



**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental**

**Caracterización de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en la  
ciudad de Barranca**

**Tesis**

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental**

**Autor**

**David Max Campomanes Abarca**

**Asesor**

**Ing. Lino Rolando Rodríguez Alegre**

**Huacho – Perú**

**2023**



**Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Reconocimiento:** Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



# UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

## LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

*"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"*

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIAS, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### **INFORMACIÓN DE METADATOS**

<b>DATOS DEL AUTOR (ES):</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN</b>
David Max Campomanes Abarca	71101410	10/10/2023
<b>DATOS DEL ASESOR:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CÓDIGO ORCID</b>
Lino Rolando Rodriguez Alegre	06535058	0000-0002-9993-8087
<b>DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:</b>		
<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>DNI</b>	<b>CODIGO ORCID</b>
Jose Vicente Nunja Garcia	15447556	0000-0002-9633-8190
Fredy Roman Paredes Aguirre	15859960	0000-0002-3829-9541
Edgardo Octavio Carreño Cisneros	03631561	0000-0001-7063-7072

# CARACTERIZACION DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA CIUDAD DE BARRANCA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
2	<a href="http://www.betalabservices.com">www.betalabservices.com</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.uasf.edu.pe">repositorio.uasf.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://revistas.unipaz.edu.co">revistas.unipaz.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.botanical-online.com">www.botanical-online.com</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Popular del César,UPC Trabajo del estudiante	<1%

# **TESIS**

## **CARACTERIZACIÓN DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA CIUDAD DE BARRANCA**

### **JURADO EVALUADOR**

**ING. JOSE VICENTE NUNJA GARCIA  
PRESIDENTE**

**ING. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE  
SECRETARIO**

**ING. EDGARDO OCTAVIO CARREÑO CISNEROS  
VOCAL**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Máximo y Bertha, por el amor incondicional que me brindan como padres y que se traduce en un apoyo incondicional para mi formación, no solo como profesional, sino también como persona.

A mis tíos Elena y José por ser parte importante en mi vida sobre todo durante mi etapa universitaria, su gran apoyo y comprensión.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor In. Ronald Rodríguez Espinoza por su notable asesoría y apoyo, también por su importante papel durante nuestra formación profesional, a toda la plana docente de la escuela ingeniería ambiental.

A la Universidad Nacional de Barranca por permitirme usar el laboratorio de Química.

A nuestros amigos y compañeros de estudio con quienes compartimos momentos de estudio, finalmente a la Universidad José Faustino Sánchez Carrión por su implacable apoyo en materia de infraestructura y equipos.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1.    Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2.    Formulación del problema .....	2
1.2.1. Problema general .....	2
1.2.2. Problemas específicos .....	2
1.3.    Objetivos de la investigación .....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4.    Justificación de la investigación .....	3
1.5.    Delimitaciones del estudio .....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.    Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>5</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	5
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	6
2.2.    Bases teóricas.....	7
2.2.1. Biodiesel .....	7
2.2.2. Materias primas para la elaboración de biodiesel .....	8
2.2.3. Materias primas de alta acidez .....	8
2.2.4. Materias primas de baja acidez .....	8
2.2.5. Materias primas de acidez intermedio.....	9
2.2.6. Método de transesterificación para la obtención de biodiesel .....	9



2.2.7.	Parámetros que afectan la reacción de transesterificación .....	10
2.2.8.	Generalidades de los aceites vegetales.....	11
2.2.9.	Aceite vegetal reciclado de cocina.....	13
2.2.10.	Características físicas y químicas del aceite en la producción de biodiesel .....	15
2.3.	Definición de términos básicos .....	17
2.4.	Hipótesis de investigación.....	18
2.4.1.	Hipótesis general.....	18
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	18
<b>2.5.</b>	<b>Operacionalización de las variables.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>		<b>20</b>
3.1.	Diseño metodológico .....	20
3.2.	Población y muestra.....	21
3.2.1.	Población .....	21
3.2.2.	Muestra .....	21
3.3.	Técnicas de recolección de datos .....	21
3.3.1.	Actividades fuera del laboratorio .....	21
3.3.2.	Actividades dentro del laboratorio .....	22
3.3.3.	Equipos, materiales y reactivos.....	23
3.3.4.	Método de determinación del índice de acidez.....	23
3.3.5.	Método de determinación del contenido de humedad .....	24
3.3.6.	Diagrama de flujo.....	26
3.4.	Técnicas para el procesamiento de la información .....	27
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>		<b>28</b>
4.1.	Análisis de resultados .....	28
4.1.1.	Obtención de las muestras de aceite residual.....	28
4.1.2.	Caracterización de las muestras de aceite residual .....	29
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN .....</b>		<b>37</b>
5.1.	Discusión de los resultados.....	37

5.2.	Contrastación de resultados con otros estudios similares .....	38
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>41</b>
6.1.	Conclusiones .....	41
6.2.	Recomendaciones.....	41
<b>CAPÍTULO VII. REFERENCIAS.....</b>		<b>43</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>48</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cuadro de operacionalización de variables.....	19
<b>Tabla 2.</b> Materiales y equipos de laboratorio .....	23
<b>Tabla 3.</b> Muestras obtenidas aleatoriamente .....	29
<b>Tabla 4.</b> Índice de acidez y contenido de humedad de las muestras de aceite residual.....	30
<b>Tabla 5.</b> Valores máximos y mínimos de los datos de las muestras de aceite residual .....	35
<b>Tabla 6.</b> Resultados de estudios de diversos autores.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Reacción general de la transesterificación.....	10
<b>Figura 2.</b> Representación de un ácido graso.....	12
<b>Figura 3.</b> Reacción de hidrólisis.....	14
<b>Figura 4.</b> Reacción de oxidación.....	15
<b>Figura 5.</b> Determinación de la acidez en el laboratorio.....	24
<b>Figura 6.</b> Aleatorización de muestras usando la función Random.....	28
<b>Figura 7.</b> Gráfico de barras de índice de acidez.....	31
<b>Figura 8.</b> Gráfico de barras de contenido de humedad.....	32
<b>Figura 9.</b> Dispersión de índice de acidez.....	33
<b>Figura 10.</b> Dispersión de contenido de humedad.....	34

## RESUMEN

La presente investigación propuso como objetivo caracterizar los aceites residuales de cocina para la producción de biodiesel en la ciudad de Barranca. Debido a la importancia de conocer la disponibilidad de los aceites usados y sus propiedades fisicoquímicas antes de producir el biodiesel, se planteó como objetivos: identificar los principales establecimientos de expendio de comida de la ciudad de Barranca que generan mayores cantidades de aceites residuales de cocina, y analizar los parámetros fisicoquímicos de los aceites residuales de los establecimientos de expendio de comida en la ciudad de Barranca. Primero, con apoyo del área de Subgerencia de Comercio de la Municipalidad de Barranca, se obtuvo una lista de a los establecimientos generadores de aceite residual en la ciudad de Barranca, en la cual se verificó la existencia de 4 tipos de establecimientos que producían volúmenes considerables de aceite residual (50 litros/mes), entre ellos estaban los Chifas (Ch), chicharronerías (Chch), pollerías (P) y restaurantes (R) respectivamente. La caracterización del aceite residual se basó en la determinación del índice de acidez y contenido de humedad, demostrándose que las muestras analizadas cumplían con el límite de índice de acidez establecidos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2%), y solo 3 de ellas con la Norma Técnica Peruana (NTP, 0.2%); el contenido de humedad estaba por encima del valor establecido por la NTP.

Los resultados de la caracterización de los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca demostraron gran potencial para la producción de biodiesel ya que los niveles de índice de acidez y contenido de humedad, estaban por debajo y/o bordeando los valores recomendados por la Norma Técnica Peruana para aceites vegetales y valores establecidos por el USDA para aceites considerados rancios y no aptos para consumo.

**Palabras claves:** Aceite usado, índice de acidez, contenido de humedad, biodiesel

## ABSTRACT

The present investigation proposed as an objective to characterize the residual cooking oils for the production of biodiesel in the city of Barranca. Due to the importance of knowing the availability of used oils and their physicochemical properties before producing biodiesel, the following objectives were set: to identify the main food outlets in the city of Barranca that generate the greatest amounts of residual cooking oils, and analyze the physicochemical parameters of residual oils from food outlets in the city of Barranca. First, with the support of the Department of Commerce of the Municipality of Barranca, a list was obtained of the establishments that generate residual oil in the city of Barranca, in which the existence of 4 types of establishments that produced considerable volumes was verified. of residual oil (50 liters/month), among them were the Chifas (Ch), pork rinds (Chch), chicken shops (P) and restaurants (R) respectively. The characterization of the residual oil was based on the determination of the acidity index and moisture content, showing that the analyzed samples complied with the acidity index limit established by the United States Department of Agriculture (USDA, 2%), and only 3 of them with the Peruvian Technical Standard (NTP, 0.2%); the moisture content was above the value established by the NTP.

The results of the characterization of residual cooking oils from the city of Barranca showed great potential for the production of biodiesel since the levels of acidity index and moisture content were below and/or bordering the values recommended by the Standard. Peruvian technique for vegetable oils, and values established by the USDA for oils considered rancid and unfit for consumption

**Keywords:** Used oil, acid number, moisture content, biodiesel

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El crecimiento de la población mundial, la constante búsqueda de mejorar la calidad de vida y las actividades diarias de los humanos acusan a un incremento en el consumo de energía, por lo que nos vemos obligados a buscar alternativas energéticas ecoeficientes.

El biodiesel es un biocombustible y se presenta como una alternativa para satisfacer la constante creciente demanda de energía. El biodiesel es un biocombustible producido a partir de grasa animal, aceites vegetales o grasas para freír recicladas. Este combustible líquido biodegradable se compone de ésteres alquílicos de ácidos grasos, ésteres metílicos de ácidos grasos, o ésteres monoalquílicos de cadenas largas.

El biodiesel es considerado un buen reemplazo del diésel elaborado a partir de petróleo para su uso en motores de encendido por compresión pues emite menos gases dañinos y sulfuro cuando se quema. El biodiesel también es considerado más seguro que su contraparte de origen fósil debido a que no es tóxico y es menos inflamable (tiene un punto de ignición más alto). Aunque el biodiesel contiene aproximadamente 8% menos energía por galón que el diésel de petróleo, no se ha reportado una diferencia significativa en el desempeño o el ahorro de combustible

Otro de los problemas ambientales importantes de nuestra época es la contaminación de los recursos hídricos. Específicamente la contaminación ocasionada por los aceites vegetales usados. Si su disposición es de forma inadecuada, los aceites residuales de cocina al verterse por el fregadero o el inodoro, estos son fuente de contaminación de las aguas (mar, ríos, lagos, etc.), además pueden causar problemas en las redes de saneamiento y sobrecostes en mantenimiento. Una de estas alternativas viene a ser el reciclaje de aceites de cocina usados y destinarlos a la producción de biodiesel; ayudan a mitigar los problemas de obstrucción de redes de saneamiento y contaminación del recurso hídrico, causado por la inadecuada disposición final de los aceites de cocina residuales.

La industria del biodiesel usa, por lo general, para sus procesos de producción catalizadores básicos (NaOH o KOH) con excelentes resultados. Sin embargo, estos catalizadores son sensibles a los ácidos grasos libres (FFA) de los aceites usados, que aumentan los aceites son usados varias veces en la fritura de alimentos. Esto conlleva al requerimiento de una mayor cantidad de catalizador para neutralizar y acelerar el proceso, generando un incremento del costo del biodiesel, siendo este el principal obstáculo para su comercialización.

Sobre esta base se concluye que existe la perentoria necesidad de caracterizar los aceites de cocina usados para conocer el potencial que tienen los aceites residuales de cocina que provienen de establecimientos de comida como materia prima para la producción de un biocombustible con propiedades y potencial energético aceptables.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿De qué forma se podrá caracterizar los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles son los principales establecimientos de comida con mayor cantidad de aceite de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel?
- ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de los aceites residuales de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Caracterizar los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel.



### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Identificar los principales establecimientos de comida con mayor cantidad de aceite de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos de los aceites residuales en la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel.

### **1.4. Justificación de la investigación**

Nuestro estilo de vida actual está directamente relacionado con la energía, necesitamos energía para todo tipo de actividad sea de forma directa o indirecta; entre estas: para ejercitarnos, movilizarnos, producir bienes y servicios, etc. Esta condición nos ha vuelto dependientes de la energía. Nuestras industrias dependen de los combustibles fósiles y su uso indiscriminado ha llevado a generar lo que se ha dado en llamar efecto invernadero. Al quemarse estos combustibles fósiles, que son, por lo demás, no renovables se liberan a la atmósfera un coctel de gases de efecto invernadero. Es principalmente este problema lo que nos lleva a la búsqueda de combustibles alternativos que satisfagan nuestras necesidades energéticas pero que a su vez que las emisiones no representen un peligro para un ambiente cada vez más deteriorado. Se tienen múltiples alternativas cada una con ventajas y desventajas, la investigación ha postulado la obtención de biodiesel obtenido a partir de aceites residuales de los procesos de cocción de alimentos como una alternativa de solución a esta problemática energética.

Los aceites residuales de cocina por lo general son arrojados por el drenaje, dispuestos como residuos sólidos o vendidos como alimentos para animales. Solo unos pocos los venden para usarlos industrialmente como materia prima para la elaboración de jabones y detergentes. Los aceites residuales de cocina como materia prima para la elaboración de biodiesel son la mejor opción pues al ser estos dispuestos como residuos sólidos aumentan la inflamabilidad de los residuos sólidos, desecharlos por el drenaje es un grave error ya que esto contamina el agua y también congestiona las redes de saneamiento puesto que los aceites tienden a solidificarse en las redes de saneamiento, el usarlos como alimentos para animales

también es una actividad peligrosa pues estos aceites usados son dañinos para la salud. Por lo tanto, sobre esta base se postula su utilización como materia prima para obtener biodiesel

### 1.5. Delimitaciones del estudio

El trabajo se justifica debido que no existe ninguna limitación negativa frente al desarrollo del trabajo de investigación, para obtener de los datos estuvo al alcance debido como investigador busque el lugar apropiado y con problemas y vivo allí, trabaje en la municipalidad de Barranca, que me facilita para la obtención de datos de primer nivel, alcance a mi movilidad, el trabajo está programado desde 02 de junio del 2022 hasta el 29 de noviembre del 2022.

Las limitaciones geográficas están ubicadas en las coordenadas UTM ,198000.25 Este y 8810090.42 Sur, e Ubicación política distrito y provincia de Barranca, departamento de Lima

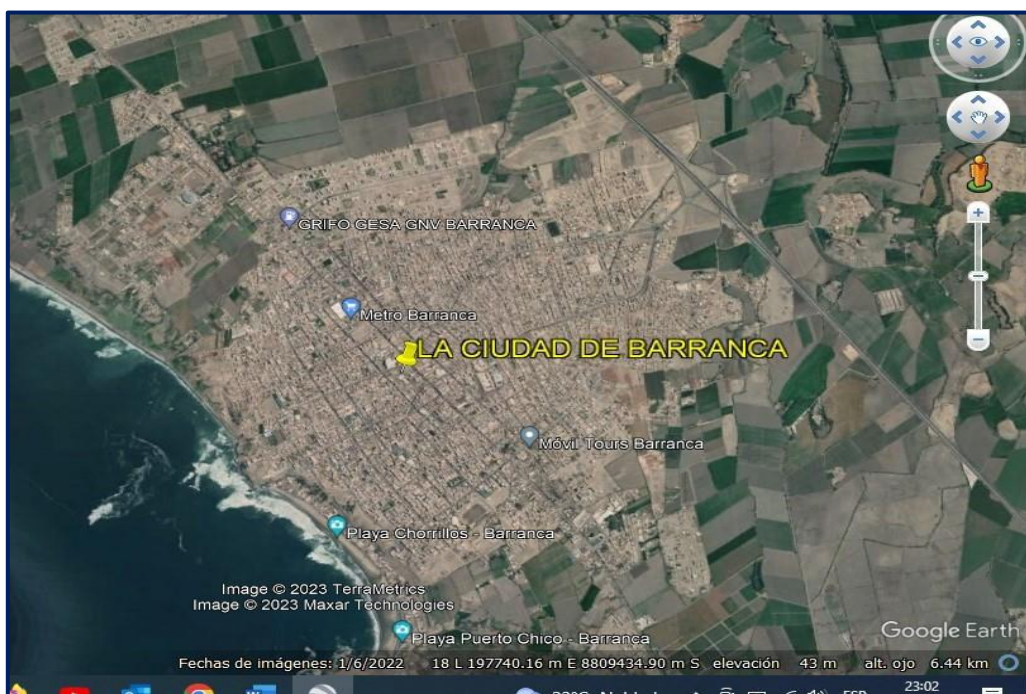


Figura 1. Ubicación del trabajo de investigación Barranca.  
Fuente Google Earth Pro

## CAPÍTULO II. MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Ullah et al. (2014) recolectaron muestras de aceite de cocina de palma de Malasia de la cafetería Universiti Teknologi PETRONAS para realizar un estudio sobre la “Caracterización de residuos de aceite de cocina de palma para la producción de biodiésel”. Los resultados obtenidos mostraron valores de 4.03 para la acidez, 0.9013 para la densidad y 0.140 de porcentaje de humedad. Sobre la base de sus resultados, se concluyó que el comportamiento y rendimiento del aceite de palma no solo se debe a los componentes principales (triglicéridos) sino también a los componentes menores (vitamina E).

Murcia Ordoñez et al. (2013) realizaron un estudio sobre la caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina. Analizaron físico y químicamente diversos tipos de aceite desechado provenientes de asaderos de pollo, usado de hogares y fresco adquirido en el mercado local de la ciudad de Florencia en Caquetá (Colombia). Dentro de los diversos parámetros evaluados se determinó el índice de acidez y la humedad. La evaluación de los aceites desechados de asaderos de pollo mostró valores de 9.193 para el parámetro de índice de acidez y 0.1046 para el porcentaje de humedad; mientras que, los aceites usados en hogares arrojaron valores de 1.87 y 0.0899 respectivamente. Los investigadores concluyeron que la caracterización del aceite usado y desechado evidenció valores que según las normas técnicas colombianas se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Cynthia et. al (2012) estudiaron las propiedades fisicoquímicas de los aceites de Cucúrbita pepo, *Brachystegia eurycoma*, *Cucumis melo*, *Luffa cylindrica* y *Arachis hypogaea* para determinar su potencial como materia prima viable para la producción de biodiesel. Los aceites no comestibles se extrajeron con disolvente n-hexano. Todos los aceites se caracterizaron por pH, índice de yodo, índice de acidez, índice de saponificación, entre otros. Los autores han reportado que el contenido de humedad de los aceites (valores entre 0.5 % –2.77 %) excedió el estándar ASTM (0.02% max) estipulado para producción de biodiésel. Así mismo, los índices de acidez de los aceites no comestibles fueron muy altos (valores entre 2.61 mgKOH/g -36.47 mgKOH/g) y excedieron el

estándar ASTM (0.8 mgKOH/g max). Los resultados indican que los aceites son posibles materias primas para el biodiésel; sin embargo, los resultados generales indican que los aceites no comestibles no son adecuados para el proceso de transesterificación en una sola etapa a biodiesel, por lo que sería necesario la esterificación en dos etapas y la transesterificación posterior para obtener rendimientos razonables de los ésteres metílicos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

En la investigación de Castillo Vergara (2017) se propuso el aprovechamiento de los desechos de aceites residuales generados por el comedor universitario de la UNT para la producción de biodiesel, para el cual recolectó aceites residuales provenientes de preparados como chicharrón de pollo, pescado y papas fritas. Se caracterizó el índice de acidez, porcentaje de humedad, pH, entre otras propiedades fisicoquímicas de los aceites residuales. Posteriormente se procedió a la elaboración de biodiesel variando las condiciones de reacción de transesterificación como el ensayo con distintos tipos de catalizador o la variación de temperatura. Los valores obtenidos de índice de acidez y humedad luego de la caracterización de los aceites residuales fueron de 0.69 % y 0.3 % (p/p) respectivamente. Se consideró óptimo el aceite residual para la elaboración de biodiesel porque el nivel de acidez se encontraba por debajo del valor máximo recomendado (2%).

Rivas y Matamorros (2020) realizaron un estudio sobre la obtención de biodiesel a partir de aceite de fritura usado en establecimientos de comida rápida en Iquitos. En este estudio se realizó un tratamiento previo al aceite residual. El tratamiento consistió básicamente en realizar operaciones de separación de impurezas de la muestra a través de la decantación, filtración y secado. Una vez obtenida la muestra de aceite libre de impurezas se procedió a la caracterización de la misma, midiendo los parámetros de humedad, índice de acidez, densidad, viscosidad, índice de peróxido e índice de saponificación. Los valores de humedad e índice de acidez obtenidos fueron 0.36% y 1.93 mg de KOH/g de aceite respectivamente. El biodiesel obtenido presentó buenas características de densidad y viscosidad

Preciado Nazareno (2017) realizó un trabajo investigativo que tuvo como objetivo evaluar el aceite reciclado de cocina para su reutilización. La metodología se basó en recolectar aceite reciclado de cocina, para luego realizar las evaluaciones física y química, posteriormente ver si se podía reutilizar

en la elaboración de diferentes productos como jabón y velas. Los resultados del análisis del aceite reciclado de cocina mostraron valores de densidad relativa de 0.9196, humedad de 0.10 y pH de 7.60. Se pudo concluir con este estudio que la reutilización del aceite reciclado de cocina es posible para la elaboración de los diferentes productos.

La investigación de Fredy et. al (2009) tuvo por objetivo la caracterización de aceites, tortas y harinas de frutos de unguahui y aguaje de la Amazonía peruana. Estos frutos de unguahui y aguaje son de las zonas aledañas a la localidad de Yurimaguas del Departamento de Loreto. Frutos verdes y maduros se investigaron según sus caracteres morfológicos, análisis proximal, caracterización de ácidos grasos, propiedades fisicoquímicas de los aceites crudos, entre otros. Las características fisicoquímicas de los aceites crudos de unguahui y aguaje fueron extraídos a 25°C y 60°C. Se determinó que el porcentaje de humedad del aceite crudo de aguaje cumplía con lo establecido por la NTP (% humedad de 0.06 a 60°C y 0.1 a 25°C), mientras que el aceite crudo de unguahui sobrepasaba la norma.

El índice de acidez para el aceite de unguahui obtenido a 60°C fue ligeramente elevado (5,59 mgKOH/g) con respecto al obtenido a 25°C (2,07 mgKOH/g). Para el aceite de aguaje el índice de acidez obtenido a 25°C y 60°C fueron ligeramente similares (5,22 mgKOH /g y 5,11 mgKOH/g). El Codex Alimentarius establece valor de índice de acidez de no más de 4 mg de KOH/g de grasa o aceites vírgenes; sin embargo, los valores anteriormente señalados exceden esta especificación, por lo que se recomienda necesario aplicar una neutralización suave como medio de refinación Ziller debido la presencia de ácidos grasos libres reflejado a través del valor de la acidez.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Biodiesel**

Es definido como ésteres monoalquílicos de cadena larga de ácidos grasos (FAME). Su estado es líquido y se obtiene mediante el proceso de transesterificación a partir de recursos renovables como aceites vegetales de soja, girasol, palma, etc. Otra definición del biodiesel sería la mezcla de éster monoalquílico de ácido graso obtenido de aceites vegetales o grasas animales y constituye un combustible alternativo y ambientalmente más amigable respecto del diésel, ya

que es biodegradable, renovable y no es tóxico (Moser, 2009). Este biocombustible es empleado en los motores de ignición de compresión (motores diésel) o en calderas de calefacción (Rivas Méndez y Matamorros Huayra (2020); Ramírez Nieves (2018)).

### **2.2.2. Materias primas para la elaboración de biodiesel**

El valor comercial de las materias primas depende del contenido de ácidos grasos libres en su composición. Las de menor valor serán aquellas que presentan elevados índices de acidez. Este índice de acidez va a determinar el tipo de procesamiento que se le debe practicar.

### **2.2.3. Materias primas de alta acidez**

Se considera materia prima de alta acidez aquellas que presentan índice de acidez mayores al 5% gr ácido graso/100 gr. Si aplicáramos el proceso de producción convencional de biodiesel usando catálisis básica homogénea, se observaría una excesiva formación de jabones debido a su acidez. Lo que se recomienda hacer en estos casos es que se realice una etapa previa a la transesterificación denominada esterificación. Esta reacción convierte a los ácidos grasos libres en ésteres reduciendo así la acidez de la materia prima (< al 2% gr. de ácido oleico / 100 gr. de muestra, preferentemente < al 1%, para proseguir con la etapa de transesterificación convencional) y elevado rendimiento del material. Ejemplo de estos tipos de materia prima tenemos a los fondos de tanque, aceites usados de cocina, grasas de pollo y cerdo, aceites de coco, etc. (Pisarello, s.f.)

### **2.2.4. Materias primas de baja acidez**

Este tipo de materia prima está conformada normalmente por aceites crudos sin refinar y sus índices de acidez están por debajo de 2% gr. de ácido oleico / 100 gr. de muestra, también lo conforman aquellas muestras procedentes de la etapa de esterificación. Para este nivel de acidez se recomienda hacer reaccionar directamente a la materia prima con catálisis básica. Los catalizadores utilizados son KOH, NaOH, KCH<sub>3</sub>O, NaCH<sub>3</sub>O, los cuales previamente se evaluó su eficiencia en la reacción de transesterificación y las reacciones paralelas de

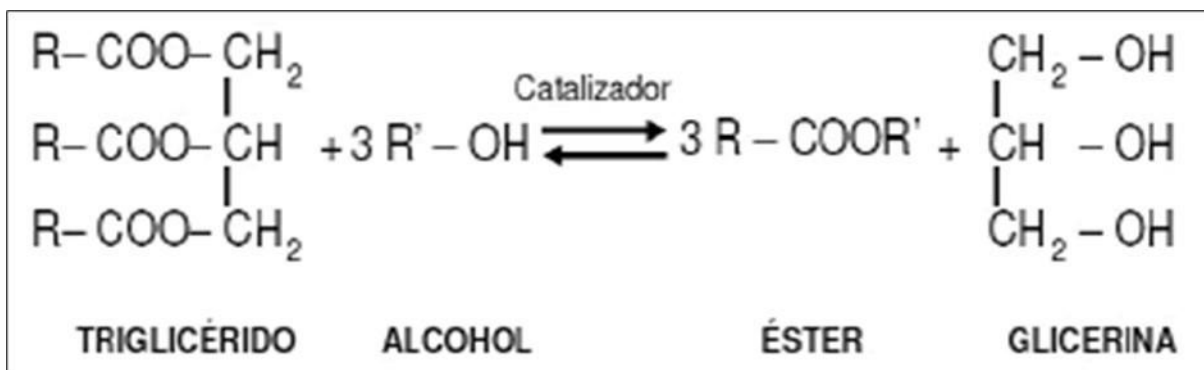
saponificación. No se prevé la eliminación total de formación de jabones, pero si en caso se formase, existen procesos alternativos que permiten la producción de un biodiesel con especificaciones de calidad aceptable (Pisarello, s.f.).

#### **2.2.5. Materias primas de acidez intermedio**

El índice de acidez de este tipo de materias primas va desde 2 al 5 % gr. de ácido oleico / 100 gr. de muestra. En este caso, en lugar de realizar el proceso de transesterificación produciendo grandes cantidades de jabones, se recomienda realizar una neutralización de los ácidos libres en donde se perdería una fracción de materia prima (Pisarello, s.f.).

#### **2.2.6. Método de transesterificación para la obtención de biodiesel**

La transesterificación es denominada también alcoholisis porque utiliza un alcohol de cadena corta como (metanol o etanol). Este método consiste en el desplazamiento del radical del alcohol por otro proveniente de un éster de los triglicéridos de grasas animales o vegetales en, es comparable con el proceso de hidrólisis, pero con la diferencia de que usa agua en lugar de alcohol. El objetivo principal de llevar a cabo la reacción de transesterificación es reducir la elevada viscosidad de los triglicéridos (Rivas Méndez & Matamorros Huayra, 2020). En la Figura 1 se presenta la reacción general de la transesterificación.



**Figura 2.** Reacción general de la transesterificación

Fuente: (Marcano et al., 2014)

### 2.2.7. Parámetros que afectan la reacción de transesterificación

#### Pureza y calidad del aceite

Es importante tener en cuenta la pureza y calidad de la materia prima para obtener biodiesel de buena calidad. Se debe considerar que el aceite a emplear debe ser el más refinado posible, libre de sólidos suspendidos y sobre todo debe presentar bajo contenido de ácidos grasos porque el efecto de este último podría reflejar un bajo rendimiento en la reacción.

#### Tipo y concentración del catalizador

El empleo del catalizador en las reacciones de transesterificación es importante ya que gracias a estas las temperaturas de reacción se reducen, definen la composición del biodiesel según la materia prima. Además, estas determinan las condiciones y operaciones de separación posterior a la reacción. Su cantidad de usos depende del tipo de catalizador, pero en catalizadores básicos va desde 0.3% a 2% con respecto a la cantidad de aceite empleado.



## **Temperatura de reacción**

Se dice que el rendimiento de la reacción de transesterificación aumenta a medida que aumenta la temperatura, sin embargo, luego de un tiempo esta diferencia de temperaturas afecta sustancialmente al rendimiento. Además, la temperatura de la reacción depende generalmente del tipo de aceite que se emplee. Generalmente la reacción ocurre en el punto de ebullición del alcohol (60°C-70°C).

### **2.2.8. Generalidades de los aceites vegetales**

Los aceites comestibles son considerados como sustancias hidrofóbicas, insolubles en agua y distribuidas en el reino animal y vegetal; están constituidos de un mol de glicerol y tres moles de ácidos grasos, denominadas comúnmente como triglicéridos. Estos ácidos grasos varían en la longitud de su cadena y en el número de insaturaciones condicionando la naturaleza de la grasa y sirviendo de base para su clasificación, denominándolos mantecas cuando son sólidas a la temperatura ambiente o aceites cuando son líquidas. Su valor nutritivo radica en el aporte de ácidos grasos esenciales que el organismo no puede producir por sí mismo (Preciado Nazareno, 2017).

### **Composición química del aceite vegetales**

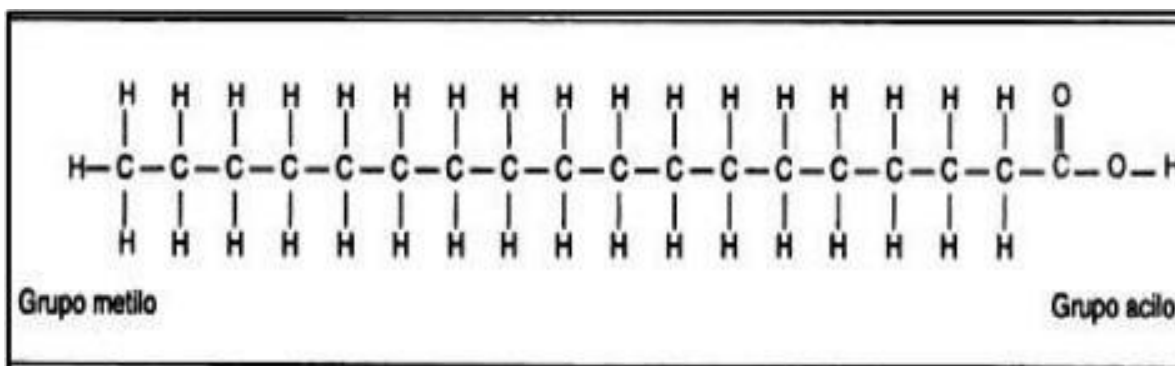
El aceite vegetal es un compuesto orgánico que se acumula en los tejidos de las plantas como reserva energética. Algunos son comestibles como el aceite de oliva, chía, ajonjolí, etc., pero otros no son aptos para consumo humano, como el de ricino o algodón.

A continuación, se muestra la composición del aceite vegetal.

### **Ácidos grasos**

Un ácido graso es una molécula orgánica lipídica constituida por una larga cadena hidrocarbonada lineal con una función carboxílica en uno de sus extremos. Los átomos de carbono, dentro de la cadena larga, se unen entre sí mediante un enlace covalente simple o doble.

Uno de los extremos de la cadena larga del ácido graso es completado con 3 átomos de hidrógeno, los del medio con 2 átomos de hidrógeno y el otro extremo contiene a la función carboxilo, el mismo que reacciona con el grupo hidroxilo de la glicerina o propanotriol (Cortez Cortez & Sánchez Carbajal, 2017).



**Figura 3.** Representación de un ácido graso

Fuente: (Cortez Cortez & Sánchez Carbajal, 2017)

### Ácidos grasos saturados

Un ácido graso saturado es una cadena larga de carbonos con enlace simple y llenados con carbono los enlaces de los carbonos restantes. Se clasifican en cadenas cortas (<6 carbonos), media (6 a 10 carbonos) y larga (>12 carbonos). Aquellos alimentos que presenten gran cantidad de ácidos grasos de cadena larga permanecen sólidos a temperatura ambiente. Este tipo de grasas destacan por su resistencia al calor, la luz y a la oxidación (Cortez Cortez & Sánchez Carbajal, 2017).

### Ácidos grasos monoinsaturados

Los ácidos grasos monoinsaturados son un tipo de grasa que se caracteriza por la presencia de un enlace doble entre sus cadenas carbonadas. El ácido graso monoinsaturado más conocido es el ácido oleico u omega 9 ya que tiene varios beneficios para la salud y se encuentra disponible en muchos alimentos de origen animal y vegetal. Al igual que los polinsaturados, los

monoinsaturados pertenecen a los ácidos grasos insaturados. Sin embargo, los ácidos grasos monoinsaturados no son ácidos grasos esenciales como las grasas poliinsaturadas (Cortez Cortez & Sánchez Carbajal, 2017).

### **Ácidos grasos poliinsaturados**

Los ácidos grasos poliinsaturados son un tipo de grasa que se caracteriza por presentar dos o más dobles enlaces entre las cadenas carbonadas. Estos ácidos grasos poliinsaturados son considerados esenciales porque el organismo humano no los produce y requiere consumirlo de otras fuentes alimenticias. Los ácidos grasos esenciales son las grasas poliinsaturadas omega 3 (ácido Linolénico) y omega 6 (ácido linoleico) (Cortez Cortez & Sánchez Carbajal, 2017).

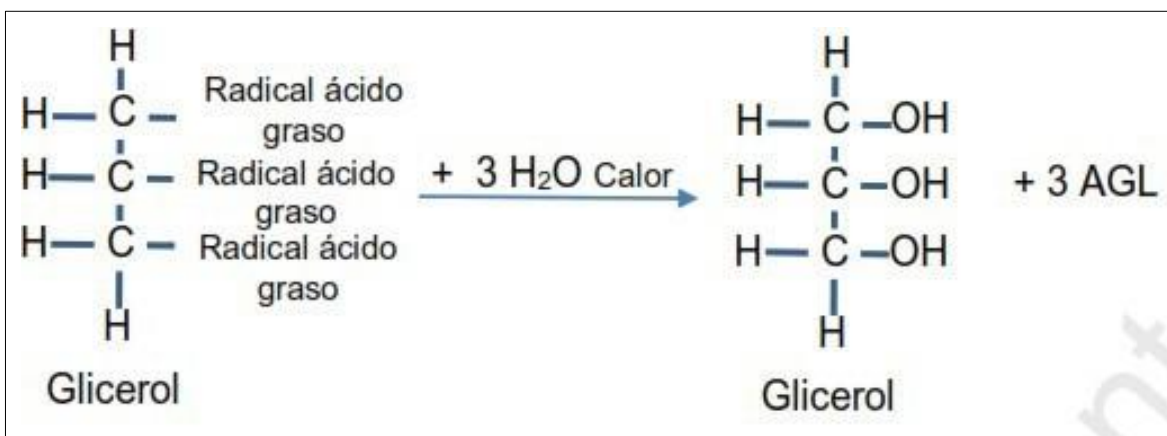
#### **2.2.9. Aceite vegetal reciclado de cocina**

Los aceites reciclados son aquellos que han pasado por un proceso de cocción en los diferentes establecimientos de cocina como restaurantes, comedores colectivos, industrias alimentarias, etc. y por tanto presentan cambios en composición fisicoquímica de grado de estabilidad, características organolépticas, nivel nutricional, etc. (Martens, 2019). Existe un gran problema ambiental generado por los aceites residuales cuando estos son descargados indiscriminadamente en nuestras fuentes de agua. Según Bombón y Albuja (2014), un restaurante puede llegar a originar 50 litros o más al mes de aceite de cocina usado y que por cada litro de aceite comestible vertido se contamina 1000 litros de agua aproximadamente.

#### **Reacción química de aceite reciclado de cocina**

Reacciones termolíticas y oxidativas suceden en el aceite durante su proceso de fritura debido a las altas temperaturas, más aún cuando se emplean catalizadores. Las reacciones más importantes que ocurren durante la cocción del aceite por encima de los 100°C son la hidrólisis, oxidación y polimerización, todos estos ocurren simultáneamente (Castillo Vergara (2017); Preciado Nazareno (2017)).

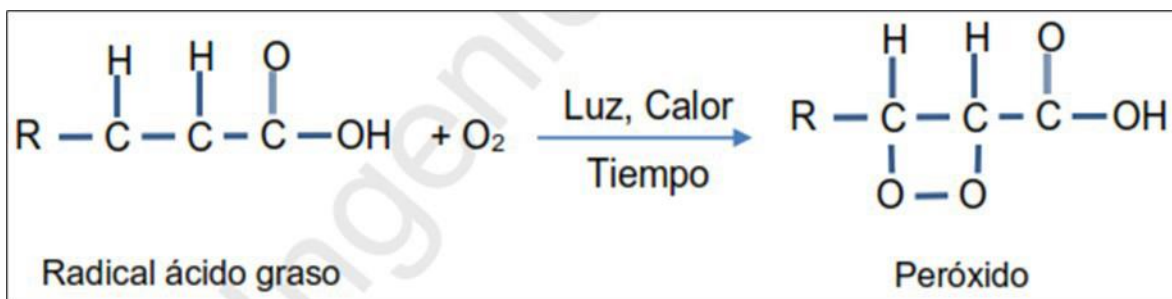
La hidrólisis se da mediante el rompimiento de los enlaces de ácidos grasos y glicerol a causa de la presencia de agua, dando lugar a los ácidos grasos libres, monoglicéridos y diglicéridos. Este proceso puede ser acelerado con la temperatura y moléculas de agua en el alimento pudiendo alcanzar hasta 176.6°C de temperatura. Los resultados de estas reacciones son la elevación de la acidez y relativa formación de cetonas y lactosas, responsables de los aromas desagradables.



**Figura 4.** Reacción de hidrólisis

Fuente: Castillo Vergara (2017)

La oxidación se da debido a las altas temperaturas, la cual produce degradación del aceite alterando sus propiedades organolépticas como el sabor, color, físicos como la viscosidad y físicos como la formación de polímeros y compuestos volátiles, características que componen un aceite vegetal usado.



**Figura 5.** Reacci3n de oxidaci3n

Fuente: Castillo Vergara (2017)

La polimerizaci3n es producida cuando los per3xidos derivados de la oxidaci3n de los 3cidos grasos, se unen con los grupos hidroper3xidos, hidr3xidos, ep3xidos, carbonilo, puentes 3ter y ep3xido para formar compuestos vol3tiles, compuestos c3clicos y pol3meros. Este proceso se da entre 200°C y 300°C durante tiempos prolongados de exposici3n generando aumento de viscosidad y formaci3n de espuma en los aceites durante la fritura.

#### **2.2.10. Caracter3sticas f3sicas y qu3micas del aceite en la producci3n de biodiesel**

Los siguientes par3metros deben ser tomados en cuenta para predecir el comportamiento de la materia prima durante la producci3n de biodiesel:

##### **3ndice de acidez**

Cuando hablamos del 3ndice de acidez nos referimos a los 3cidos grasos libres, es decir, cualquier 3cido graso que no se encuentra unido a un glicerol o a alguna otra mol3cula en un aceite o grasa. Su determinaci3n es mediante la titulaci3n del aceite disuelto en alcohol con una soluci3n est3ndar de KOH y se expresa como porcentaje de 3cido oleico, palm3tico o l3urico, seg3n el 3cido graso se predomine en la grasa en cuesti3n (Castillo Vergara, 2017). El 3ndice de acidez es una medida del grado de hidr3lisis que ha sufrido el triglic3rido, un valor elevado del 3ndice muestra el alto grado de hidr3lisis que ha liberado a los 3cidos grasos de su enlace 3ster

con la molécula de glicérido original. Es importante conocer el índice de acidez de los aceites antes del proceso de esterificación para predecir su comportamiento, debido a que los ácidos grasos reaccionan con el catalizador dando lugar a la saponificación (jabones), conduciendo a la disminución en el rendimiento de la producción de biodiesel (Ramírez Nieves, 2018)

### **Contenido de humedad**

Cuando hablamos de contenido de humedad nos referimos a la cantidad de agua presente en el aceite. El agua presente puede causar hidrólisis de los triglicéridos y generar con ello ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y/o glicerol. Los métodos para determinar la humedad son el método de evaporación del agua y el método bastante aplicado Karl Fischer, el cual químicamente mide la cantidad de agua contenido en la muestra (Ramírez Nieves, 2018).

### **Índice de yodo**

El índice de yodo determina el número de insaturaciones de los ácidos grasos en el aceite. A medida que aumenta la insaturación el índice de yodo también aumentará, por tanto, un aceite completamente saturado tendrá un índice igual a cero. Existe una relación de tipo inverso entre la insaturación y el punto de fusión, a mayor insaturación es menor el punto de fusión del aceite (Ramírez Nieves, 2018).

### **Índice de peróxido**

El índice de peróxido se expresa en mili-equivalente de oxígeno por kilogramo (kg) de aceite (meq O<sub>2</sub>/kg) y se relaciona con el enranciamiento de los aceites, es decir, con el estado de oxidación de los aceites. El enranciamiento no es más que la alteración natural de la composición química de los aceites con el paso del tiempo, modificando las propiedades organolépticas de la misma, entre las que se encuentra, un proceso oxidativo intenso. El enranciamiento puede ser por hidrólisis o por oxidación: cuando es por hidrólisis los acilglicéridos de los aceites se hidrolizan liberando ácidos grasos y glicerina, pero cuando es por oxidación el proceso consiste en la incorporación del oxígeno en el doble enlace del ácido

graso insaturado para formar peróxidos e hidroperóxidos. El problema de olor en el aceite se debe a la transformación de los peróxidos e hidroperóxidos, compuestos relativamente estables, en aldehídos. La velocidad de oxidación aumenta con el aumento en la temperatura, exposición del oxígeno del aire, presencia de luz y contacto con materiales prooxidantes (cobre, latón, bronce, etc.), además el proceso de fritura del aceite también favorece este proceso de renacimiento (Ramirez Nieves, 2018).

### **Índice de saponificación (IS)**

El índice de saponificación (IS) se expresa como el número de miligramos de hidróxido de sodio (NaOH) empleados para saponificar los ácidos grasos libres y combinado de un gramo de aceite y ofrece una medida del peso molecular promedio de los triglicéridos que componen la grasa Preciado Nazareno (2017), Ramirez Nieves (2018). El valor del índice de saponificación indica la facilidad con la que la muestra se puede saponificar (Ramirez Nieves, 2018). Las grasas que contienen ácidos grasos de cadena corta consumen más NaOH en su saponificación mostrando IS más grandes (Preciado Nazareno, 2017).

### **2.3. Definición de términos básicos**

- **Biocombustible:** Son productos energéticos elaborados por el hombre a partir de la biomasa, es decir, materia prima producida por los seres vivos. El estado normal en el que se puede encontrar al biocombustible puede ser líquido, sólido o gaseoso, y el propósito de este recurso es entregar energía almacenada en su interior mediante una reacción de combustión entre sus componentes químicos (Carlos Álvarez, 2009).
- **Catalizador:** Es una sustancia capaz de acelerar la reacción química reduciendo la energía de activación de la etapa más relevante. Debido a que las condiciones de equilibrio no son alteradas, se afirma que la acción del catalizador solo influye en la cinética de la reacción más no en el proceso termodinámico. Sin embargo, también se ha observado que el catalizador participa activamente en la transformación química e

incluso en reacciones de oxidación ha actuado como intermediario entre reactivos y productos (Paredes Medina, 2018).

- **Hidrolisis:** Proviene de las palabras griegas hidros, que significa agua y lisis que significa ruptura. Es una reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual ocurre una ruptura de sus átomos para formar nuevas especies químicas, sin que se produzca transferencia de electrones. Un ejemplo de hidrólisis que se emplea para la obtención de jabón, lo constituye la saponificación de los ésteres, donde se producen un ácido carboxílico y un alcohol (Gonzalez, 2009).
- **Aceite de oliva:** El aceite de oliva virgen es el aceite obtenido del fruto del olivo por medios mecánicos u otros medios físicos en condiciones, especialmente térmicas, que no alteren el aceite (Flor, 2008). El aceite de oliva virgen es un aceite que puede consumirse en estado natural, esta afirmación está estipulada en la Norma del Codex para los aceites de oliva vírgenes y refinados, 1989).
- **Codex Alimentarius:** Conjunto de normas, directrices y códigos de prácticas aprobados por la Comisión del Codex Alimentarios. La comisión constituye el elemento central del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias y fue establecida por la FAO y la OMS con la finalidad de proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio alimentario (Talavera Barra & Urrutia Correa, 2019).

## 2.4. Hipótesis de investigación

### 2.4.1. Hipótesis general

- Caracterizando los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca se podrá usar con fines de uso en la producción de biodiesel.

### 2.4.2. Hipótesis específicas

- Identificar los principales establecimientos de comida con mayor cantidad de aceite de la ciudad de Barranca se obtendrá con fines de uso en la producción de biodiesel.



- Analizar los parámetros fisicoquímicos de los aceites residuales en la ciudad de la ciudad de Barranca se obtendrá con fines de uso en la producción de biodiesel.

## 2.5. Operacionalización de las variables

Variable independiente X: Características de aceites residuales de cocina.

Variable dependiente Y: Para producción de Biodiesel.

**Tabla 1.**

*Cuadro de operacionalización de variables*

Variable independiente	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Nivel	Métodos y técnicas
<b>X:</b> Caracterización de aceites residuales de cocina	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del aceite para conocer sus características y tomar decisiones sobre el proceso a utilizar para obtener el mayor rendimiento energético. (Juan Antonio, 2013)	Normas de calidad para aceites según norma NTP y ASTM.	Índice de acidez	<0.5 mg KOH/gr muestra (ASTM)	Método de índice de acidez
<b>Y:</b> Para producción de Biodiesel	La caracterización del aceite se realiza haciendo referencia a las normas utilizadas para la caracterización de aceites vegetales y animales, obtención de biodiesel a partir de los residuos (Juan Antonio, 2013)	Calidad de Biodiesel La densidad, se son livianos o pesados	Porcentaje de humedad	<0.1% (ASTM)	Método de pesaje constante

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

### 3.1. Diseño metodológico

La investigación estuvo enmarcada dentro de las diversas tipologías según la clasificación realizada por Ríos (2017).

#### Tipo de investigación

Investigación aplicada. Es concreta y busca resolver el problema aplicando el conocimiento disponible.

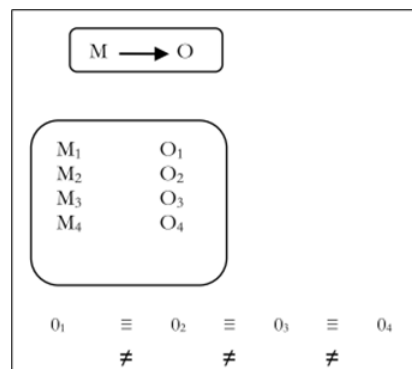
#### Nivel de investigación

Por su nivel fue descriptivo debido a que busca encontrar las características, comportamiento y propiedades del objeto de estudio.

#### Diseño de investigación

El diseño de esta investigación fue no experimental transversal, lo que significa que no se manipularon las variables. Además, el estudio fue de carácter transversal, ya que buscó establecer relaciones causales entre las variables estudiadas.

Su esquema es:



Donde:

O = Observación o medición

M = Muestra conformado por persona

## **Enfoque**

De acuerdo a la naturaleza de los datos, el enfoque de la investigación fue cuantitativo

## **3.2. Población y muestra**

### **3.2.1. Población**

Aceites residuales de cocina generados en los establecimientos de comida que cuentan con Licencia de funcionamiento de la ciudad de Barranca.

### **3.2.2. Muestra**

La unidad de análisis fue una toma por triplicado de muestras de aceite residual de cocina de los establecimientos de comida los que fueron agrupados como: Chifas (Ch), chicharronerías (Chch), pollerías (P) y restaurantes (R) en general.

## **3.3. Técnicas de recolección de datos**

### **3.3.1. Actividades fuera del laboratorio**

- **Determinación de los establecimientos de producción de aceite residual**

Con ayuda del Departamento de Subgerencia de Comercio de la Municipalidad de la Ciudad de Barranco, se obtuvo la información necesaria para este estudio. Se obtuvo una lista de datos correspondientes a los establecimientos generadores de aceite residual en la ciudad de Barranca, en ella se verificó que se tenían tipos de establecimientos que producían volúmenes considerables de aceite residual (50 litros/mes). Específicamente, se encontraron 51, 25, 50 y 640 establecimientos correspondientes a Chifas (Ch), chicharronerías (Chch), pollerías (P) y restaurantes (R) respectivamente.

- **Determinación de la muestra de estudio**

Con el fin de obtener tres muestras de cada establecimiento de cocina en forma aleatoria, se utilizó la función Random de Microsoft Excel, el cual arrojó 12 muestras aleatorias como resultado.

- **Recojo de las muestras en los establecimientos de producción de aceite residual**

Se recorrieron las calles de la ciudad de Barranca para ubicar los tipos de establecimientos de comida seleccionados anteriormente. Luego, se socializó con los propietarios de los negocios, explicándoles la finalidad del estudio y solicitándoles su colaboración para recolectar las muestras de aceites de frituras usados que generan. Se seleccionaron 12 puestos de expendio para el muestreo, cada uno con sus respectivas réplicas.

Se le entregó a cada propietario del establecimiento un recipiente plástico de botella reciclada de 600 mL, para que ellos puedan juntar una muestra de los aceites de frituras usados. La colecta se realizó durante cuatro semanas y llevadas al laboratorio para su respectivo acondicionamiento y posterior uso.

### **3.3.2. Actividades dentro del laboratorio**

- **Acondicionamiento de la muestra**

Las muestras colectadas de aceite de frituras usados fueron sometidas a un tratamiento que consistió en la decantación, filtración, secado y almacenado, para su posterior caracterización físico química.

- **Características de las muestras de aceite residual**

La caracterización del aceite de fritura usado se realizó teniendo en cuenta que será usado como materia prima para elaborar biodiesel. Los parámetros evaluados se determinaron de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas (NTP), sobre aceites y grasas comestibles, y

Métodos Estandarizados de Análisis (ASTM). Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Química general y orgánica de la Universidad Nacional de Barranca (UNAB).

Las muestras fueron caracterizadas principalmente respecto a los parámetros de índice de acidez y contenido de humedad. Para estos análisis fisicoquímicos se requirió 600 mL de muestra de aceite residual por cada establecimiento, materiales y reactivos necesarios según los procedimientos correspondientes a los análisis de índice de acidez y de contenido de humedad de las muestras de aceite residual.

### 3.3.3. Equipos, materiales y reactivos

Para la caracterización de los aceites residuales se emplearon reactivos, materiales y equipos de laboratorio.

**Tabla 2.**  
*Materiales y equipos de laboratorio*

Reactivos	materiales	Equipos
Aceite residual	250 ml Erlenmeyer	Balanza analítica
Etanol, Éter etílico	Cápsula de porcelana	estufa
Fenolftaleína	Sistema de titulación	deseCADador
Solución etanólica de hidróxido de potasio (KOH) 0,1N		

### 3.3.4. Método de determinación del índice de acidez

El índice de acidez de las muestras de aceite residual fue determinado siguiendo el método de determinación de ácidos grasos libres mostrado en la norma técnica peruana (NTP 209.005) (NTP, 2016). Pesamos 5 g del aceite en un Erlenmeyer de 250 mL, añadimos 50 mL de una

mezcla etanol - éter etílico (1:2), luego se agregó 3 gotas de indicador de fenolftaleína y se valoró con solución etanólica de hidróxido de potasio (KOH) 0,1N, hasta viraje del indicador.

Cálculo:

$$\text{Índice de acidez} = \frac{56,1 * V * N}{P}$$

V = Volumen en mL de solución etanólica de KOH utilizada

N = Normalidad exacta de la solución KOH utilizada.

P = Peso en gramos de la muestra de aceite utilizada.



*Figura 6.* Determinación de la acidez en el laboratorio

### **3.3.5. Método de determinación del contenido de humedad**

El contenido de humedad de las muestras de aceite residual fue determinado siguiendo el método de determinación de contenido de humedad y materia volátil mostrado en la norma

técnica peruana (NTP 209.004) (NTP, 2016). Pesamos 10 g de muestra en una cápsula de porcelana y se colocó en una estufa a temperatura de (100-105°C) para su secado. Se retiró de la estufa y se colocó en un desecador para su enfriamiento y posterior pesado. El proceso se repite hasta obtener un peso constante.

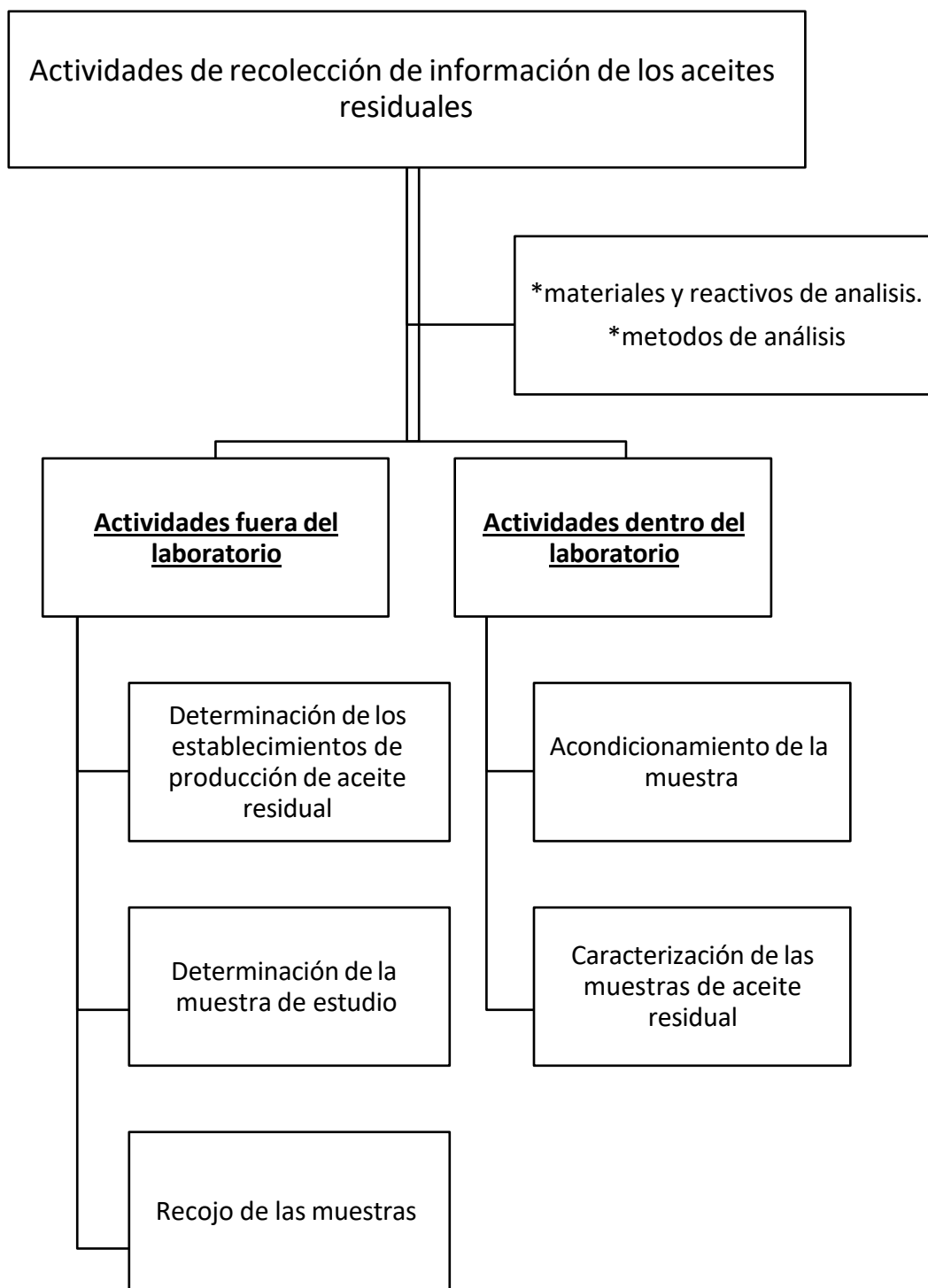
Cálculo:

$$\%H = \frac{Wi - Wf}{wi} * 100$$

$Wi$  = Peso inicial

$Wf$  = Peso final (materia seca)

### 3.3.6. Diagrama de flujo





### **3.4. Técnicas para el procesamiento de la información**

En el procesamiento de datos las herramientas estadísticas a utilizarse para procesarlos tal como se menciona en el diseño estadístico son: programa Minitab 17. y Excel. Se utilizaron gráficos como diagramas de dispersión de acidez y humedad.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis de resultados

#### 4.1.1. Obtención de las muestras de aceite residual

Luego de encontrar los 51, 25, 50 y 640 establecimientos correspondientes a Chifas (Ch), chicharrerías (Chch), pollerías (P) y restaurantes (R) respectivamente y aplicar la función Random con el programa Microsoft Excel se obtuvo las muestras aleatorias.

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with the following data:

N°	Restaurantes en general	Pollerías	Chifas	Chicharrerías
1	R1	P1	Ch1	Chch1
2	R2	P2	Ch2	Chch2
3	R3	P3	Ch3	Chch3
4	R4	P4	Ch4	Chch4
5	R5	P5	Ch5	Chch5
6	R6	P6	Ch6	Chch6
7	R7	P7	Ch7	Chch7
8	R8	P8	Ch8	Chch8
9	R9	P9	Ch9	Chch9
10	R10	P10	Ch10	Chch10
11	R11	P11	Ch11	Chch11
12	R12	P12	Ch12	Chch12
13	R13	P13	Ch13	Chch13
14	R14	P14	Ch14	Chch14
15	R15	P15	Ch15	Chch15
16	R16	P16	Ch16	Chch16
17	R17	P17	Ch17	Chch17
18	R18	P18	Ch18	Chch18
19	R19	P19	Ch19	Chch19
20	R20	P20	Ch20	Chch20
21	R21	P21	Ch21	Chch21
22	R22	P22	Ch22	Chch22

N°	Restaurantes	N°	Pollerías
17	R17	1	P1
138	R138	6	P6
366	R366	24	P24

N°	Chifas	N°	Chicharrerías
1	Ch1	1	Chch1
6	Ch6	6	Chch6
25	Ch25	13	Chch13

Figura 7. Aleatorización de muestras usando la función Random

La tabla 3 Enumera las 12 muestras obtenidas aleatoriamente de los diferentes establecimientos de cocina.

**Tabla 3.**  
*Muestras obtenidas aleatoriamente*

N°	Tipo de
muestra	Muestra
1	Ch <sub>45</sub>
2	Ch <sub>2</sub>
3	Ch <sub>18</sub>
4	Chch <sub>22</sub>
5	Chch <sub>24</sub>
6	Chch <sub>1</sub>
7	P <sub>29</sub>
8	P <sub>45</sub>
9	P <sub>47</sub>
10	R <sub>598</sub>
11	R <sub>10</sub>
12	R <sub>254</sub>

Descripción de las abreviaturas usadas para representar a las muestras de aceite residual

**R<sub>i</sub>:** muestra i de aceite usado proveniente de Restaurantes

**P<sub>i</sub>:** muestra i de aceite usado proveniente de Pollerías

**Ch<sub>i</sub>:** muestra i de aceite usado proveniente de Chifas

**Chch<sub>i</sub>:** muestra i de aceite usado proveniente de Chicharronerías

#### 4.1.2. Caracterización de las muestras de aceite residual

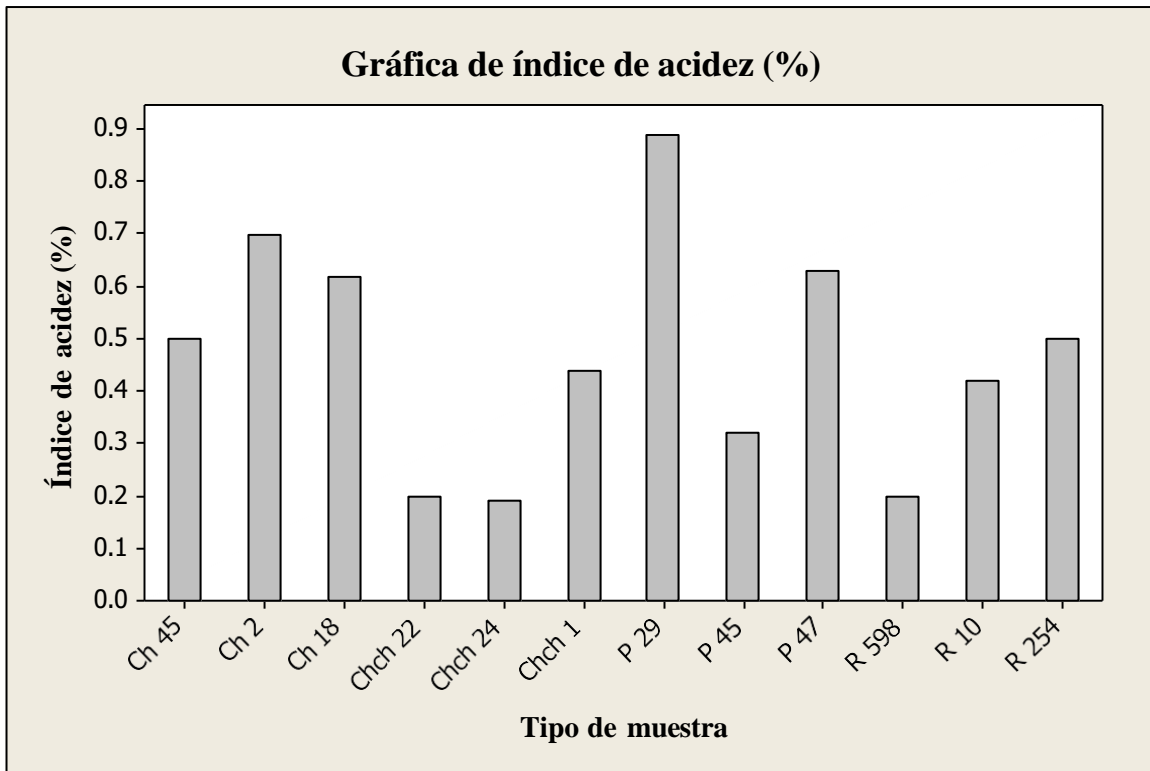
Siguiendo el procedimiento de análisis según las normas técnicas vinculados al índice de acidez y el contenido de humedad se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 4.***Índice de acidez y contenido de humedad de las muestras de aceite residual*

N° muestra	Tipo de Muestra	Índice de acidez (%)	Contenido de Humedad
1	Ch <sub>45</sub>	0.50	0.235
2	Ch <sub>2</sub>	0.70	0.228
3	Ch <sub>18</sub>	0.62	0.250
4	Chch <sub>22</sub>	0.20	0.243
5	Chch <sub>24</sub>	0.19	0.243
6	Chch <sub>1</sub>	0.44	0.238
7	P <sub>29</sub>	0.89	0.229
8	P <sub>45</sub>	0.32	0.226
9	P <sub>47</sub>	0.63	0.230
10	R <sub>598</sub>	0.20	0.241
11	R <sub>10</sub>	0.42	0.251
12	R <sub>254</sub>	0.50	0.239

**Análisis de los datos de índice de acidez empleando Minitab 17**

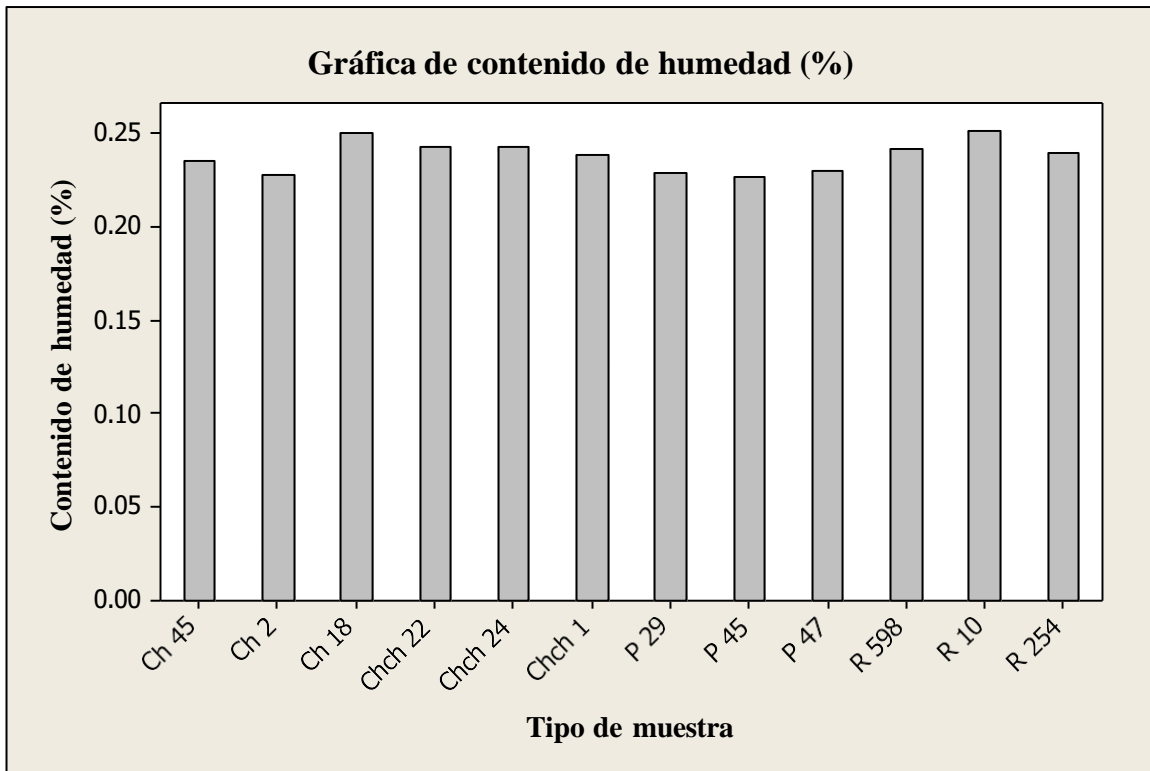
Como se puede observar en el gráfico 7 los datos de la muestra son heterogéneos. Se consiguió valores máximos de acidez en la pollería (P 29 = 0.89) mientras que el valor mínimo se encontró en la chicharronería (Chch 24 = 0.19).



**Figura 8.** Gráfico de barras de índice de acidez

### **Análisis de los datos de contenido de humedad empleando Minitab 17**

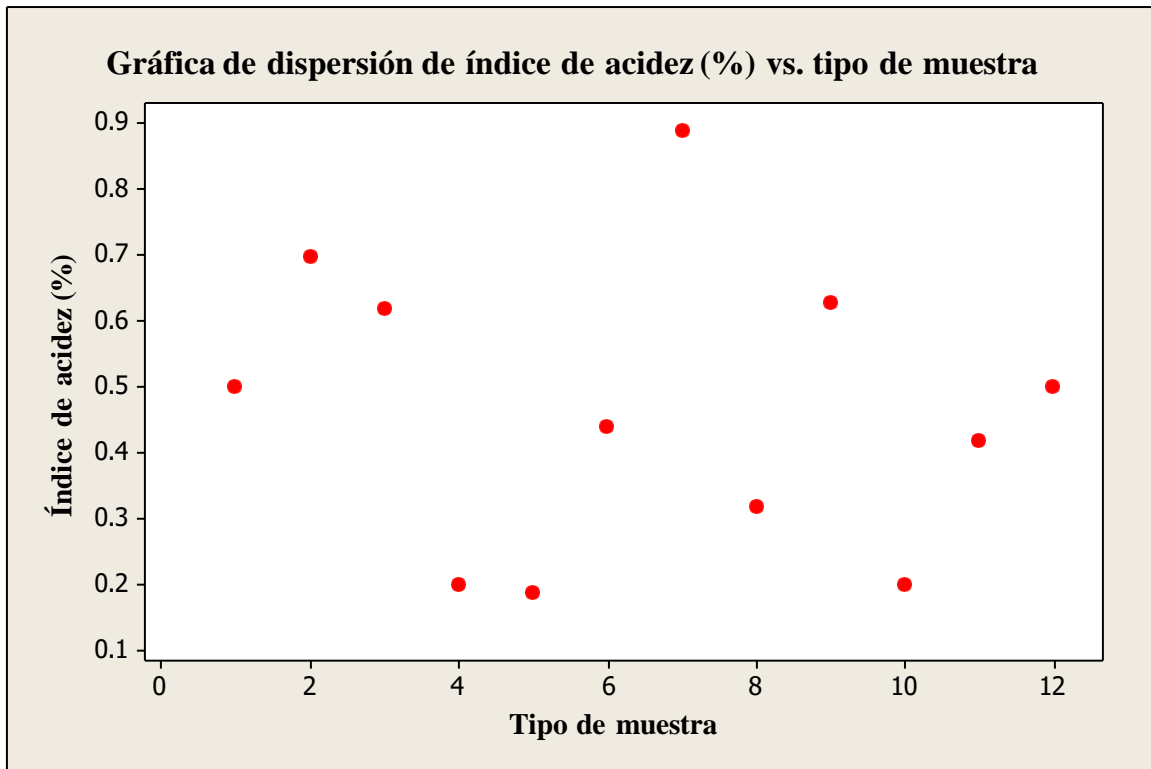
Como se puede observar en el gráfico 8 los datos de la muestra son homogéneos. Se consiguió valores máximos de humedad en el restaurante (R 10 = 0.251) mientras que el valor mínimo se encontró en la pollería (P 45 = 0.226).



**Figura 9.** Gráfico de barras de contenido de humedad

### **Análisis de dispersión de los datos de índice de acidez empleando Minitab 17**

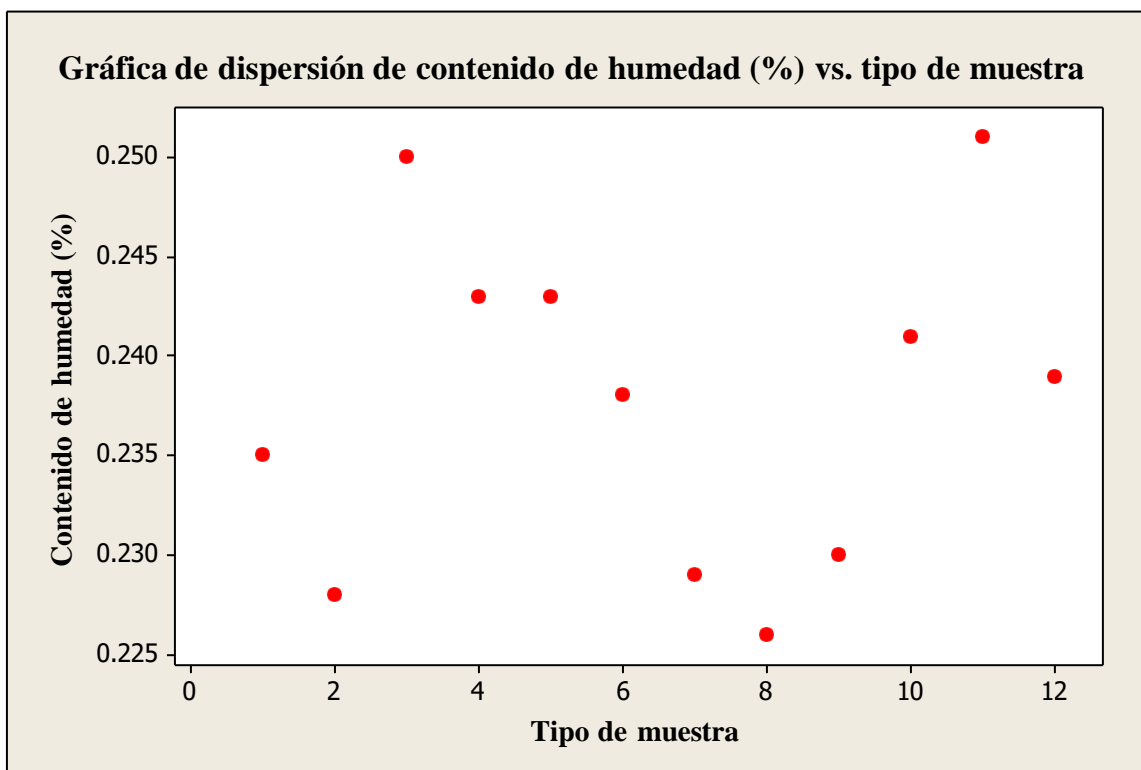
La dispersión de los datos de índice de acidez es variable, algunas muestras presentan valores de índices de acidez debajo de 0.25 (gr. de ácido oleico / 100 gr. de muestra) y otros encima de 0.5 (gr. de ácido oleico / 100 gr. de muestra). Estos resultados son importantes ya que nos permiten decidir sobre las muestras con valores óptimos de acidez para la elaboración del biodiesel.



*Figura 10.* Dispersión de índice de acidez

### **Análisis de dispersión de los datos de contenido de humedad empleando Minitab 17**

La dispersión de los datos de contenido de humedad al igual que los de índice de acidez es variable, algunas muestras presentan valores de contenido de humedad debajo de 0.23 y otros encima de 0.25. Estos resultados son importantes ya que permiten orientarnos hacia las muestras con valores óptimos de contenido de humedad para la elaboración del biodiesel. Analizar la prueba de hipótesis, se rechaza la hipótesis nula, reconociendo la hipótesis alterna con la prueba de Pearson en el trabajo investigado.



*Figura 11.* Dispersión de contenido de humedad

**Valores deseables de índice de acidez y contenido de humedad en aceites residuales de la ciudad de Barranca para la elaboración de biodiesel**

La comparación de los datos dispersos de índice de acidez y contenido de humedad de las diversas muestras de aceites residuales arrojaron valores mínimos y máximos de sendos parámetros, estos a su vez fueron comparados con los valores que señalan por las normas técnicas o estándares paramétricos, asociados a aceites comestibles, usados por otros autores. De la comparación de los datos, se pudo apreciar que los valores de índice de acidez se encuentran dentro del valor deseado (< 1%) según Pisarello s.f.; sin embargo, de acuerdo con la norma técnica peruana señalado por Castillo Vergara (2017) solo tres de las muestras



analizadas cumplen con el valor aceptable para aceites comestibles (<0.2 %). Las muestras fueron Chch24, Chch22, R598 correspondientes a los establecimientos de chicharronerías y restaurantes. Por otro lado, los valores de los datos correspondientes al contenido de humedad en las muestras de aceite superan los valores recomendados por la norma técnica peruana (< 0.1%) mencionado por Castillo Vergara (2017). En la siguiente tabla se muestran los valores máximos y mínimos de los datos de las muestras de aceite residual y a la vez los valores estándares de cada parámetro tanto en la materia prima como en el producto ya elaborado como es el biodiesel.

**Tabla 5.**

*Valores máximos y mínimos de los datos de las muestras de aceite residual*

Nivel	Índice de acidez (%)	Contenido de humedad (%)	Valor deseable de índice de acidez	Valor deseable de contenido de humedad	Especificación del biodiesel
Niveles mínimos	Chch <sub>24</sub> =0.19 Chch <sub>22</sub> =0.20 R <sub>598</sub> =0.20	P <sub>45</sub> =0.226 Ch <sub>2</sub> =0.228 P <sub>29</sub> =0.229	< 1% (gr. de ácido oleico / 100 gr. de muestra)  (Pisarello, s.f.)	< 0.1%  (NTP)  (Castillo Vergara, 2017)	Humedad < 0.1% Índice de acidez < 0,5 mg KOH/gr muestra  (Pisarello, s.f.)  (ASTM*)
Niveles máximos	P <sub>47</sub> =0.63 Ch <sub>2</sub> =0.70 P <sub>29</sub> =0.89	Chch <sub>22</sub> =0.243 Chch <sub>24</sub> =0.243 Ch <sub>18</sub> = 0.25 R <sub>10</sub> = 0.251	<0.2 % (NTP)  <2% USDA*  (Castillo Vergara, 2017)		

--	--	--	--	--

---

\*Nota: **USDA**, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Meat and Poultry Inspection Manual: Valores en aceites considerados rancios y no aptos para consumo.

**ASTM**, Normas Estándares de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales

---

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

### 5.1. Discusión de los resultados

De acuerdo con el análisis realizado a los datos de los establecimientos generadores de aceites residuales encontrados en el Departamento de Subgerencia de Comercio de la Municipalidad de la Ciudad de Barranco, se determinó que existían 4 establecimientos que sobresalen en la producción de grandes volúmenes de aceite residual, específicamente aquellos que generaban volúmenes mayores a 50 litros por mes. Los establecimientos sobresalientes en función a su volumen de producción de aceite residual fueron 51 Chifas (Ch), 25 chicharronerías (Chch), 50 pollerías (P) y 640 restaurantes (R).

Con respecto al estudio de los indicadores, el análisis de probabilidad de los datos experimentales de índice de acidez ( $p=0.654$ ) y contenido de humedad ( $p=0.602$ ) arrojó valores de  $p$  mayores a 0.05, lo cual indica que estos proceden de una distribución normal y, por tanto, garantiza un nivel de confiabilidad aceptable para trabajar con estos datos. Por otro lado, de acuerdo con la norma técnica peruana señalado por Castillo Vergara (2017) solo tres de las muestras analizadas cumplen con el valor aceptable para aceites comestibles ( $<0.2\%$ ) relacionados al índice de acidez. Estas muestras fueron las correspondientes a los establecimientos de chicharronerías y restaurantes (Chch24, Chch22, R598).

En cuanto al contenido de humedad, los valores de este parámetro en todas las muestras superaron el valor aceptable recomendado por la Norma Técnica Peruana. Los valores de índice de acidez en todas las muestras de aceite residual analizadas, por su parte, sí cumplieron con los límites establecidos por la USDA, pero solo tres de estas muestras cumplieron con la NTP.

Pese a no cumplir con el valor estándar establecido para el contenido de humedad, este se puede reducir evaporando el aceite mejorando así su calidad. Las muestras de aceites residuales son consideradas como materia prima adecuada para la elaboración del biodiesel ya que su índice de acidez es bajo ( $<2\%$ ); en estos casos es más sencillo el procedimiento ya que no requiere realizar proceso de esterificación para bajar la acidez, sino que directamente se hará reaccionar con un catalizador básico. Aunque se formen jabones durante la reacción, se podrá eliminarlos con un

procedimiento alternativo posterior que permita la producción de un biodiesel que cumpla con las especificaciones de calidad (Pisarello, s.f.).

De acuerdo con el análisis de los datos relacionados con el índice de acidez, parámetro relevante para determinar la calidad de la materia prima, se verificó que si existen establecimientos de cocina en la ciudad de Barranca que generan aceites residuales con potencial para la producción de biodiesel.

## **5.2. Contrastación de resultados con otros estudios similares**

Ullah et al. (2014), Murcia Ordoñez et al. (2013), Castillo Vergara (2017), y Rivas y Matamorros (2020) obtuvieron como resultado luego de la caracterización de sus muestras de aceites 4.03, 9.193, 0.69 y 1.93 de ácidos grasos libres respectivamente. Si bien estos resultados superan los límites establecidos por las normas técnicas peruanas (0.2%), algunos cumplen con los estándares dados por el departamento de agricultura de los estados unidos (USDA, 2%) que corresponden a aceites rancios. Todas estas muestras de aceite usado dieron como resultado final una producción de biodiesel de calidad aceptable, además, se pudo concluir que la reutilización del aceite reciclado de cocina es posible para la elaboración de los diferentes productos.

El valor promedio de ácidos grasos libres en los aceites de fritura usados en el presente trabajo fue de 0,47% según la tabla 5, valor muy cercano al 0,2% señalado por Castillo Vergara (2017) según la NTP y menor al 1% y 2% (USDA) indicado por Pisarello, s.f. y Castillo Vergara (2017) respectivamente. Estos valores corresponden al límite recomendado de acidez para usar aceites vegetales usados en la producción de biodiesel mediante transesterificación alcalina directa, ya que valores mayores a 2% pueden producir jabones y de esta manera reducir su rendimiento y calidad del biocombustible.

Por otro lado, en nuestro estudio se ha podido apreciar que las muestras de aceite residual proveniente de los diferentes establecimientos de cocina presentaron valores relativamente altos y bajos con respecto al índice de acidez. Los máximos valores correspondían a los

establecimientos de pollerías y chifas con cifras mayores entre 0.6 y 0.9 %. Similarmente, se encontró que el estudio realizado por Murcia Ordoñez et al. (2013) arrojó un alto valor de índice de acidez (9.193), este resultado podría indicar que el proceso de cocción durante la fritura de pollos genera mayor cantidad de formación de ácidos grasos libres producto de la liberación de agua del alimento, y por tanto mayor hidrólisis.

Según la tabla 5 se observa que los estudios realizados por Castillo Vergara (2017) y Rivas y Matamorros (2020), el presente estudio obtuvo un valor de contenido de humedad mayor al límite establecido por la NTP. Sin embargo, los estudios de los autores mencionados reportaron resultados positivos, señalando que el aceite residual empleado fue óptimo para la elaboración de biodiesel ya que presentó buenas características de densidad y viscosidad. Además, es importante mencionar que los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana corresponden a los aceites vegetales más no para los aceites vegetales usados, por tanto, se espera que los valores de contenido de humedad para estos aceites residuales superan a los registrados por la norma.

Para terminar, es importante mencionar que algunos aceites no comestibles como Cucurbita pepo, *Brachystegia eurycoma*, *Cucumis melo*, *Luffa cylindrica* y *Arachis hypogaea* y otros aceites comestibles como los provenientes de la harinas de frutos de ungurahui y aguaje presentan índices de acidez y porcentaje de humedad elevados, es decir, superan los valores estándares de la ASTM, en estos casos se recomienda aplicar una neutralización suave como medio de refinación Ziller para poder eliminar las altas concentraciones de ácidos grasos libres y a la vez someter al calor para liberar el exceso de humedad.

**Tabla 6.**  
*Resultados de estudios de diversos autores*

N°	Autor	Tipo de aceite	Índice de acidez (mg cat./g aceite)	% humedad	Características
1	Ullah et al. (2014)	aceite de cocina de palma de Malasia de la cafetería Universiti Teknologi PETRONAS	4.03	0.140	Se concluyó que el comportamiento y rendimiento del aceite no solo se debe a los componentes principales (triglicéridos) sino también a los componentes menores (vitamina E).
2	Murcia Ordoñez et al. (2013)	aceite residual de cocina provenientes de asaderos de pollo	9.193	0.1046	Los investigadores concluyeron que la caracterización del aceite usado evidenció valores que según las normas técnicas colombianas se encuentran dentro de los parámetros establecidos.
3	Castillo Vergara (2017)	aceites residuales provenientes de preparados como chicharrón de pollo, pescado y papas fritas generados por el comedor universitario de la UNT	0.69	0.3	Se consideró óptimo el aceite residual para la elaboración de biodiesel porque el nivel de acidez se encontraba por debajo del valor máximo recomendado (2% según USDA).
4	Rivas y Matamorros (2020)	aceite de fritura usado en establecimientos de comida rápida en Iquitos	1.93	0.36	El biodiesel obtenido presentó buenas características de densidad y viscosidad
5	Preciado Nazareno (2017)	aceite reciclado de cocina para su reutilización	-	0.10	Se pudo concluir con este estudio que la reutilización del aceite reciclado de cocina es posible para la elaboración de los diferentes productos.
6	Cynthia et. al (2012)	Aceites no comestibles de origen vegetal	<2.61-36.47>	<0.5-2.77>	los aceites no comestibles no son adecuados para el proceso de transesterificación en una sola etapa, por lo que sería necesario la esterificación en dos etapas y la posterior para obtener rendimientos razonables de los ésteres metílicos.
7	Fredy et. al (2009)	Aceites de harinas de frutos de unguurahui y aguaje de la Amazonía peruana	<2.07-5.59>	<0.06-0.1>	Aceite crudo de aguaje cumplía con lo establecido por la NTP y la acidez es elevada se recomienda necesario aplicar una neutralización suave como medio de refinación Ziller debido la presencia de ácidos grasos libres reflejado a través del valor de la acidez.
8	Propio	Aceites residuales de establecimientos de cocina de Barranca	0.19	0.226	Se podrá elaborar biodiesel de calidad deseable debido a que su índice de acidez se encuentra dentro de los parámetros recomendables.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

- Se determinó que los principales establecimientos de expendio de comida de la ciudad de Barranca que generan mayores cantidades de aceites residuales de cocina, los cuales son: chifas, pollerías, chicharroneras y restaurantes en general.
- Se demostró, luego de la caracterización, que las muestras de aceite residual analizadas cumplen con el límite de índice de acidez establecidos por la USDA (2%), y solo 3 de ellas con la NTP (0,2%); el contenido de humedad bordea el valor establecido por la NTP.
- Los resultados de la caracterización de los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca demostraron gran potencial para la producción de biodiesel ya que los niveles de índice de acidez se encontraron por debajo de los valores recomendados por la Norma Técnica Peruana para aceites vegetales y valores establecidos por la USDA para aceites considerados rancios y no aptos para consumo. Por otro lado, pese a que los niveles de humedad en las muestras de aceite bordeaban los valores recomendados, este exceso de agua podría ser eliminado mediante el calentamiento del aceite.

### **6.2. Recomendaciones**

- Realizar estudios cromatográficos a los aceites residuales de los diferentes establecimientos de cocina para identificar la calidad del biodiesel.
- Promover la gestión integral de los residuos de aceites de los establecimientos de cocina en función a su calidad, con el fin de categorizar el tipo de materia prima y su producto final.
- Se recomienda realizar una campaña de concientización sobre los beneficios del aprovechamiento de los aceites residuales para que la población participe activamente en la adecuada recolección de los mismos.

- Realizar el análisis experimental completo para poder determinar con mayor detalle la naturaleza del aceite: índice de yodo, de peróxido y de saponificación.



## CAPÍTULO VII. REFERENCIAS

- Bombón, N., & Albuja, M. (2014). Diseño de una planta de saponificación para el aprovechamiento de aceite vegetal de desecho. *Revista Politécnica*, vol. 34. P 1-10.
- Carlos Álvarez, M. (2009). Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Economía Informa*, 359.
- Castillo Vergara, B. N. (2017). Aprovechamiento de los desechos de aceites vegetales generados por el comedor universitario de la UNT para la producción de biodiesel. Trujillo-Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Cortez Cortez, D., & Sánchez Carbajal, E. (2017). EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LA MEZCLA DE ACEITES DE CHIA (*Salvia Hispánica L.*) Y AJONJOLI (*Sesamum Indicum L.*). Chimbote-Perú: Universidad Nacional de Santa.
- Cynthia, N. I., Chukwuma, O. B., & Akuzuo, U. O. (2012). Comparative Study of the Physicochemical Characterization of Some Oils as Potential Feedstock for Biodiesel Production. *International Scholarly Research Network*, Volume 2012, Article ID 621518, 5 pages. doi:10.5402/2012/621518
- Flor, P. R. (2008). EVALUACIÓN DE CUATRO TEMPERATURAS DE PRENSADO EN LA CALIDAD DEL ACEITE VIRGEN DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis L.*). Satipo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Fredy, Q. J., Mauro, A. R., Gerardo, I. R., Ever, L. P., & Gloria, P. C. (2009). CARACTERIZACIÓN DE ACEITES, TORTAS Y HARINAS DE FRUTOS DE UNGURAHUI () Y AGUAJE () DE LA AMAZONÍA PERUANA. *Rev Soc Quím Perú*, 75 (2).
- Gonzalez, A. (2009). Hidrólisis. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/430932225/t>

- Juan Antonio, A. A. (2013). Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio. Chihuahua-Perú: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, S. C.
- Marcano, L., Estefany, M., Marco, S., Quijada, K., & Di, S. (2014). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de productos secundarios de la reacción de transesterificación de aceites residuales de cocina. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol.29 no.1.
- Martens, S. (2019). Tratamiento de los Aceites Vegetales Usados y evaluación de su factibilidad técnica como materia prima en una planta de biodiesel en la ciudad de Tandil. Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Moser, B. (2009). Biodiesel Production, Properties, and Feedstocks. *In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant*, 229-266. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/20541030>
- Murcia Ordoñez, B., Chaves, L., Rodriguez Perez, W., Andredy Murcia, M., & Rocío Alvarado, E. (2013). Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina. Colombia: *Rev. Colomb. Biotecnol.*
- NTP. (2016). ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método para la determinación de la acidez libre. Lima - Peru: INACAL.
- Paredes Medina, L. (2018). Estudio de catalizadores del sistema Ni-Fe soportado en aerosil en la reacción de hidrogenación del aceite de Sacha Inchi. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Pisarello, L. (s.f.). Producción de biodiesel: equilibrio fisicoquímico y cinética de esterificación y transesterificación con diferentes catalizadores y alcoholes. Argentina: Universidad Nacional del Litoral.

- Bombón, N., & Albuja, M. (2014). Diseño de una planta de saponificación para el aprovechamiento de aceite vegetal de desecho. *Revista Politécnica*, vol. 34. P 1-10.
- Carlos Álvarez, M. (2009). Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Economía Informa*, 359.
- Castillo Vergara, B. N. (2017). Aprovechamiento de los desechos de aceites vegetales generados por el comedor universitario de la UNT para la producción de biodiesel. Trujillo-Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Cortez Cortez, D., & Sánchez Carbajal, E. (2017). EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LA MEZCLA DE ACEITES DE CHIA (*Salvia Hispánica L.*) Y AJONJOLI (*Sesamum Indicum L.*). Chimbote-Perú: Universidad Nacional de Santa.
- Cynthia, N. I., Chukwuma, O. B., & Akuzuo, U. O. (2012). Comparative Study of the Physicochemical Characterization of Some Oils as Potential Feedstock for Biodiesel Production. *International Scholarly Research Network*, Volume 2012, Article ID 621518, 5 pages. doi:10.5402/2012/621518
- Flor, P. R. (2008). EVALUACIÓN DE CUATRO TEMPERATURAS DE PRENSADO EN LA CALIDAD DEL ACEITE VIRGEN DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis L.*). Satipo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Fredy, Q. J., Mauro, A. R., Gerardo, I. R., Ever, L. P., & Gloria, P. C. (2009). CARACTERIZACIÓN DE ACEITES, TORTAS Y HARINAS DE FRUTOS DE UNGURAHUI ( ) Y AGUAJE ( ) DE LA AMAZONÍA PERUANA. *Rev Soc Quím Perú*, 75 (2).
- Gonzalez, A. (2009). Hidrólisis. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/430932225/t>
- Juan Antonio, A. A. (2013). Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio. Chihuahua-Perú: CENTRO DE

## INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, S. C.

- Marcano, L., Estefany, M., Marco, S., Quijada, K., & Di, S. (2014). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de productos secundarios de la reacción de transesterificación de aceites residuales de cocina. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol.29 no.1.
- Martens, S. (2019). Tratamiento de los Aceites Vegetales Usados y evaluación de su factibilidad técnica como materia prima en una planta de biodiesel en la ciudad de Tandil. Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Moser, B. (2009). Biodiesel Production, Properties, and Feedstocks. In *Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant*, 229-266. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/20541030>
- Murcia Ordoñez, B., Chaves, L., Rodriguez Perez, W., Andredy Murcia, M., & Rocío Alvarado, E. (2013). Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina. Colombia: *Rev. Colomb. Biotecnol.*
- NTP. (2016). ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES. Método para la determinación de la acidez libre. Lima - Peru: INACAL.
- Paredes Medina, L. (2018). Estudio de catalizadores del sistema Ni-Fe soportado en aerosil en la reacción de hidrogenación del aceite de Sacha Inchi. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Pisarello, L. (s.f.). Producción de biodiesel: equilibrio fisicoquímico y cinética de esterificación y transesterificación con diferentes catalizadores y alcoholes. Argentina: Universidad Nacional del Litoral.
- Preciado Nazareno, A. (2017). Evaluación del aceite reciclado de cocina para su reutilización. Guayaquil-Ecuador: Universidad de Guayaquil.

- Ramírez Nieves, T. (2018). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles. México: Centro de investigación y desarrollo tecnológico en electroquímica S.C.
- Ríos, R. (2017). Metodología para la investigación y redacción. España: Servicios Académicos Intercontinentales S.L. doi: ISBN-13: 978-84-17211-23-3
- Rivas Méndez, J. A., & Matamorros Huayra, R. (2020). Obtención de biodiesel a partir de aceite de fritura usado en establecimientos de comida rápida en Iquitos. Iquitos - Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Talavera Barra, P. J., & Urrutia Correa, M. (2019). Evaluación de la calidad química de aceites de *Sesamum indicum* (ajonjolí) y *Linum usitatissimum* (linaza) que se expenden en dos Bioferias de los distritos de Miraflores y Barranco en Lima, Perú. Lima-Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Ullah, Z., Bustam, M. A., & Man, Z. (2014). Characterization of Waste Palm Cooking Oil for Biodiesel Production. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*.

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Matriz de consistencia**

**CARACTERIZACIÓN DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA CIUDAD DE BARRANCA.**

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	NIVELES	MÉTODOS
¿De qué forma se podrá caracterizar los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel?	Caracterizar los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel.	Caracterizando los aceites residuales de cocina de la ciudad de Barranca se podrá usar con fines de uso en la producción de biodiesel.	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del aceite para conocer sus características y tomar decisiones sobre el proceso a utilizar para obtener el mayor rendimiento posible en la producción de biodiesel.	Normas de calidad para aceites según norma NTP y ASTM.	Índice de acidez	<0.5 mg KOH/gr muestra (ASTM)	Método de índice de acidez
¿Cuáles son los principales establecimientos de comida con mayor cantidad de aceite de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel?	Identificar los principales establecimientos de comida con mayor cantidad de aceite de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel.	Identificar los principales establecimientos de comida con mayor cantidad de aceite de la ciudad de Barranca se obtendrá con fines de uso en la producción de biodiesel.	La caracterización del aceite se realiza haciendo referencia a las normas utilizadas para		Porcentaje de humedad	<0.1% (ASTM)	Método de pesaje constante

<p>¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos de los aceites residuales en la ciudad de la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel?</p>	<p>Analizar los parámetros fisicoquímicos de los aceites residuales en la ciudad de Barranca con fines de uso en la producción de biodiesel.</p>	<p>Analizar los parámetros fisicoquímicos de los aceites residuales en la ciudad de la ciudad de Barranca se obtendrá con fines de uso en la producción de biodiesel.</p>	<p>la caracterización de aceites vegetales y animales (Juan Antonio, 2013)</p>				
--	--	---	--	--	--	--	--



**Anexo 2.** Documentos de la autorización de la municipalidad para obtener datos de establecimientos de aceites de cocina.



Barranca, 16 de Julio del 2018

OFICIO N° 147-2018-SGC-MPB

Señor(a):  
Sr. CAMPOMANES ABARCA DAVID MAX  
Av. Primavera - Psj. TULIPAN Lt. 01 - Barranca.

BARRANCA.-

ASUNTO: REMITO INFORMACION

REF. : RV 12806-2018

Reciba Usted, el saludo cordial a nombre de nuestra Entidad Municipal en especial de la Sub Gerencia de Comercialización y Policía Municipal, la cual presido, la presente tiene el objetivo comunicarle lo siguiente:

Respecto al pedido de su expediente, sobre información de los establecimientos, como RESTAURANTES que cuenten con Licencia de Funcionamiento, esto en mérito para la elaboración de su tesis.

En ese sentido, de la búsqueda en el Sistema Integrado Municipal - Sistema de Rentas, sistema donde se encuentran registrados los RESTAURANTE que cuentan con Licencia de Funcionamiento emitidos por esta Sub Gerencia de Comercialización, se cumple con remitir lo solicitado por el administrado.

Agradeciéndole anticipadamente la atención al presente, me suscribo de usted, no sin antes expresarle mi consideración.

Atentamente.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

C.C.  
ARCHIVO  
PB-S/rog