

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

TESIS

**“FABRICACIÓN DE JABONES A PARTIR DE
RESIDUOS DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis
guineensis*) Y SU RELACIÓN CON EL IMPACTO
AMBIENTAL EN LA EMPRESA OLAMSA, UCAYALI
2015”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

GUILLERMO ENRIQUE PALOMINO DÍAZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**UCAYALI – PERÚ
AÑO 2015**

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a:

Mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera.

A mis padres, quienes dedicaron sus esfuerzos a la realización de sus hijos, sin ellos nada hubiera sido posible.

Al amor de mi padre por su familia y por su trabajo, enseñándonos a entender que sin esfuerzo no se consigue nada en la vida.

A mi madre que incondicionalmente me apoyó, aun en momentos de derrotas estuvo ahí para levantar mi cabeza.

A Brenda que estuvo a mi lado en buenos y malos momentos acompañándome en esta dura travesía.

A mis hermanos que siempre me dan cariño y fuerzas en casa y a todos mis abuelos que de distinta manera formaron parte de mi realización académica, siempre a mi lado y con enseñanzas que durarán una vida entera.

A todo el resto de mi familia y amigos que de una u otra manera me han llenado de sabiduría para terminar esta tesis.

A todos en general, mil gracias por su apoyo y su tiempo.

AGRADECIMIENTOS

En este espacio considero necesario agradecer a:

- Dios Todopoderoso que me dio fuerzas y fe para terminar esta tesis; a mis padres que siempre estuvieron conmigo preocupados e interesados en los avances de la tesis.
- Mi asesor, el Ing. Ronald Marlon Lozano Reátegui, por su tiempo, paciencia y compromiso conmigo y con el proyecto, pudiendo así lograr grandes avances en momentos difíciles, agradeceré siempre su amistad y dedicación.
- Los encargados del laboratorio de química de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) que sin ningún pretexto me abrieron las puertas y colaboraron en la realización de los análisis, aportando conocimiento y tiempo, gracias a ellos todo se pudo avanzar con fluidez.
- La empresa OLAMSA, por confiar en nosotros y colaborar en todo momento con las visitas a planta y la toma de muestras *in-situ*.
- Mis compañeros que siempre creyeron en mí y me apoyaron en todo momento: Brenda, Paolo, Jackson y demás, que de distinta forma estuvieron pendientes de mis avances.
- Pero sobre todo gracias a mi familia entera ya que sin su amor, comprensión y empuje todo hubiera sido más complicado; Víctor, Ivett, Diego, Lupita, Ligia, Víctor J., Yolanda, a todos en general, gracias, todo esto es para ustedes.

INTRODUCCIÓN

Los residuos grasos que se generan en la industria de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) se convierten en un problema para la empresa y el medio ambiente. Luego del proceso de extracción del aceite a partir de los frutos maduros, se generan dos residuos importantes, tanto el aceite residual que se encuentra en los efluentes líquidos del proceso y las fibras procedente del fruto, los cuales son utilizados como combustible al ser incinerados en el caldero, por lo cual se convierten en cenizas, que por sus efectos contaminantes, requieren de un mayor interés para su aprovechamiento y su utilización, en otros procesos de manufactura como es el caso de productos químicos. Es por ello, que en el presente proyecto de tesis se evaluó la factibilidad técnica de aprovechar dichos residuos en la fabricación de jabones.

Con el presente proyecto, se presenta un proceso tecnológico, para minimizar la contaminación que se genera por las actividades productivas del procesamiento del fruto de la palma aceitera, como son los aceites residuales, mediante su transformación en jabones, por medio de la reacción química, denominada saponificación, la misma que permite transformar los ácidos grasos presentes en la composición química del aceite residual, por medio de los álcalis, carbonatos y fosfatos, es decir los minerales presentes en la lejía obtenida de las cenizas que se generan por la calcinación de las fibras del fruto en el caldero de la planta.

Desde tiempo inmemorial se ha fabricado jabón con grasas animales o vegetales y se ha utilizado para ello lejía de ceniza que contiene carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos de sodio o potasio, y se consigue así una saponificación parecida a la sosa cáustica comercial, pero sin los peligros de contaminación que conlleva un producto que termina en las aguas de ríos y mares. Actualmente la industria jabonera, procesa la mayor parte de los jabones saponizados fabricados con soda caustica (hidróxido de

sodio), sin embargo, tal como se ha mencionado líneas arriba, existe un método alternativo reemplazándolo por lejía de cenizas, provenientes de restos maderables o forestales, que al mezclarse con agua, provoca la lixiviación de los elementos minerales, convirtiéndose en hidróxidos o carbonatos sobre todo de potasio, los cuales permiten la transformación de las grasas y aceites en jabones de amplio uso, con la ventaja de que este proceso resulta menos agresiva tanto para los consumidores y también para el ambiente.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	iv
TABLA DE CONTENIDOS	vi
RESUMEN	11
ABSTRAC	12
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	13
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. DELIMITACIONES	15
1.2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VARIABLES	18
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.7.1. VIABILIDAD TÉCNICA	18
1.7.2. VIABILIDAD OPERATIVA	19
1.7.3. VIABILIDAD ECONÓMICA	19
1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.8.1. JUSTIFICACIÓN	19
1.8.2. IMPORTANCIA	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	23
2.2. MARCO HISTÓRICO	26
2.3. MARCO CONCEPTUAL	27
2.3.1. ACEITE DE PALMA (<i>Elaeis guineensis</i>)	27
2.3.2. IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE PALMA	28
2.3.3. COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS LÍPIDOS PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN	31
2.3.4. REACCIONES QUÍMICA PARA LA OBTENCIÓN DE JABONES	32

2.3.5. CLASIFICACIÓN DE LOS JABONES	33
2.3.6. MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE JABONES	34
2.3.7. CENIZAS	35
2.3.8. INDICADORES AMBIENTALES	36
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	39
3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	39
3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.2.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.3. COBERTURA DE ESTUDIO	41
3.3.1. UNIVERSO	41
3.3.2. MUESTRA	41
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	42
3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	42
3.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	42
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE RESIDUAL DE PALMA	47
4.2. ELABORACIÓN DE LEJÍA A PARTIR DE CENIZAS DEL FRUTO DE LA PALMA ACEITERA	48
4.3. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN	49
4.3.1. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO EN LA ELABORACIÓN DE JABONES	49
4.3.2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE LA ALCALINIDAD DE LOS JABONES OBTENIDOS EN LABORATORIO	50
4.3.3. PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY	52
4.4. CARACTERÍSTICAS DEL JABÓN OBTENIDO A PARTIR DE ACEITE RESIDUAL DE PALMA ACEITERA Y LEJÍA DE CENIZAS DEL FRUTO	54
4.5. DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ACEITES	56

RESIDUALES MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE JABONES

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. CONCLUSIONES	58
5.2. RECOMENDACIONES	59
FUENTES DE INFORMACIÓN	60
ANEXOS	65
GLOSARIO DE TÉRMINOS	86
MATRIZ DE CORRELACIÓN	88

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de lejía a partir de cenizas del fruto de la palma aceitera	68
Figura 2: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de jabones a partir de aceite residual de palma aceitera	69

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Variables, dimensiones e indicadores determinadas en la investigación	18
Cuadro 2: Características fisicoquímicas del aceite residual de palma utilizado como materia prima para elaborar jabones	47
Cuadro 3: Características mostradas la lejía obtenida con las cenizas del fruto de la palma aceitera	48
Cuadro 4: Resultados obtenidos de la alcalinidad de los jabones obtenidos en los ensayos de laboratorio	50
Cuadro 5: ANOVA de los resultados obtenidos de la determinación de la alcalinidad de los jabones obtenidos en laboratorio	51
Cuadro 6: Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey	52
Cuadro 7: Resultados de la Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey	53
Cuadro 8: Características del jabón elaborado a partir de aceite residual de palma y cenizas del fruto	54
Cuadro 9: Valores de la DBO y de la DQO determinados en el aceite residual de palma antes y después de elaborar los jabones	56

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general, aprovechar los residuos de aceite, procedente del proceso de extracción de los frutos de la palma aceitera, así como de las cenizas procedentes de las fibras incineradas en el caldero de la planta de producción de Oleaginosas Amazónicas S.A.-OLAMSA, para fabricar jabones; correspondiendo a un tipo de investigación aplicada y a un nivel explicativo. Se empleó el método experimental, así como el diseño pre experimental; considerando como universo el volumen total de aceite residual que se genera como efluente contaminante principal de la empresa, de la cual se tomó como muestra dos (02) litros. El diseño estadístico comprendió un DCA con arreglo factorial 3x3 con 3 repeticiones. Los resultados de la caracterización de los aceites residuales, arrojó: índice de saponificación (397,8254 mg KOH/g de muestra), índice de yodo (36,9797 g de yodo/100 g de muestra) y pH (3,88). Por su parte la lejía obtenida por lixiviación de las cenizas de la fibra del fruto, presentó las siguientes características: pH (11,3), densidad (1,1526 g/mL), °Be (15). Los jabones se obtuvieron, mediante pruebas fisicoquímicas, empleando la técnica de saponificación inversa, es decir, se agregó el álcali dosificado a los aceites calentados previamente, mediante lotes, a nivel de laboratorio, trabajando a condiciones de temperatura ambiental de 26 a 28°C y presión atmosférica normal (760 mm de Hg), con una concentración de lejía de 20°Be, usando tiempos y temperaturas de saponificación de 15, 20 y 30 minutos; y de 60, 70 y 80°C, respectivamente. El jabón que presentó las mejores características correspondió a la fórmula de media 1: Tiempo de saponificación de 20 minutos y Temperatura de saponificación de 70°C, cuyas características mostradas fueron: insolubilidad en agua en g (8,63); volumen de espuma en mL (54,27); pH (10,73), humedad en % (14,52); color (amarillo casi naranja); olor (a aceite de palma) y textura (uniforme, compacta). La disminución del impacto ambiental, es posible, mediante la fabricación de jabones, utilizando aceites residuales, cuyos resultados obtenidos de las aguas con aceites residuales para la Demanda Biológica de Oxígeno-DBO fue de 7 300 mgO₂/L y para la Demanda química de oxígeno-DQO de 16 060mgO₂/L, y luego de retirar y utilizar los aceites residuales con los cuales se elaboró jabones, se obtuvieron en cuanto a la DBO de 5 120 mgO₂/L y para la DQO de 12 800 mgO₂/L.

Palabras claves: *saponificación, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de oxígeno, impacto ambiental.*

ABSTRAC

This research has the general objective, use of the waste oil from the process of extracting the oil palm fruits, as well as the incinerated ash from the boiler plant oilseed production Amazonian fibers S.A. OLAMSA to manufacture soaps; corresponding to a type of applied research and an explanatory level. The experimental method and the experimental design was used pre; considering as universe the total volume of waste oil generated as a main pollutant effluent from the company, which was sampled two (02) gallons. The experimental design included a DCA 3x3 factorial arrangement with 3 replications. The results of the characterization of the waste oil showed: saponification (397,8254 mg KOH/g sample), iodine (36,9797 g iodine/100 g sample) and pH (3.88) . Meanwhile lye obtained by leaching of ash fiber fruit, presented the following characteristics: pH (11.3), density (1.1526 g / mL), °Be (15). The soaps are obtained by physicochemical tests, using the technique of reverse hydrolysis, ie, alkali dosed oils preheated by batches, at the laboratory, working at ambient temperature conditions of 26 to 28°C and normal atmospheric pressure (760 mmHg), with a concentration of 20 ° Be caustic, using times and temperatures of saponification of 15, 20 and 30 minutes; and 60, 70 and 80 °C respectively. The soap presented the best characteristics corresponded to the average formula 1: Time of saponification of 20 minutes and temperature 70 °C saponification whose characteristics were shown: insolubility in g (8.63); foam volume in mL (54.27); pH (10.73),% moisture (14.52); Color (almost orange yellow); smell (a palm oil) and texture (smooth, compact). Reducing environmental impact, it is possible, through the manufacture of soaps, using waste oils, the results obtained from the water with waste oils for Biological Oxygen Demand BOD-7300 was mgO₂/L and for chemical oxygen demand -DQO 16 060 mgO₂/L, and after removal and use waste oils with soaps which are prepared, they were obtained in terms of BOD,5 120 mg O₂/L and COD of 12 800 mg O₂/L.

Keywords: hydrolysis, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, environmental impact.

CAPITULO I: PLANTAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Desde la década de los años 70, una buena parte de los biotecnólogos de todo el mundo han dirigido sus investigaciones hacia la utilización y aprovechamiento de los residuos agroindustriales para la producción de compuestos útiles como insumos de otros procesos industriales; los primeros años la prioridad estuvo dirigida a la generación de productos de valor agregado; luego más tarde, se sumó la necesidad de utilizar los residuos para reducir el impacto ambiental que ocasiona su mala disposición, y a partir del presente siglo la prioridad está enfocada a la producción de compuestos bioenergéticos, a la elaboración de nuevas formulaciones de alimentos para animales y la fabricación de productos de alta demanda, pero la tendencia mundial es la cada vez creciente generación de residuos, derivado del incremento en la producción y/o elaboración de productos comercializables.

En América Latina, el volumen de residuos de palma aceitera correspondiente al año 2003, oscilaba alrededor de 4 400 000 de toneladas (Valencia 2003).

Según el Sistema Integrado de Estadística Agraria-SIEA (Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI, 2014) al mes de septiembre del 2014, a nivel nacional se han producido 50 123 toneladas de palma aceitera y en esa misma época se han utilizado 10 440 toneladas de aceite crudo de palma, lo cual nos indica que se han producido en función del 30% de residuos, alrededor de 3 132 toneladas de aceite crudo que se ha desechado como un residuo no aprovechado.

En la actualidad, según el MINAGRI (2014) la región de Ucayali cuenta con un promedio de 17 794,7 hectáreas instaladas con sembríos de palma aceitera. Plantaciones sembradas en diferentes tipos de ecosistemas amazónicos como son la provincia de Padre Abad, con sus distritos de Irazola, Neshuya, Curimana y la Provincia de Coronel Portillo con el distrito de Campo Verde y Nueva Requena y conociendo que de cada racimo de fruta fresca cosechada, luego del desfrutamiento, el 70% es aprovechado como materia para la obtención de aceite, existiendo un 30% de residual que es el causante de contaminación y consecuentemente, de desequilibrios en la naturaleza.

En la región de Ucayali, existen 5 empresas de transformación de la materia prima proveniente de palma aceitera, que extraen y transforman las cosechas, cuyo derivado principal es el aceite crudo sin refinar. Consecuencia de ello, estas fábricas generan abundante material vegetal (racimos, escobajos, cuescos, afrechos etc), además de generar abundantes residuos acuosos ricos en grasas, que no son utilizados.

Por otro lado, los problemas ambientales de la región Ucayali, tienen como uno de gran magnitud, la contaminación de las aguas, las cuales provienen de los usos domésticos de la gran cantidad de pobladores que conforman las familias, y de las industrias aceiteras cuyas actividades, generan muchos contaminantes que van a parar a las aguas de nuestros ríos y lagos, con lo cual se agudiza la problemática y se maximiza sus efectos negativos en la naturaleza y la salud de los pobladores, pues al no existir sistemas de tratamientos efectivos, la problemática se va incrementando día a día.

De lo descrito, se hace necesario implementar proyectos que planteen soluciones al problema de los residuos generados por las plantas extractoras de aceite crudo, siendo por ello importante la presente investigación que planteó disminuir la presencia de estos residuos grasos en el ambiente, mediante su transformación en jabones, elaborados con las lejías obtenidas con las cenizas que generan las fibras calcinadas en el caldero de la empresa.

1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. DELIMITACIONES

A. Delimitación Espacial

El proyecto desarrolló la etapa experimental en las instalaciones del Laboratorio de Química de la Universidad Alas Peruanas-UAP, así como de la Universidad Nacional de Ucayali-UNU; y las materias primas, fueron tomadas en el campo, es decir en las instalaciones de la empresa extractora de aceite crudo OLAMSA, situada en el kilómetro 60 de la carretera Federico Basadre en la ruta hacia la ciudad de Tingo María, en el distrito de Neshuya.

B. Delimitación Temporal

El presente proyecto, en los trámites administrativos, utilizó los meses de octubre a diciembre y en la parte experimental, se ejecutó en el período comprendido entre los meses de enero a abril del 2015.

C. Delimitación Social

El proyecto, al aprovechar los residuos procedentes de la industria extractora de aceite crudo de palma, que por una deficiente gestión de los mismos, puede causar muchos problemas ambientales, puede traer muchos beneficios para los socios que conforman la empresa OLAMSA, cuyos ingresos económicos por la comercialización del jabón fabricado, podrían incrementarse con el procesamiento de los residuos grasos y cenizas del raquis.

D. Delimitación Conceptual

El proyecto desarrolló los siguientes conceptos:

- Caracterización fisicoquímica de los aceites residuales: Índice de saponificación, Índice de yodo y pH.
- Caracterización física de la lejía obtenida a partir de las cenizas de fibras: pH, densidad y °Be.
- Metodología para fabricar un jabón de excelentes características, a partir de residuos grasos de la industria palmicultora saponificando con una lejía obtenida a partir de las cenizas de la fibra del fruto de la palma.
- Caracterización fisicoquímica del jabón fabricado con residuos de la industria palmicultora como: Insolubilidad en agua, volumen de espuma, pH, humedad, color, olor y textura.
- Disminución del impacto ambiental, mediante los valores de los indicadores de impacto como Demanda Bioquímica de Oxígeno-DBO y Demanda Química de Oxígeno-DQO.

1.2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los efluentes generados en la plantas extractoras de aceite de palma representan un grave problema de contaminación por el alto contenido de sustancias orgánicas que presentan ya que las concentraciones de DQO son del orden de 60 000 mg/l, DBO de 30 000 mg/l y SS de 25 000 ppm; ricos en potasio (Conil, 1999). Esta alta carga orgánica requiere una elevada demanda biológica y química de oxígeno para su depuración, lo que altera el delicado equilibrio para la vida acuática en las corrientes, tanto superficiales como subterráneas, como es el caso del río Neshuya, el cual recibe diariamente los residuos grasos de la empresa OLAMSA.

Se estima que por cada tonelada de aceite virgen se originan de 2 a 3 toneladas de aguas residuales (FEDEPALMA, 2004). Otras investigaciones sostienen que se pueden liberar, aproximadamente, 5 metros cúbicos de efluentes del aceite de palma por cada tonelada de aceite de palma producida (Nemerow y Dasgupta, 2009).

La fibra y el cuesco de la palma aceitera son materiales considerados como desechos, que actualmente son responsables de contaminación

ambiental debido a la falta de alternativas que conduzcan al aprovechamiento mediante su transformación en productos industriales. Inicialmente estos residuos eran tirados en la margen de la carretera Federico Basadre, hoy se conducen hacia los sembríos de palma, donde se dejan a las condiciones atmosféricas, su degradación, proceso que es lento, por lo cual se generan malos olores, presencia de roedores y moscas, etc., los cuales pueden constituir en focos de infecciones o peligros para la salud de los trabajadores del campo. Por otro lado, el cuesco de palma es utilizado como combustible en las calderas para aprovechar su poder calorífico en la producción de vapor de agua. Las cenizas resultantes son apiladas en montículos cerca a la caldera, por lo cual la salud de trabajadores se puede alterar con enfermedades en la piel y molestias en los ojos, además de generar afecciones respiratorias.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿De qué manera el aprovechamiento de las cenizas y los residuos grasos de la industria extractora de aceite OLAMSA, para fabricar jabones, puede disminuir el problema de los contaminantes de esta industria?.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Aprovechar los residuos de la industria aceitera de la empresa OLAMSA mediante la fabricación de jabones para generar un impacto ambiental positivo.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la relación de la fabricación de jabón con la Demanda Bioquímica de Oxígeno como indicador del impacto ambiental.

- Evaluar la relación de la fabricación de jabón en la Demanda Química de Oxígeno como indicador del impacto ambiental.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Existe una relación significativa entre la elaboración de jabones y la disminución del impacto ambiental de los residuos de la industria aceitera en la empresa OLAMSA.

1.6. VARIABLES

En el siguiente cuadro, se muestra las variables, dimensiones e indicadores que se determinaron en la presente investigación.

Cuadro 1: Variables, dimensiones e indicadores determinadas en la investigación

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE Fabricación de jabones	Tiempo de saponificación	20 min
		30 min
		40 min
	Temperatura de saponificación	70 °C
		80 °C
		90 °C
Concentración de la lejía (°Be)	20 °Be	
VARIABLE DEPENDIENTE Impacto ambiental	Presencia de oxígeno en los residuos grasos	Demanda Bioquímica de Oxígeno-DBO
		Demanda Química de Oxígeno-DQO

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. VIABILIDAD TÉCNICA

El presente proyecto fue viable técnicamente pues existen los equipos mínimos necesarios para llevar a cabo la parte experimental, tal como cocina eléctrica, el baño maría, termómetros, balanza analítica, etc; así como los reactivos necesarios, se encontraron en los laboratorios de las

universidades consideradas en el presente estudio. En cuanto a las metodologías utilizadas, fueron obtenidas de la investigación bibliográfica efectuada.

1.7.2.VIABILIDAD OPERATIVA

Los conocimientos adquiridos a través de las clases teóricas recibidas en las aulas del campus universitario de la Universidad Alas Peruanas, y con la dirección del asesor, apoyo de docentes y personal de laboratorio de las universidades, se pudo llevar a cabo el presente trabajo de investigación. El traslado hacia los laboratorios, se hizo utilizando una movilidad personal (motocicleta), por lo cual se tuvo autonomía de desplazamiento y se contó con la accesibilidad a los laboratorios en los horarios establecidos para la presente investigación.

1.7.3.VIABILIDAD ECONÓMICA

Para ejecutar la presente tesis, los gastos fueron asumidos en su totalidad por el propio tesista, pero adicionalmente se contó con el apoyo de los encargados de los laboratorios, quienes nos proporcionaron accesibilidad a los mismos para el uso de los equipos y reactivos, lo cual hizo que los costos se mantuvieran dentro de lo presupuestado.

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1.JUSTIFICACIÓN

Actualmente se desechan al día muchos litros de aceite como líquidos residuales producto del proceso industrial de extracción de aceite rojo de la palma africana, están compuestos principalmente por la humedad que se extrae a los racimos de fruto fresco, el agua que se adiciona al proceso de extracción (en estado líquido y como vapor de agua) e impurezas de los racimos de fruto fresco que ingresan al proceso. En el proceso de extracción de aceite rojo de palma, es necesaria una considerable cantidad de agua (Agamuthu, 1995, citado por Cerón, 2011), generando grandes

volúmenes de aguas residuales, que al final terminan en nuestros ríos y lagunas destruyendo la flora y fauna acuática; que al no contar con sistemas de reciclaje o reutilización, implica una mayor contaminación del ambiente por lo cual se plantea el presente proyecto de investigación, que al aprovechar los residuos grasos y las cenizas calcinadas del raquis y convertirlos en jabones biodegradables, puede constituirse en una alternativa económica para mejorar los ingresos económicos de los agricultores de la región.

Del mismo modo, aprovechar los residuos de la actividad aceitera de la palma para fabricar jabones biodegradables, que presenten características deseables como material de uso diario en la limpieza personal, industrial y farmacológica, nos estaría indicando que podría tratarse de un excelente alternativa de solución al problema de contaminación ambiental de los residuos de la industria de la palma aceitera.

El tratamiento de los productos de desecho (también llamados subproductos) ha estado relegado y dejado a la naturaleza para su biodegradación, lo que ha provocado impactos en el medio ambiente cuando no son manejados de manera adecuada.

Las grasas del agua residual, actualmente son retiradas mediante un equipo denominado Tricanter, pero su capacidad no es lo suficiente para dar tratamiento a todo el volumen de aceite de las aguas residuales que se generan en los tres turnos de operación de la planta, por lo cual siempre son vertidas en las aguas del río Neshuya, un porcentaje de oscila alrededor del 1% de materias grasas, por lo cual dicho río se constituye en el lugar de disposición final de estos desechos; estos residuos traen efectos negativos para el medio ambiente, como la degradación de las características físico-químicas de los cuerpos de agua y la composición del aire por los gases productos de la descomposición.

Del mismo modo, las fibras generadas por el proceso de prensado y extracción del aceite de la pulpa del fruto de la palma, se usan como combustible para el funcionamiento del caldero, donde se transforman en

cenizas, las mismas que al ser removidas por el aire, invaden las áreas de trabajo y afectan el sistema respiratorio de los trabajadores, puesto que llevan una carga mineral importante, constituido principalmente por el sodio y el potasio, que tienen efecto irritante en los pulmones.

En este sentido se justificó la necesidad de caracterizar los residuos grasos de la industria aceitera y convertir las cenizas de la fibra en un álcali, y dándoles un uso apropiado, mediante su transformación con tecnologías de procesamiento de jabones, la cual se convierte en un adecuado sistema de tratamiento de los residuos sólidos y grasos que se generan en el proceso productivo de la palma aceitera.

1.8.2.IMPORTANCIA

La importancia de la presente investigación radicó en:

- a) Los desechos líquidos o efluentes generados en el proceso de extracción de aceite rojo de palma, centrado principalmente en el producto principal (aceite comestible) en OLAMSA, no tienen ningún valor económico en la actualidad; sin embargo, al ser procesados en jabones, son la fuente de un proyecto rentable. Además el proyecto contribuye a disminuir los desechos de la industria, por tanto disminuye la contaminación ambiental que estos desechos generan y hace posible que la empresa muestre una mayor responsabilidad en la conservación del medio ambiente.
- b) Todas las actividades productivas en la región deben cumplir con la legislación vigente en materia de cuidado de Medio Ambiente y el proyecto tiende a mejorar el tratamiento de subproductos de la empresa OLAMSA y eliminar posibles problemas con las autoridades ambientales.
- c) Los desechos líquidos, representan un porcentaje importante del volumen total de la materia efluente producida por la planta industrial de extracción de aceite de palma OLAMSA, por lo que requieren ser

recogidos, tratados y transformados por razones de maximizar las utilidades y mejorar el desempeño ambiental de la empresa.

Además, el estudio de la obtención de jabones es un área no muy investigada en nuestro país, región y localidad, y es un tema que está tomando importancia, dada la intensa aplicación en las industrias como elemento desinfectante y en el ámbito doméstico, como elemento de uso diario en la higiene personal.

Es por ello prioritario el desarrollo de este tipo de investigaciones que brindan alternativas de tratamiento a los residuos de naturaleza lipídica y mineral. Con este trabajo de investigación se buscó la utilización y aplicación de este tipo de subproductos generados en el proceso productivo del sector aceitero en la elaboración de productos de calidad similar a los obtenidos con materiales originales y de esta manera mitigar la contaminación del entorno existente en el área de influencia directa.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Fuentes y Nuñez (2010), en el trabajo de investigación EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ACEITE DE COROBA EN LA ELABORACIÓN DE JABÓN COSMÉTICO, cuyo objetivo central de este trabajo de investigación consistió en hacer una comparación entre jabones cuyo aceite se obtuvo artesanalmente y con hexano, para ello se caracterizaron fisicoquímicamente ambos aceites obteniéndose tanto para el aceite de coroba extraído de manera artesanal como el extraído con solvente hexano un índice de saponificación de 226,0 mg KOH/g aceite, también se les determinó la densidad relativa y la materia insaponificable. A los jabones obtenidos se les determinó la cantidad de materia insaponificada e insaponificable, ácidos grasos totales, álcali libre y el porcentaje de humedad y materias volátiles, todos estos análisis se realizaron según los lineamientos de las Normas venezolanas COVENIN, los resultados obtenidos permiten afirmar que no existen diferencias significativas en los jabones fabricados para los aceites extraídos por los diferentes métodos (artesanal y con solvente). Así también se puede afirmar que el aceite de coroba es excelente para la fabricación de jabón de tocador y que puede hacerse más atrayente al consumidor mediante la adición de algunos perfumes y colorantes, la comparación hecha con algunos análisis fisicoquímicos de cuatro jabones comerciales así lo demuestra.

Cruz *et al.*, (2011) en el trabajo de tesis ELABORACIÓN DE CUATRO TIPOS DE JABONES UTILIZANDO ACEITES VEGETALES RESIDUALES DE PALMA AFRICANA (*Elaeis guineensis*) MEDIANTE EL MÉTODO DE SAPONIFICACIÓN

EN LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR, manifiestan que el aceite de palma se obtiene de la fruta de la palma (*Elaeis guineensis*), originaria del golfo Guinea, en África Occidental. La producción mundial de aceites vegetales durante los años 2008-2009, fue de 133,71 millones de toneladas. Ecuador, se ubica en el sexto lugar de producción de palma y sus derivados a nivel mundial. De acuerdo a estimaciones del Informe de Coyuntura, elaborado por el Banco Central del Ecuador (BCE), Esmeraldas lidera la producción nacional. Allí se cultiva el 50% de la palma africana, el resto de la producción se ubica en Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y Sucumbíos. Esta investigación se realizó en el cantón Guaranda, provincia de Bolívar que se encuentra a una altitud de 2800 msnm. Para esta investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar cuál de los cuatro tipos de jabones presenta las mejores características del producto.
- Evaluar cuál de los cuatro tipos de jabones utilizando los insumos, cumplen las NORMAS INEN establecidas.
- Establecer la relación costo beneficio del producto.

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (4X4X3), cuatro tipos de jabones, cuatro porcentajes de principios activos y tres repeticiones. Se realizó también el análisis de varianza, prueba de Tukey al 5%, análisis de correlación y regresión. Los resultados más sobresalientes fueron los siguientes:

- La respuesta estadística al mejor tratamiento de los cuatro tipos de jabones en los 16 tratamientos, teniendo como mejor al T12:A3:B4 (jabón lavar con el 10% de aceite de coco), con el mejor rendimiento y la mejor aceptación.
- De acuerdo al análisis beneficio costo, el tratamiento que mayor beneficio alcanzó fue T12: A3:B4, recalando que fue el de mejor rendimiento y de mejor calidad, lo que significa el de menor costo en su elaboración, y a su vez el de mayor ganancia.

Esta investigación contribuyó notablemente en la disposición final de los aceites residuales vegetales de palma, y se determinó el mejor tratamiento y la mejor combinación de factores en la elaboración de jabones; en el cantón Guaranda provincia de Bolívar.

En cuanto al uso de las cenizas por sus propiedades alcalinas, se muestra en el trabajo realizado por Cevallos y Lucio (2014), titulado APLICACIÓN DE SOLVENTE ALCALINO Y TIEMPO DE EXTRACCIÓN PARA LA PRODUCCIÓN

DE BIXINA EN LA SEMILLA DE ACHIOTE (*Bixa orellana*), que tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de bixina con las aplicaciones de solvente alcalino ceniza y tiempo de extracción en la semilla de achiote (*Bixa orellana*). Se empleó como método de laboratorios aplicando las técnicas según el CODEX STAN 256 adecuadas para los análisis físicos químicos de los indicadores: pH, pureza, y rendimiento. En la investigación se utilizó un diseño completamente al azar de tres tratamientos respectivamente, para comprobar el grado de la extracción se aplicaron tres repeticiones a cada tratamiento. Para el sustrato se realizó un proceso de recepción de la materia prima donde se seleccionaron las semillas del achiote de mejor calidad, y se colocaron en recipientes para su ablandamiento, luego se retiró la semilla de la solución para llevarla a centrifugación a 2500 rpm durante 5 minutos para separar la bixina de la solución, según el análisis de anova se encontró que el mejor tratamiento en el que se obtuvo un mayor grado de extracción fue el (a1b3) con un rendimiento entre 85,06 g en el cuál se determinó un porcentaje de pureza de 82,52 dentro de un análisis económico el costo de producción de un kilogramo de bixina es de \$52,96 con una utilidad del 10 % este valor se encuentra por debajo del precio del mercado, se concluye que el proceso que se utilizó en la investigación ayuda al rendimiento del colorante y aumenta las utilidades.

Miranda (2004), en el investigación ESTUDIO DE LA SAPONIFICACIÓN DE LA CERA DEL ARRAYÁN (*Myrica cerifera* L.) EVALUANDO EL ÁLCALI ALTERNATIVO CENIZA DE LEÑA DE ENCINO RESPECTO AL CARBONATO DE POTASIO (K_2CO_3), usó la cera de Arrayán (*Myrica cerifera* L.) que es extraída de la frutilla del árbol del Arrayán y presenta ácidos grasos (palmítico y esteárico) para la producción de jabón ya que se encuentran dentro de las fuentes de ácidos grasos de cadena carbonada larga (C14, C16). Tuvo como objetivo general, evaluar el rendimiento obtenido en la saponificación de la cera del Arrayán, utilizando ceniza de leña como álcali, y comparando dicho rendimiento con la saponificación hecha con carbonato de potasio (K_2CO_3) grado industrial. Realizó pruebas fisicoquímicas para los jabones terminados, el proceso de saponificación realizado fue por lotes, a nivel de laboratorio, trabajando a condiciones de 640 mm de Hg. De presión y a una temperatura de 78 ± 2 0C. Las conclusiones obtenidas fueron: a) Los análisis fisicoquímicos realizados a la ceniza de leña de encino utilizada como álcali muestra un

contenido alto de óxidos de metales alcalinos y alcalinotérreos, así como un contenido alto de carbonatos, todos aprovechables como fuente de álcali para la saponificación de la cera del fruto del arrayán (*Myrica cerifera* L.), indistintamente si es cruda o blanqueada; b) La alta alcalinidad de la ceniza por su composición química, favorece la completa saponificación de la cera del arrayán (*Myrica cerifera* L.); c) Para cualquiera de las dos ceras (cruda o blanqueada) se observó que la conversión máxima por saponificación es de 60%, cuando se utilizó ceniza de leña como álcali, y es independiente del tipo de cera que se utilice y d) La máxima demanda de álcali en la saponificación con ceniza o carbonato de potasio se tiene en la primera hora de reacción.

2.2. MARCO HISTÓRICO

Podemos mencionar que los jabones son un producto histórico que ha evolucionado a lo largo de la historia y que se ha adaptado a las necesidades humanas conforme ha pasado el tiempo. Fue un producto exclusivo de cierta clase social cuando en el siglo XV los baños públicos eran un sitio de reunión, después su uso se consideró inmoral, por lo que sólo se utilizaban perfumes para evitar los malos olores, y no fue hasta el siglo XVIII, cuando se comprobó que su uso evitaba infecciones y enfermedades, que este producto se industrializó. Como consecuencia, hoy lo usamos en diferentes formulaciones y presentaciones (sólido, líquido, gel, polvo, etc.) para satisfacer una gran cantidad de necesidades generalmente creadas por el ser humano.

En la antigua Babilonia ya se usaba el jabón. Los sumerios y los hebreos también lo usaban; los egipcios lo utilizaban para lavar ropa o con fines medicinales. La fórmula más antigua encontrada es del 2250 A.C. y se supone que su expansión comienza en Europa, para ser más precisos en Italia y España, desde donde pasó a Inglaterra y Francia. Hasta ese momento los jabones eran de apariencia desagradable porque se les fabricaba con grasas animales impuras y cenizas de madera. Después de pasar a Inglaterra y Francia, hacia fines del año 1700 y con el desarrollo de la fabricación del hidróxido de sodio, más conocido como soda cáustica se extendió hacia el resto del mundo (Latorre, 2002, citado por Cruz, 2004).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. ACEITE DE PALMA (*Elaeis guineensis*)

Conforma una masa de color amarillo rojizo o amarillo pálido con un ligero olor a violeta. Extraída de la palma aceitera, sus propiedades son similares a las del sebo. El jabón obtenido con este aceite es fácil de fabricar porque saponifica bien y reacciona de forma predecible a la sosa. Como el sebo, produce un jabón firme y duradero, pero de poca espuma (McDaniel, 2002).

Se utiliza como materia prima en la fabricación de jabones para el lavado de prendas en la industria textil. Se le adiciona la mezcla con grasa y sebo para hacer jabones amarillos y el posterior blanqueado para fabricar jabones de tocador. Por su color del amarillo al rojo se usa para jabones coloreados. Se puede decolorar pero lo predispone al enranciamiento (Erazo, 1999, citado por Cruz, 2004).

Como se puede observar en el siguiente cuadro, el aceite de palma está constituido en proporción, por igual cantidad de ácidos grasos saturados: laúrico (0,1%), mirístico (1,0%), palmítico (43,8%), esterárico (4,8%) y araquídico (0,3%) e insaturados como monoinsaturados: palmitoleico (0,1%) y oleico (38,9%) y poliinsaturadoS (10,9%) por lo que también tiende a endurecerse dependiendo de la temperatura (Fedepalma, 2004, citado por Cruz, 2004). A temperatura ambiente es líquido y bajas temperaturas puede solidificarse (Cruz, 2004).

A. Generalidades del aceite de palma

El aceite de palma se extrae del mesocarpio del fruto de la semilla de la palma africana *Elaeis guineensis* Jacq. a través de procedimientos mecánicos. Está constituido por una mezcla de ésteres de glicerol (triglicéridos) y es fuente natural de carotenos y vitamina E. Gracias a su versatilidad, dada por su composición de ácidos grasos saturados e insaturados y su aporte nutricional, el aceite de palma y las fracciones

líquida (oleína) y sólida (estearina) son empleadas en la elaboración de mezclas de aceites y margarinas para mesa y cocina, grasas de repostería y confitería, entre otras. Con base en el aumento significativo de su producción a nivel mundial, se han diversificado sus usos en otros campos como el de combustibles, detergentes, cosméticos, plásticos, farmacéuticos entre otros, ya que cumple con las especificaciones de productos requeridas en estos sectores. Lo anterior hace del aceite de palma una materia prima de gran interés para el desarrollo industrial.

B. Composición de triglicéridos y ácidos grasos del aceite crudo de palma

Rincón y Martínez (2009), manifiestan que los ácidos grasos insaturados que constituyen los triglicéridos (TG) del aceite de palma son el oleico (36-44%) y el linoleico (9-12%) que tienen configuración *cis*. También posee los ácidos grasos saturados palmítico (39,3-47,5%) y esteárico (3,5-6%).

En lo fundamental, la composición de los triglicéridos del aceite es: 1-palmitoil-2,3-dioleoil-*sn*-glicerol (alrededor de 23%) y 1,3-dipalmitoil-2-oleoil-*sn*-glicerol (cerca del 18%). Dichos triglicéridos se caracterizan porque el ácido oleico se encuentra en mayor proporción en la posición *sn*-2 del TG, lo que proporciona una mejor biodisponibilidad de ácidos grasos monoinsaturados.

Además, el aceite de palma posee una mínima cantidad de los ácidos grasos láurico (<5%) y mirístico (0,5-2%).

2.3.2. IMPACTO AMBIENTAL DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE PALMA

El procesamiento industrial del fruto de la palma de aceite genera desechos o residuos, que tarde o temprano encuentran la forma de regresar al entorno natural. De acuerdo como se manipulen estos residuos pueden conducir a la contaminación o a la degradación del ambiente (Reinosa, 2009).

Los desechos del procesamiento de los frutos de la palma aceitera (racimos vacíos, efluentes, lodos, etc.) pueden ser fuentes importantes de contaminación ambiental. Su aplicación directa al campo además de un problema económico, debido a los volúmenes altos de material que deben ser movilizados para su aplicación, pueden provocar inmobilizaciones de nutrientes y anaerobiosis si se hace formando capas gruesas de material. Por último, las capas de racimos vacíos pueden constituir un sustrato para diferentes plagas como ratas, *Stomoxys calcitrans* y Mosca domestica entre otros, poniendo en peligro la salud de animales y personas (Torres et al., 2004).

Los racimos vacíos y las aguas lodosas (efluentes) son los principales subproductos del proceso de extracción del aceite. En la planta extractora en donde se realizó este proyecto, aproximadamente el 22% de la fruta fresca corresponde a racimos vacíos, los mismos son cortados y prensados para recuperar parte del aceite que absorben durante el cocinado (aproximadamente un 0.4% cuando la extracción es mayor que 22.5%). El producto resultante es denominado fibra de racimos vacíos (12-15% del peso de la fruta fresca), por su apariencia desmenuzada y fibrosa (Torres 1998, citado por Torres *et al.*, 2004). Los números presentados y los métodos descritos en este trabajo se basan en el procesamiento de este material. Adicionalmente se producen entre 800 y 900 litros de efluente por tonelada de fruta fresca procesada. Las principales propiedades físicas y químicas de estos efluentes se aprecian en el siguiente cuadro.

A. Análisis de las aguas residuales de la industria de la palma

Maheswaran (1985), citado por Nemerow y Dasgupta (2009), indican que un análisis típico del agua residual de la industria del aceite de palma, muestra los componentes siguientes: DBO (3 días, 30°C) 25 000 p.p.m.; DQO, 53 630 p.p.m.; sólidos totales, 43 365 p.p.m.; sólidos suspendidos, 19 020 p.p.m.; sólidos sedimentables, 950 p.p.m.; aceites y grasas, 8 370 p.p.m.; nitrógeno amoniacal, 35 p.p.m.; nitrógeno total,

770 p.p.m., y pH, 3,8-4,5 Maheswaran (1985), citado por Nemerow y Dasgupta (2009).

Por su parte, las características químicas del efluente antes de llegar a las lagunas de oxidación, planta procesadora Palo Seco, División Quepos, Costa Rica, investigadas por Torres *et al.*, (2004), mostraron los siguientes valores: demanda química de oxígeno (mg/L), 39 650; demanda bioquímica de oxígeno (mg/L), 20 040; sólidos totales (mg/L), 31 306; sólidos suspendidos (mg/L), 10 500; sólidos sedimentables (mg/L), 950; grasas y aceites (mg/L), 4 196; nitrógeno total (mg/L), 494; fosfato (mg/L), 368; hierro (mg/L), 76; cobre (mg/L), 2,7; magnesio (mg/L), 244; manganeso (mg/L), 2,9; zinc (mg/L), 4,2; calcio (mg/L), 149,6; potasio (mg/L), 1 350 y pH (unidades de pH), 4,5.

B. Identificación de los efluentes por etapa del proceso

Al realizar la recepción de la fruta, las impurezas de las frutas, son llevadas a las plantaciones para que sirvan de abono, es decir, se utiliza este desecho de esta etapa del proceso para ser utilizado en las plantaciones de palma. En cuanto a la etapa de esterilización los líquidos que salen del proceso producto del vapor utilizado para esterilizar la fruta, son llevados a las lagunas de tratamiento de las aguas. En el desfrutado se obtienen como residuos de esta etapa las ramas vacías producto del desmembrado de la fruta (raquis), las cuales son llevadas a las plantaciones de palma para ser utilizadas en el control de maleza de las mismas; y los líquidos que salen de esta etapa producto del calor y vapor utilizado, es conducido a las lagunas de tratamiento. Los efluentes que se generan, según la operación, tienen diferentes destinos, así en la *recepción*, se genera impurezas de la fruta que se destinan hacia las plantaciones como abono; en la *esterilización*, se generan líquidos, que van hacia el tratamiento de aguas (lagunas); en el *desfrutado*, se generan raquis vacías, que se destinan a las plantaciones como control de malezas y también líquidos que van al tratamiento de aguas (laguna); en la *extracción*, se producen líquidos que también se van para el tratamiento de aguas (laguna), y en la

clarificación, se generan agua y lodos residuales que se van hacia el tratamiento de aguas (laguna), Bonomie y Reyes (2012).

Al romper mediante calor y presión mecánicamente las celdas que contienen el aceite quedan los líquidos producto de la extracción del aceite, éstos son llevados a las lagunas para ser tratadas. Al realizar la separación del aceite del agua y los sólidos, en la etapa de clarificación se obtienen líquidos, tales como aguas lodosas las cuales son transportadas a las lagunas para ser tratadas (Reinosa, 2009, citado por Bonomie y Reyes, 2012).

Es importante destacar, que existe una actividad de apoyo en el proceso de extracción de aceite que utiliza el efluente originado por las etapas del proceso. Tal es el caso de la generación de energía, una actividad que utiliza como combustible, los residuos sólidos de las etapas del proceso de extracción y desfibrado, y que generan casi el 85% de la energía que se consume en el proceso de extracción del aceite, Bonomie y Reyes (2012).

2.3.3.COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS LÍPIDOS PARA LA FABRICACIÓN DE JABÓN

Los lípidos, son un grupo heterogéneo de compuestos, de naturaleza anfipática, es decir que contienen regiones hidrofóbicas y regiones hidrofílicas. La mayor parte de los lípidos abundantes en la naturaleza (triacilglicerolos), están formados por ácidos grasos de cadenas hidrocarbonadas pares, saturados o insaturados (en CIS). Los lípidos llevan a cabo múltiples funciones en el organismo, como: almacenamiento de energía, de transporte, cumplir funciones hormonales, actuar como vitaminas, formar parte de las membranas celulares confiriéndoles la propiedad de permeabilidad selectiva, al permitir el paso o no de algunas sustancias y en determinada dirección, así como la conducción nerviosa y el transporte activo como la bomba de Na^+/K^+ . A diferencia de los carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos, no forman polímeros, son más bien moléculas pequeñas que presentan una fuerte tendencia a asociarse

mediante fuerzas no covalentes. Algunas de las propiedades de los lípidos pueden ser usadas para su reconocimiento, ya que pueden reaccionar con una variedad de agentes originándose productos coloreados, desprendimiento de vapores, formación de jabones, entre otros.

Las grasas y aceites son un grupo de compuestos orgánicos existentes en la naturaleza que consisten en ésteres formados por tres moléculas de ácidos grasos y una molécula del alcohol glicerina. Son sustancias aceitosas, grasientas o cerosas, que en estado puro son normalmente incoloras, inodoras e insípidas. Las grasas y aceites son más ligeros que el agua e insolubles en ella; son poco solubles en alcohol y se disuelven fácilmente en éter y otros disolventes orgánicos (Haro, 2003, citado por Cruz, 2004).

Según Conn y Stumpf (1990), citado por Cruz (2004), las grasas a temperatura ambiente son sólidas ya que están compuestas principalmente por ácidos grasos saturados, que poseen una temperatura de fusión más alta que la ambiental. Por el contrario, los aceites a temperatura ambiente son líquidos debido a la una gran proporción de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados que contienen.

2.3.4. REACCIONES QUÍMICAS PARA LA OBTENCIÓN DE JABONES

A. Saponificación

Reacción de hidrólisis en medio alcalino que consiste en la descomposición de un éster en el alcohol y la sal alcalina del ácido carboxílico correspondientes; es la reacción inversa a la esterificación.

Muchos ácidos carboxílicos se encuentran en los productos naturales, pero no como ácidos libres, sino combinados con alcoholes, generalmente glicerina, en forma de ésteres. Así, la mayor parte de las grasas naturales son ésteres de la glicerina con ácidos carboxílicos alifáticos de cadena larga, por lo que se les suele llamar ácidos grasos. Por saponificación de estas grasas en una disolución acuosa de un

álcali, como el hidróxido de sodio, se obtienen los jabones, que son las sales alcalinas de los ácidos grasos de cadena larga. Por ejemplo, la saponificación de la palmitina, que es el éster de la glicerina y el ácido palmítico, permite obtener palmitato de sodio y glicerina.

La reacción química se verifica en la saponificación y queda representada así: la grasa reacciona con el agente saponificador (NaOH) y genera glicerina y jabón.

B. Reacción química de la saponificación

De todo lo anterior podemos establecer la analogía y diferencia entre la hidrólisis y la saponificación; ambas tienen en común que separan los dos componentes de las materias grasas, es decir, el propanotriol o glicerina y el ácido; pero se diferencian en que, mientras la hidrólisis deja libre los ácidos grasos, en la saponificación se forman sales de los mismos ácidos, las que reciben el nombre de jabones, Requeno y Madrid (2012).

2.3.5. CLASIFICACIÓN DE LOS JABONES

Los jabones generalmente se clasifican en duros y blandos. Si se usa la potasa como álcali se produce el llamado jabón blando, que es líquido en las condiciones corrientes debido a su punto de fusión bajo y mayor solubilidad. Por el contrario, si el álcali utilizado es la sosa cáustica se obtienen los jabones duros (también llamados jabones de grano debido a su condición sólida). Se llama grano a la torta que se forma luego del proceso del salado.

Entre los jabones de grano existen diferentes variedades, como el jabón de tocador y el de afeitarse; que se diferencian entre sí por su mayor o menor contenido en jabón y en rellenos y por su alcalinidad (Erazo, 1999, citado por Cruz, 2004).

Los jabones duros se fabrican con aceites y grasas que contienen un elevado porcentaje de ácidos saturados, que se saponifican con el hidróxido de sodio. Los jabones blandos son jabones semifluidos que se producen con aceite de lino, aceite de semilla de algodón y aceite de pescado, los cuales se saponifican con hidróxido de potasio (Latorre, 2002, citado por Cruz, 2004).

2.3.6. MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE JABONES

La fabricación Industrial de jabones con grasas, aceites o ácidos grasos puede hacerse por método intermitente o por método continuo. La elección del procedimiento y de las materias primas depende de la calidad del producto que se desea obtener. La calidad final del producto de la saponificación depende en gran parte del proceso y tratamiento de las materias primas, por lo que en la manufactura de los jabones blancos de tocador con grasas y aceites solo se emplean materias primas de color claro, que se refinan y blanquean previamente a la saponificación; los cuerpos de color solubles en el agua se eliminan del jabón mediante una serie de lavados acuosos, los cuales extraen además la glicerina.

Para el manejo de ácidos grasos, se usa tanques de almacenaje, tuberías y equipo de proceso.

La mayor parte de las fábricas de jabón operan por el método de calderas de cocción total con las grasas neutras, pues la operación puede ser interrumpida y recomenzada con facilidad ya que por este procedimiento se obtienen jabones de tocador de alta calidad y se aprovecha la glicerina. Otro método es por neutralización de los ácidos grasos debido a que se producen grandes volúmenes de jabón, ya sea por proceso continuo o por el método intermitente.

Normalmente se utiliza el hidróxido de sodio para la neutralización, pero también se puede utilizar el carbonato de sodio.

Por este método no se produce glicerina y nada se pierde en el producto, al contrario de lo que ocurre en el proceso de cocción total que es el que consta de varios tiempos u operaciones, mediante las cuales se efectúan la saponificación de las materias grasas, la precipitación del jabón en la lejía de jabón concentrada, la separación de glicerina y las materias coloreadas de las masas jabonosas por el lavado y la cocción de acabado (Requeno y Madrid, 2012).

2.3.7. CENIZAS

Las cenizas son las sustancias inorgánicas que se pueden determinar por incineración del material lignocelulósicos a temperaturas entre 525 y 900 °C. Fundamentalmente son las sales inorgánicas de calcio, potasio y magnesio, así como sílice. Forman carbonatos, fosfatos, oxalatos y silicatos. Usualmente representa alrededor del 1% en maderas de climas templados y puede ser mayor en aquellas de climas tropicales (Pettersen, 1984, citado por Carchi, 2014).

Las cenizas se obtienen por la combustión de madera o corteza de madera en diferentes industrias de fabricación de tableros y pasta de papel para la obtención de energía. Las elevadas cantidades de este residuo y el coste que representa su almacenaje ha suscitado un interés en la búsqueda de alternativas (Solla, *et al.*, 2001, citados por Cevallos y Lucio, 2014).

A. Composición química de la ceniza

La ceniza de madera tiene en su composición diversas sales que son disueltas por el agua, la reacción química produce hidróxido de potasio conocido comúnmente con el nombre de lejía.

B. Propiedades fisicoquímicas de la ceniza

Las cenizas de madera presentan contenidos importantes de diferentes nutrientes como K, P, Mg y Ca, los cuales se encuentran en formas relativamente solubles (Someshwar, 1996; Vance, 1996, citado por

Solla *et al.*, 2001). Algunos de estos elementos se encuentran como óxidos, hidróxidos y carbonatos, por lo que el material presenta un fuerte carácter alcalino (Etiégni y Campbell, 1991, citado por Solla, *et al.*, 2001).

2.3.8. INDICADORES AMBIENTALES

A. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La cantidad de oxígeno disuelto consumido por un cierto volumen de una muestra de agua, para los procesos de oxidación bioquímica durante un período de cinco días a 20°C ha sido establecido como un método de medición de la calidad de la muestra, y es conocida como prueba de Demanda Bioquímica de Oxígeno o DBO.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) mide la cantidad de oxígeno necesaria ó consumida para la descomposición microbiológica (oxidación) de la materia orgánica en el agua, se define como la cantidad total de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable (CAN, 2005, citado por SIAC, 2013).

La DBO es un indicador importante para el control de la contaminación de las corrientes donde la carga orgánica se debe restringir para mantener los niveles deseados de oxígeno disuelto (Sawyer y McCarty, 2001, citado por SIAC, 2013). El aporte de carga orgánica acelera la proliferación de bacterias que agotan el oxígeno, provocando que algunas especies de peces y otras especies acuáticas deseables ya no puedan vivir en las aguas donde están presentes dichos microorganismos (CAN, 2005, citado por SIAC, 2013).

Es útil para medir la capacidad de purificación de las corrientes monitoreadas y sirve para orientar normas de control de calidad de los efluentes descargados a estas aguas (Sawyer y McCarty, 2001, citado por SIAC, 2013).

La determinación Demanda Bioquímica de Oxígeno por incubación a cinco días en laboratorio, se realiza por el método 5210B, (APHA-AWWA-WPCF. 2005. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21th Ed.).

Se calcula a partir de la diferencia entre el Oxígeno Disuelto (OD) consumido y el Oxígeno Disuelto (OD) consumo cepa, dividida entre el volumen de alícuota de la muestra afectado por el factor de dilución, todo multiplicado por el Volumen de la botella Winkler. Se representa mediante la siguiente fórmula:

$$DBO_{5t}, \frac{mgO_2}{l} = \frac{(OD_{consumido} - OD_{consumo\ cepa})}{V_m} * V$$

Donde,

$DBO_{5t} mgO_2/l$ = Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días de incubación en la ubicación geográfica (j) y en el momento (t), en mgO_2/l .

$OD_{consumido}$ = $OD_i - OD_r$

$OD_{consumo\ cepa}$ = OD_i (agua de dilución+cepa) - OD_r (agua de dilución+cepa)

OD_i = Oxígeno disuelto inicial

OD_r = Oxígeno disuelto residual

V = Volumen de la botella Winkler, el valor promediado es 293 mL.

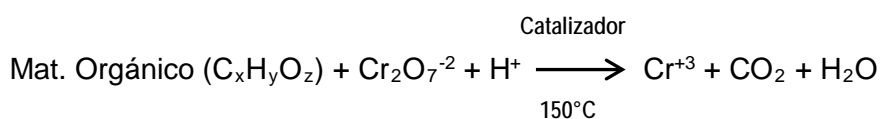
V_m = Volumen de alícuota de la muestra afectado por el factor de dilución (Sawyer y Mccarty, 2001, citado por SIAC, 2013).

B. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno ó DQO, es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar químicamente el material orgánico. Difiere de la DBO en que en esta última prueba solo se detecta el material orgánico degradado biológicamente o que es biodegradable. En la

determinación de DQO todo el material orgánico -biodegradable y no biodegradable- es químicamente oxidado por el dicromato de potasio en medio ácido en la presencia de un catalizador.

Para esto se emplea una mezcla de ácido sulfúrico y dicromato de potasio con iones plata como catalizador. En estas condiciones, en un tiempo de dos horas de digestión, a una temperatura de 150°C, el Cromo (VI) pasa al estado de oxidación Cromo (III) oxidando la materia orgánica.



C. Relación entre DBO y DQO

La DBO y la DQO son los parámetros más importantes en la caracterización de las aguas residuales. La DBO consiste de un proceso biológico y como tal no está exento de los problemas que conlleva un análisis de este tipo. Si no se tienen los cuidados y la experiencia necesaria los resultados conducen a errores y malas interpretaciones. Otra desventaja de la DBO es que se requiere de mucho tiempo para el término del análisis, por lo que los resultados solo estarán disponibles hasta cinco días después de que se inicia la prueba. La DQO es una prueba que solo toma alrededor de tres horas, por lo que los resultados se pueden tener en mucho menor tiempo que lo que requiere una prueba de Demanda Bioquímica de Oxígeno. Es posible para un agua superficial o residual correlacionar su valor de DBO y DQO, para estimar la DBO con un valor conocido de DQO. Desde luego, la muestra de agua deberá provenir siempre del mismo origen, y tener dentro de un estrecho margen de variación, las mismas cualidades entre cada muestreo y análisis efectuado (<http://filtrosyequipos.com/GUEST/residuales/dboydqo2.pdf>).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo aplicada en razón de que se utilizaron conocimientos de la Química Orgánica y Química Analítica, a fin de aplicarlas en la elaboración de jabones, mediante la saponificación de los aceites residuales, con una lejía obtenida por la lixiviación de las cenizas de las fibras del fruto de la palma aceitera, que se calcinaron en el caldero de la planta de extracción de aceite de OLAMSA.

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto de tesis se caracteriza por ser de nivel explicativo, ya que se explica el comportamiento de la variable impacto ambiental que causan los residuos de aceite y cenizas de las fibras, generados en la empresa OLAMSA, que se vio disminuido en función de la elaboración de jabones, lo cual nos llevó al establecimiento de relaciones causa – efecto, que según Hernández *et al.*, (2010), corresponde al nivel indicado para la presente investigación.

3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método empleado en la presente investigación, corresponde al método experimental, están dirigidos a establecer relaciones de causalidad entre dos o más variables. El desarrollo del experimento requiere de situaciones y condiciones controladas y de la manipulación de una o más variables independientes para inducir una probable alteración o comportamiento en la variable dependiente.

En los estudios experimentales la producción de los fenómenos es manipulable directamente por el investigador (D'Ary, Jacobs y Razavieh, 1982). Se conoce por experimento aquella situación en la que el investigador introduce un estímulo o variable independiente que modifica alguno de los componentes de una situación y luego observa que reacción se provoca. La variable independiente está bajo un estricto control del investigador.

3.2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se trata de un diseño pre experimental "Antes – Después" (de un grupo)

Su diagrama es el siguiente:

	Antes	Intervención	Después
M = Los efluentes líquidos de la empresa OLAMSA	O ₁	X	O ₂
	Observación 1 = con impacto ambiental (nivel de aceites residuales)	A través de elaboración de jabones	Observación 2 = disminución del impacto ambiental (nivel de descontaminación)

Según Trochim (2005), el diseño de la investigación "es el pegamento que mantiene el proyecto de investigación cohesionado. Un diseño es utilizado para estructurar la investigación, para mostrar cómo todas las partes

principales del proyecto de investigación funcionan en conjunto con el objetivo de responder a las preguntas centrales de la investigación”.

Esta investigación se presenta mediante la manipulación de una variable no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de explicar de qué modo y por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular, es decir la razón por la cual, disminuye el impacto de la contaminación ambiental, cuando usamos los residuos de aceite de palma para elaborar jabones.

3.3. COBERTURA DE ESTUDIO

3.3.1. UNIVERSO

Los residuos grasos que constituyeron el universo del presente estudio, comprendió al volumen total de aceite residual que se considera como desechos provenientes de las operaciones que comprende el proceso productivo de extracción del aceite de la palma de la empresa OLAMSA, con un caudal de aproximadamente 14 m³/h, considerando un trabajo de 3 turnos de cada 8 horas, se tiene un volumen total de 336 m³/día (336 000 litros/día), siendo el área que corresponde a la población de Neshuya la más afectada.

3.3.2. MUESTRA

Las muestras de aceite residual que fueron usados para elaborar los jabones mediante el proceso químico de saponificación con las lejías obtenidas de las cenizas de la fibra, proveniente de su calcinación en el caldero, correspondieron a dos (02) litros, las mismas que fueron tomados de los efluentes líquidos y que comprendió un muestreo intencionado.

Luego se tomaron sub muestras de 10 gramos (unidad experimental) con los cuales se experimentó los diferentes tratamientos para obtener los jabones biodegradables.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

3.4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

A. Fuente primaria

Para la recolección de información en presente estudio, se usaron las técnicas de visita de campo y observación, las cuales nos permitió reconocer de manera clara el problema de los residuos grasos de la industria de extracción de aceite de palma, para dar una solución óptima que genere beneficios económicos a través de su procesamiento para la elaboración de jabones.

B. Fuentes secundarias

La información secundaria necesaria a la presente investigación, se obtuvo a partir de fuentes externas a través de artículos encontrados en bases de datos (EBSCO, DIALNET ECURED, UNIVERSIA, SCIENCE DIRECT, Scientific Electronic Library Online-SciELO, Latindex, Redalyc, entre otras), así como tesis publicadas en diferentes bibliotecas virtuales nacionales o extranjeras, todas relacionadas al tema de investigación, que nos dará un amplio conocimiento sobre el comportamiento de las variables dependientes al ejercer una manipulación controlada de las variables independientes.

3.4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Toda investigación, sin importar su espacio de actuación, requiere de una búsqueda, lectura, interpretación y apropiación de información (recolección de datos) relacionada con el tema objeto de estudio, es decir de un marco teórico referencial, y al respecto **Hernández et al., (2003)**, manifiestan *“Una vez que seleccionamos el diseño de investigación apropiado y la muestra adecuada (probalística o no probalística), de acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis (si es que se establecieron), la siguiente*

etapa consiste en recolectar pertinentes sobre los atributos, conceptos, cualidades o variables de los participantes, casos, sucesos, comunidades u objetos involucrados en la investigación”.

A. Técnicas de laboratorio

a.1. Índice de saponificación

Es una medida aproximada del peso molecular promedio de los ácidos grasos. Se define como el “número de mg de KOH necesarios para saponificar 1 g de grasa”. Para ello se siguió el procedimiento siguiente:

- Se pesó alrededor de 5 gramos de muestra centrifugada en un Erlenmeyer de 250 mL.
- Se pipeteó 25 mL de la solución de KOH.
- Usando la cocina eléctrica se calentó e hirvió hasta que la grasa quedó completamente saponificada (aproximadamente 30 minutos).
- Se enfrió y tituló con HCl 0,5 N usando fenolftaleína (1 mL) como indicador.
- Se corrió un blanco junto con las muestras usando la misma pipeta para medir la solución de KOH.

a.2. Índice de yodo

El índice de yodo es una medida del grado de insaturación (números de dobles enlaces) de las grasas. Se define como el peso de yodo absorbido por la muestra en las condiciones de trabajo que se especifican. El índice de yodo se expresa en gramos de yodo por 100 g de muestra. Para su determinación la AOCS recomienda el método de Wijs. El procedimiento es el siguiente:

- Se pesó alrededor de 0,4 g de aceite en una fiola de yodo de 500 mL o en frasco con tapón de vidrio.

- Se disolvió en 10 mL de cloroformo. Se añadió con una pipeta volumétrica de 10 mL de la solución de Wijs y se dejó reposar exactamente 30 minutos en la oscuridad agitando cada 10 minutos.
- Se añadió 5 mL de solución de KI al 15%, luego se agitó vigorosamente y se añadió 100 mL de agua recién hervida y enfriada, lavando cualquier cantidad de yodo libre de la tapa.
- Se tituló el yodo con tiosulfato 0,1N añadiéndolo gradualmente, con agitación constante, hasta que el color amarillo de la solución casi desapareció.
- Se añadió 1 mL del indicador. Se continuó la titulación hasta que el color azul desapareció completamente.
- Hacia el fin de la titulación, se tapó el Erlenmeyer y se agitó vigorosamente de manera que todo el yodo remanente en la capa de cloroformo pasó a la capa de yoduro de potasio. Se corrió un blanco con la muestra.

a.3. Prueba de pH

La medición de pH se realizó empleando un pH-metro digital con un electrodo, determinando el pH de las muestras de manera automática luego de una previa calibración, este ensayo se realizó para conocer el grado de acidez y basicidad en las materias primas como del jabón elaborado.

a.4. Prueba de humedad

El procedimiento para determinar el porcentaje de humedad de los jabones, fue la siguiente:

- Se pesó una placa petri vacía, previamente puesta una (01) hora a la estufa a 100°C.
- Se pesó aproximadamente 2 g de muestra de jabón en una balanza analítica hasta la cuarta cifra decimal.

- Luego se llevó a la estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas.
- Transcurrido este tiempo se colocó la muestra en un desecador por 30 minutos para enfriarla.
- Se pesó la muestra, y por último se determinó el porcentaje de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(P_1 + P_m) - P_2}{P_m} \times 100$$

P_1 = Peso de la caja petri vacía

P_2 = Peso de la caja petri después de la estufa

P_m = Peso de la muestra (Avilés, 2000, citado por López y Vélez, 2013).

a.5. Insolubilidad en agua

- Pesamos 5 g de jabón y se procedió a colocar la muestra en un vaso de precipitación de 250 mL.
- Posteriormente agregamos 100 mL de agua destilada.
- Utilizando un agitador magnético a 300 rpm, lo disolvimos por 30 minutos.
- Posteriormente pesamos el sobrante y determinamos la insolubilidad en agua destilada por diferencia de peso.

$$g \text{ Insolubilidad} = P_1 - P_2$$

P_1 = Peso de la muestra de jabón al inicio

P_2 = Peso de la muestra de jabón luego de la disolución

a.6. Formación de espuma

Primero se pesó la muestra de 3 gramos, luego se introdujo en un beaker de 500 mL con 200 mL de agua destilada. Después se mezcló con un agitador magnético por 45 segundos a 400 rpm. Terminado el batido se dejó reposar por 3 minutos, esperando que

la espuma se estabilizara en la parte de arriba. Luego con un pie de rey se midió la altura de espuma formada.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE RESIDUAL DE PALMA

Consistió en efectuar la caracterización fisicoquímica del aceite residual de la palma, las cuales se muestran a continuación en el siguiente cuadro.

Cuadro 2: Características fisicoquímicas del aceite residual de palma utilizado como materia prima para elaborar jabones

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Índice de saponificación (mg KOH/g de muestra)	397,8254
Índice de yodo (g de yodo/100 g de muestra)	36,9797
pH	3,88

Fuente: Elaboración propia.

Las características que muestra el aceite residual de palma, indica que difiere con los datos reportados por otros autores, así con respecto al índice de saponificación encontrado fue de 397,8254, mientras que el reportado por Herrera y Vélez (2008) fue de 199,7 es decir, nuestro aceite en teoría requiere de mayor número de miligramos de KOH para saponificarse, en virtud de las condiciones ambientales a las cuales se ve sometido tales como temperaturas altas (mayores de 40°C) con las cuales salen de la operación, presencia de oxígeno, microorganismos y otros residuos, los cuales afectan su naturaleza química.

El índice de yodo, el cual se define como el número de gramos de yodo absorbidos por cien gramos de aceite o grasa, cuyo valor encontrado por los mismos autores fue de 110,06, es mayor que el determinado en la presente investigación que fue de 36,9797, lo cual no indica que el yodo se adicionó en menor cantidad a los enlaces dobles de los ácidos insaturados del aceite

utilizado como materia prima para elaborar jabones, por lo cual es una señal de la tendencia a la oxidación del aceite.

Con respecto al pH, el valor determinado de 3,88 se encuentra en el rango indicado por Maheswaran (1985), citado por Nemerow y Dasgupta (2009) que fue de 3,8 a 4,5 y 4,5 reportado por Torres *et al.*, (2004).

4.2. ELABORACIÓN DE LEJÍA A PARTIR DE CENIZAS DEL FRUTO DE LA PALMA ACEITERA

La lejía elaborada con las cenizas del fruto de la palma aceitera presentó las siguientes características:

Cuadro 3: Características mostradas la lejía obtenida con las cenizas del fruto de la palma aceitera

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Grados Baumé (°Be)	20,00
pH	11,40
Densidad (g/mL)	1,1526

Fuente: Elaboración propia.

Muchos investigadores han coincidido al afirmar que la fibra y el cuesco de la palma africana son materiales denominados como desechos, que actualmente son causales de contaminación ambiental debido a la falencia de alternativas que conlleven al aprovechamiento en procesamientos industriales. Teniendo en cuenta la dureza del cuesco se utiliza como material de relleno de las vías de acceso a la planta y juntamente con la fibra se usan como combustible para la generación de vapor de agua por medio de las calderas, la cual se hace necesario en muchas operaciones que se desarrollan en la planta de extracción de aceite de palma, que luego de la incineración se produce una considerable cantidad de cenizas altamente cáusticas lo que origina problemas de eliminación, por ello se planteó la necesidad de utilizarlas para elaborar una lejía mediante el proceso de lixiviación, con características que se muestran en el anterior cuadro, cuyos valores de pH, difieren levemente al obtenido por Reyes y Ortiz (2008), que fue de 9,12.

En cuanto a la causticidad mostrada por la lejía, se le atribuye la presencia de minerales, tal como lo indica el análisis efectuado a las cenizas, que estableció

un contenido de Na, K, Ca, Mg y Fe, con valores de 0,33, 0,36, 0,34, 0,13 y 0,46 mg/g respectivamente (Navarrete L., Giraldo L., Baquero C., Moreno J., 2005, citado por Reyes y Ortiz, 2008).

4.3. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN

La presente investigación, utilizó el diseño factorial, en los que se tiene más de una variable independiente, a las que se denomina factores (Bisquerra, 1989) y Hernández (1998) indica, que el diseño factorial es aquel en que todos los niveles de cada factor se combinan con todos los niveles de los demás factores", en otras palabras este tipo de diseño "manipula dos o más variables independientes e incluyen dos o más niveles de presencia en cada una de las variables independientes".

El diseño factorial, como estructura de investigación, es la combinación de dos o más diseños simples (o unifactoriales); es decir, el diseño factorial requiere la manipulación simultánea de dos o más variables independientes (llamados factores), en un mismo experimento.

4.3.1. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DE LA ALCALINIDAD OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO EN LA ELABORACIÓN DE JABONES

De los ensayos desarrollados en el laboratorio en cuanto a la alcalinidad de los jabones elaborados, se obtuvieron los datos partir de los residuos de aceite, con los cuales se elaboraron los jabones a diferentes tiempos y temperaturas de saponificación, así como a diferentes concentraciones de °Be de las lejías, los cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 4: Resultados obtenidos de la alcalinidad de los jabones obtenidos en los ensayos de laboratorio

Repetición	Tiempo de saponificación (min)								
	15 (a ₁)			20 (a ₂)			30 (a ₃)		
	Temperatura de saponificación (°C)								
	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)
1	10,56	9,78	8,52	10,05	9,52	8,04	9,58	9,57	8,74
2	10,76	9,75	8,67	9,98	9,60	8,34	10,11	9,85	8,62
3	10,86	8,96	8,26	10,12	9,63	8,50	10,08	9,88	9,02
Total	32,18	28,49	25,45	30,15	28,61	24,88	29,77	29,30	26,38
Media	10,73	9,50	8,48	10,05	9,54	8,29	9,92	9,77	8,79

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LOS RESULTADOS ALCANZADOS DE LOS VALORES DE LA ALCALINIDAD DE LOS JABONES OBTENIDOS EN LABORATORIO

Los resultados del cuadro anterior, se sometieron a un Análisis de Varianza (ANOVA), usando el Diseño Completamente al Azar-DCA con arreglo factorial (3Ax3B) con tres (03) réplicas, es decir al factor A, correspondió el Tiempo de saponificación (15, 20 y 30 minutos) y al factor B, le correspondió la Temperatura de saponificación (60, 70 y 80 °C).

El diseño factorial de dos factores (A y B) permite investigar los efectos: A, B, y AB, donde el nivel de desglose o detalle con el que pueden estudiarse depende del número de niveles utilizando en cada factor. En resumen, se tienen tres efectos de interés sin considerar desglose, y con ellos se pueden plantear las tres hipótesis nulas y alternativas.

Procedimiento de Prueba

i) Hipótesis

El objetivo del análisis fue realizar los contrastes de hipótesis nula aparejada con su correspondiente hipótesis alternativa:

H₀: Todos los tiempos de saponificación tienen el mismo efecto

H_a: Al menos uno de los tiempos de saponificación tiene efecto diferente

$$H_0: \text{Efecto A} = 0 \quad \text{y} \quad H_A: \neq 0$$

H_0 : Todas las temperaturas de saponificación tienen el mismo efecto

H_b : Al menos una de las temperaturas de saponificación tiene efecto diferente

$$H_0: \text{Efecto B} = 0 \quad \text{y} \quad H_B: \neq 0$$

H_0 : Todos los niveles de la interacción de tiempos de saponificación x temperatura de saponificación tienen el mismo efecto

H_{ab} : Al menos una de las combinaciones de tiempo de saponificación x temperatura de saponificación tiene efecto diferente

$$H_0: \text{Efecto AB} = 0 \quad \text{y} \quad H_{AB}: \neq 0$$

ii) Nivel de significación: $\alpha = 5\%$

iii) Función de prueba: $F_{\text{Experim}} = F$ del ANVA

iv) Valor tabular: $F_{\text{Tab.}} = \text{Tabla F}$

v) Decisión: Rechazar H_0 si $F_{\text{Experim.}} > F_{\text{Tab.}}$

El ANOVA para probar estas hipótesis se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 5: ANOVA de los resultados obtenidos de la determinación de la alcalinidad de los jabones obtenidos en laboratorio

Factor Variac	Grados Libertad	Suma Cuadrados	Cuadrado Medio	$F_{\text{Experimental}}$	F_{Tabular}	Significancia
Tiempo de saponificación (Factor A)	2	0.37	0.18	3.23	3,55	N.S.
Temperatura de saponificación (Factor B)	2	13.45	6.73	118.83	3,55	**
Interacción AxB	4	1.26	0.32	5.58	2,93	*
Error	18	1.02	0.06			
Total	26	16.10				

N.S. = No Significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo

$$F_{\text{Tab.}} (2,18)_{5\%} = 3,55$$

$$F_{\text{Tab.}} (2,18)_{5\%} = 3,55$$

$$F_{\text{Tab.}} (4,18)_{5\%} = 2,93$$

Al analizar el cuadro ANOVA, determinamos que en el factor A (Tiempo de saponificación) no existe diferencia significativa, con el factor B (Temperatura de saponificación), si existe una alta diferencia significativa, es decir que $F_{Exp.} > F_{Tab.}$, por lo cual rechazamos la H_0 y concluimos que entre las temperaturas de saponificación, al menos una de sus medias, es diferente de las otras a un nivel del 5% de significancia; mientras con respecto a la interacción AxB, existen diferencias significativas, a un nivel del 5% de significancia, por lo cual al existir tratamientos diferentes, pasamos a realizar la Prueba Tukey, para determinar el tratamiento más significativo en la investigación de elaboración de jabones.

4.3.3. PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY

Esta prueba tuvo como finalidad, probar todas las diferencias entre medias de tratamientos de la investigación, exigiendo como única exigencia, que el número de repeticiones fuese constante en todos los tratamientos.

Este método permitió comparar las medias de los tratamientos, de dos a dos, es decir, para evaluar las hipótesis.

Cuadro 6: Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey

Repetición	Tiempo de saponificación (min)								
	15 (a ₁)			20 (a ₂)			30 (a ₃)		
	Temperatura de saponificación (°C)								
	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)
1	10,56	9,78	8,52	10,05	9,52	8,04	9,58	9,57	8,74
2	10,76	9,75	8,67	9,98	9,60	8,34	10,11	9,85	8,62
3	10,86	8,96	8,26	10,12	9,63	8,50	10,08	9,88	9,02
Total	32,18	28,49	25,45	30,15	28,61	24,88	29,77	29,30	26,38
Media	10,73	9,50	8,48	10,05	9,54	8,29	9,92	9,77	8,79
Orden	media1	media2	media3	media4	media5	media6	media7	media8	media9

Luego las medias fueron ordenadas de forma decreciente, calculándose a continuación la Diferencia Honestamente Significativa-DHS, cuyo procedimiento se detalla en los anexos, lográndose el valor resultante de 0,50.

A continuación, se procedió a obtener la diferencia de las medias de los tratamientos, para luego, el resultado, ser comparado con el valor de la DHS, el cual al ser mayor que dicho valor, resultó significativo. El cuadro con los resultados de las comparaciones se muestra a continuación.

Cuadro 7: Resultados de la Prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey

Tratamientos	media1	media4	media7	media8	media5	media2	media9	media3	media6
media1	-	0.68 *	0.81 *	0.96 *	1.19 *	1.23 *	1.94 *	2.25 **	2.44 **
media4	-	-	0.13 n.s.	0.28 n.s.	0.51 *	0.55 *	1.26 *	1.57 *	1.76 *
media7	-	-	-	0.15 n.s.	0.38 n.s.	0.42 n.s.	1.13 *	1.44 *	1.63 *
media8	-	-	-	-	0.23 n.s.	0.27 n.s.	0.98 *	1.29 *	1.48 *
media5	-	-	-	-	-	0.04 n.s.	0.75 *	1.06 *	1.25 *
media2	-	-	-	-	-	-	0.71 *	1.02 *	1.21 *
media9	-	-	-	-	-	-	-	0.31 n.s.	0.50 n.s.
media3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19 n.s.
media6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n.s. = No Significativo
 * = Significancia

Observando el cuadro se puede determinar que el tratamiento que resultó más significativo, fue el que presentó la media 1, que correspondió al tratamiento (T₁) cuyos parámetros fueron: Tiempo de saponificación de 20 minutos y Temperatura de saponificación de 70°C, al cual le corresponde un pH promedio de 10,73; datos que se asemejan a los obtenidos por otros autores como Cruz y García (2011), que obtuvieron para un jabón elaborado con una mezcla de 10% de aceite de coco y 90% de aceite de palma, un pH de 10,8558 como mejor promedio y utilizando temperaturas de saponificación de 80 a 90°C por 10 minutos. Por su parte Pérez (2010), que desarrolló un estudio de la consistencia de los jabones de paila en función de la concentración de aditivo silicato de sodio alcalino, determinó que el pH no presenta mayor variación manifestando el efecto buffer que ejerce el silicato de sodio, cuyos valores se mantuvieron entre 10 y 11, intervalo aceptable para el jabón. Almendárez (2003), en un estudio técnico preliminar para la elaboración de un jabón líquido con aceite residual de palma y miel de abejas como alternativa de diversificación apícola, utilizó

un temperatura de saponificación de 70°C por un tiempo de 70 minutos. Miranda (2004), para elaborar jabón con la cera de Arrayán (*Myrica cerifera* L.), el proceso de saponificación lo realizó a una temperatura de 78 ± 2 °C, datos que difieren en virtud del tipo de materia prima y los parámetros empleados.

La función del alcohol en el jabón es disolver los ácidos grasos que quedan de la saponificación, que dan la opacidad al mismo. Al ocurrir esta reacción ayuda a que el jabón se clarifique en menor tiempo y que la mezcla no se tenga que calentar y agitar por tiempo prolongado (Failor, 2003, citado por Pérez, 2010), pero podemos afirmar que el alcohol también actúa rompiendo los enlaces grasos a fin de facilitar el proceso de saponificación del aceite.

4.4. CARACTERÍSTICAS DEL JABÓN OBTENIDO A PARTIR DE ACEITE RESIDUAL DE PALMA ACEITERA Y LEJÍA DE CENIZAS DEL FRUTO

Luego de la elaboración del jabón, este fue sometido a análisis, a fin de determinar su calidad, las cuales se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8: Características del jabón elaborado a partir de aceite residual de palma y cenizas del fruto

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Insolubilidad en agua (g)	8,63
Volumen de espuma (mL)	54,27
pH	10,73
Humedad (%)	14,52
Color	Amarillo casi naranja
Olor	A aceite de palma
Textura	Uniforme, compacta

Fuente: Elaboración propia.

El valor de 8,63 g de insolubilidad en el agua, difiere del valor de 1,358 g que obtuvieron Cruz y García (2011) al elaborar cuatro tipos de jabones utilizando aceites vegetales residuales de palma africana, diferencia que se debió al método de elaboración y los insumos utilizados en la fabricación de los jabones.

En cuanto al volumen de espuma, Quevedo (2000) determinó en jabones comerciales de tocador, en agua a 100 ppm de dureza un valor de 276,66 mL y

en agua a 200 ppm de dureza un valor de 53,33 mL, mientras que en la investigación, utilizando agua destilada, determinamos 54,27 mL, que por cierto no concuerdan por las diferencias de tipo de materias primas y jabones.

El pH obtenido de 10,73 se asemeja al obtenido por Fuentes y Nuñez (2010), que elaboraron un jabón con 100% de aceite de coroba, que fue de 11,511, indicando que al tratarse de materias primas diferentes, el modo de procesamiento y el tipo de lejía utilizada, han influido en dicha diferencia.

También Fuentes y Nuñez (2010), con respecto al porcentaje de humedad para los jabones 100% de aceite de coroba, obtuvieron un porcentaje de humedad cercano al 10%, mientras que el jabón elaborado con aceite residual, presentó un 14,52%, que depende directamente del tipo de procesamiento aplicado y la diferencia de tipo de aceite utilizado.

Los mismos autores, manifiestan en cuanto al color, el aceite utilizado como materia prima, produce un jabón cremoso y de color blanco, mientras que el obtenido en la presente investigación, presenta un color amarillo casi naranja, atribuible al tipo de palmera del cual procedió la materia prima.

Fuentes y Nuñez (2010), describen al aceite de palma como una masa de color amarillo rojizo o amarillo pálido con un ligero olor a violeta, la cual se pierde ligeramente con el calor del procesamiento, puesto que los olores se conforman por aceites esenciales que son volátiles a partir de temperaturas de 60°C, y en la saponificación se utilizó 70°C, por lo cual el olor del jabón obtenido, muestra una fuerte tendencia al olor característico de la palma aceitera.

En cuanto a textura y presentación de los jabones obtenidos, nuestros resultados coinciden con lo manifestado por Fuentes y Nuñez (2010), al indicar que presentó una textura fina, uniforme y compacta, es decir, homogénea en la plasticidad del jabón, que no presentó grumos, esto es debido a que el método utilizado en el laboratorio (procedimiento sin calderas), presentó todas las condiciones para fabricar un jabón de alta calidad sin tener los equipos sofisticados usados en la industria, y por los resultados de los análisis

fisicoquímicos realizados observamos que el jabón obtenido es un producto que se asemeja en calidad con los jabones comerciales.

4.5. DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ACEITES RESIDUALES MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE JABONES

Los datos que muestran la disminución del impacto ambiental, el cual se demostró mediante la determinación de los indicadores ambientales como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 9: Valores de la DBO y de la DQO determinados en el aceite residual de palma antes y después de elaborar los jabones

INDICADOR	VALORES	
	Antes de elaborar el jabón	Después de elaborar el jabón
Demanda Bioquímica de Oxígeno-DBO (mgO ₂ /L)	7 300	5 120
Demanda Química de Oxígeno-DQO (mgO ₂ /L)	16 060	12 800

Fuente: Laboratorio Natural Analítica (2015).

Datos obtenidos de la empresa OLPASA (2011), con respecto a sus indicadores de contaminación ambiental de sus aguas residuales, indican que la DBO (5 días a 20°C) a la entrada (salida de los Florentinos) fue de 12 390 mg/L y a la salida (descarga final) de 5 060 mg/L y para la DQO 51 643 mg/L a la entrada y 19 793 mg/L a la salida. De modo similar Maheswaran (1985), citado por Nemerow y Dasgupta (2009) determinó en agua residual de un molino de aceite de palma, valores de 25 000 mg/L para la DBO y 53 630 mg/L para la DQO. Torres *et al.*, (2004), por su parte reportó valores de 39 650 mg/L para la DBO y 20 040 mg/L para la DQO, datos que se asemejan o difieren de los determinados en la presente investigación que para la DBO fue de 7 300 mgO₂/L y para la DQO fue de 16 060 mgO₂/L, que indican la contaminación y el impacto de las aguas residuales de la industria de la palma aceitera, de ahí la urgente necesidad de desarrollar procesos innovadores para aprovechar los residuos que generan los frutos del cultivo de la palma. Luego de quitar los aceites residuales con los cuales se elaboró los jabones, los indicadores mostraron los siguientes valores para la DBO de 5 120 mgO₂/L y para la DQO de 12 800 mgO₂/L, datos que demuestran que la disminución del impacto ambiental, como consecuencia de la

saponificación de los aceites residuales, correspondió a un 30% $((7\ 300-5\ 120)/7\ 300) \times 100$ obtenido con la DBO y 20% $((16\ 060-12\ 800)/16\ 060) \times 100$ obtenido con la DQO.

El objetivo de disminuir la presencia de residuos grasos (aceites residuales) de los efluentes líquidos, es minimizar la materia orgánica disuelta, esto se logró, al retirar los aceites y convertirlos en jabones, por lo cual los microorganismos no tuvieron más sustratos para su transformación, con lo cual se obtuvo una menor Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del efluente tratado.

La DBO_5 , es un indicador de la contaminación del efluente líquido, que específicamente hace referencia a los miligramos de oxígeno consumido en la degradación de las sustancias oxidables o biológicamente degradables por litro del efluente, debido a la acción microbiológica, el cual al tener un valor de 7 300 mgO_2/L , nos muestra que existía contaminación. Al retirar los aceites de dichos efluentes para elaborar los jabones y al efectuar nuevamente la medida del DBO_5 que resultó de 5 120 mgO_2/L , se pudo comprobar que el valor disminuyó, lo cual es una prueba concluyente de que retirando la materia orgánica, se disminuye el DBO_5 , con lo cual se contribuye a minimizar el impacto ambiental de los contaminantes grasos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, nos llevaron a las siguientes conclusiones:

- Es posible generar un impacto ambiental positivo, mediante la fabricación de jabones aprovechando las cenizas de la quema de las fibras del fruto de la palma y los residuos grasos de la industria OLAMSA.
- Existe una relación directa entre la fabricación de jabones y el valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno como indicador ambiental.
- Existe una relación directa entre la fabricación de jabón y el valor de la Demanda Química de Oxígeno, como indicador del impacto ambiental.

5.2. RECOMENDACIONES

- Caracterizar químicamente las cenizas obtenidos de los residuos del fruto de la palma aceitera a fin de obtener un dato más exacto de su composición de minerales, lo cual permitiría optimizar el proceso de saponificación en la elaboración del jabón.
- Evaluar el efecto de la incorporación de otros tipos de aceites vegetales a diferentes proporciones en la elaboración de jabón de residuos de palma.
- Estudiar el efecto del uso de hidróxido de sodio en el proceso de saponificación de los aceites residuales de la palma aceitera.
- Evaluar el efecto del uso de esencias a fin de mejorar el olor del jabón.
- Contemplar la posibilidad de realizar un estudio de factibilidad técnico-económica que permita definir la rentabilidad de producir jabón de aceite residual de palma a escala comercial en las condiciones establecidas en esta investigación.

FUENTES DE INFORMACIÓN

LIBROS:

Basiron Y., Darus A. La industria de la palma de aceite-de contaminación a cero desechos. Kuala Lumpur: Instituto Malayo de Investigación en Aceite de Palma – PORIM; 1997.

Failor, C. Jabones Líquidos. 1a ed. D.F. México: Editorial Paidotribo; 2001.

FEDEPALMA. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y el mundo 1999 – 2003. Fondo de Fomento Palmero. Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. Fedepalma. Bogotá, Colombia. 2004; 122p.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. Metodología de la investigación. México: Interamericana Ediciones, S.A. de C.V.; 2010.

McDaniel, R. Jabones esenciales. 1ra ed. D.F. México: Editorial Paidotribo; 2002.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO – MINAGRI. Sistema Integrado de Estadística Agraria-SIEA. Indicadores Productivos. Lima, Perú. 2014; 175 pp.

Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. El amargo fruto de la palma aceitera: despojo y deforestación. Secretaría Regional Latinoamericana de la UITA (REL-UITA). Montevideo, Uruguay. 2001.

Nemerow, N y Dasgupta, A. Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Madrid: Editorial Ediciones Díaz de Santos; 2009.

Hernández SR., Fernández CC., y Pilar BL. Metodología de la investigación. 4a ed. México: Ed. Mc Graw Hill; 2006.

Solla, F; Rodríguez, R; Merino, A. Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. Santiago de Compostela: Revista USC. 2001; 16:380.

TESIS:

Almendárez V, Digna L. Estudio técnico preliminar para la elaboración de un jabón líquido con miel de abejas como alternativa de diversificación apícola [Tesis]. Tegucigalpa: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Agroindustria Alimentaria; 2003.

Carchi M, Esteban D. Aprovechamiento de los Residuos Agrícolas provenientes del cultivo de Banano para obtener Nanocelulosa [Tesis]. Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Ingeniería Química; 2014.

Cerón CCR. Posibles beneficios económicos del manejo ambientalmente responsable de los subproductos sólidos que se originan en el proceso de extracción de aceite rojo de palma africana (*Elaeis guineensis*) [Tesis]. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas; 2011.

Cevallos GOV, Lucio ZJE. Aplicación de solvente alcalino y tiempo de extracción para la producción de bixina en la semilla de achiote (*Bixa orellana*) [Tesis]. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; 2014.

Cruz CLU, García CGM. Elaboración de cuatro tipos de jabones utilizando aceites vegetales residuales de palma africana (*Elaeis guineensis*) mediante el método de saponificación en la Universidad Estatal de Bolívar [Tesis]. Guaranda: Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Escuela de Ingeniería Agroindustrial; 2011.

Cruz LF. Estudio técnico para elaboración de jabón a partir del sebo generado en la Planta de Cárnicos de Zamorano [Tesis]. Zamorano: Programa de Ingeniería en Agroindustria; 2004.

Fuentes RNJ, Núñez BVM. Evaluación del efecto del aceite de coroba en la elaboración de jabón cosmético [Tesis]. Barcelona: Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Química; 2010.

Herrera RJA, Vélez JA. Caracterización y aprovechamiento del aceite residual de frituras para la obtención de un combustible (biodiesel) [Tesis]. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Tecnología Química, Programa de Tecnología Química; 2008.

Miranda MAE. Estudio de la saponificación de la cera del Arrayán (*Myrica cerífera* L.) evaluando el álcali alternativo ceniza de leña de Encino respecto al carbonato de potasio (K_2CO_3) [Tesis]. San Carlos: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química; 2004.

Preciado AW, Arroyo CJF. Aprovechamiento de subproductos de la industria extractora de aceite de palma africana para la obtención de un alimento balanceado para animales [Tesis]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Química; 2007.

Quevedo PCDeLosÁ. Control de calidad de jabones de tocador mediante análisis fisicoquímicos y evaluación de su rendimiento [Tesis]. San Carlos: Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia; 2000.

Requeno ACE, Madrid GMG. Fabricación de jabones medicinales a partir de los extractos naturales: *Myroxylon balsamum* (bálsamo de El Salvador); *Simarouba glauca* dc. (aceituno) y su evaluación antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* [Tesis]. San Salvador Centro América: Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia; 2012.

ARTÍCULO DE INTERNET:

Bonomie M, Reyes M. Estrategia ambiental en el manejo de efluentes en la extracción de aceite de palma [Monografía en internet]. Maracaibo: TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales. Universidad Rafael Beloso Chacín; 2012. [Accesado 10 de diciembre 2014]. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4084578.pdf>.

Girgis AY. Utilización de aceite de desecho de fábricas de patatas chips en la producción de jabón de tocador [Libro en Internet]. Giza: Grasas y aceites, ISSN 0017-3495. 2004 [Accesado 10 noviembre 2014]; 55(3). Disponible en: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/175/175>. G.

Phillipe C. El aprovechamiento del biogás de las lagunas de palma: perfil del proyecto Palmeiras [Monografía en internet]. Tumaco: Bio-Tec. 1999. [Accesado 10 de noviembre]. Disponible en: http://www.bio-tec.net/archivos/publicaciones/pc6-www.bio-tec.net/archivos/publicaciones/pc6-c28_palmeiras.doc.

Reinosa PDC. Costos ambientales en el proceso de extracción del aceite de palma. Estudio de un caso [Monografía en internet]. Maracaibo: Revista Venezolana de Gerencia. 2009 [Accesado 10 de diciembre 2014]; 14(46). Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1315-99842009000200006&script=sci_arttext.

Reyes OSP, Ortiz JA. Aprovechamiento de los residuos de la palma africana [Monografía en internet]. Medellín: Universidad Cooperativa de Colombia. 2008 [Accesado 15 de noviembre 2014]. Disponible en: <http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/CONAMET-SAM2008/pdfs/a9.pdf>.

Rincón MSM y Martínez CDM. Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria [Libro en Internet]. Bogotá: Cenipalma. PALMAS. 2009 [Accesado 10 de diciembre 2014]; 30(2). Disponible en: <http://temporal-fedepalma-ojs.biteca.com/index.php/palmas/article/view/1432/1432>.

SIAC-Sistema de Información Ambiental de Colombia. Sistema de Indicadores Ambientales. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en las masas de agua [Monografía en Internet]. Bogotá. [Consultado 12 de diciembre 2014]. Disponible en: https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/Indicadores%202013/Hojas%20Metodologicas/SIMA%20HM/62%20HM%20DBO%20continental%203.pdf.

Torres RAA, Chinchilla C. Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera [Monografía en Internet]. Costa Rica: PALMAS. 2004 [Accesado 10 de diciembre 2014]; 25(Tomo II). Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1103/1103>.

Tovaglieri P. Utilización de los aceites de palma y palmiste en la fabricación de jabones [Monografía en Internet]. Italia: PALMA S. 2000 [Accesado 10 de noviembre 2014]; 2(1-Tomo 2). Disponible en: <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/851>.

(_____). Caracterización de Aguas Residuales por DBO y DQO [Internet]. Ingeniería de Tratamiento de Aguas Residuales. [Accesado el 12 de diciembre 2014]. Disponible en: <http://filtrosyequipos.com/GUEST/residuales/dboydqo2.pdf>.

ANEXOS

ANEXO 1: PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY

ANEXO 2: ESTRATEGIAS DE DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

ANEXO 3: ARCHIVO FOTOGRÁFICO

ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO-DBO Y DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO-DQO

ANEXO 1
PRUEBA DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA HONESTA (DSH) DE TUKEY

Repet.	Tiempo de saponificación (min)								
	15 (a ₁)			20 (a ₂)			30 (a ₃)		
	Temperatura de saponificación (°C)								
	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)	60 (b ₁)	70 (b ₂)	80 (b ₃)
1	10.56	9.78	8.52	10.05	9.52	8.04	9.58	9.57	8.74
2	10.76	9.75	8.67	9.98	9.46	8.34	10.11	9.85	8.62
3	10.86	8.96	8.26	10.12	9.63	8.50	10.08	9.88	9.02
Total	32.18	28.49	25.45	30.15	28.61	24.88	29.77	29.3	26.38
Media	10.73	9.50	8.48	10.05	9.54	8.29	9.92	9.77	8.79
	media1	media2	media3	media4	media5	media6	media7	media8	media9

1) Calculamos el DSH :

$\alpha =$ 0,05

k = 3

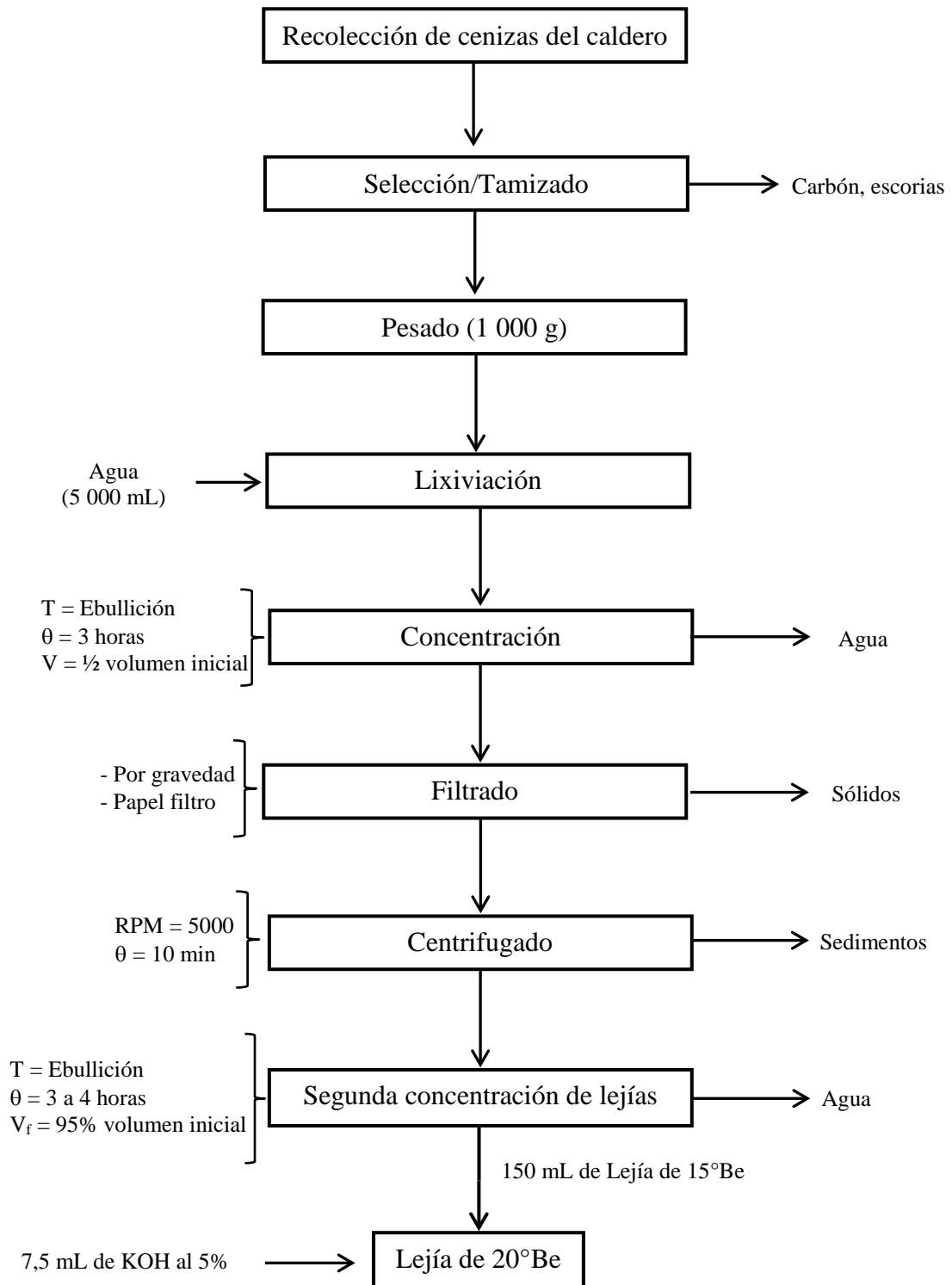
G.L. Error = 18

Vamos a la tabla (q): 3.61

DSH = 0.50

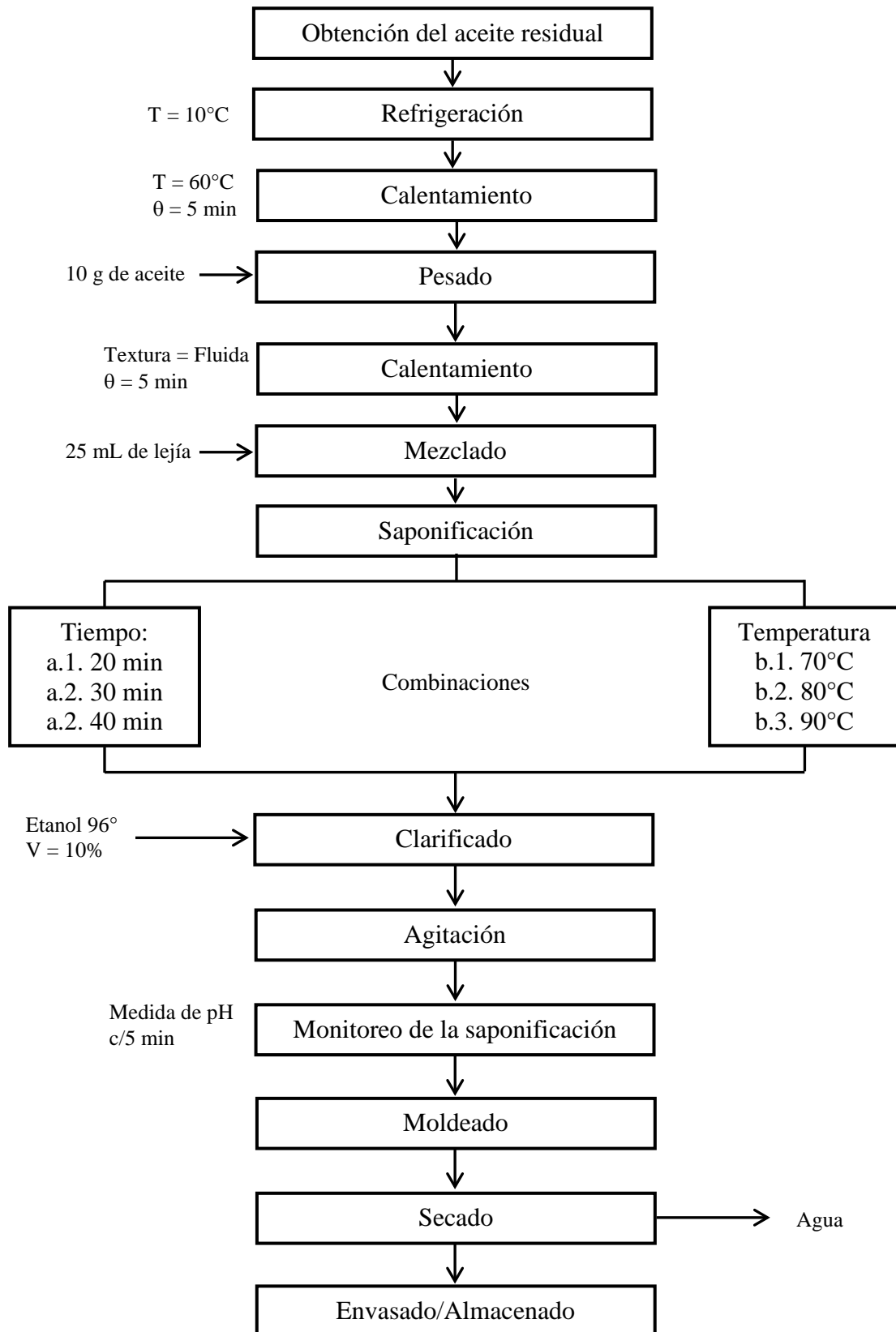
ANEXO 2
ESTRATEGIAS DE DISMINUCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Figura 1: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de lejía a partir de cenizas del fruto de la palma aceitera



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de jabones a partir de aceite residual de palma aceitera



Fuente: Elaboración propia

A. Descripción de la metodología

La investigación planteada en el presente trabajo de tesis, implicó la elaboración de jabones con los aceites residuales, utilizando las lejías obtenidas de las cenizas de las fibras del fruto, luego de su calcinación, a través del proceso de saponificación.

a.1. Materiales

- Materias grasas: aceite residual del proceso de extracción
- Material rico en minerales: cenizas de las fibras del fruto de la palma, calcinados en el caldero de la empresa OLAMSA.
- Agua destilada
- Varilla agitadora de vidrio
- Vasos de precipitación: 100, 200 y 500 mL
- Probetas: 50 y 100 mL
- Matraces de 100 mL
- Moldes para jabones
- Espátulas
- Cápsula de porcelana
- Tubos de ensayo
- Embudos
- Buretas de 10 y 25 mL
- Soporte universal
- Escoba
- Recogedor
- Papel filtro

a.2. Reactivos

- Solución alcohólica de hidróxido de potasio (KOH) 0,5 N
- Ácido clorhídrico (HCl) 0,5 N
- Fenolftaleína al 1% en alcohol de 95%
- Solución de yodo de Hanus (O Wijs)
- Cloroformo (CHCl_3)
- Yoduro de potasio (KI) al 15%

- Tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) al 0,1 y 0,01N
- Solución de almidón al 1%
- Solución de ácido acético-cloroformo (60:40)
- Solución saturada de yoduro de potasio (KI) (20 °C)
- Alcohol etílico al 96°
- Naranja de metilo

a.3. Equipos

- Baño maría
- Estufa
- Termómetro
- pH-metro
- Cocina eléctrica
- Balanza analítica
- Centrífuga
- Agitador magnético

a.4. Procedimiento para elaborar la lejía

El procedimiento planteado para elaborar la lejía a partir de las cenizas de las fibras calcinadas del fruto, luego del proceso de extracción, se detalla a continuación:

a.4.1. Recolección de las cenizas

La recolección de las cenizas se hizo manualmente, mediante el uso de palanas, ya que las mismas se acumulan en un área fuera de la planta de procesamiento. También se tomó del mismo caldero, del compartimiento donde se almacena las cenizas, las cuales al estar calientes, se esparcieron en el suelo, a un costado del caldero, que luego de enfriadas, fueron acumuladas usando para ello una escoba, recogidas y luego depositadas en un envase metálico, el cual se cerró herméticamente, donde se almacenaron hasta su posterior utilización.

a.4.2. Selección/Tamizado

Luego se procedió a separar las partículas más gruesas o que no presentaban las características de cenizas, tales como los carbones y las escorias. Luego se pasaron las cenizas por un tamiz fino (Nº 80), a fin de homogenizar el tamaño de las cenizas y así se optimizó la extracción de los elementos minerales como el sodio y el potasio.

a.4.3. Pesado

Tuvo por finalidad facilitar el cálculo del volumen de agua a usar para el proceso de lixiviación, ya que al determinar la masa de ceniza (1 000 g), se pudo conocer cuánto de agua se agregaría (5 000 mL), para mantener la relación de ceniza:agua de 1:5.

a.4.4. Lixiviación

Una vez que se determinó la cantidad de agua a usar, se procedió a extraer los minerales de las cenizas, para los cuales, se depositaron en un vaso de precipitación de vidrio de 1000 mL de capacidad, y luego se procedió a agregar poco a poco, volúmenes de agua, hasta completar el volumen total. A continuación se agitó la mezcla con una varilla agitadora de modo enérgico para facilitar la extracción de los minerales de la ceniza.

a.4.5. Concentración

A fin de obtener las lejías con la concentración de °Be requeridos, se calentó la mezcla en una cocina eléctrica hasta ebullición, durante un tiempo de tres (03) horas, donde se observó la disminución del volumen inicial a la mitad.

a.4.6. Filtrado

A fin de separar los sólidos de la lejía obtenida, se procedió a su filtrado, utilizando un papel filtro Watman Nº 40, un

embudo de vidrio y un matraz de 500 mL, proceso que se realizó por gravedad.

a.4.7. Centrifugado

Con la finalidad de obtener una lejía sin presencia de sedimentos finos, se procedió a su centrifugación para lo cual se usó el equipo respectivo, a condiciones de trabajo de 5000 rpm por un tiempo de 10 minutos.

a.4.8. Segunda concentración de lejías

Con el fin de lograr obtener las lejías con los °Be requeridos para la investigación se procedió a su concentración mediante evaporación por ebullición del agua de la lejía, para lo cual se disminuyó el volumen inicial en 95%, para obtener las lejías con la concentración deseada.

a.4.9. Lejías finales

Producto de la evaporación del agua de la lejía se logró concentrar los minerales para obtener una lejía de 15°Be, a la cual se agregó una solución de hidróxido de potasio al 5% en un porcentaje del 5% del volumen obtenido por lo cual se obtuvo al final una lejía de 20°Be.

a.5. Procedimiento para elaborar el jabón

El procedimiento seguido para desarrollar las pruebas de elaboración de jabones, se detalla a continuación:

a.5.1. Obtención del aceite residual

Se obtuvo recogiendo las aguas residuales que se vierten al río Neshuya a una temperatura de 60°C, en el área específica de la empresa OLAMSA, luego del cual se lo almacenó en recipientes plásticos con tapas herméticas hasta su posterior uso.

a.5.2. Refrigeración

A fin de facilitar la separación de los restos de aceite de los líquidos residuales obtenidos, se llevó a refrigerar la emulsión a una temperatura de 10°C.

a.5.3. Calentamiento

El proceso de refrigeración, tiende a endurecer el aceite, que incorpora en la masa, restos finos de fibra del fruto, por lo cual se torna de un color oscuro. A fin de separar dichos residuos, se calentó el aceite a 60°C por cinco (05) minutos a fin de evitar la máxima evaporación de los ácidos grasos, con lo cual se logró un aceite de mejor coloración y textura.

a.5.4. Pesado

Consistió en pesar el aceite a fin de proceder a realizar las formulaciones para elaborar el jabón, el cual fue necesario pues en función del peso, se ajustó la cantidad de lejía y alcohol.

a.5.5. Calentamiento

El aceite se calentó por cinco (05) minutos, hasta que adquirió una textura muy fluida.

a.5.6. Mezclado

En esta operación se agregó 25 mL de lejía de concentraciones de 20°Be y mediante una agitación suave y en el mismo sentido se fue mezclando la lejía con el aceite.

a.5.7. Saponificación

Las lejías incorporadas al aceite en los diferentes niveles, se fue agitando con una espátula, con lo cual se logró la incorporación de los minerales de la lejía a los enlaces del aceite. La mezcla se sometió a tiempos de 20 y 40

minutos y temperaturas de 70, 80 y 90°C, los mismos que fueron establecidos como parámetros para lograr la completa saponificación del aceite residual.

a.5.8. Clarificado

Después de 5 minutos de mezclar la lejía, se agregó etanol al 96% en la proporción del 10% del volumen total.

a.5.9. Agitación

Con la finalidad de permitir que la propiedad clarificante del alcohol actuase de modo óptimo y se acelerara la saponificación, se procedió a la agitación manual de la mezcla, usando para ello una espátula de acero.

a.5.10. Monitoreo de la saponificación

A fin de ir evaluando el proceso de saponificación se fue midiendo la variación del pH de la mezcla cada 5 minutos, el mismo que fue variando conforme avanzaba el proceso de saponificación, la cual culminó cuando se cumplieron los 20 minutos tomados como variables de la presente investigación.

a.5.11. Moldeado

Una vez culminado los tiempos establecidos para el proceso de saponificación, se colocó el jabón elaborado en moldes pequeños y se dejó reposar 7 días para su posterior análisis y control de calidad.

a.5.12. Secado

A fin de obtener un jabón con una textura adecuada, se procedió a dejar en un ambiente seco los moldes con las muestras de jabón para eliminar el agua contenida en su estructura y reducir así el contenido de humedad hasta un valor que evitara su deterioro.

a.5.13. Envasado/Almacenado

A fin de garantizar de modo constante el contenido de humedad del jabón obtenido, se empacó en bolsas de polietileno de alta densidad, las mismas que fueron selladas inmediatamente y llevados a almacenar en un ambiente apropiado.

ANEXO 3
ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Vista frontal de la empresa OLAMSA, en el Distrito de Neshuya, km 60 de la Carretera Federico Basadre



Recolección de las cenizas del área dispuesta para su almacenamiento, luego de salidas del caldero



Llenando el recipiente con las cenizas de los residuos del fruto



Depósito del caldero donde se recolectan las cenizas



Recojo de las cenizas del depósito del caldero



Descarga del agua residual con el aceite y otros componentes en el Florentino



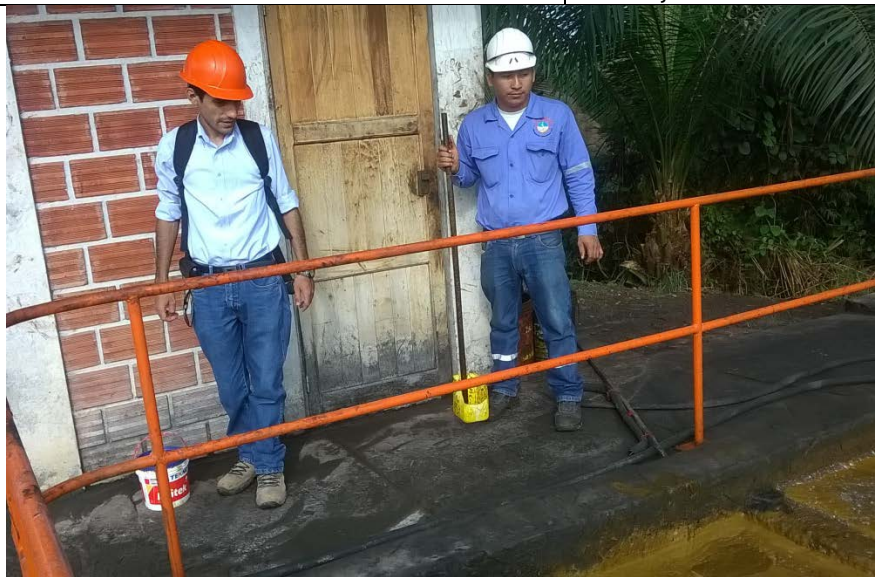
Examinando la poza de almacenamiento de residuos, a fin de tomar la muestra de aceite



Depositando la muestra de aceite en el depósito para su almacenamiento



Extrayendo las muestras de aceite



Terminando el proceso de toma de muestra de aceite



Cenizas recogidas y llevada al laboratorio



Pesado de las cenizas



Tamiz utilizado para cernir los restos de cenizas



Tamizando las cenizas para quitar residuos no deseados



Pesando las cenizas para preparar la lejía



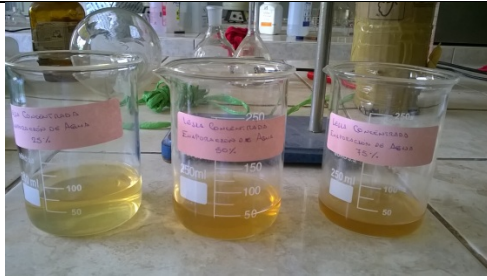
Hirviendo las cenizas para facilitar el proceso de lixiviado de los minerales presentes en ella



Tamizando la lejía para quitar los restos de ceniza



Operando bajo la mirada del laboratorista



Muestras de lejía obtenida



Calentamiento del aceite



Separación de las impurezas del aceite mediante calentamiento a 60°C



Controlando el proceso de limpieza del aceite residual de palma



Aceite sometido a baño maría



Midiendo la temperatura para controlar el proceso de saponificación



Proceso de saponificación del aceite para convertirse en jabón

ANÁLISIS DEL ACEITE RESIDUAL DE PALMA

Introduciendo las muestras de aceite residual a la centrifugadora para aclarar el aceite



Resultados obtenidos del proceso de centrifugación del aceite para facilitar su análisis químico



Análisis de Índice de yodo



Titulación para determinar el índice de yodo



Titulación para determinar el índice de saponificación



Equipo utilizado para determinar el índice de saponificación



Resultados obtenidos del proceso de titulación



Desaparición de la coloración por neutralización



Tesista ajustando el equipo para la realización de los análisis de la materia prima



Proceso de reflujo para determinar el índice de yodo de la materia prima



Equipo de agitación magnética



Muestra en proceso de agitación



Muestra en proceso de destilación con reflujo para determinar el índice de yodo



Operación de titulación en la determinación del Índice de yodo



Pozo florentino de donde se tomó las muestras para realizar la determinación de la DBO y DQO



Vista muy cercana del pozo florentino



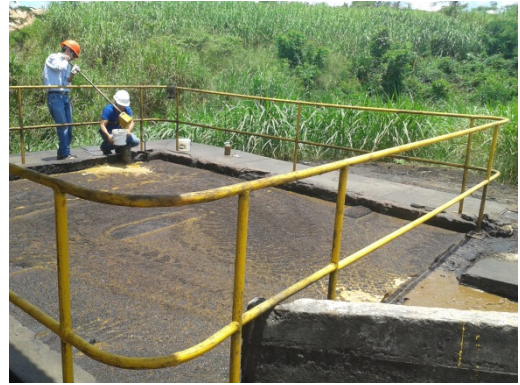
Envase utilizado para tomar las muestras



En pleno proceso de toma de muestra



Seleccionando el lugar más idóneo para la toma de muestra



Depositando la muestra de agua con aceite residual en el balde de plástico



Depositando la muestra en la botella otorgado por el laboratorio



Sellando el envase de vidrio a fin de evitar derrames durante el transporte

ANEXO 4**RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO-
DBO Y DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO-DQO**

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Álcalis: los álcalis son cuerpos químicos destinados a formar las lejías o soluciones alcalinas destinadas a producir la saponificación de las grasas. Los álcalis más usados para la saponificación son: el carbonato de sodio y de potasio, la soda y la potasa cáustica y el amoníaco

Carga orgánica: es el contenido de compuestos de carbono en un efluente, cualquiera sea su origen. Dichos compuestos de carbono son estructuras químicas (moléculas) donde el carbono está enlazado a hidrógeno y otros elementos como azufre, oxígeno, nitrógeno, fósforo y cloro, entre otros. No existe una estructura única y la cantidad de átomos de carbono puede variar de uno, como en el caso del metano, hasta millones, como en el ADN. Por tal motivo, la materia orgánica presentará diferentes propiedades fisicoquímicas (compuestos inertes, reactivos, lábiles) y toxicológicas (compuestos inocuos, tóxicos, de efecto indirecto, agudo, acumulativo) y, cada uno de estos compuestos o familias, responderá de modo diferente de acuerdo con los métodos de medición utilizados, produciendo además diversos efectos sobre el medio ambiente.

Contaminación ambiental: se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar del público.

Descarga: acción de verter, infiltrar o depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor en forma continua, intermitente o fortuita, cuando éste es un bien del dominio público de la Nación.

Impacto ambiental: Se define como la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Jabón: agente limpiador o detergente que se fabrica utilizando grasas vegetales, animales y aceites. Químicamente es la sal de sodio o potasio de un ácido graso que se forma por la reacción de grasas y aceites con álcali.

Esteres: en química, los ésteres son compuestos orgánicos en los cuales un grupo orgánico alquilo (simbolizado por R') reemplaza a un átomo de hidrógeno

Glicerina: líquido incoloro, espeso y dulce, que se encuentra en todos los cuerpos grasos como base de su composición. Se usa mucho en farmacia y perfumería, pero sobre todo para preparar la nitroglicerina, base de la dinamita. Químicamente es un alcohol.

Hidrólisis: es una reacción química entre agua y otra sustancia, como sales. Al ser disueltas en agua, sus iones constituyentes se combinan con los iones hidronio u oxonio, H_3O^+ o bien con los iones hidroxilo, OH^- , o ambos. Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos por acción del agua.

Raquis: son los residuos de los racimos cuyos frutos han sido separados con un cilindro horizontal. Las paredes del cilindro están formadas por ángulos, con espacios. La rotación del cilindro hace que los frutos se desprendan y pasen a través de los espacios de los ángulos al transportador. Los raquis salen al final del cilindro.

Reacción exotérmica: se denomina reacción exotérmica a cualquier reacción química que desprende calor.

Triglicéridos: los triglicéridos son el principal tipo de grasa transportado por el organismo. Recibe el nombre de su estructura química. Luego de comer, el organismo digiere las grasas de los alimentos y libera triglicéridos a la sangre. Estos son transportados a todo el organismo para dar energía o para ser almacenados como grasa.

MATRIZ DE CORRELACIÓN

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema ¿el aprovechamiento de las cenizas y los residuos grasos de la industria extractora de aceite OLAMSA, para fabricar jabones, puede constituir en una alternativa viable de solución al problema de los contaminantes de esta industria?.</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Minimizar el impacto ambiental generado por las cenizas de la quema del raquis y los residuos grasos de la industria OLAMSA mediante la elaboración de jabones.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar la lejía obtenida de las cenizas obtenidas por la incineración del raquis de la palma aceitera en el caldero. • Caracterizar los residuos grasos de la palma aceitera, generados en la empresa OLAMSA. • Establecer el flujograma y los parámetros óptimos para elaborar jabones con los residuos grasos y la ceniza, producidas en la empresa OLAMSA. • Determinar las características de calidad del jabón obtenido. • Determinar la disminución del impacto ambiental mediante los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno-DBO y la Demanda Química de Oxígeno-DQO de las aguas residuales con aceite y sin aceite, luego de elaborar los jabones. 	<p>HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>Es posible mediante la elaboración de jabones a partir de los residuos grasos y las cenizas generadas en la empresa OLAMSA, disminuir la contaminación y demostrar que es una alternativa viable de minimización de impactos ambientales.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Fabricación de jabones</p> <p>Variables Dependientes</p> <p>Disminución del impacto ambiental</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de saponificación • Temperatura de saponificación • Grados Baume (°Be) <ul style="list-style-type: none"> • Demanda Bioquímica de Oxígeno-DBO • Demanda Química de Oxígeno-DQO 	<p>Tipo de Investigación</p> <p>La presente investigación se realizó con un enfoque cuantitativo y de tipo experimental-comparativo.</p> <p>Nivel de Investigación</p> <p>Descriptivo-correlacional.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>La presente investigación, presentó un diseño experimental.</p>