

Evaluación de la influencia de la concentración y el tipo de catalizadores ácido y base sobre la producción del biodiesel proveniente del aceite de la fritura de pollo

Evaluation of the influence of the concentration and type of acid and base catalysts on biodiesel production from chicken frying oil

Téllez Cobos Luz Ángela¹

Luz.tellez@unipaz.edu.co

Canabal Jiménez Dayani¹

dayani.canabal@unipaz.edu.co

Instituto Universitario de la Paz, Escuela de Ingeniería de Producción, Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad, GREIP (1)

Recibido: mayo 02 de 2023 – Aceptado: junio 14 de 2023

Resumen

La producción de biodiésel en Colombia utiliza como materia prima el aceite de palma; sin embargo, los costos asociados con dicha materia, representa entre el 70% y 90% del costo de producción. Una alternativa para reducir los costos es el cambio de materia prima por aceite usado de cocina, por lo tanto, el objetivo esta investigación fue la evaluación de la influencia de la concentración y el tipo de catalizadores ácido y base sobre la producción del biodiesel proveniente del aceite de la fritura de pollo. La reacción de transesterificación se realizó usando los siguientes catalizadores: hidróxido de potasio (KOH) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) con concentraciones al 1% y 4% para cada catalizador con respecto al aceite (v/v). El biodiésel se caracterizó mediante cromatografía de gases (determinación de ésteres metílicos, monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos), índice de peróxidos, índice de acidez, índice de yodo, densidad, índice de refracción y humedad.

La muestra del catalizador con hidróxido de potasio (KOH) con la concentración del 1%, obtuvo los siguientes resultados: metil ésteres de 96.23 % con un rendimiento 63%, 28.20 meq de O₂/kg Índice de peróxidos, 0.27 mg KOH/g de índice de acidez, 79.78 g de yodo/100 g de índice de yodo, densidad 0.88 g/cm³, índice de refracción 1.448 Nd y humedad 200 mg/kg.

En cambio, el catalizador con hidróxido de potasio (KOH) con la concentración del 1% obtuvo los siguientes resultados: metil ésteres fue al 96.23 % con un rendimiento, Índice de peróxidos se obtuvo 28.20 meq O₂/kg, índice de acidez 0.27 mg KOH/g, índice de yodo 79.78 g de yodo/100 g, densidad 0.88 g/cm³, índice de refracción 1.448 Nd y humedad 200 mg/kg.

Los resultados del estudio confirman que los mejores resultados, se presentaron bajo las condiciones del 1% con hidróxido de potasio, con este aceite usado de fritura de pollo se cumple con la mayor parte de la normatividad como (índice de acidez, índice de refracción, densidad, humedad, índice de yodo, índice de peróxidos y FAMES) establecida en Colombia, disminuyendo los costos de producción. En cuanto al catalizador ácido no fue posible obtener biodiesel a que la reacción conduce hacia la saponificación.

Palabras clave: Transesterificación, catalizador, cromatografía de gases

Abstract

The production of biodiesel in Colombia uses palm oil as raw material; however, the costs associated with said material represent between 70% and 90% of the production cost. An alternative to reduce costs is the change of raw material for used cooking oil, therefore, the objective of this investigation was the evaluation of the influence of the concentration and the type of acid and base catalysts on the production of biodiesel from the chicken frying oil. The transesterification reaction was carried out using the following catalysts: potassium hydroxide (KOH) and sulfuric acid (H₂SO₄) with concentrations of 1% and 4% for each catalyst with respect to oil (v/v). The biodiesel was characterized by gas chromatography (determination of methyl esters, monoglycerides, diglycerides and triglycerides), peroxide index, acid index, iodine index, density, refractive index and humidity.

The sample of the catalyst with potassium hydroxide (KOH) with a concentration of 1%, obtained the following results: methyl esters of 96.23% with a yield of 63%, 28.20 meq of O₂/kg Peroxide value, 0.27 mg KOH/g of acid value, 79.78 g iodine/100 g iodine value, density 0.88 g/cm³, refractive index 1.448 Nd and humidity 200 mg/kg.

On the other hand, the catalyst with potassium hydroxide (KOH) with the concentration of 1% obtained the following results: methyl esters was 96.23% with a yield, peroxide value was obtained 28.20 meq O₂/kg, acid value 0.27 mg KOH /g, iodine value 79.78 g iodine/100 g, density 0.88 g/cm³, refractive index 1.448 Nd and humidity 200 mg/kg.

The results of the study confirm that the best results were presented under the conditions of 1% with potassium hydroxide, with this used chicken frying oil it complies with most of the regulations such as (acid index, refractive index, density, humidity, iodine index, peroxide index and FAMES) established in Colombia, reducing production costs. As for the acid catalyst, it was not possible to obtain biodiesel as the reaction leads to saponification.

Keywords: Transesterification, catalyst, gas chromatography

1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho que la generación de energía a partir de combustibles fósiles es una de las principales actividades antropogénicas que ocasionan problemas ambientales como contaminación atmosférica por emisión de gases tóxicos y el calentamiento global debido a la emisión de gases un hecho que la generación de energía a partir de combustibles fósiles es una de las principales actividades antropogénicas que ocasionan problemas ambientales como contaminación atmosférica por emisión de gases tóxicos y el calentamiento global debido a la emisión de gases [1]. Partiendo de esta realidad, la búsqueda de fuentes energéticas renovables y ambientalmente sostenibles como los biocombustibles, se ha convertido en tema de investigaciones y debates a nivel mundial; es donde comienza la tecnología de producción más limpia ha sido definida como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva, integrada a los procesos, productos y servicios, del bien social, sanitario, ambiental y de la seguridad de los seres humanos [1].

La Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) publicó el pasado 27 de octubre su informe World Energy Outlook 2022, que proyecta que el consumo mundial de biocombustibles podría duplicarse con creces en 2030 y seguir aumentando hasta

2050 [2]. Sin embargo, esta industria posee algunos inconvenientes; primero que emplea como materia prima productos que se obtienen de cultivos de alimentos, segundo el aumento en la producción implica que se requiere de algún método de implementación de aceite usado de cocina después de su uso; debido a que este desecho, plantea un gran problema ambiental, tal es el caso de que 1 L de aceite desechado a la tubería contamina en promedio 1000 L de agua [3].

El objetivo principal de investigación es evaluar la influencia de la concentración y el tipo de catalizadores ácido y base sobre la producción del biodiesel proveniente del aceite de la fritura de pollo; para esto se requirió caracterizar la materia prima (aceite usado proveniente de la fritura de pollo). En donde se especifican los parámetros fisicoquímicos en la cual son necesarios para una reacción de transesterificación en la producción de biodiesel. Para esta investigación, se llevó a cabo variado la concentración de los catalizadores de ácido base, en donde la caracterización física fue comparada con los parámetros de la NTC 5444. Como resultado de esta investigación, el mejor proceso experimental se dio utilizando el catalizador básico (KOH) al 1% teniendo rendimiento del 85%, utilizando como materia prima el aceite de fritura usado de pollo.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. MATERIALES Y MÉTODOS

El aceite de fritura de pollo fue adquirido en asaderos de pollo a la broaster. Por otro lado, el metanol de 98% de pureza y el hidróxido de potasio de 85% de pureza fue obtenido en el laboratorio del Instituto Universitario de la Paz “UNIPAZ”.

Se realiza un pretratamiento a la muestra: Se recolectaron 5 l de aceite de fritura de pollo en el cual se realizó secado y filtración, para la eliminación de sus impurezas presentes en el aceite. Una vez filtrado el aceite se guardó en 5 recipientes de vidrio cada uno de 1 l de capacidad, a temperatura ambiente, hasta su uso en las pruebas experimentales. Luego se realiza un análisis químicamente el aceite usado proveniente de la fritura de pollo como: índice de acidez (NTC 218), índice de peróxido (NTC 236), índice de yodo (NTC 283), índice de saponificación (NTC 445) y físicamente como densidad (NTC 336), índice de refracción, (NTC 289), índice de humedad (NTC 287).

Después, de identificar que las condiciones de la materia prima (aceite) son aptas para la producción de biodiesel (según NTC 5444), se prosiguió evaluar el rendimiento de la naturaleza del catalizador por medio de la reacción de transesterificación con respecto a las variables involucradas en el cuadro 1 se describen las condiciones con las cuales se trabajará la investigación.

Numero de muestras	CATALIZADOR	RELACIÓN ALCOHOL: ACEITE	CONCENTRACIÓN DEL CATALIZADOR (% V/V)	TEMPERATURA	TIEMPO RX	AGITACIÓN
1	KOH	Metanol: aceite 3:1	4%	55°C	2 horas	150 rpm
2			1%			
4	H ₂ SO ₄	Metanol: aceite 3:1	4%	55°C	2 horas	150 rpm
5			1%			

Cuadro 1. Condiciones experimentales para los ensayos del laboratorio.

Al obtener el biodiesel se realizar análisis físico en densidad (NTC 336), índice de refracción, (NTC 289) y índice de humedad (NTC 287) y en la parte química se analizó pruebas como índice de acidez (NTC 218), índice de Peróxido (NTC 236), índice de yodo (NTC 283), índice de saponificación (NTC 445).

A. Caracterización fisicoquímicamente del aceite proveniente de la fritura de pollo

Análisis físico del aceite usado proveniente de la fritura de pollo. Los análisis físicos a la muestra, fueron llevados a cabo mediante los procedimientos según las normas NTC, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Caracterización	Resultados obtenidos	Parámetros establecidos
Densidad experimental [g/cm ³]	0.91	0.86-0.91 (NTC 336)
Índice de refracción (Nd)	1.468	1.460-1.500 (NTC 289)
Humedad (mg/kg)	0.31	0,05 máximo parámetro NTC 287

Cuadro 2. Caracterización física del aceite usado proveniente de la fritura de pollo.

Como se observa, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos, excepto la humedad; la densidad de la muestra cumple con la norma NTC 336, en la investigación de Xián Barros Piñero, empleando el aceite usado de cocina la densidad obtenida fue de 0.88 g/cm³. Este autor afirma que esta propiedad es muy importante, pues la cantidad de combustible, que los sistemas de inyección proporcionan a los motores debe ser medida con mucha precisión, de lo contrario no se lograría una combustión adecuada [4].

El índice de refracción, según Cristhian Alfredo Galeano León y sus colaboradores, menciona que este parámetro no incide en la producción del biodiesel ni en sus propiedades, ya que el propósito de la presente norma, es observar la relación de la velocidad de la luz, con su velocidad en el medio en otras palabras la claridad que tenga el biodiesel obtenido; estos autores en la caracterización de la grasa de fritura de pollo obtuvieron el mismo valor que esta investigación que para el caso fue 1.468 Nd [5].

El índice de humedad se determinó de acuerdo con la norma NTC 287, como la relación entre la masa de la muestra antes y después de ser secada en horno (Mommert) a 103 °C, se obtuvieron resultados de 0.31(mg/kg), también los autores Manuel Antonio Montenegro Mier et al., también obtuvieron valores por encima de la norma de 1.5 (mg/kg) situación que puede favorecer la proliferación microbiana, participar en la formación de emulsiones, causar corrosión del tanque e

hidrólisis u oxidación hidrolítica al biodiesel producido esto pudo ser producido estar mucho tiempo en contacto con el ambiente o no contar con un buen almacenamiento [6].

Análisis químico del aceite usado proveniente de la fritura de pollo: En el siguiente cuadro muestra los resultados del análisis química

Caracterización	Resultados obtenidos	Parámetros establecidos
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,41	0,5 máximo (NTC 218)
Índice de yodo (g de yodo/100 g)	87,1	120 máximo (NTC 283)
Índice de peróxidos (meq de peróxido/kg)	0,57	máx. 5.0 meq O ₂ /kg. (NTC 236)
Índice de saponificación (mg KOH/g)	170,10	185,6-205.1 máximo (NTC 335)

Cuadro 2. Caracterización química del aceite usado proveniente de la fritura de pollo.

La materia prima empleada para esta investigación según la caracterización química, cumple con los parámetros establecidos en las normas NTC 5444, para la producción biodiesel. Para el caso del índice de acidez, en la cual está dentro del parámetro (0,41 mg KOH/g), en la investigación de Cristhian Alfredo Galeano León, el valor promedio obtenido en su investigación fue 0.362 % (g ácido oléico/100 g de aceite) es decir, son valores recomendados (< 0,5 mg KOH/g) para la obtención de biodiesel ya que en la transformación de ácidos grasos libres en esteres permite la reducción de la acidez de la materia prima y aumenta el rendimiento del aceite usado; utilizando catalizadores básicos homogéneos tales como hidróxido de sodio o potasio las grasas brutas, sin refinar, presentan por lo general un índice de acidez de hasta 5 g de ácido oléico/100 g de aceite, mientras que para los aceites refinados suele ser menor a 0.2 [5].

El índice de yodo representa la cantidad de este compuesto que puede adsorber el aceite vegetal en los enlaces insaturados (enlaces dobles carbono-carbono), es decir, que entre mayor sea el valor del índice mayor será la adsorción en los enlaces dobles presentes en el aceite; esto quiere decir que entre más alto sea el índice de yodo la oxidación del biodiesel es más baja y esto garantiza que se puede tener mucho más tiempo en almacenamiento. En esta investigación el índice de yodo

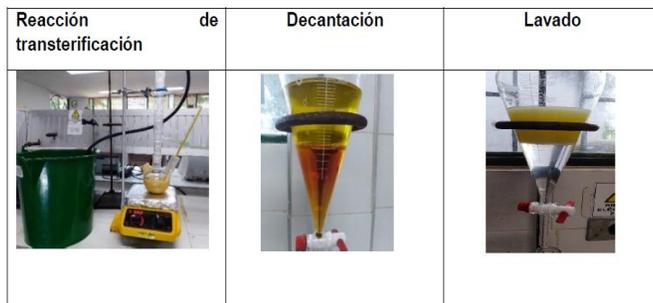
como resultado 87.1 g de yodo/100 g en la cual está por encima comparado con el resultado de la investigación Luis Monroy Rodríguez y colaboradores, que les dio 47.92 g de yodo/100 g, por lo tanto, para estos autores les favoreció las características del biodiesel obtenido, razón por la cual se obtuvieron buenos rendimientos de esta materia prima [7]. La determinación del índice de peróxido permite identificar el nivel de oxidación presente en las grasas; los resultados de esta investigación fueron 0.57 meq de peróxido/kg indican poca oxidación, encontrando un menor índice. Así se encontraba el estado de oxidación inicial del aceite fritura de pollo, este se asocia al enranciamiento de los aceites por lo general es un proceso natural, donde la composición de estos se altera con el tiempo, Cristhian Alfredo Galeano León, obtuvo 2.561 meq de peróxido/kg generando un cambio en las propiedades organolépticas, entre otras cosas; cuándo se menciona un cambio organoléptico se establece un cambio en el sabor, esta alteración que ha sufrido un proceso oxidativo intenso el enranciamiento puede ser por hidrólisis o por oxidación [8].

El índice de saponificación muestra la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) que se necesita para saponificar (convertir en jabón) un gramo de aceite. Por lo tanto, para esta investigación por cada gramo de aceite fritura de pollo, se saponifica a partir de 102.52 mg de KOH.

B. Obtención de biodiésel con catalizador básico y ácido.

La reacción de transesterificación para la obtención del biocombustible se realizó en condiciones establecidas: relación molar metanol: aceite 3:1, porcentaje de catalizador 1% y 4%, utilizando como catalizador básico hidróxido de potasio (KOH) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) como catalizador ácido. El alcohol seleccionado para esta reacción fue el metanol, ya que éste es empleado actualmente en las plantas de producción de biodiésel instaladas en Colombia. El tiempo de reacción fue de 2 horas. La reacción se montó en un balón de tres bocas de vidrio de 500 ml de capacidad, a una temperatura de 55°C y con constante de 150 rpm (ver cuadro 3). Al finalizar el tiempo de reacción, se obtuvieron 2 fases: biodiésel y glicerol, por lo cual se colocó la mezcla de reacción en un embudo de decantación, se permitió la separación de las 2 fases mediante decantación, se transfirió la fase superior (rica en biodiésel). Luego, se

llevó a cabo el lavado del biodiésel adicionando un volumen de agua correspondiente a 1/3 del volumen del biodiésel obtenido, se concedió la separación de fases y se descargó el agua.



Cuadro 3. Proceso de obtención del biodiesel.

Los rendimientos del biodiesel producido con respecto a la cantidad empleada del aceite fritura de pollo, para cada ensayo realizado se tomaron 181 ml de los 5000 ml tratados (ver cuadro 4).

Catalizador	% de catalizador	Rendimiento
Básico KOH	1	85%
Básico KOH	4	63%
Ácido H ₂ SO ₄	1	98%
Ácido H ₂ SO ₄	4	74%

Cuadro 4. Rendimientos del biodiesel obtenido.

C. Caracterización fisicoquímica del biodiesel obtenido.

Análisis físico del biodiesel proveniente de la fritura de pollo: En siguiente cuadro muestra los resultados del análisis físico del biodiesel obtenido.

Caracterización	Resultados obtenidos				Parámetros establecidos
	BASICO		ÁCIDO		
	1% catalizador	4% catalizador	1% catalizador	4% catalizador	
Densidad experimental [g/cm ³]	0,88	0,85	0,86	0,84	0,86-0,91 g/cm ³ (NTC 336)
Índice de refracción (Nd)	1,448	1,449	1,440	1,445	1,460-1,500 Nd (NTC 289)
Humedad (mg/kg)	200	500	—	—	500 mg/kg máximo parámetro NTC 287

Cuadro 5. Caracterización física del biodiesel obtenido

Las densidades se realizaron bajo la norma NTC 336 se puede observar que los valores de la propiedad se encuentran en un rango de 0.88 g/cm³ con el 1% 0.85 g/cm³ con el 4%; la humedad realizada a los ensayos

con exceso de metanol: aceite se asimilan los resultados del biodiesel obtenido con las condiciones establecidas en el cuadro 5. Ahora bien, la densidad del combustible diésel es muy importante, ya que esta propiedad define la energía junto con la potencia por volumen del motor, por tal motivo el biodiésel obtenido podría generar una eficiencia considerable. Estos valores son similares a los obtenidos en la investigación de Richard Arley Alarcón Rodríguez el en su investigación obtuvieron rangos de 0.877 g/ml a 0.885 g/ml [9].

El índice de refracción (Nd) este parámetro no está incluido en la normatividad vigente que regula la calidad de este tipo de biocombustible. Sin embargo, se llevó a cabo con el fin de observar la diferencia entre la materia prima y biodiesel obtenido, en la caracterización de ambos se obtuvieron valores para el aceite de pollo 1.468 Nd y para el biodiesel obtenido 1.448-1.449 Nd y con el exceso el rango fue 1.442-1.449 Nd, esto demostró que la materia prima si está dentro de los parámetros establecidos por la NTC 289 y que el biodiesel obtenido está por debajo de lo establecido por la norma, autores que también han trabajado con aceite de fritura de pollo como Cristhian Alfredo Galeano León y sus colaboradores, obtuvieron en su investigación valores similares en el biodiesel obtenido así un índice de refracción de 1.451 Nd en conclusión la propagación de la luz en los autores es mayor que la de esta investigación [10].

La prueba de contenido de agua del biodiesel estuvo dentro del máximo permitido por los estándares de la NTC 5444 (Máximo 500 mg/kg) según lo dicho por el autor Edwin Alberto Bulla Pereira según los datos de las pruebas el biodiesel obtenido en su investigación estos resultados muestran que podría haber corrosión en los tanques de almacenamiento, así como la formación de emulsiones, procesos de oxidación hidrolítica e incluso una posible reducción en el tiempo de almacenamiento debido al crecimiento microbiano en los Etil ésteres de ácidos grasos (FAEE).

Análisis químico del biodiesel proveniente del aceite de la fritura de pollo: En el siguiente cuadro se muestran las caracterizaciones químicas del biodiesel obtenido con el catalizador básico. El biodiesel obtenido por medio de catalizador ácido, no se le realizaron estas pruebas debido al resultado del procedimiento de la humedad, es decir, se observó que durante el ensayo para obtener la humedad se evaporó completamente, por lo tanto, las muestras tenían una gran concentración de alcohol que

perjudicó la demás caracterización químicas.

Caracterización	Resultados obtenidos		Parámetros establecidos
	1% catalizador básico	4% catalizador básico	
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,27	0,40	0,5 mg KOH/g máximo (NTC 218)
Índice de yodo (g de yodo/100 g)	79,78	80,94	120 g de yodo/100 g máximo (NTC 283)
Índice de peróxidos (meq de peróxido/kg)	28,20	43,40	máx. 5,0meq O ₂ /kg. (NTC 236)
FAMES	96,23	94,36	96,5 % en masa mínimo NTC 5444

Cuadro 6. Caracterización química del biodiesel obtenido.

Con base a los cuadros anteriores, se observa que el exceso de metanol: aceite no generó un cambio significativo en las caracterizaciones físicas comparados con el biodiesel 1% sin exceso. También se observa en el cuadro 6, que el índice de acidez aumenta a medida que aumenta la concentración del catalizador, también se muestra que el catalizador básico al 4%, dio el índice de acidez similar al aceite de fritura de pollo. En cambio, la investigación de Rosa María Camargo Mejía y sus colaboradores, reporta que el índice de acidez disminuyó a medida que aumentaron del porcentaje del catalizador básico. También, haciendo una comparación con los valores obtenidos por Edwin Alberto Bulla Pereira y de las especificaciones de las normas mostradas (EN 14214 IA = máximo 0,5 y ASTM-D 6751 IA = máximo 0,8), se puede observar que los índices de acidez obtenidos son similares a esta investigación [8].

Para esta investigación, los resultados del índice de yodo se obtuvieron valores similares, es decir, no hubo una diferencia entre los dos catalizadores. Este índice nos permite obtener el número de instauraciones de los AG en el aceite. Un aceite cuando se encuentra completamente saturado tendrá un índice de yodo=0 56. Los resultados de esta investigación están dentro de los parámetros de la norma NTC 5444 que dice que el máximo permitido de yodo es 120g.

El índice de peróxidos en biodiesel, según la tabla anterior, aumentó a medida que aumenta la concentración de catalizador básico. Pero según, la información que arroja los autores Cristhian Alfredo Galeano León y sus colaboradores, entre más bajo sea el índice de peróxidos, mayor será la estabilidad oxidativa del biodiesel obtenido, siempre y cuando se almacene en condiciones adecuadas (ambientes frescos, sin

exposición directa a la luz y al aire). Por lo tanto, el biodiesel con catalizador básico 1% presentan mayor estabilidad oxidativa comparado con el biodiesel del catalizador 4%.

III. CONCLUSIÓN

A. En la caracterización del aceite proveniente de la fritura de pollo empleado para esta investigación, cumple con los parámetros establecidos según la norma NTC 5444, para su posterior tratamiento, es decir, esta materia prima garantiza la reacción de transesterificación para producir biodiesel.

B. El presente estudio mostró, que bajo las condiciones establecidas para llevar acabó la producción de biodiesel con el catalizador básico (KOH) con la concentración 1% y 4% se obtuvieron rendimientos de producción 85% y 63% respectivamente. En cambio, cuando se empleó el catalizador ácido ocurrió el fenómeno de saponificación; aunque se realizaron ensayos adicionales a este catalizador aumentando la relación metanol: aceite no resultaron satisfactorios.

C. Con base a los resultados de las caracterizaciones físicas químicas y la cromatografía el mejor resultado para la producción de biodiesel fue el catalizador básico de 1%, en la cual se obtuvieron menos presencia monoglicérido, triglicéridos y diglicéridos, comparado con el ácido.

REFERENCIA

- [1] MONROY RODRÍGUEZ, Luís, et al. Obtención de biodiesel a partir de grasa residual de pollo. Revista Ciencias e Ingeniería al Día. 2012, nro.61. pp.2. ISSN1900-768X.
- [2] IEA. Nuevo informe de la IEA estima que el consumo de biocombustible se duplique en 2030. Blog. Disponible en línea: <https://h2businessnews.com/nuevo-informe-de-la-iea-estima-que-el-consumo-de-biocombustibles-se-duplique-en-2030/>
- [3] BULLA PEREIRA, Edwin Alberto. Diseño del proceso de producción del biodiesel a partir de aceites de fritura. Trabajo de grado Magister en Ingeniería – Ingeniería Mecánica. Bogotá D.C Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Mecánica y Mecatrónica.2014. 1p.
- [5] Barros Piñero, Xián. Obtención de biodiesel a partir de aceite de cocina usado de la ENM. Trabajo de grado en Ingeniería Mecánica. Facultad de ingeniería. Departamento mecánico. 2014-2015.31 p.
- [6] GALEANO LEÓN, Cristhian Alfredo; GUAPACHA MARULANDA, Esteban. Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible (biodiesel). Trabajo

- de grado químico Industrial. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Escuela de tecnología química. 2011.p 67.
- [7] MONTENEGRO MIER, Manuel Antonio, et al. Producción y caracterización de biodiésel a partir de aceite de pollo. Trabajo de grado en Ingeniería Mecánica. Facultad de ingeniería. P 67.
- [8] LUIS MONROY RODRÍGUEZ, et al. Obtención de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. Revista Luna Azul. 2013, nro. 65. pp. 19. ISSN 0120-3916.
- [9] BULLA PEREIRA, Edwin Alberto. Diseño del proceso de producción del biodiesel a partir de aceites de fritura. Trabajo de grado Magister en Ingeniería – Ingeniería Mecánica. Bogotá D.C Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Mecánica y Mecatrónica.2014. 55p.
- [10] ALARCÓN RODRÍGUEZ, Richard Arley, Obtención de biodiésel a partir de mezclas de aceite usado de cocina y aceite de palma. Trabajo de Grado Ingeniero Mecánico. Bogotá D.C Universidad Santo Tomás de Colombia. Facultad de ingeniería mecánica. División de ingenierías.2014.42p.
- [9] REYERO, Inés, et al. Kinetics of the NaOH-catalyzed transesterification of sunflower oil with Ethanol to produce biodiesel. Fuel Processing Technology 129 (2015) 147–155.



Luz Ángela Téllez Cobos, ingeniera química de la Universidad Industrial de Santander-UIS, especialista en Gestión Ambiental de la Fundación Área Andina y candidata a la Maestría en Prevención de Riesgo Laborales de la Universidad Europea del Atlántico. Docente investigadora del Instituto Universitario de la Paz. Su investigación más reciente, es enfocada al desarrollo de procesos biocombustible y bioplásticos.