después de una semana para evitar la pérdida de humedad, considerándose aptos para su uso después de 2 semanas de su elaboración.

1.5 Prueba piloto.

Finalmente, se aplicó la fórmula explorada realizando pruebas piloto en la planta de producción de la Empresa Aquamarina, para lo cual se replicó la fórmula y el proceso llevado a cabo en el laboratorio, en grandes cantidades, con equipos de mayor capacidad y en las condiciones de Yunguilla, estas pruebas fueron llevadas a cabo por 8 semanas (Ver Anexo III).

CAPÍTULO II

RESULTADOS

En la experimentación previa se determinó que la temperatura de la solución del NaOH en agua debía ser de 30°C, debido a que por debajo de este valor se obtenía un jabón con una consistencia gomosa y, sobre esta temperatura la mezcla formaba dos fases.

En el análisis fisicoquímico realizado al agua proveniente de Yunguilla se tuvo como resultado 263 ppm de CaCO_3 , lo que indica que se trata de agua dura (Normativa Mxn, 2001). El análisis químico de la lejía comercial dio como resultado un 75% de concentración de hidróxido de sodio y el 25% restante fue cloruro de sodio y ácido tricloro isocianúrico, utilizado como bactericida. El cloruro de sodio no interfirió en el producto final, ya que es parte del proceso de producción de un jabón, cumple la función de separar el glicerol liberado durante la saponificación, del jabón formado Aranda & Cortés (2012) y Arias (2017); el ácido tricloro isocianúrico se encuentra presente en baja concentración. Finalmente, el índice de saponificación fue de 12,59 g de NaOH /100 g de aceite, 20 g ajustado al 100% a la lejía comercial.

En la tabla I se describen los resultados obtenidos de humedad, pH y rendimiento de los 21 experimentos realizados, así como también la utilidad (análisis de las tres variables mencionadas anteriormente en conjunto) calculada mediante un programa estadístico.

Tabla I Tabla diseño experimental y resultados obtenidos

Experimento	Cantidad H ₂ O	Cantidad NaOH	Tiempo	%Humedad	pH	Rendimiento	Utilidad
1	100	20	4	33,19	10,61	72,99	0,743
2	125	20	4	32,3	10,56	69,47	0,701
3	100	28	4	38,89	11,93	76,15	0,423
4	125	28	4	20,08	12,06	76,5	0,368
5	100	20	6	36,88	10,53	74,87	0,727
6	125	20	6	37,67	10,73	66,95	0,59
7	100	28	6	36,4	11,91	76,93	0,491
8	125	28	6	42,88	12,08	84,03	0,471
9	100	20	4	28,2	10,34	65,92	0,658
10	125	20	4	34,11	11,55	79,16	0,676
11	100	28	4	35,3	11,38	82,38	0,786
12	125	28	4	40,98	11,82	76,55	0,417
13	100	20	6	31,28	10,43	80,58	0,906
14	125	20	6	48,15	10,9	74,61	0,423
15	100	28	6	35,08	11,49	70,53	0,528
16	125	28	6	41,08	11,47	79,98	0,589
17	112,5	24	5	41,17	11,74	80,48	0,521
18	112,5	24	5	33,24	11,75	77,15	0,585
19	112,5	24	5	42,7	11,64	82,49	0,564
20	112,5	24	5	25,71	11,91	74,97	0,485
21	112,5	24	5	30,71	12,08	83,25	0,644

La tabla II muestra la ecuación obtenida de acuerdo a cada variable, la normalidad, la ortogonalidad y el análisis ANOVA. La ecuación que relaciona la humedad con la cantidad en masa de NaOH y el tiempo de licuado es: $\%H = 70,0 + 42,6 m_{NaOH} + 27,5 m_{NaOH} * T$, en la que el valor intercepto es 70%, la cantidad de NaOH incrementa a la humedad en 42,6 unidades porcentuales y la interacción del tiempo de licuado con la cantidad de NaOH da un incremento de 27,5%. Además, se puede apreciar que los datos son normales con un p valor de 0,162; la ortogonalidad tiene un valor de 2,19, por ende, el experimento es replicable; en la cantidad de NaOH y la interacción de NaOH y tiempo de licuado los valores de p son menores a 0,05 indicando que se cumple el supuesto de pertenencia a la ecuación.

La ecuación que relaciona el rendimiento con la cantidad en masa de NaOH, de agua y tiempo de licuado es: $R = 74,473 + 2,41m_{H_2O} + 2,85 m_{NaOH} * m_{H_2O} * T$, la cual tiene un intercepto es del 74,48%, la cantidad de agua incrementa en 2,41 unidades porcentuales, mientras que la interacción de cantidad de NaOH, de agua y tiempo de licuado incrementan al rendimiento en 2,85%. El valor p de la normalidad nos indica que los datos son normales, Durbin Wattson demuestra que el experimento es replicable y los valores p de Cantidad de Agua, y las interacciones de Cantidad de NaOH * Cantidad de Agua * Tiempo de licuado son menores a 0,05, lo que indica que son los factores que influyen en este parámetro.

Una particularidad al evaluar el pH como variable de salida es que con este estudio únicamente la cantidad de agua influye. Sin embargo, sabemos que la cantidad de hidróxido es la que es relevante en el pH, por lo que se recomienda ahondar en este aspecto en futuros estudios; al igual que en los demás parámetros evaluados, los datos son normales; la ortogonalidad indica que el experimento es replicable, puesto que el valor obtenido es de 1,85, el cual es cercano a 2 (Escalante, 2014).

Por último, la ecuación que relaciona la utilidad que representa una función dependiente de la mayoría de factores con la cantidad en masa de NaOH, agua y tiempo de licuado es: $U = 0,5855 - 0,0642 m_{\text{NaOH}} - 0,0844 m_{\text{H}_2\text{O}} + 0,0663 m_{\text{NaOH}} * m_{\text{H}_2\text{O}} * T$, en la que se observa que su intercepto es 0,58 existiendo un decremento de 0,06 y 0,08 debido a la cantidad de NaOH y de agua respectivamente, mientras que la interacción de cantidad de NaOH, agua y tiempo de licuado, produce un incremento de 0,07 unidades. Se observa que los valores son normales y con el análisis de ortogonalidad se demuestra que el experimento es replicable en su totalidad, la cantidad de NaOH, de agua y la interacción de cantidad de NaOH*cantidad de Agua*tiempo de licuado son los factores que influyen significativamente en la experimentación.

En la tabla II también se puede observar que, la desviación estándar de menor valor fue la de la utilidad y del pH, lo que indica que son los factores que tuvieron menor error en la experimentación.

Tabla II Análisis del diseño experimental

Variable	Ecuación final	Normalidad (P valor)	Ortogonalidad Durbin Wattson	ANOVA	
				Fuente	Desviación estándar
% Humedad	%H = 70,0 +	0,162	2,19	- m _{NaOH} ^a	66,6
	42,6 m _{NaOH} +			- m _{NaOH} * T ^a	
	27,5 m _{NaOH} * T				
Rendimiento	R = 74,473 +	0,450	2,20	- m _{H2O} ^a	3,95
	2,41m _{H2O} +			- m _{NaOH} *	
	2,85 m _{NaOH} * m _{H2O} * T			m _{H2O} * T ^a	
pH	pH = 6,601 + 0,04245 m _{H2O}	0,505	1,85	- m _{H2O} ^c	0,63
Utilidad (global)	U = 0,5855 –	0,747	2,23	- m _{NaOH} ^a	0,08
	0,0642 m _{NaOH}			- m _{H2O} ^b	
	– 0,0844 m _{H2O}			- m _{NaOH} *	
	+ 0,0663			m _{H2O} * T ^b	
	m _{NaOH} * m _{H2O} * T				
a 0,01 > P valor < 0,05		%H = Porcentaje de humedad		m _{NaOH} = Masa de NaOH	
b 0,001 > P valor < 0,05		R = Rendimiento		T = Tiempo de licuado	
c 0,0001 > P valor < 0,05		U = Utilidad		m _{H2O} = Masa de agua	

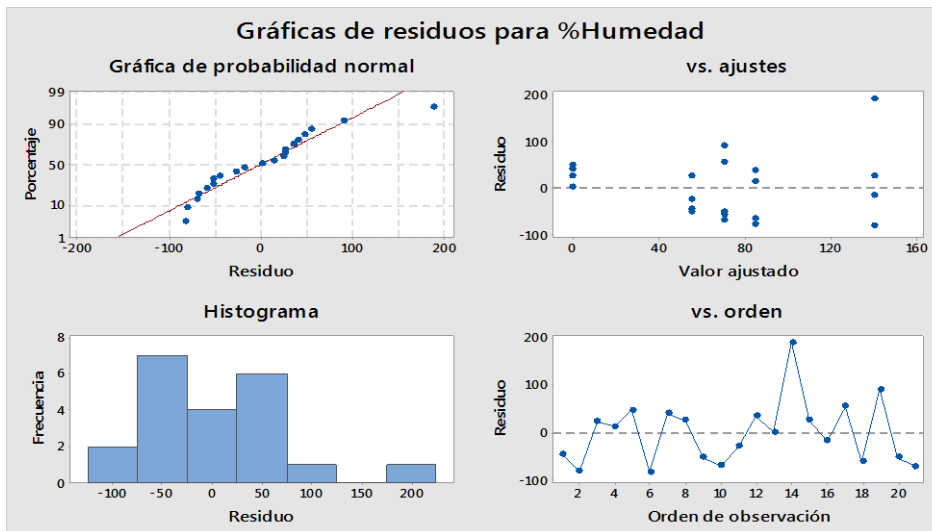


Figura II Análisis de supuestos para humedad.

En la figura II se aprecia que los datos son normales en la humedad, en la gráfica de ajuste se puede observar que no hay patrones relevantes a simple vista. Sin embargo, se podría hacer más experimentación para identificar el comportamiento matemático coherente, esto se ve reflejado en el valor de R^2 , que indica que hay un 31,68% del experimento que fue satisfecho.

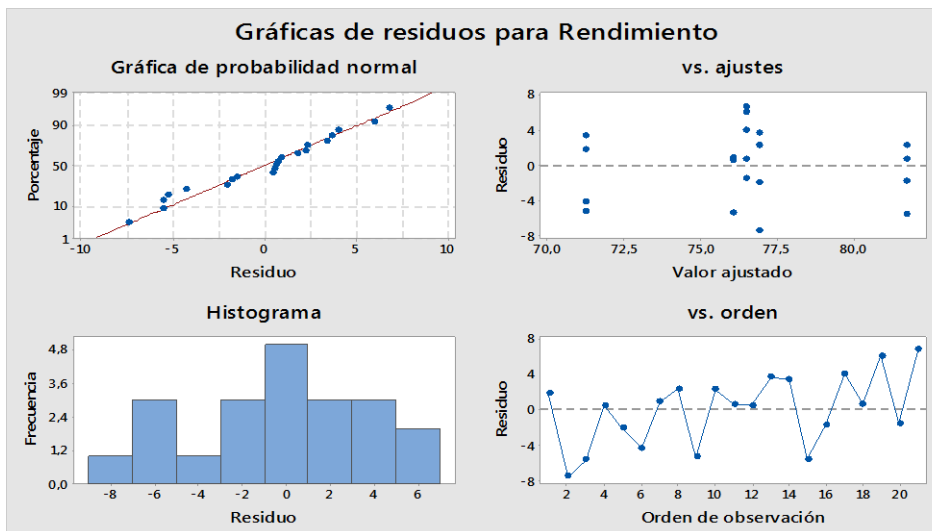


Figura III Análisis de supuestos para rendimiento.

En la figura III en el rendimiento no se observan patrones, se obtiene que R^2 tiene un valor de 41,71% que es el porcentaje en el que el experimento está satisfecho.

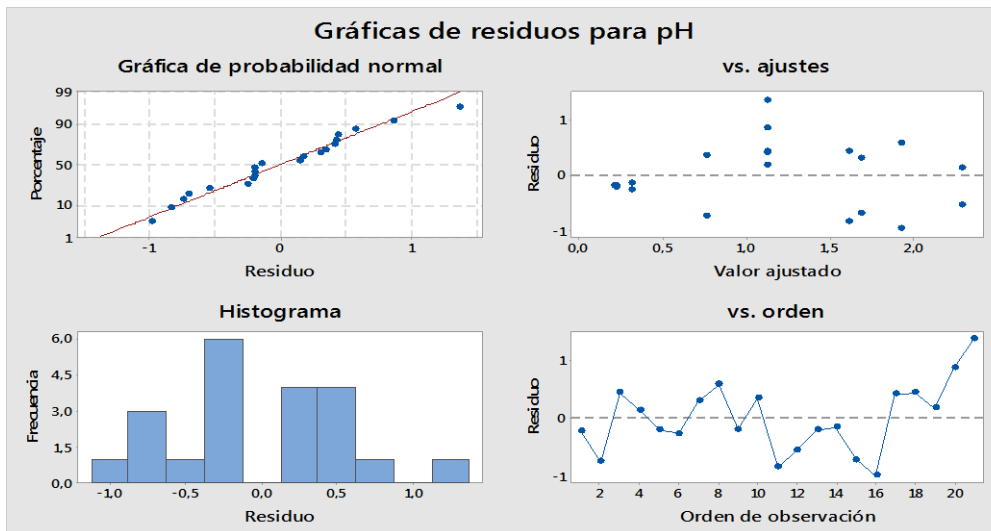


Figura IV Análisis de supuestos para pH.

En la figura IV se observa que en el pH se tiene mejor distribución, el R^2 es del 60% lo que indica que faltan variables para satisfacer en lo posible el estudio.

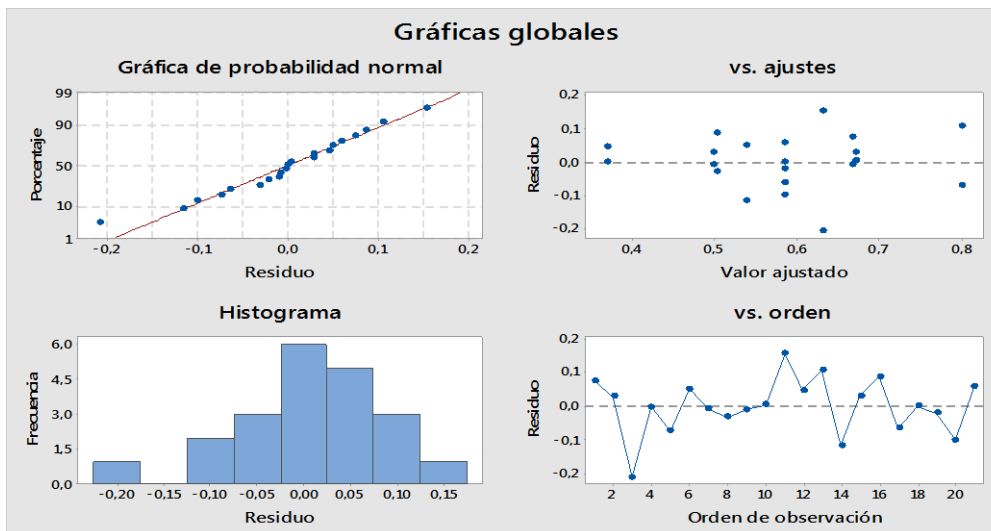


Figura V Análisis de supuestos para utilidad.

En la utilidad se tiene una buena distribución, el R^2 es del 64,76%, tal como se observa en la figura V.

En todos los factores los datos son normales, sin embargo, los FIV (Factores de Inflación de la Varianza) obtenidos de todos los factores estudiados es 1, lo cual indica que se podrían necesitar de más variables para robustecer el estudio.

Se observó que la deseabilidad estadística aproximada es del 64% lo que significa que existiría un 36% de probabilidad de que el experimento no se cumpla bajo las condiciones estipuladas, por ende, se recomienda que en el control de calidad se trabaje como mínimo con el 36% como tamaño de muestra de control.

En cuanto al análisis de cada variable de salida se identificó que en la humedad los factores que más influyen son la cantidad de NaOH y la interacción de cantidad de NaOH y tiempo de licuado; en el pH el único factor que influye significativamente según el análisis de la experimentación es la cantidad de agua, debido a que a menor cantidad de agua es menor la cantidad de NaOH que se debe agregar, lo cual daba como resultado un pH más bajo; en tanto que para el rendimiento la interacción de los tres factores es la más influyente, seguida de la cantidad de agua y, finalmente para el análisis de la utilidad los factores más influyentes son la cantidad de agua, la interacción de los tres factores y la cantidad de NaOH.

Se obtuvo como resultado que las mejores condiciones para la elaboración del jabón fueron: 100 gramos de agua, 20 gramos de NaOH y 6 minutos de licuado; debido a que esta formulación fue la que dio los valores más bajos para humedad y pH, así también como un rendimiento alto, además, cumplió con los requerimientos de la Normativa INEN 841.

Siendo así la mejor fórmula la que tiene: 44% de aceite, 44% de agua, 9% de NaOH y 3% de glicerina, expresado en porcentaje de masa.

Tabla III Resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos del jabón

Parámetro analizado	Valor obtenido	Normativa INEN 841
pH	10,31	Máximo 10,5
Humedad %	28,71	Máximo 30
Materia activa valorable %	< 0,1	< 0,1
Materia grasa total %	63,8	Mínimo 60
Rendimiento	73,44%	-----
Cantidad de espuma	500 ml	-----

En los resultados obtenidos se observa que el jabón obtenido a partir del diseño experimental cumple con las exigencias de la normativa INEN 841, pues los valores están dentro de los requeridos; para la determinación de la cantidad de espuma se tomó como referencia la experimentación de Suárez (2016); comprobando que se encuentra dentro de los rangos por él descritos como aceptables.

CAPÍTULO III

DISCUSIÓN

En investigaciones relacionadas a la elaboración de jabones a base de aceites provenientes del procesamiento de alimentos como en la de Guerrero (2014) y Suárez (2016) la reacción de saponificación se realiza endotérmicamente, mientras que en esta investigación se realizó exotérmicamente obteniendo un jabón de buena calidad.

Valderrama & Vargas (2017) realizaron su estudio en una marmita con un tiempo de agitación de entre 20 y 30 minutos, mientras que en esta investigación se utilizó una licuadora con un tiempo de mezclado de 6 minutos; asimismo, en las dos experimentaciones se tomó un tiempo de 24-48 horas de reposo antes de desmoldar y 15 días más para obtener un producto listo para su uso.

Suárez (2016) en su experimentación ocupa un porcentaje de aceite de coco del 1 al 10%, el cual influye negativamente en el pH, puesto que los valores de este son superiores a 11, no así en esta experimentación que se realizó únicamente con aceite vegetal reciclado del procesamiento de alimentos, del cual el pH fue más bajo, con valores de 10,3, lo cual es una gran ventaja, debido a que se demuestra que no es necesario utilizar un aceite nuevo como coadyuvante para la reacción de saponificación.

El índice de saponificación en los aceites provenientes del procesamiento de alimentos no siempre es el mismo, debido a que se mezclan varios tipos de aceite, esto se confirma con la investigación de Arias (2017), que en su formulación ocupan un 10% de NaOH, Sanaguano, Tigre & Bayas (2018) emplean una concentración del 15% y en este estudio se utilizó 9% de NaOH.

Las investigaciones realizadas por Suárez (2016) y Guerrero (2014) no realizan pruebas a nivel piloto únicamente a nivel de laboratorio, en el presente trabajo de investigación se logra hacer dichas pruebas, con lo cual se demuestra que la formulación explorada es replicable.

Proaño y Guijarro (2016) demuestran en su investigación que para la elaboración de jabones a base de aceite vegetal reciclado de la Industria Alimentaria no es necesario contar con un álcali puro de laboratorio, pues lo obtienen de las cenizas producidas en asaderos, al igual que en esta experimentación se utilizó una lejía comercial con un 75% de pureza, esto indica que únicamente se debe realizar un ajuste a la dosificación del hidróxido utilizado a la formulación e igual se obtendrá un jabón con buena calidad y características.

Esta investigación al igual que las de Guerrero (2014); Suárez (2016); Proaño & Guijarro (2016) y Sanuaguano, Tigre & Bayas (2017) coinciden y confirman que la elaboración de los jabones a base de aceite reciclado proveniente del procesamiento de alimentos son una buena opción para limitar los daños al medio ambiente provocados por este residuo, al mismo tiempo de generar un producto de buenas características y cerrar el círculo de procesamiento de alimentos fritos.

CONCLUSIÓN

Con este trabajo de investigación se puede concluir que es posible elaborar un jabón de buena calidad utilizando aceite reciclado proveniente del procesamiento de alimentos. Asimismo, fue posible utilizar la lejía comercial ajustando la dosificación de ésta a la formulación. Además, el agua proveniente de Yunguilla a pesar de su dureza pudo ser incluida en la formulación debido a que no tuvo influencia negativa en la elaboración de los jabones.

La formulación elegida (44% de aceite, 44% de agua, 9% de NaOH y 3% de glicerina, expresado en porcentaje de masa) es replicable, por lo cual se aplicó en la Empresa Aquamarina en diferentes condiciones obteniendo un producto de buena calidad, sin embargo, se recomienda realizar un análisis más profundo con más variables para satisfacer en mayor medida el diseño.

Debido a que, el aceite utilizado en Aquamarina como materia prima es un aceite cuyas condiciones de tiempo y temperatura de uso no están estandarizadas aún, se recomienda realizar análisis de saponificación periódicos pues este valor puede variar; además controlar la riqueza de la lejía comercial y la dureza del agua con la cual se va a trabajar. Finalmente revisar el proceso productivo de la elaboración del jabón, ya que, a grandes volúmenes de materia prima, es necesario un equipo de mayor potencia para obtener una mezcla completamente homogénea y por ende una completa reacción de saponificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemán, R., & Fuentes, N. (2010). *Evaluación del aceite de coroba en la elaboración de jabón cosmético*. Barcelona: Universidad del Oriente Núcleo de Anzoátegui. Escuela de Ingeniería y Ciencias aplicadas.
- Aranda, O., & Cortés, O. (2012). Elaboración de jabón a partir de aceite recuperado. *Instituto Nuevo Siglo*, 1.
- Arias, M. (2017). Evaluación de técnicas de saponificación artesanal de aceites de cocina usados porvenientes del municipio de Charalá. Bucaramanga: Universidad Nacional. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente Ingeniería Ambiental.
- Aylón, A. (2003). *Estudio de utilización de aceites para preparación de frituras en establecimientos de comidas preparadas*. Observatori de la Seguretat Alimentaria.
- Escalante, R. (2014). Manual de aplicación el modelo de refresión lineal múltiple con correcciones de especificación . Panamá: Universidad de Panamá.
- Fuentes, N., & Núñez, V. (2010). Evaluación del aceite de coroba en la elaboración de jabón cosmético. Barcelona: Universidad de Oriente.
- García, M., Cerezo, E., & Flores, j. (2013). Elaboración de jabón en gel para manos utilizando aceite vegetal reciclado. *Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo*, 20-33.
- Goyes, R. (2014). *El aceite usade de cocina se puede reciclar*. Quito: Pichincha, Universal.
- Guerrero, C. (2014). *Diseño de una planta de fabricación de jabón a partir de aceites vegetales usados*. Almería: Universidad de Almería.
- Hurtado, A. (2009). *La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. Perspectivas en nutrición humana*.
- INAMHI. (2016). *www.serviciometereologico.gob.ec*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/hidrologicos/Ah2014-2016-EHA.pdf>
- INEN, I. E. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 823. Agentes tensoactivos. Determinación de materia grasa total*. Quito: http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_823.pdf.
- INEN, S. E. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 818 Primera revisión. Agentes Surfactantes. Determinación de humedad y materia volátil*. Quito: http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_818-1.pdf.

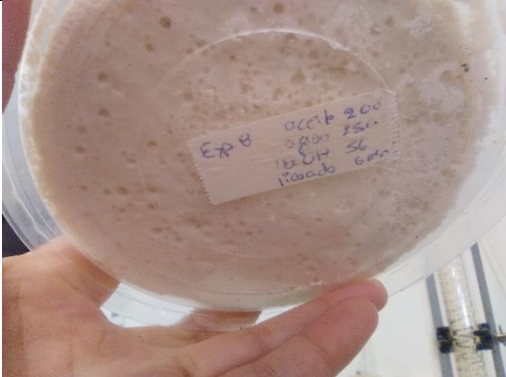
- INEN, S. E. (2013). *Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 3657. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de saponificación*. Quito: http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_iso_3657.pdf.
- INEN, S. E. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN -4316 Primera edición. Agentes Tensoactivos - Determinación del pH de soluciones acuosas - método potenciómetro* . Quito: http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_iso_4316extracto.pdf.
- INEN, S. E. (01 de 10 de 2016). *Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 841, Tercera revisión. Productos cosméticos. Jabón de tocador en barra. Requisitos*. Quito: http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_841-3.pdf. Obtenido de http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_841-3.pdf
- Normativa Mexicana, A.-O.-S. (2001). *Análisis de agua-Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba (cancela a la nmx-aa-072-1981)*. México: Secretaría de Economía.
- Pavan, N., & Todeschini, R. (2008). *Scientific Data Rankin Methods Theory and Applications. Vol 27*. Milano: Department of Environmental Sciences University of Milano-Bicocca .
- Proaño, F., & Guijarro, G. (2016). *Aprovechamiento del aceite residual y las cenizas provenientes de restaurantes (asaderos de pollos) en el sector de Carapungo de la ciudad de Quito, para la obtención de productos de aseo personal* . Quito: Universidad de Las Américas.
- Regla, I., Vásquez, E., & Neri, A. (2014). La química del Jabón y algunas aplicaciones. *Revista Digital Universitaria UNAM. Vol 15. Núm. 5*, 5-15.
- Romo, A. (2012). *Jabones, saponinas y detergentes*. Quinta Edición. México: Fondo de cultura económica.
- Sáenz, C. (2018). *Aguas residuales en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: ETAPA EP.
- Sanaguana, H., Tigre, A., & Bayas, F. (2018). Use of waste cooking oil in the manufacture of soaps. *International Journal of Ecology & Development*, 19-27.
- Spitz, L. (2010). *Soaps Manufacturing Technology*. En L. Spitz. Illinois: AOCS Press.
- Stepanik, J. (2015). *Jabón casero hecho simple*. BookRix.
- Suárez, J. (2016). Obtención de jabón usando aceite vegetal reciclado en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-Iquitos. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Turizo, A. (2004). *Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces*. Convenio Andrés Bello.
- Valderrama, D., & Vargas, A. (2017). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora de jabón detergente a base de aceite de cocina usado en la ciudad de Cali. Cali: Pontificia Universidad Javeriana Cali.
- Zapata, L. (2004). *Utilización de aceite de palma y otros*. Revista Palmas.

ANEXOS

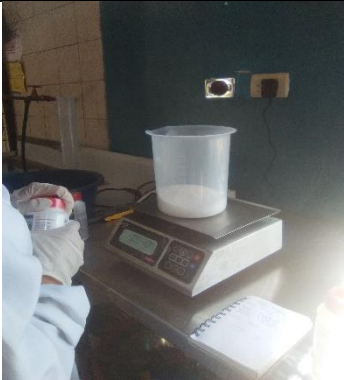
Anexo I Aplicación y análisis del diseño factorial completo







Anexo II Análisis y jabón de la mejor formulación obtenida	
	
Análisis de pH	
	
Análisis de espuma	Jabón final

Anexo III Aplicación de la mejor fórmula obtenida del diseño factorial en la Empresa Aquamarina	
	
Decantado y filtrado del aceite	Pesado de la materia prima

	
Mezcla del agua con NaOH	Licuido del aceite y agua con NaOH
	
Moldeado	Jabones desmoldados
	
Envasado	Jabón final

Anexo IV Resultados de los análisis de materia activa valorable y materia grasa total.



LASA
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE COSMÉTICOS

INFORME DE RESULTADOS

INF: LASA-81-63-14-030641
ORDEN DE TRABAJO No. 19-713

DATOS DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: DIEGO SEBASTIAN SUAREZ BRIONES		DIRECCIÓN: CALLE LA VERMENA 3-105	TELÉFONO / FAX: 0989912639
TIPO DE MUESTRA: COSMÉTICOS		PROCEDENCIA: PLANTA	PRESENTACIONES: 40 g
ENVASE INMEDIATO: POLIETILENO		FORMA DE CONSERVACIÓN: AMBIENTE FRESCO Y SECO	
FECHA DE ELAB: 13-02-2019		FECHA DE EXP: ---	N° LOTE: 12.02.2019
NOMBRE DEL PRODUCTO: JABON DE TOCADOR			

DATOS DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA MUESTREO: N.A.	INGRESO AL LABORATORIO: 20-02-2019	
FECHA DE ANÁLISIS: 20-02-2019 / 28-02-2019	FECHA DE ENTREGA: 01-03-2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Dos (2)	
COD. MUESTRA: 2432-19		REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

PARÁMETRO ANALIZADO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS
MATERIA GRASA TOTAL	63.8	%	NTE INEN 823
MATERIA ACTIVA VALORABLE	< 0.1	%	NTE INEN 833



Dr. Marco Guillermo Basallo
GERENTE DEL LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida o tomada por el laboratorio.
Cuando se emiten certificaciones de conformidad y aplican, se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el cliente.
El laboratorio se compromete con la Integridad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolas.com)

1 of 1

Av. de la Prensa NS3-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
 Juan Ignacio Paraja QES-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815
 Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolas.com
 web: www.laboratoriolas.com • Quito - Ecuador

