



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Obtención de Biodiésel a partir de aceites residuales mediante
transesterificación. Revisión sistemática 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Peña Rosales, Jordan Paolo (ORCID: 0000-0002-1173-3811)

ASESOR:

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-8578-4259)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios por iluminar mis conocimientos, a mis padres por brindarme su apoyo incondicional, a mis amigos más cercanos quienes también estuvieron apoyándome y motivándome continuamente.

Agradecimiento

Doy gracias a la Universidad César Vallejo por ser parte de mi educación y por la facilidad que nos brinda al otorgarnos asesores que nos guiaron con sus grandiosos conocimientos para desarrollar la presente tesis, a mis padres por la paciencia y apoyo incondicional.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.	14
3.3. Escenario de estudio.....	16
3.4. Participantes	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.6. Procedimiento	16
3.7. Rigor científico	18
3.8. Método de análisis de datos	18
3.9. Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
V. CONCLUSIONES.....	27
VI. RECOMENDACIONES	28
REFERENCIAS	29
ANEXOS	33

Índice de tablas

Tabla 1. Características fisicoquímicas del aceite residual de cocina	5
Tabla 2. Análisis comparativo del biodiésel a partir de diferentes materias primas	8
Tabla 3. Antecedentes de obtención de biodiesel a partir de aceites residuales de cocina.....	10
Tabla 4. Matriz de categorización apriorística.	15
Tabla 5. Materias primas para la producción de biodiesel	20
Tabla 6. Método de transesterificación en la obtención del biodiesel.....	22
Tabla 7. Características del biodiesel	24
Tabla 8. Condiciones de alcohol, catalizador y tiempo en la producción de biodiesel.....	26

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de proceso de Biodiésel	6
Figura 2. Procedimiento para la revisión sistemática.....	17
Figura 3. Año de publicación de los artículos encontrados.	19

Resumen

La investigación tiene por objetivo determinar las consideraciones para la obtención de biodiesel a partir de aceites residuales con la finalidad de sintetizar la información de artículos científicos en español e inglés de revistas indexadas, para ello se hizo uso de la técnica de análisis documental y un instrumento de ficha de recolección de datos, así la información se analizó con el método de grupos de categorías, los resultados mostraron que una influencia de catalizador, alcohol y tiempo de reacción para lograr obtener el biodiesel a partir de aceite residual, varía entre 30 a 348 minutos, mientras que los rangos de rendimiento del producto se desarrolló utilizando el catalizador KOH con 110 ml de metanol con rendimiento comprendido entre 96.89 - 97.88%, con H_2SO_4 y 27.27 ml de metanol el rendimiento fue 70% y NaOH con alcohol que varía en 120 y 150 ml fue entre 9.67 - 97%, presentando las características de densidad: 900 Kg/m^3 , viscosidad: $2.45 \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$, concluyendo que las consideraciones para la obtención de biodiesel a partir de diversas materias primas de aceites residuales en los artículos revisados son el catalizador, alcohol y tiempo de reacción.

Palabras clave: Transesterificación, biodiesel, proceso, reacción.

Abstract

The research aims to determine the considerations for obtaining biodiesel from residual oils in order to synthesize the information of scientific articles in Spanish and English from indexed journals, for this purpose the technique of documentary analysis and a data collection card instrument were used, as well as information was analysed using the category group method, the results showed that a catalytic influence, alcohol and reaction time to achieve biodiesel from residual oil varies between 30 to 348 minutes, using the KOH catalyst with 110 ml of methanol yield was obtained between 96.89 - 97.88%, with H₂SO₄ and 27.27 ml of methanol the yield was 70% and NaOH with alcohol varying in 120 and 150 ml was between 9.67 - 97%, presenting the characteristics of density: 900 Kg/m³, viscosity: 2.45 cm²s⁻¹, concluding that the considerations for obtaining biodiesel from various waste oil raw materials in the revised articles are catalyst, alcohol and reaction time.

Keywords: Transesterification, biodiesel, process, reaction

I. INTRODUCCIÓN

Los principales problemas ambientales en la actualidad son la contaminación del aire, tierra y agua generados básicamente por el ser humano. En ese sentido, la contaminación hídrica, a causa de los residuos industriales, residuos provenientes de la extracción de petróleo y aguas residuales, están generando modificaciones en el equilibrio hídrico. Llegando a convertir las reservas de agua en una sustancia peligrosa para el consumo humano, la agricultura y la pesca. Asimismo, la contaminación generada por los residuos de aceite de cocina es considerado uno de los factores más contaminantes del agua (Moya y Moya, 2020).

Sin embargo, actualmente el aceite comestible representa una gran demanda para la preparación de los alimentos ya que es un ingrediente fundamental, principalmente en las frituras ya que mediante ello se logra transmitir calor y a través del proceso aporta sabor y textura a los alimentos. A nivel mundial el sector de aceite sigue en constante crecimiento, siendo los aceites de palma, palmiste, soja, colsa, girasol los que constituye el 91% del total de aceites y la diferencia corresponde a los aceites de cacahuate, algodón y oliva (Maluenda, 2019).

En el año 2019 se calculó una producción total de aceite vegetal de 208 millones lo cual indica una tendencia de crecimiento del 18% respecto al año 2015. En ese sentido, en los últimos años el consumo de aceite asciende a unas 850.000 Tn y de acuerdo con los actuales hábitos culinarios y de consumo, se estima que pueden generarse unos 150 millones de litros anuales de aceite vegetal usado (D'Alessandro et al., 2016).

El crecimiento de la población mundial, la globalización, la adaptación a nuevos estilos de vida y con el afán de buscar siempre la comodidad son factores que influyen en el consumo desmedido de energía y generación irracional de residuos, los cuales son considerados problemas ambientales ya que generan emisiones de gases de efecto invernadero y lluvia acida, todo a consecuencia de las actividades humanas. Asimismo, las descargas de aguas residuales por parte

de las cocinas, restaurantes, plantas de procesamientos de alimentos contienen una gran proporción de grasas y aceites (Abomohra et al., 2020).

En ese contexto es preciso mencionar que los aceites residuales son un factor de contaminación al medio ambiente debido a que no son tratados de la mejor manera. El incremento del consumo infiere también al vertimiento desmedido de este compuesto tanto al suelo como a los desagües de las redes públicas, lo cual llega a afectar a la fertilidad del suelo y en el agua ocasionando la pérdida de la flora y la fauna a nivel acuático (Solís & Neira, 2018).

El Perú no es ajeno a esta realidad mucho más aún si es considerado como el país gastronómico, actualmente mediante el crecimiento de la población, los estilos de vida han cambiado por tanto la alimentación también, en muchos casos se tiene como preferencia las comidas rápidas los cuales incluyen abundantes frituras y con ello la generación de una gran cantidad de aceite residual (Solís & Neira, 2018).

Las industrias aceiteras han tenido un crecimiento considerable durante los últimos tiempos, sin embargo, dichas empresas vienen originando problemas de contaminación debido a su proceso de extracción los cuales requieren gran cantidad de agua, que son desechados directamente a los ríos. En ese sentido, según estudios realizados indican que en el Perú más de la mitad de los ríos están contaminados en gran parte por los derivados del aceite, en los cuales destaca el río chillón, Mantaro, chili entre otros (Moya & Moya, 2020).

Asimismo, solo en Lima se estaría produciendo diariamente en los restaurantes un aproximado de 50,000 galones de aceite usado, de los cuales el 80% son desechados directamente por las cañerías los cuales llegan a parar en el mar, asimismo dichos desechos estaría afectando a 21 lagunas de estabilización de Lima que deben reducir la contaminación de todo lo que proviene de los desagües, y por otro lado, el 20% restante son vendidos en el mercado negro (Léon, 2017).

Los residuos del uso de aceites como se mencionó anteriormente son desechados por los desagües, lo cual poco a poco irán atorando las tuberías generando una gran cubierta de grasa que a la vez servirán de habitación de roedores e insectos. Asimismo, el aceite residual desechado llega a parar a los

ríos y mares cubriendo la superficie lo cual dificulta el ingreso del oxígeno lo cual afecta a los peces y demás seres vivos. En ese sentido, se menciona que un litro de residuo de aceite podría contaminar cerca de mil litros de agua lo cual representa la cantidad de agua que consume una persona durante un periodo de 11.5 años. (Miranda, 2016).

Ante dichas necesidades medioambientales se plantean alternativas de solución dentro de las cuales es darle uso a un desecho que propicia la contaminación como lo es el aceite usado generado por la cocina, dando paso a la producción de combustibles renovables los cuales sustituyen al combustible del petróleo. En ese caso el biodiesel es obtenido a partir de aceites vegetales siendo una alternativa para reemplazar parte del petróleo demandado (Tacias, Rosales y Torrestiana, 2016).

Bajo ese contexto, se dice que el biodiesel es considerado una fuente de energía limpia y de gran calidad siendo económicamente viable, para su producción existen diversas materias primas dentro de las más comunes destaca los aceites vegetales, aceites de origen animal y sobre todo los aceites residuales provenientes de las frituras. Además, que la combustión del biodiesel es favorable para el medio ambiente debido a que no genera residuos tóxicos a diferencia de los hidrocarburos, asimismo disminuye el riesgo de propagación de enfermedades (Marcano et al., 2014).

El interés de buscar nuevas alternativas a fin de minimizar el impacto ambiental generado por los residuos de aceites de cocinas ha permitido investigar y optar por la obtención de biodiesel, el cual sustituye a los combustibles fósiles, es por ello que el aceite de frituras residual se perfila como una alternativa favorable (Acevedo, Becerra, Acevedo, & Posso, 2019).

En base a lo mencionado, en el presente artículo de revisión sistemática se pretende aportar soluciones que contribuyan a la reducción de la contaminación ambiental mediante el aprovechamiento del producto en mención, asimismo, se pretende motivar a la ejecución de nuevas investigaciones tanto en laboratorio como en campo, que avalen futuras decisiones con respecto a la posible valorización ambiental, económica y social de los aceites residuales mediante la utilidad de los resultados de esta investigación.

Por tanto, la justificación ambiental de la presente revisión sistemática se basa en el beneficio como energía renovable, permitiendo disminuir las emisiones nocivas que se expulsan al medio ambiente, así como también disminuir la contaminación. Para ello, la producción de biodiesel consiste básicamente en la recolección de aceites usados, posteriormente se realiza una limpieza de los residuos y se obtiene el producto en mención el cual es generado a través de una reacción de transesterificación empleando proporciones molares de metanol/aceite (Lafont, Páez y Torre, 2011).

Mientras que la justificación social se evidencia en la prevención de enfermedades derivadas de la contaminación del agua, así como en el bienestar debido a la gestión eficiente de los residuos peligrosos. En cuanto a la justificación económica al tratarse de un producto usado, el costo es menor a comparación del aceite virgen, por tanto, es factible económicamente el uso de este subproducto como materia prima (López, Bocanegra y Malagón, 2015). En base a lo mencionado se planteó el problema general: ¿Cuáles son las consideraciones para la obtención de biodiesel a partir de aceites residuales mediante transesterificación?, asimismo se estableció los siguientes problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son los aceites residuales utilizados para la obtención de biodiesel?

PE2: ¿Cuál es la influencia de la transesterificación en la obtención del biodiesel a partir del aceite residual?

PE3: ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual?

También se estableció el objetivo general el cual fue: Determinar las consideraciones para la obtención de biodiesel a partir de aceites residuales.

OE1: Identificar los aceites residuales utilizados para la obtención de biodiesel.

OE2: Evaluar la influencia de la transesterificación en la obtención del biodiesel a partir del aceite residual.

OE3: Describir las propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual.

II. MARCO TEÓRICO

El aceite residual de cocina presenta distintas características a la del aceite virgen del que se obtiene, puesto que, luego de haber sido expuesto a altas temperaturas y prolongados tiempos de exposición, su composición varía.

El proceso de fritura por el cual pasa el aceite virgen, genera diferentes reacciones, tales como la hidrólisis, la cual hace que los ácidos grasos libres aumenten; a su vez producen la formación de monoglicéridos y diglicéridos, también provoca oxidación debido a la aparición de hidroperóxidos, cetonas, hidrocarburos y aldehídos; es importante recalcar que además se produce la polimerización a través de la formación de polímeros producto de los dobles enlaces que poseen los ácidos grasos.

El aceite residual de cocina presenta una composición bien parecida a la del aceite de palma crudo, el cual está comprobado que es el aceite ideal para la producción de biodiesel (Serna, 2019).

Tabla 1. *Características fisicoquímicas del aceite residual de cocina*

Parámetro	AFR
<i>Perfil de ácidos grasos libres</i>	
Ácido oleico (C18:1)	42.70%
Ácido palmítico (C16:0)	33.52%
Ácido esteárico (C18:0)	7.44%
Densidad (g/cm ³) 0,96	0.96%
Viscosidad a 40°C (mm ² /s)	52.89%
Índice de refracción	1.46%
Contenido de humedad (%)	0.05%
Índice de acidez (mgKOH/g)	5.12%
Porcentaje de acidez (% Ácido oleico)	2.57%
Índice de peróxidos (meqO ₂ /g)	12.5%
Índice de saponificación (mgKOH/g)	174.70%

Fuente: Adaptado de (Serna, 2019)

La producción de biodiésel proveniente del aceite residual de cocina, consta de 3 etapas que son la Adecuación, la Transesterificación y la Purificación (Deepayan y Kakoli, 2018):

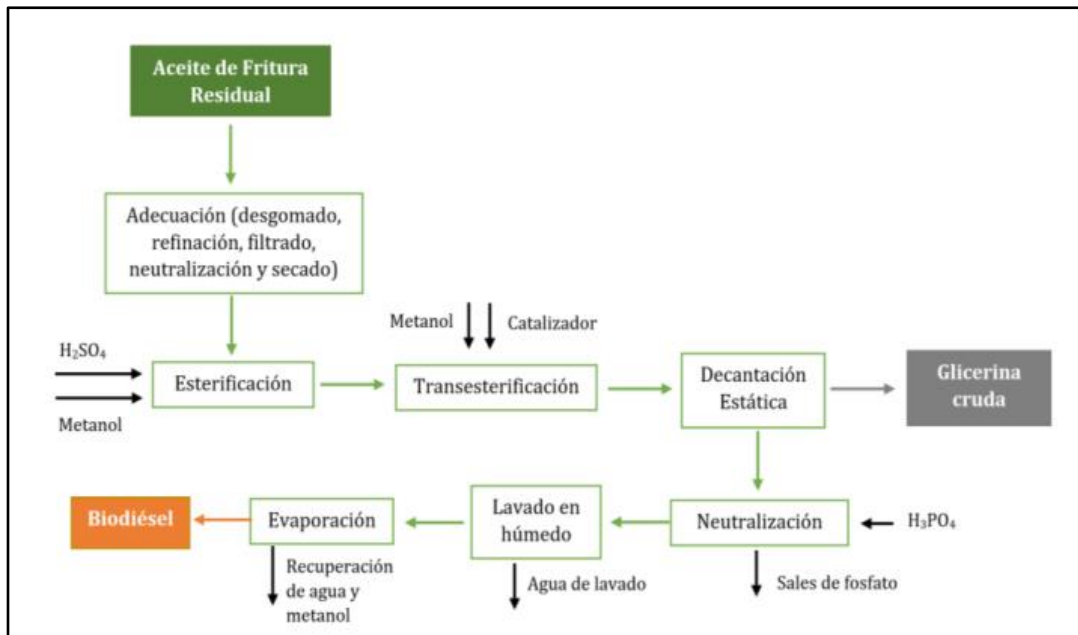


Figura 1. Diagrama de proceso de Biodiésel

Para la primera etapa del proceso (Adecuación). se sabe que el aceite residual de cocina contiene alta presencia de materiales como ácidos grasos libres, impurezas sólidas y agua, por tal motivo debe ser sometido a diversos procesos de desgomado, refinación, filtrado, neutralización y secado con el fin de bajar ese nivel alto de impurezas y ácidos grasos que contiene el aceite residual de cocina y podría causar fallas o averías en los equipos utilizados para llevar a cabo el proceso de producción de biodiésel y a la vez por el mismo motivo de cumplir con los estándares de calidad exigidos (López, Bocanegra y Malagón, 2015).

En ese caso, para disminuir los niveles de ácidos grasos libres en el aceite residual, se pueden usar diferentes técnicas, tales como la esterificación del ácido utilizando metanol y ácido sulfúrico; mediante catalizadores, esterificando los ácidos grasos libres haciendo uso de resinas iónicas; mediante neutralización con álcalis, realizando la separación de jabón; y como último método también se considera la extracción con líquidos polares, esterificando mediante ácidos y posteriormente destilando los ácidos grasos libres, para disminuir los altos niveles de agua, ya que éste impide la conversión de biodiésel, por tal motivo para eliminar el agua, se calienta el aceite residual sobre 100° C y en caso se

realice de forma industrial, se destilaría a 0.05 bar. Para eliminar los sólidos tales como fosfolípidos u otras impurezas, se realiza el lavado de la muestra con agua caliente o si no se centrifuga para eliminarlos.

En la segunda etapa (Transesterificación), se cataliza los aceites vegetales mediante el uso de alcohol con el fin de producir biodiésel y como subproducto el glicerol. Dicho proceso de transesterificación consiste en una cadena de 3 reacciones; en el cual los triglicéridos del aceite se transforman en diglicéridos y éstos mismos se vuelven a convertir en monoglicéridos, convirtiéndose posteriormente en glicerol. A pesar de los muchos procesos que existen, los procesos de transesterificación ácida y alcalina son más rápidos y tienen menor costo a diferencia de los procesos catalizados por enzimas (Tejada, L., Villabona, & Monroy, 2013).

Para tal caso, en algunas investigaciones se han realizado catálisis alcalina y posteriormente catálisis ácida, en la cual se evidencia notoriamente la reducción del tiempo en el proceso y la mayor concentración del catalizador. Las lipasas son las enzimas mayormente utilizadas en la producción de biodiésel derivado del aceite residual de cocina, y que ésta poderosa enzima convierte los ácidos grasos libres en metil ésteres de ácidos grasos, además al ser utilizadas en el proceso de transesterificación, el biodiésel y el glicerol pueden recuperarse fácilmente con un mínimo nivel de impurezas, en cuanto al contenido de agua en el aceite residual, ésta enzima tolera la humedad, convirtiéndola en altas concentraciones de biodiésel (Tejada, L., Villabona y Monroy, 2013).

En la tercera etapa (Purificación), posterior a la conversión de aceite residual, aún es posible encontrar triglicéridos, diglicéridos y monoglicéridos sin reaccionar, así como también metanol, restos de los catalizadores, glicerina, agua y jabón, por tal motivo es necesaria la purificación, y para ello se utiliza cloruro de sodio o centrifugar para lograr la separación definitiva y el biodiésel puro.

En el caso que el biodiésel haya sido obtenido mediante catálisis ácida, éste catalizador sin antes haber reaccionado se puede neutralizar mediante ácido fosfórico, el cual producirá sales de fosfatos que luego de ser retiradas del biodiésel pueden ser aprovechadas como fertilizantes, pero aun así el biodiésel sigue teniendo impurezas tales como alcohol, para ello se utiliza la evaporación

como técnica para remover dicho alcohol, y finalmente la destilación al vacío para eliminar todo tipo de residuos que hayan quedado.

Como parte final el biodiésel es lavado con agua en diferentes temperaturas, el cual terminaría cuando el agua se vuelva neutra. Luego de realizar la purificación del biodiésel, lo que queda es acondicionar el glicerol obtenido, a través de la utilización de ácido fosfórico. Como resultado final se generan ácidos grasos, fosfatos y glicerina que luego de ser procesados pueden comercializarse (López, Bocanegra y Malagón, 2015).

El biodiésel como producto final, tiene diferentes propiedades de calidad, ya que éste puede ser obtenido de diversas materias primas, tales como aceites vegetales, aceites refinados o de aceites usados los cuales se generan como residuo (Mohamed, y otros, 2020).

Tabla 2. Análisis comparativo del biodiésel a partir de diferentes materias primas

Parámetro	Aceite de cocina (50)	Aceite de palma	Aceite de fritura	Resolución 9-0963/2014
Viscosidad (mm ² /s)	4.89	4.59	4.44	1.9-6.0
Densidad (kg/m ³)	810	875	896	860-900
Contenido de humedad (mg/kg)	110	530	500	500 max
Número ácido (mg KOH/g)	0.06	0.89	0.38	0.5 max
Contenido de ésteres (% en masa)	98.45	99.4	88.9	96.5 min
Monoglicéridos (% en masa)	0.75	0.76	3.59	0.80 max
Diglicéridos (% en masa)	0.15	0.07	0	0.20 max
Triglicéridos (% en masa)	0.1	0.32	0	0.20 max
Glicerina total (% en masa)	0.01	0.22	-	0.25 max

Fuente: Adaptado de (MOHAMED, y otros, 2020).

La viscosidad que posee el biodiésel es el problema principal al usar aceite vegetales, refinados o usados, puesto que la elevada viscosidad disminuye la fluidez del combustible dentro de los motores

El contenido de agua es otro factor importante para la calidad del biodiésel ya que una humedad elevada puede favorecer el crecimiento microbiano, causar corrosión, formar emulsiones y estimular la hidrólisis de ésteres, y para ello el biodiésel producido por AFR tiene un valor inferior al máximo exigido. En la tabla 2 se puede apreciar las propiedades en sus diversos parámetros con sus

cantidades correspondientes, teniendo como patrón los valores exigidos por la Resolución 9-0963/2014.

El efecto ambiental del uso de aceite residual tiene aspectos positivos como también negativos. Para ello desglosamos información de mucha importancia. En Colombia destinar el aceite residual como materia prima para otros productos, representa un aprovechamiento sostenible, ya que se evitaría verter el residuo a las redes de agua públicas e incluso verterlas directamente a las fuentes hídricas, puesto que cada litro de aceite residual que se arroja al agua contamina 1000 litros de la misma, y si se ve el impacto negativo de dicho residuo, en ese país el vertimiento es en grandes cantidades que llegan casi a los 60 millones de litros vertidos a las centrales hídricas (Moya & Moya, 2020).

Analizando el impacto por el lado del mismo producto que es el biodiésel, éste tiene grandes beneficios como vector de energía, ya que puede sustituir a los combustibles fósiles, además que su uso genera menor contaminación atmosférica. Pero viendo el lado negativo, la producción de biodiésel puede alterar el espacio vital de los ecosistemas tradicionales y plantaciones agrícola, puesto que también puede ser obtenido de diferentes aceites vegetales tales como, del aceite de palma, aceite de soya, aceite de trigo, etc.; por tal motivo se recalca que la producción de biodiésel a partir de materias primas que no compitan con los alimentos, como es el caso del aceite residual, resulta en una opción favorable para la producción de biocombustibles de segunda generación (Alfonso, 2013).

En cuanto a los beneficios ambientales del uso de los biocombustibles, tales como el etanol y el biodiésel, obtienen que las emisiones de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) disminuyen al utilizar mezclas de biodiésel-diésel, debido al contenido de oxígeno en el biodiésel (11%) y al aumento de la velocidad del motor durante la combustión (Abomohra et al. (2020).

Con el fin de identificar el impacto del biodiésel a partir de aceite residual en el aire, se puede apreciar que su concentración al ser utilizada por motores disminuye en 14 ppm, lo cual se debe a la calidad del biodiésel, porque un alto contenido de ésteres en el aceite residual disminuye la generación de CO (Silva, y otros, 2018).

Tabla 3. Antecedentes de obtención de biodiesel a partir de aceites residuales de cocina

N°	Obtención	Parámetros	Etapas	Propiedades de calidad	Impacto	Tipo de aceite	Autores
1	Biodegradación in vitro de residuos de aceite usados de cocina	Temperatura (27°) Tiempo (3,5 y 8 días) Porcentajes	Inoculación Cultivo Degradación	Ácidos grasos libres: Penicillium 21 ± 1.11=3 días 55 ± 0.13= 5 días 96 ± 1.25= 8 días Aspergillus 33 ± 0.98= 3 días 70 ± 0.89= 5 días 98 ± 0.41 = 8 días Amorphoteca 19 ± 2.73= 3 días 44 ± 1.02=5 días 95 ± 3.12= 8 días	Positivo	Aceite usado de cocina	Moya-Salazar y Moya-Salazar (2020)
2	Biodiésel	Porcentajes Densidad pH Cantidades (Kg)	Adecuación Transesterificación Filtrado	Densidad (879) Ácidos grasos (0.05) Viscosidad (29.23)	Positivo	Potencial de grasas Aceite Grasas	Abomohra et al. (2020)
3	Biodiésel	Acidez (0.45 mg KOH/g) Ácidos grasos libres (0.72) Saponificación (185.62 mg KOH/g) Ester (99.76%) Humedad (0.02) Estabilidad oxidativa (2.78h) Viscosidad (37.86 mPa/s)	Transesterificación Saponificación e Hidrólisis	Acidez (0.10) Ácidos grasos (0.05) Saponificación (196.23) Ester (99.95) Humedad (0.04) Estabilidad oxidativa (7.56) Viscosidad (29.23)	Positivo	Grasas y aceites residuales de cocina	(Tacias et al., (2016)

4	Biodiésel	<p>Tiempo (6 – 10 horas)</p> <p>Concentración de ácido (5 – 15% p/p de H₂SO₄)</p> <p>Densidad (882 hg/m³)</p> <p>Índice de acidez (0.95)</p>	<p>Obtención, pre-tratamiento y caracterización del aceite</p> <p>Catálisis básica</p> <p>Catálisis ácida</p> <p>Purificación del biodiesel</p> <p>Caracterización del biodiésel</p>	<p>Rendimiento (38.65%)</p> <p>Densidad (881 kg/m³)</p> <p>Índice de acidez (1.59)</p>	Positivo	<p>Productos secundarios de la reacción de transesterificación de aceites residuales de cocina</p>	Marcano et al., (2014)
5	Biodiésel	<p>Ácidos grasos (80%)</p> <p>Temperatura (100°C)</p> <p>Concentraciones bajas (0,5 a 1% p/p)</p> <p>Humedad menor al 0.05%</p> <p>Tiempo (20min)</p>	<p>Adecuación</p> <p>Transesterificación</p> <p>Purificación</p>	<p>Rendimiento (98.4%)</p> <p>Viscosidad (4.44 mm²/s)</p> <p>Densidad (896 kg/m³)</p> <p>Contenido de humedad (500 mg/kg)</p> <p>Número ácido (0.38 mg KOH/g)</p> <p>Monoglicéridos (3.59% de masa)</p> <p>Diglicéridos (0%)</p> <p>Triglicéridos (0%)</p> <p>Glicerina total (-)</p>	Positivo	<p>Aceite de fritura residual(AFR)</p>	(Acevedo et al., (2019)

6	Biodiésel	Filtración (malla de 5 micras de poro) Agua destilada a 70°C Temperatura de Rotavaporador a 90°C Transesterificación (concentración al 1% p/p – 1.5 horas)	Recolección de muestras de aceite reutilizado Filtración Lavado Centrifugación Decantación Rotavaporación Transesterificación	Rendimiento (92.046±0.641%) Viscosidad (7.93) Densidad (0.88) Número ácido (0.80 mg KOH/g)	Positivo	Aceite de cocina usado Diesel por Espectroscopia Infrarroja	Lafont, Páez y Torres (2011)
7	Biodiésel	Tiempo (2 horas) Temperatura (35 - 50°C) pH (11.20) Biocatalizador (concentración al 30% p/p)	Transesterificación (Saponificación – Hidrólisis – Catálisis)	Viscosidad (4.56 mm ² /s) Densidad (864 kg/m ³) Humedad (87 mg/kg) Número de ácido (0.15 mg KOH/g) Ésteres (95.10 % de masa)	Positivo	Aceite de cocina usado	López, Bocanegra, y Malagón (2015)
8	Biodiésel	Tiempo (50 min) Concentración (15% p/p) pH (12.05) Ácidos grasos libres (0.14%) Temperatura (50°C)	Purificación Decantación Catalizado	Viscosidad (4.89 m ² /s) Densidad (789 kg/m ³) Contenido de humedad (95 mg/kg) Glicerina total (0.01%)	Positivo	Aceite de frituras residual	(Serna, 2019)
9	Biodiésel	Saponificación (90.43 mg KOH/g) Ester (54.32%)	Transesterificación (Saponificación – Decantación y Catalizado)	Acidez (0.12 mg KOH/g) Ácidos grasos (0.03%) Ester (32.98%) Humedad (0.02 mg/kg)	Positivo	Desechos de alimentos de la cocina	Deepayan y Kakoli (2018)

		Humedad (0.02 mg/kg)		Viscosidad (17.32mPa/s)			
10	Biodiésel	Humedad (0.43 mg/kg) Temperatura (100°C) Tiempo (4 – 6 horas)	Transesterificación (Hidrólisis – Decantación y Catalizado)	Acidez (0.30 mg KOH/g) Ácidos grasos (0.09%) Saponificación (126.65 mg KOH/g) Ester (72.46%) Humedad (0.07 mg/kg) Estabilidad oxidativa (5.32h) Viscosidad (29.23 mPa/s)	Positivo	Diferentes tipos de grasas residual de origen animal	Tejada et al., (2013)
11	Biodiésel	Tiempo (4 - 7 horas) Temperatura (65 - 85°C) pH (10.43) Biocatalizador (concentración al 45% p/p)	Transesterificación (Saponificación – Hidrólisis – Catálisis)	Viscosidad (5.32 mm2/s) Densidad (732 kg/m3) Humedad (0.06 mg/kg) Número de ácido (0.33 mg KOH/g) Ésteres (93.21 % de masa)	Positivo	Aceite de cocina usado	(MOHAMED, y otros, 2020)
12	Biodiésel	Ácidos grasos (65.32%) Temperatura (100°C) Concentraciones bajas (0,5 a 3% p/p) Humedad menor al 0.10% Tiempo (15 min)	Adecuación Rotavaporación Transesterificación	Rendimiento (76.4%) Viscosidad (5.71 mm2/s) Densidad (885 kg/m3) Contenido de humedad (20 mg/kg) Número ácido (0.38 mg KOH/g) Monoglicéridos (3.54% de masa) Diglicéridos (0.01%) Triglicéridos (0.01%) Glicerina total (-)	Positivo	Aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio.	(Alfonso, 2013)

Fuente: Elaboración propia.

III. MÉTODOLÓGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

En base a lo estipulado por Gallardo (2017) la presente investigación es de tipo básica, también conocida como pura o fundamental, dado que se tiene el propósito de desarrollar teorías relacionadas al tema de investigación en base a cierta información existente. Esta investigación se encuentra orientada al aporte del método de transesterificación para obtener biodiésel a partir de aceites residuales.

El diseño de investigación según Hernández-Sampieri (2018) es narrativo de tópico, puesto que, se va a recabar información sobre investigaciones realizadas por otros autores con el propósito de describirlas y analizarlas. Así mismo es de tópicos dado que se enfoca en un tema específico como es el método de transesterificación para obtener biodiésel a partir de aceites residuales.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.

A continuación, se presenta la matriz de categorización apriorística, en donde se establecen los problemas, objetivos, categorías y subcategorías de la investigación.

Tabla 4. Matriz de categorización apriorística.

Matriz de categorización apriorística				
Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
Identificar los aceites residuales utilizados para la obtención de biodiesel.	¿Cuáles son los aceites residuales utilizados para la obtención de biodiesel?	Aceites residuales para la obtención de biodiesel	Materias primas Cantidad de muestra	(Mohamed, y otros, 2020).
Evaluar la influencia de la transesterificación en la obtención del biodiesel a partir del aceite residual.	¿Cuál es la influencia de la transesterificación en la obtención del biodiesel a partir del aceite residual?	Transesterificación en la producción de biodiesel	Método Rendimiento	(López, Bocanegra, & Malagón, 2015) (Agudo & Castresana, 2017)
Describir las propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual.	¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual?	Propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual.	Viscosidad (mm ² /S) Densidad (kg/m ³) Humedad (mg/Kg) N° ácido (mg KOH/g) Contenido de ésteres (% en masa) Monoglicéridos (% en masa) Diglicéridos (% en masa) Triglicéridos (% en masa) Glicerina Total (% en masa)	(López, Bocanegra, & Malagón, 2015) (Fontalvo & Barrios, 2014)

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Escenario de estudio

La presente investigación, por ser revisión sistemática, no cuenta con un escenario de estudio. En ese sentido, lo que se pretende realizar es la búsqueda de información bibliográfica sobre la obtención de biodiésel a partir de aceites residuales de cocina, para ello, se utilizaron fuentes como artículos científicos para el estudio.

3.4. Participantes

Las fuentes bibliográficas de la presente investigación fueron tomadas de bases de datos confiables como revistas científicas de fuentes nacionales e internacionales (ScienceDirect, SpringerLink, PubMed, ProQuest, Scopus y Google Académico) de los cuales se adquirieron artículos y libros ideales para la revisión. Así mismo, se utilizaron páginas corporativas como: Ministerio del Ambiente, International Energy Agency, Federación Nacional de Biocombustible y OSINERGMIN.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Gallardo (2017) la técnica de recolección de datos será el análisis documental debido a que esta técnica es un proceso basado en la búsqueda, análisis, crítica e interpretación de datos recabados y registrados en diversas fuentes documentales. En ese sentido, la búsqueda bibliográfica para la presente investigación se basó precisamente en las variables de estudio, ante ello, se realizó la búsqueda en las distintas bases de datos por medio de palabras claves, así como también, criterios de inclusión y exclusión.

Del mismo modo, para el instrumento, se elaboró un instrumento de recolección de datos (Anexo 2).

3.6. Procedimiento

En primera instancia, se utilizaron criterios de búsqueda a través de palabras claves como “biodiésel”, “aceites”, “residual” y “cocina” tanto en el idioma español como en el idioma inglés para obtener una búsqueda eficiente respecto al tema.

Así mismo se utilizó el conector gramatical “and” (idioma inglés) de la siguiente manera: biodiesel and oil and waste and cooking; también se realizó una filtración en cuanto al periodo de tiempo de búsqueda de la información, entre el 2015 y

2020, para lo cual se obtuvo un total de 113 artículos, los cuales se fueron revisando y clasificando en base a criterios de inclusión y exclusión, reduciendo la cantidad total a 20 artículos que presentan información relevante para la presente investigación.

Búsqueda literaria

Fuentes: ScienceDirect (n =55)
 SpringerLink (n =13)
 PubMed (n =2)
 ProQuest (n =10)
 Scopus (n =23)
 Google Académico (n =10)
 TOTAL = 113

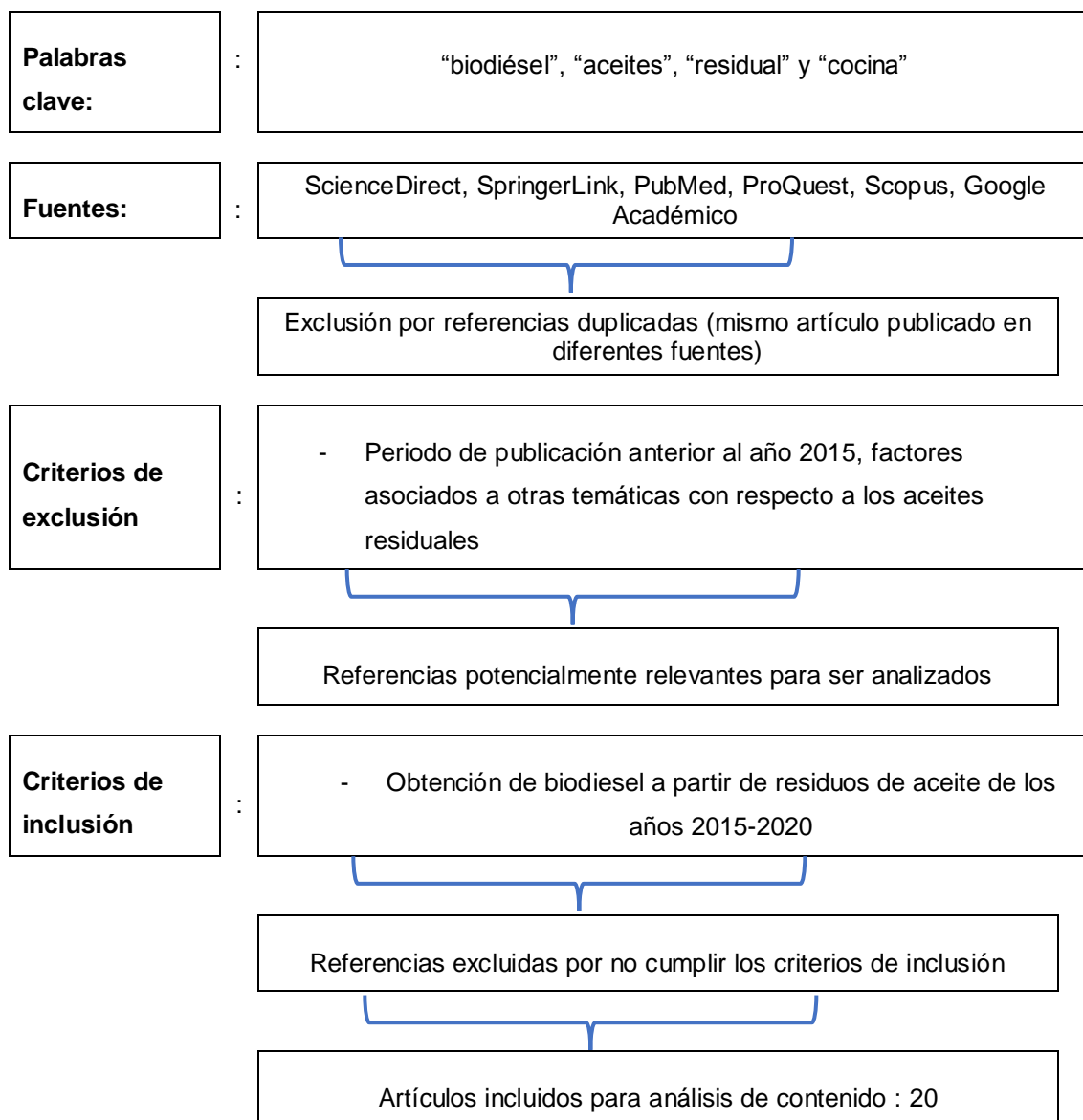


Figura 2. Procedimiento para la revisión sistemática

3.7. Rigor científico

En la presente revisión sistemática se tomaron en consideración criterios de estabilidad, credibilidad, transferibilidad, de consistencia y criterios de conformabilidad (Noreña, Alcaraz, Guillermo, & Rebolledo, 2012)

3.8. Método de análisis de datos

Como parte del análisis de información para el presente estudio de revisión sistemática, se procedió a establecer los objetivos, general y específicos los cuales sirven como base para realizar el análisis según las categorías establecidas.

Para la búsqueda de información, se determinó las palabras claves las cuales serán empleadas para la búsqueda de la información que deben estar relacionadas con el tema investigado. Se realiza la búsqueda en las diversas fuentes, asimismo se establece criterios de exclusión e inclusión. Posteriormente se procede a detallar en una base de datos mediante el programa Excel.

3.9. Aspectos éticos

El contenido bibliográfico citado en la presente revisión sistemática fue tomado de fuentes confiables, respetando la autoría y la ideología de cada autor referenciado. Así mismo, las referencias bibliográficas fueron adaptadas en base al reglamento estipulado por la Universidad César Vallejo (2017); los resultados obtenidos se basan en criterios de rigor científico, responsabilidad, transparencia y adecuada interpretación de la información, por lo que la presente investigación se desarrolló con la honestidad y ética correspondiente.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados estuvieron basados en 20 artículos, donde se obtuvieron datos de interés referentes para identificar los aceites residuales utilizados para la obtención de biodiesel, evaluar la influencia de la transesterificación en la obtención del biodiesel a partir del aceite residual y describir las propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual, todo esto permitió determinar las consideraciones para la obtención de biodiesel a partir de aceites residuales. A continuación, se demuestra los artículos científicos con relación a los años de investigación.

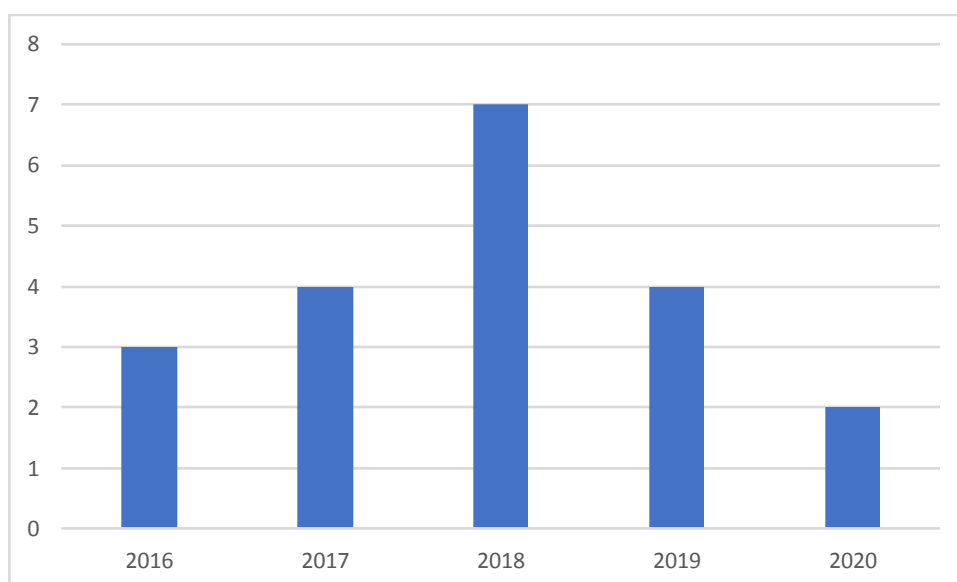


Figura 3. Año de publicación de los artículos encontrados.

En la figura se puede observar que la mayoría de los artículos científicos encontrados corresponden al 2018, lo cual evidencia que en la actualidad es sumamente importante seguir con las investigaciones sobre la obtención de a partir de aceites residuales, pues es una energía renovable de biocombustible que no origina contaminación al ambiente, y permite valorizar los desechos como materias primas para la producción de otros productos con valor agregado.

Aceites residuales utilizados para la obtención de biodiesel.

Tabla 5. Materias primas para la producción de biodiesel

Nº	Autor	Nombre de artículo	País	Materia usada	Muestra
1	Ortiz et al. (2016)	Obtención de biodiesel a partir de aceite crudo de palma (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.). Aplicación del método de ruta ascendente	México	Aceite de Palma	2 l
2	Ijaz, Bahtti, Anwar, Dogar, Y Irshad (2016)	Production, optimization and quality assessment of biodiesel from <i>Ricinus communis</i> L. oil.	Pakistán	<i>Aceite de Ricinus communis</i> L.	50 ml
3	Ashraf et al. (2018)	Study on the characteristics of palm oil–biodiesel–diesel fuel blend	Egipto	Aceite de palma	1 l
4	Udeh (2017)	Biodiesel production from waste vegetable oil (Sunflower) obtained from fried chicken	Chipre	Aceite residual de pollo	5 l
5	Kara et al. (2018)	Biodiesel production from waste fish oil with high free fatty acid content from Moroccan fish-processing industries	Marruecos	Aceite de pescado	1 l
6	Fadhil, Al-Tikrity, y Albadree (2017)	Biodiesel production from mixed non-edible oils, castor seed oil and waste fish oil	Irak	Aceite de ricino y de pescado	1 l
7	Perumal et al (2017)	Production of biodiesel by transesterification of <i>Senna occidentalis</i> nonedible oil	India	Aceite no comestible de <i>Senna occidentalis</i>	1 l
8	Deb et al. (2017)	Prospect of castor oil biodiesel in Bangladesh: Process development and optimization study.	Bangladesh	Aceite de semillas de ricino	1 l
9	Farzana et al (2018)	The Potential of Biodiesel Production derived from Fish Waste	México	Aceite residual de pescado	200 ml
10	Zanahua, Martínez, y Martínez (2018)	Obtención de biodiesel a partir del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L. de México en una y dos etapas	India	Aceite <i>Jatropha curcas</i> L.	1 l

11	Vinayaka et al (2018)	Biodiesel production by transesterification of a mixture of pongamia and neem oils.	Pakistán	Mezcla de aceite de pongamia y neem	1 l
12	Ali, Naqvi,, y Watson,(2018)	Possibility of converting indigenous <i>Salvadora persica</i> L. seed oil into biodiesel in Pakistan.	México	Aceite de <i>Salvadora persica</i> L	1 l
13	Anguebes-Franseschi et al. (2019)	PHysical and Chemical Properties of Biodiesel Obtained from Amazon Sailfin Catfish (<i>Pterygoplichthys pardalis</i>)	Irak	Aceite residual de Bagre (<i>Pterygoplichthys pardalis</i>)	500 ml
14	Fadhil, Saleh, y Altamer (2020)	Production of biodiesel from non-edible oil, wild mustard (<i>Brassica Juncea</i> L.) seed oil through cleaner routes.	Panamá	Aceite de semillas de mostaza silvestre	1 l
15	Marquínez et al (2020)	Obtención de biodiesel a partir de aceite de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.)	Egipto	Aceite de coco	176 ml
16	Keera, Sabagh, y Taman (2018)	Castor oil biodiesel production and optimization	Argentina	Aceite de ricino	9 ml
17	Saavedra et al (2019)	Biodiesel a partir de aceite usado de locales gastronómicos: efecto de la temperatura de reacción	Colombi a	Aceites residuales de fritura	700 ml
18	Vera et al (2019)	Producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usada	Ecuador	Aceite de cocina usado	600 ml
19	Sanaguano et al (2019)	Características fisicoquímicas del biodiesel obtenido por conversión subcrítico a partir de aceite de fritura	Perú	Aceite residual de fritura	600 ml
20	Falcón y Guerrero (2016)	Obtención de biodiesel a partir de aceite doméstico residual	Perú	Aceite residual de cocina	100 ml

Fuente: Elaboración propia.

Influencia de la transesterificación en la obtención del biodiesel a partir del aceite residual.

Tabla 6. Método de transesterificación en la obtención del biodiesel.

Nº	Autor	Método	Rendimiento (%)
1	Ortiz et al. (2016)	Transesterificación básica	13,95 - 91,69
2	Ijaz, Bahtti, Anwar, Dogar, Y Irshad (2016)	Transesterificación básica	45 - 82
3	Ashraf et al. (2018)	Transesterificación básica	65 - 95
4	Udeh (2017)	Transesterificación básica	30 - 70
5	Kara et al. (2018)	Transesterificación básica	20 - 97
6	Fadhil, Al-Tikrity, y Albadree (2017)	Transesterificación básica	10 - 45
7	Perumal et al (2017)	Transesterificación básica	12 - 68
8	Deb et al. (2017)	Transesterificación básica	68 - 92
9	Farzana et al (2018)	Transesterificación básica	43 - 48
10	Zanahua, Martínez, y Martínez (2018)	Transesterificación básica	28 - 75
11	Vinayaka et al (2018)	Transesterificación básica	35 - 46
12	Ali, Naqvi., y Watson,(2018)	Transesterificación básica	31.4
13	Anguebes-Franseschi et al. (2019)	Transesterificación básica	9.67 - 90.71
14	Fadhil, Saleh, y Altamer (2020)	Transesterificación básica	96.89 - 97.88
15	Marquínez et al (2020)	Transesterificación básica	92.31
16	Keera, Sabagh, y Taman (2018)	Transesterificación básica	95
17	Saavedra et al (2019)	Transesterificación básica	95
18	Vera et al (2019)	Transesterificación ácida	70 - 95
19	Sanaguano et al (2019)	Transesterificación básica	82.22 - 90.56
20	Falcón y Guerrero (2016)	Transesterificación básica	79.4

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se puede identificar la influencia que tiene la reacción química de transesterificación para obtener biodiesel a partir de aceites residuales en cuanto a su rendimiento, el valor más bajo del 13,95% presenta Ortiz et al. (2016) al obtener biodiesel a partir de aceite residual de palma, el mismo que presenta un rendimiento más alto 91.69%. De la misma manera Zanahua, Martínez y

Martínez (2018), obtienen un rendimiento comprendido entre 28% - 75%, resultados similares presenta Deb et al. (2017) al obtener biodiesel usando aceite de semillas de ricino con un rendimiento del 68% - 92% por medio de la reacción de transesterificación, igualmente, Fadhil, Saleh, y Altamer (2020), obtiene un 96.89% - 97.88% de rendimiento a partir del aceite de semillas de mostaza silvestre. Igualmente, con los aceites residuales los promedios de rendimientos son similares, estos varían entre 70% - 95% Vera et al (2019).

Propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual.

De los 20 artículos revisados para este objetivo, se encuentra información sobre las propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir de aceites residuales de origen vegetal y animal, teniendo como conclusión de que el 100% obtienen biodiesel con las propiedades fisicoquímicas acorde a la norma ASTM D6751, las cuales están establecidas. Teniendo de esta manera las siguientes características comunes de un biodiesel.

- Densidad: 900 kg/m³
- Viscosidad: 2.45 cm²s⁻¹
- Punto de inflamación: 119 °C
- Contenido de agua: 500 mg/kg

Por otro lado, en la norma ASTM D6751 se presentan valores indicando las características que un biodiesel tiene que cumplir, presentándolos de la siguiente manera:

- Densidad: 860-900 kg/m³
- Viscosidad cinemática: 3,5- 5,0 cm²s⁻¹
- Punto de inflamación: 101 °C
- Valor de ácido: 0,50 mg KOH/g
- Contenido de agua: 500 mg/kg

En la siguiente tabla se presentan los valores de las características de un biodiesel obtenido de materia prima de origen vegetal y animal, citados en los diferentes artículos.

Tabla 7. Características del biodiesel

Nº	Autor	Materia usada	Propiedades fisicoquímicas
1	Ortiz et al. (2016)	Aceite de Palma	Temperatura: 60-70
2	Ijaz, Bahtti, Anwar, Dogar, Y Irshad (2016)	<i>Aceite de Ricinus communis L.</i>	Densidad: 900 Kg/m ³ Viscosidad: 2.45 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 119 °C Contenido de agua: 500 mg/kg
3	Ashraf et al. (2018)	Aceite de palma	Densidad: 0.978 g/ml Viscosidad: 1.9 - 6 mm ² /s Punto de inflamación: 100 - 170°C.
4	Udeh (2017)	Aceite residual de pollo	Viscosidad: 2.81 cm ² s ⁻¹
5	Kara et al. (2018)	Aceite de pescado	Densidad: 900 Kg/m ³ Viscosidad: 0.05 cm ² s ⁻¹ Contenido de agua: 480 mg/kg
6	Fadhil, Al-Tikrity, y Albadree (2017)	Aceite de ricino y de pescado	Densidad: 900 Kg/m ³ Viscosidad: 4.5 cm ² s ⁻¹ Contenido de agua: 509 mg/kg Punto de inflamación: 101 °C
7	Perumal et al (2017)	Aceite no comestible de <i>Senna occidentalis</i>	Densidad: 870 Kg/m ³ Viscosidad: 5 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 101 °C Contenido de agua: 500 mg/kg
8	Deb et al. (2017)	Aceite de semillas de ricino	Densidad: 870 Kg/m ³ Viscosidad: 25.3 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 121 °C Contenido de agua: 500 mg/kg
9	Farzana et al. (2017)	Aceite residual de pescado	Índice de acidez: 3.86
10	Zanahua, Martínez, y Martínez (2018)	Aceite <i>Jatropha curcas L.</i>	Densidad: 870 Kg/m ³ Viscosidad: 5 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 100 °C Contenido de agua: 489 mg/kg
11	Vinayaka et al (2018)	Mezcla de aceite de pongamia y neem	Densidad: 894 Kg/m ³ Viscosidad: 5.51 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 210°C Contenido de agua: 498 mg/kg
12	Ali, Naqvi,, y Watson,(2018)	<i>Aceite de Salvadora persica L</i>	Viscosidad: 3.58 cm ² s ⁻¹ Densidad: 867 Kg/m ³ Punto de inflamabilidad: 147°C Contenido de agua: 500 mg/kg
13	Anguebes-Franceschi et al. (2019)	Aceite residual de Bagre (<i>Pterygoplichthys pardalis</i>)	Densidad: 850 Kg/m ³ Viscosidad: 4.5 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 101 °C Contenido de agua: 503 mg/kg

14	Fadhil, Saleh, y Altamer (2020)	Aceite de semillas de mostaza silvestre	Índice de acidez: 1.99%
15	Marquínez et al (2020)	Aceite de coco	Densidad: 0.9621 g/cm ³ Punto de inflamación: 228°C Contenido de agua: 0.34% Valor calorífico: 37.20 MJ/kg
16	Keera, Sabagh, y Taman (2018)	Aceite de ricino	Densidad: 0.89 g/ml Viscosidad 3.65 cSt
17	Saavedra et al (2019)	Aceites residuales de fritura	Densidad: 0.88 g/ml Índice de peróxidos: 2.16 mg/kg Viscosidad: 29.26 mPa*S
18	Vera et al (2019)	Aceite de cocina usado	Punto de inflamación: 183.2°C Densidad: 28.5 °API a 60°F Viscosidad: 4.75 cSt
19	Sanaguano et al (2019)	Aceite residual de fritura	Punto de inflamación: 180°C Densidad: 0.88 - 0.89 g/l pH: 5.82 - 7.705
20	Falcón y Guerrero (2016)	Aceite residual de cocina	Densidad: 0.86 - 0.87 g/cm ³ Viscosidad: 3.55 - 4.55 mm ² /s

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se puede observar que la gran mayoría de producción de biodiesel cumple con los requerimientos establecidos para su uso, ya sea puro o combinado en diferentes cantidades. Como se aludió anteriormente, el biodiesel es producido a través de fuentes renovables, y puede ser mezclado en cualquier proporción con diésel mineral, derivado del petróleo, para su uso en la gran mayoría de motores diésel. Sin embargo, hasta ahora los fabricantes de vehículos solo permiten una combinación de hasta el 20% de biodiesel, denominado B20. Sólo algunos fabricantes de vehículos alemanes ofrecen motores adaptados para usarse con biodiesel al 100% (Huangal, Cieza, y Gil, 2019).

Consideraciones para la obtención de biodiesel a partir de aceites residuales.

Según lo investigado, se encontró que en la mayoría de estudios se utilizó como catalizador el NaOH, 5% KOH y 5% H₂SO₄ con tiempos que varía entre 30 a 480 minutos y una cantidad de 9 - 161 ml de alcohol. Así mismo Udeh (2017), menciona que el porcentaje de rendimiento con el catalizador de NaOH es 15%

mayor que utilizando KOH con el método de transesterificación. De acuerdo Fadhil, Saleh, y Altamer (2020) hace referencia que utilizando el catalizador KOH obtuvo un rendimiento comprendido entre 96.89% - 97.88%, con H₂SO₄ el rendimiento fue 70% - 95% Vera et al (2019) y NaOH fue entre 9.67% - 97% Anguebes-Franseschi et al (2019); Ortiz et al (2016).

Tabla 8. Condiciones de alcohol, catalizador y tiempo en la producción de biodiesel.

Nº	Autor	Catalizador		Alcohol		Tiempo (min)
		Tipo	Cantidad (g)	Tipo	Cantidad (ml)	
1	Ortiz et al. (2016)	NaOH	0,8- 2	metanol	120	120
2	Ijaz, Bahtti, Anwar, Dogar, Y Irshad (2016)	NaOH	80	metanol	100	45
3	Ashraf et al. (2018)	NaOH	70	metanol	150	60
4	Udeh (2017)	NaOH	30	etanol	161	140
5	Kara et al. (2018)	NaOH	97	metanol	150	120
6	Fadhil, Al-Tikrity, y Albadree} (2017)	NaOH	62-63	metanol	130	120
7	Perumal et al (2017)	NaOH	35	metanol	150	60
8	Deb et al. (2017)	NaOH	70	metanol	120	120
9	Farzana et al (2018)	NaOH	30	metanol	150	180
10	Zanahua, Martínez, y Martínez (2018)	NaOH	28	metanol	100	60
11	Vinayaka et al. (2018)	NaOH	75	metanol	100	100
12	Ali, Naqvi y Watson,(2018)	NaOH	50	metanol	120	120
13	Anguebes-Franseschi et al. (2019)	NaOH	70	metanol	150	120
14	Fadhil, Saleh, y Altamer (2020)	KOH	80	metanol	110	45
15	Marquínez et al (2020)	NaOH	1,77	metanol	22, 8	60
16	Keera, Sabagh, y Taman (2018)	KOH	1	metanol	9	30
17	Saavedra et al (2019)	KOH	5	metanol	155	120
18	Vera et al (2019)	H ₂ SO ₄	0,54	metanol	27,27	480
19	Sanaguano et al (2019)	NaOH	0,5 - 1	metanol	150 - 230	120
20	Falcón y Guerrero (2016)	NaOH	0,3861	metanol	20 - 60	120

Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

- Las consideraciones para la obtención de biodiesel a partir de aceites residuales en los artículos revisados se indican el catalizador, alcohol y tiempo de reacción para la obtención de biodiesel a partir de aceite residual, donde los mejores rendimientos se obtuvieron mediante catalizador KOH con 110 ml de metanol de rendimiento comprendido entre 96.89 - 97.88%, con H₂SO₄ y 27.27 ml de metanol de rendimiento 70% y NaOH con alcohol que varía en 120 y 150 ml fue entre 9.67 - 97%, mientras que los tiempos se encuentran en rango de 30 a 348 minutos.
- Los aceites residuales utilizados para la obtención de biodiesel son diversos, se evidenciaron materias primas de residuos de aceite de Palma, *Ricinus communis L*, *Senna occidentalis*, *Jatropha curcas L*, *persica L*, pollo, pescado, pongamia y neem, semillas de mostaza silvestre, coco, frituras y cocinas.
- La influencia de la transesterificación en la obtención del biodiesel a partir del aceite residual repercute en el rendimiento obtenido que oscila entre 10% - 97.88%.
- Las propiedades fisicoquímicas que presenta un biodiesel están representadas por: densidad: 900 Kg/m³, viscosidad: 2.45 cm²s⁻¹, punto de inflamación: 119 °C, contenido de agua: 500 mg/kg, valor de ácido: 0,50 mg KOH/g, contenido de agua: 500mg/kg comprendidos dentro de los estándares de calidad de la norma ASTM D6751.

VI. RECOMENDACIONES

- Desde el punto de vista científico se recomienda profundizar el estudio de las características del biodiesel obtenido, para que este esté acorde con las normas de calidad establecidas y generen un cambio positivo en el medio ambiente.
- Para próximas investigaciones se recomienda evaluar la influencia que se tiene en la reducción de CO₂ y SO₂ en la atmósfera al usar el biodiesel obtenido por medio de una biomasa.
- Se recomienda para futuras investigaciones incentivar las nuevas búsquedas de tecnología y materias primas para la obtención de biodiesel con un rendimiento óptimo, de esta manera realizar una mejora continua en cuanto a la economía y el medio en donde vivimos.
- Se recomienda en un futuro realizar una caracterización fisicoquímica del aceite residual y otras fuentes de generación para la obtención de biodiesel, de esta manera mitigar el impacto en la generación de CO₂ y SO₂ en el medio ambiente.

REFERENCIAS

- Abomohra, A., Elsayed, M. E.-S., & Hanelt, D. (2020). Potential of fat, oil and grease (FOG) for biodiesel production: A critical review on the recent progress and future perspectives. *81*(1).
- Acevedo, J., Becerra, L., Acevedo, A., & Posso, F. (2019). Una revisión técnico-ambiental de la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura residual en Colombia. *Reserchgate*, 135-143. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna-M/publication/339177129_Desarrollo_e_innovacion_en_ingenieria_4_ed/links/5e42a2f4458515072d91c468/Desarrollo-e-innovacion-en-ingenieria-4-ed.pdf#page=135
- Agudo, I., & Castresana, J. (2017). *Diseño básico de un proyecto para la implantación de una instalación productiva de biodiesel a partir de aceite vegetal usado*. Viscaya: Universidad del País Vasco. Obtenido de https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/26389/TFG_Agudo_Cadenas_lbon.pdf;jsessionid=304F1ED54E4E548400FA5B2BE4969E54?sequence=1
- Alfonso, J. (2013). Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/349/1/Tesis%20Juan%20Antonio%20Alfonso%20Alvarez.pdf>
- D'Alessandro, B., Bidini, G., Zampilli, M., Laranci, P., & Fantozzi, F. (2016). Aceite vegetal puro y de desecho en motores: revisión y medición experimental de emisiones, consumo de combustible e incrustaciones de inyectores en un motor comercial turboalimentado. *ScienceDirect*, 198-209. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.05.075>
- DEEPAYAN, P., & KAKOLI, P. (2018). Mezcla monofásica: un proceso avanzado de microondas para una producción de biodiésel de bajo costo y calidad mejorada a partir de los desechos de alimentos de la cocina. *Revista de Ingeniería Bioquímica*, 137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.06.006>

- Fontalvo, m.-., V., & Barrios, A. (2014). El aceite de palma africana *elae guineensis*: Alternativa de recurso energético para la producción de biodiesel en Colombia y su impacto ambiental. *Redalyc*, 90-98. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250639011.pdf>
- Gallardo, E. (2017). *Metodología de la Investigación: manual autoformativo interactivo*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de <http://repositorio.continental.edu.pe/>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill Interamericana Editores. Obtenido de https://www.google.com/url?q=http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hern%25C3%25A1ndez-%2520Metodolog%25C3%25ADa%2520de%2520la%2520investigaci%25C3%25B3n.pdf&sa=D&source=editors&ust=1622130723543000&usg=AFQjCNG_Fx3ygDEJaeNN-SX50bb8ggR
- Lafont, J., Páez, M., & Torres, Y. (2011). Análisis Químico de Mezclas Biodiesel de Aceite de Cocina Usado y Diesel por Espectroscopia Infrarroja. *Scielo*, 35-42. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v22n4/art05.pdf>
- Léon, J. (2017). *Aceite quemado en Lima, un veneno para el mar y la salud*. Lima: COMERCIO.
- López, L., Bocanegra, J., & Malagón, D. (2015). Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Javeriana*, 155-172.
- Maluenda, J. (2019). Perspectivas favorables para el sector de aceites vegetales. *Agrodigital*.
- Marcano, L., Machillanda, E., Sojo, M., Quijada, K., & Discipulo, S. (2014). Estudio de la obtención de Biodieses a partir de productos secundarios de la reacción de transesterificación de aceites residuales de cocina. 29(1). Obtenido de <http://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v29n1/art09.pdf>
- Miranda, O. (2016). *El aceite de cocina tiene futuro*. Obtenido de Actualidad Ambiental: http://www.actualidadambiental.pe/wp-content/uploads/2016/12/larepublica_domingo_20161104_p8.pdf

- MOHAMED, A., AHMAD, R., MOHD, H., MUHAMAD, J., MOHD, O., & YOSHIGITO, S. (2020). Evaluación tecnoeconómica y energética neta de la producción de biodiésel a partir de aceite de cocina usado en una planta semiindustrial: una perspectiva de Malasia. *Revista de tecnologías y evaluaciones de energía sostenible*, 39. doi:<https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100700>
- Moya, M., & Moya, J. (2020). Biodegradación de residuos de aceite usado de cocina por hongos lipolíticos: un estudio in vitro. *Scielo*, 351-359. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v36n2/0188-4999-rica-36-02-351.pdf>
- Moya-Salazar, M., & Moya-Salazar, J. (2020). Biodegradación de residuos de aceite usado de cocina por hongos lipolíticos: un estudio in vitro. *Scielo*. doi: 10.20937/RICA.53054
- Noreña, A., Alcaraz, N., Guillermo, J., & Rebolledo, D. (2012). Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Dialnet*, 263-274. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4322420>
- Serna, E. (2019). Desarrollo e innovación en ingeniería. doi:doi.org/10.5281/zenodo.3387679
- SILVA, s., CARVALHO, a., FARIAS, t., ARAUJO, f., RODRIGUES, r., CURVELO, j., & BASILE, e. (2018). Consideraciones ambientales y tecnoeconómicas sobre la producción de biodiesel a partir de aceite de fritura residual en la ciudad de São Paulo. 183. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.199>
- Solís, I., & Neira, M. (2018). Impacto ambiental del aceite domestico usado y su reutilizacion en la producción de jabon. *Universidad Ricardo Palma*, 1-6. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1916/1.%20Irma%20Sol%C3%ADs%20Amanzo%20y%20Maria%20Elena%20Neira%20Montoya%2C%20Impacto%20al%20medio%20ambiente%20del%20aceite%20dom%C3%A9stico%20usado%20y%20su%20reutilizaci%C3%B3n%20en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20jab%C3%B3n%20de%20uso%20dom%C3%A9stico>

- Tacias, V., Rosales, A., & Torrestiana, B. (2016). Evaluacion y caracterizacion de grasas y aceites residuales de cocina para la produccion de Biodiesel: un caso de estudio. *32*(3). doi:10.20937/RICA.2016.32.03.05
- Tejada, C., L., T., Villabona, A., & Monroy, L. (2013). Obtencion de biodiesel a partir de diferentes tipos de grasa residual de origen animal. *Redalyc*, 10-25. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321728584002.pdf>
- Universidad César Vallejo. (2017). *Referencias estilo ISO 690 y 690-2: Adaptación de la norma de la International Organization for Standardization (ISO)*. Lima: Fondo Editorial UCV. Obtenido de https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de categorías

Matriz de operacionalización de categorías					
Categoría	Definición conceptual	Definición operacional	Subcategoría	Indicadores	Escala de medición
Aceites residuales para la obtención de biodiesel	El biodiesel es un combustible líquido derivado de procesos químicos a partir de aceites y un alcohol, el cual puede ser usado en motores diésel, ya sea solo o combinado con combustible diésel.	El biodiesel se obtiene a partir de la purificación de la mezcla de ésteres metílicos de ácidos grasos donde se puede emplear con catalizar con la finalidad de acelerar la reacción, este depende de la materia prima y la cantidad de muestra que se utilice.	Materias primas Cantidad de muestra	(Mohamed, y otros, 2020).	Ordinal
Transesterificación en la producción de biodiésel	La transesterificación es una reacción de un lípido con un alcohol de cadena corta, especialmente metanol o etanol, en presencia de un catalizador, básico o ácido, conformando ésteres como producto principal y glicerina como subproducto.	En el método de transesterificación se obtiene cierta cantidad de rendimiento del aceite.	Método Rendimiento	(López, Bocanegra, & Malagón, 2015) (Agudo & Castresana, 2017)	Ordinal
Propiedades fisicoquímicas del biodiesel a partir del aceite residual.	Las propiedades del biodiesel dependen tanto de la materia prima de la cual fue obtenido como del proceso de obtención, ya que los ácidos grasos presentes en el aceite de partida permanecen en el biodiesel obtenido.	Para determinar la calidad del biodiesel obtenido, se debe tener en cuenta las propiedades fisicoquímicas como viscosidad, densidad, humedad, ácido, contenido de ésteres, glicéridos y glicerina total.	Viscosidad (mm ² /S) Densidad (kg/m ³) Humedad (mg/Kg) N° ácido (mg KOH/g) Contenido de ésteres (% en masa) Monoglicéridos (% en masa) Diglicéridos (% en masa) Triglicéridos (% en masa) Glicerina Total (% en masa)	(López, Bocanegra, & Malagón, 2015) (Fontalvo & Barrios, 2014)	Ordinal

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?							
¿Revista indexada?							
¿Se estudia la obtención de biodiésel?							
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?							
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema					Objetivos		
Aceites residuales para la obtención de biodiesel				Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel
Materias primas	Materias primas			Método	Rendimiento		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Índice de abreviaturas

ABREVIATURAS	
D	Densidad
NºA	Número de ácido
TG	Triglicéridos
T	Temperatura
PH	Potencial Hidrógeno
H	Humedad
BD	Biodiésel
CO	Monóxido de Carbono
HC	Hidrocarburos
NOx	Óxidos de Nitrógeno
NaOH	Hidróxido de sodio
K	Potasio
O	Oxígeno
H	Hidrógeno
KOH	Hidróxido de potasio
CO2	Dióxido de carbono
AFR	Aceite de fritura residual
mPA	mili Pascal
Tn	Tonelada

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Información general de artículos

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Scielo	2016	26	5	Obtención de biodiesel a partir de aceite crudo de palma (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.). Aplicación del método de ruta ascendente.	Ortiz, María; García, Pedro; Lagunes, Laura; Arregoitia, María; García, Ricardo; León, María.	México	10.15174/au.2016.910
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					x		
¿Revista indexada?					x		
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					x		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						X	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema					Objetivos		
¿Se podrá obtener biodiesel a partir de aceites crudo de palma?					Evaluar las variables que influyen en el rendimiento del biodiesel partiendo de aceite crudo de palma e implementar la metodología de ruta ascendente		
Aceites residuales para la obtención de biodiesel				Transesterificación en la producción de biodiésel		Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas			Método	Rendimiento		
Aceite crudo de palma				Transesterificación n- Ruta ascendente	13,95 – 91,69 %	Temperatura: 60-70	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
ScienceDirect	2016	9	2	Producción, optimización and quality assessment of biodiesel from Ricinus communis L. oil.	Maryam, Ijaz; Khizar, Hayat Bahtti; Zahid, Anwar, Umar, Farooq Dogar; Muhammad Irshad.	Pakistán	https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1687850715001284?token=B33DAC653732CC3D3C1D2BBB816515B2C68AC09E529978288299CD98602DC596081CA6D7B659FB7909BC6D7551931031&originRegion=us-east-1&originCreation=20210611154120
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					x		
¿Revista indexada?					x		
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					x		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						X	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Se podrá elaborar biodiesel a partir de aceite de ricinus communis L?						Producir biodiesel a partir de aceite de Ricinus communis L., y evaluar la calidad del mismo	
Aceites residuales para la obtención de biodiesel				Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel
Materias primas	Materias primas			Método	Rendimiento		
Aceite de Ricinus communis L.				Transesterificación básica	45-82 %		Densidad: 900 Kg/m ³ Viscosidad: 2.45 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 119 °C Contenido de agua: 500mg/kg

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
ScienceDirect	2018	27	2	Study on the characteristics of palm oil-biodiesel-diesel fuel blend	R. El-Araby; Ashraf Amin; AK El Morsi; NN el-Ibiari; GIEI-Diwani.	Egipto	https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.03.002
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?					X		
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						x	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Se podrá desarrollar reglas de mezcla para calcular las propiedades esenciales del aceite de palma, el biodiesel de aceite de palma y sus mezclas con el combustible diesel en función del contenido de diesel en función de los valores experimentales de las propiedades del combustible mezclado?				Desarrollar reglas de mezcla para calcular las propiedades esenciales del aceite de palma, el biodiesel de aceite de palma y sus mezclas con el combustible diesel en función del contenido de diesel en función de los valores experimentales de las propiedades del combustible mezclado.			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel				Transesterificación en la producción de biodiésel		Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas			Método	Rendimiento		
Aceite de palma				Transesterificación básica	65- 95 %	Densidad: 0.978 g/ml Viscosidad: 1.9 – 6 mm ² /s Punto de inflamación: 100-170°C	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Revista de Petróleo y Biotecnología Ambiental	2017	8	2	Biodiesel production from waste vegetable oil (Sunflower) obtained from fried chicken	Benard Anayo Udeh	Chipre	10.4172 / 2157-7463.1000321
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?					x		
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible producir biodiesel a partir de aceite residual de pollo?				Producir biodiesel a partir de aceite residual de pollo			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite residual de pollo			Transesterificación básica	30-70 %		Viscosidad: 2.81 cm ² s-1	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
ScienceDirect	2018	27	2	Biodiesel production from waste fish oil with high free fatty acid content from Moroccan fish-processing industries	K. Kara; F. Ouanji; El M. LotfiM; El Mahi; M Kacimi; M. Ziyad	Marruecos	https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.07.010
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?					X		
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						x	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Se podrá producir biodiesel a partir de aceite de pescado de desecho marroquí.?				Producir biodiesel a partir de aceite de pescado de desecho marroquí.			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de pescado			Transesterificación básica	20-97 %		Densidad: 900 Kg/m ³ Viscosidad: 0.05 cm ² s ⁻¹ Contenido de agua: 480mg/kg	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
ScienceDirect	2017		210	Biodiesel production from mixed non-edible oils, castor seed oil and waste fish oil	Abdelrahman B. Fadhila; Emaad T.B. Al-Tikrityb; Mohammed A. Albadree.	Irak	10.1016 / j.fuel.2017.09.009
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?					X		
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						X	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible la producción de biodiésel a partir de aceites mixtos no comestibles, aceite de ricino (CSO) y aceite de pescado residual (WFO)?				Explorar acerca de la producción de biodiésel a partir de aceites mixtos no comestibles, aceite de ricino (CSO) y aceite de pescado residual (WFO).			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de ricino	Aceite de pescado		Transesterificación básica	10-45 %		Densidad: 900 Kg/m ³ Viscosidad: 4.5 cm ² s ⁻¹ Contenido de agua: 509mg/kg Punto de inflamación: 101 °C	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Fuentes de energía, parte A: recuperación, utilización y efectos ambientales	2017	39	17	Production of biodiesel by transesterification of <i>Senna occidentalis</i> nonedible oil	Govindhan Perumal; R. Tamilarasan; Mahendradass Dharmendira Kumar	India	https://doi.org/10.1080/15567036.2017.1378776
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						X	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible reducir la mayor viscosidad del aceite <i>occidentalis</i> mediante el método de esterificación básica?	El alto nivel de AGL de los aceites <i>occidentalis</i> contamina excesivamente los suelos y aguas de la región.			Reducir la mayor viscosidad del aceite <i>occidentalis</i> mediante esterificación seguida de transesterificación y evaluar el rendimiento.			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite no comestible de <i>Senna occidentalis</i>			Transesterificación básica	12-68 %		Densidad: 870 Kg/m ³ Viscosidad: 5 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 101 °C Contenido de agua: 500mg/kg	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Revista Internacional de Energía Verde	2017	14	2	Prospect of castor oil biodiesel in Bangladesh: Process development and optimization study.	Anjan Deb; Jannatul Ferdous; Kaniz Ferdous; M. Rakib Uddin; Maksudur R. Khan; Md. Wasikur Rahman.	Blandagush	https://doi.org/10.1080/15435075.2017.1357558
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?					X		
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						x	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿El aceite de ricino será una opción viable para producir biodiesel?				Investigar el aceite de ricino (CO) como una fuente potencial para la producción de biodiésel en Bangladesh			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel				Transesterificación en la producción de biodiésel		Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas		Materias primas		Método		Rendimiento	
Aceite de semillas de ricino				Transesterificación básica		68-92 %	
Densidad: 870 Kg/m ³ Viscosidad: 25.3 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 121 °C Contenido de agua: 500mg/kg							

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
IOPScience	2017	318		The Potential of Biodiesel Production derived from Fish Waste	Amira Farzana Samat; Nor Amirah Safiah Muhamad; Nur Aziera Abd Rasib; Siti Aminah Mohd Hassan; Khairunissa Syairah Ahmad Sohaimi; and Nur Izzati Iberahim.	México	10.1088/1757-899X/318/1/012017
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?					X		
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible producir biodiesel a partir de aceite residual de pescado?		El agotamiento de los combustibles fósiles que indirectamente aumentó su precio ha obligado a la industria petrolera mundial a no ser tan dependiente de los combustibles fósiles, sino a comenzar a centrarse en fuentes alternativas		Producir biodiesel a partir de aceite residual de pescado			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite residual de pescado			Transesterificación básica	43-48 %		Índice de acidez: 3.86	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio		País	DOI / LINK
Revista Espacios	2018	39	16	Obtención de biodiesel a partir del aceite de jatropHa curcas l. de México en una y dos etapas	Zanahua, Martínez	y	India	https://www.revistaespacios.com/a18v39n16/a18v39n16p24.pdf
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento			
					SI		NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X			
¿Revista indexada?							X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X			
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?							X	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>								
Problema				Objetivos				
¿Se podrá obtener biodiesel a partir del aceite de J. curcas mediante transesterificación alcalina en una y dos etapas?						Obtener biodiesel a partir del aceite de J. curcas mediante transesterificación alcalina en una y dos etapas.		
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel		
Materias primas	Materias primas	Método	Rendimiento					
Aceite JatropHa curcas L.		Transesterificación básica	28-75 %	Densidad: 870 Kg/m ³ Viscosidad: 5 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 100 °C Contenido de agua: 489mg/kg				

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Biocombustibles	2018	12	2	Biodiesel production by transesterification of a mixture of pongamia and neem oils.	A. Sankar Vinayaka; Biswanath Mahanty; Shishir Kumar Behera; Eldon R. Rene.	Pakistán	10.1080 / 17597269.2018.1464874
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						x	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿En qué medida desarrollar un modelo estadístico ayudará en la producción optimizada de biodiesel a partir de una mezcla de dos aceites no comestibles, a saber, pongamia y neem, respectivamente?		La explotación de aceites comestibles para la producción de biodiésel se ha convertido en un tema debatible		Desarrollar un modelo estadístico para la producción optimizada de biodiesel a partir de una mezcla de dos aceites no comestibles, a saber, pongamia y neem, respectivamente			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de pongamia	Aceite de neem		Transesterificación básica	35-46 %		Densidad: 894 Kg/m ³ Viscosidad: 5.51 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 210°C Contenido de agua: 498mg/kg	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Revista Internacional de Energía Verde	2018	15	7	Possibility of converting indigenous <i>Salvadora persica</i> L. seed oil into biodiesel in Pakistan.	Mehmood Ali, Beena Naqvi; Ian A. Watson	México	10.1080/15435075.2018.1472603
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						x	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible producir biodiesel a partir de aceite de semilla vegetal de una planta autóctona <i>Salvadora persica</i> L?				Producir biodiesel a partir de aceite de semilla vegetal de una planta autóctona <i>Salvadora persica</i> L.			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de <i>Salvadora persica</i> L			Transesterificación básica	31.4 %		Viscosidad: 3.58 cm ² s ⁻¹ Densidad: 867 Kg/m ³ Punto de inflamabilidad: 147°C Contenido de agua: 500mg/kg	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Revista de Química	2019	2019	3	PHysical and Chemical Properties of Biodiesel Obtained from Amazon Sailfin Catfish (<i>Pterygoplichthys pardalis</i>)	F. Anguebes-Franceschi, A. Bassam, M. Abatal, O. May Tzuc, C. Aguilar-Ucán, A. T. Wakida-Kusunoki, S. E. Diaz-Mendez, y LC San Pedro.	Irak	https://doi.org/10.1155/2019/7829630
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?					X		
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema					Objetivos		
¿Será posible producir biodiesel a partir de aceite de biomasa de bagre de aleta vela del Amazonas?	El bagre de aleta vela del Amazonas (<i>Pterygoplichthys pardalis</i>) es considerado una de las mayores amenazas a la biodiversidad de los sistemas acuáticos continentales, causando serios problemas económicos y ambientales en las regiones				Producir de biodiesel a partir de aceite de biomasa de bagre de aleta vela del Amazonas.		
Aceites residuales para la obtención de biodiesel				Transesterificación en la producción de biodiésel		Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas			Método	Rendimiento		
Aceite residual de Bagre (<i>Pterygoplichthys pardalis</i>)				Transesterificación básica	9.67-90.71 %		
Densidad: 850 Kg/m ³ Viscosidad: 4.5 cm ² s ⁻¹ Punto de inflamación: 101 °C Contenido de agua: 503mg/kg							

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Fuentes de energía, parte A: recuperación, utilización y efectos ambientales	2020	42	15	Production of biodiesel from non-edible oil, wild mustard (Brassica Juncea L.) seed oil through cleaner routes.	Abdelrahman B. Fadhil; Lubna A. Saleh y Duaa H. Altamer	Panamá	https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1604893
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						x	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema					Objetivos		
¿Se podrá extraer aceite de semillas de mostaza silvestre, seguido de su transformación en combustible biodiesel mediante transesterificación catalizada por KOH con metanol asistida por un codisolvente con aplicación de lavado en seco para purificar los ésteres metílicos tal como se producen utilizando el carbón activado que se preparó a partir de residuos desengrasados de mostaza?					Extraer aceite de semillas de mostaza silvestre, seguido de su transformación en combustible biodiesel mediante transesterificación catalizada por KOH con metanol asistida por un codisolvente con aplicación de lavado en seco para purificar los ésteres metílicos tal como se producen utilizando el carbón activado que se preparó a partir de residuos desengrasados de mostaza.		
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de semillas de mostaza silvestre			Transesterificación básica	96.89 -97.88 %		Índice de acidez: 1.99%	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Revista de Iniciación Científica	2020	6	1	Obtención de biodiesel a partir de aceite de coco (Cocos nucifera L.)	Angelo Noé Marquínez; Nikolt Stephanie Loo Molina; Carlos Wladimir Guamán Marquínez; Jesús Alexander Vélez Vélez.	Egipto	http://dx.doi.org/10.33412/rev-ric.v6.1.2605
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						X	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible obtener biodiesel a partir de aceite de coco y comparar los resultados obtenidos con experiencias previas similares?				Obtener biodiesel a partir de aceite de coco y comparar los resultados obtenidos con experiencias previas similares			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de coco			Transesterificación básica	92.31 %		Densidad: 0.9621 g/cm ³ Punto de inflamación: 228°C Contenido de agua: 0.34% Valor calorífico: 37.20 MJ/kg	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
ScienceDirect	2018	27	4	Castor oil biodiesel production and optimization	ST Keera ;S.M. El Sabagh ; A.R. Taman.	Argentina	https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.02.007
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?					X		
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?						X	
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿En qué medida será viable producir biodiesel a partir de aceite de ricino mediante transesterificación alcalina homogénea?				Producir biodiesel a partir de aceite de ricino mediante transesterificación alcalina homogénea			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de ricino			Transesterificación básica	95 %		Densidad: 0.89 g/ml Viscosidad 3.65 cSt	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica-claves para el desarrollo	2019	5		Biodiesel a partir de aceite usado de locales gastronómicos: efecto de la temperatura de reacción	Raúl M. Saavedra; Hernán J. García; María I. Sánchez de Pinto; Mario D. Baigorí	Colombia	http://dx.doi.org/10.30972/eitt.503767
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?					X		
Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos							
Problema				Objetivos			
¿En qué medida será posible valorar la producción de biodiesel mediante transesterificación alcalina de aceites usados (AU) recolectados en tres locales gastronómicos, a diferentes temperaturas de reacción?				Evaluar la producción de biodiesel mediante transesterificación alcalina de aceites usados (AU) recolectados en tres locales gastronómicos, a diferentes temperaturas de reacción			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceites residuales de fritura			Transesterificación básica	95%		Densidad: 0.88 g/ml Índice de peróxidos: 2.16 mg/kg Viscosidad: 29.26 MPa*S	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
Germina. Revista Anual de Investigación Formativa	2019	2	2	Producción de biodiesel a partir de aceite de cocina usada	Mercedes Vera Mahecha; Felipe Vargas Torres; Juan Sebastián Buitrago	Ecuador	http://cipres.sanmateo.edu.co/index.php/germina/article/view/229
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?					X		
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible la producción de biodiesel a partir de aceite usado de cocina?				Estudiar la producción de biodiesel a partir de aceite usado de cocina			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite de cocina usado			Transesterificación básica	70 - 95%		Punto de inflamación: 183.2°C Densidad: 28.5 °API a 60°F Viscosidad: 4.75 cSt	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
ÑAWPAY Revista Técnica Tecnológica	2019	1	1	Características fisicoquímicas del biodiesel obtenido por conversión sub crítica a partir de aceite de fritura	Herminia Del Rosario Sanaguano Salguero; Luis Fernando Sánchez Quinchuela; Fausto Gabriel Sánchez	Perú	https://doi.org/10.36500/nrtt-v1.n1.2019.06
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?					X		
<i>Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos</i>							
Problema				Objetivos			
¿Será posible reciclar y convertir los aceites residuales en Biodiesel reciclar y convertir los aceites residuales en Biodiesel?		Los aceites de fritura residuales al entrar en contacto con el agua de los ríos interfieren en el intercambio de gases entre el agua y la atmósfera esto dificulta la subsistencia de los organismos acuáticos		Reciclar y convertir los aceites residuales en Biodiesel			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite residual de fritura			Transesterificación básica	82,22 - 90,56%		Punto de inflamación: 180°C Densidad: 0.88 - 0.89 g/l pH: 5.82-7.705	

Nombre de revista	Año	Volumen	Número	Título del artículo	Autores del estudio	País	DOI / LINK
REVIA. Investigación y Amazonía	2016	6	1	Obtención de biodiesel a partir de aceite doméstico residual	Ivet V. Falcón Ramírez; Tania E. Guerrero Vejarano.	Perú	https://revista.s.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/48
Criterios de selección de artículo					Cumplimiento		
					SI	NO	
¿Publicado en los años 2015-2021?					X		
¿Revista indexada?						X	
¿Se estudia la obtención de biodiésel?					X		
¿Se incluye el aceite residual como materia prima?					X		
Incluir en solo en caso que de las respuestas hayan sido sí en todos los criterios de selección para poder continuar el completado de los siguientes datos							
Problema				Objetivos			
¿Será posible producir biodiesel a partir de aceite doméstico residual?				Obtener de biodiesel a partir de aceite doméstico residual.			
Aceites residuales para la obtención de biodiesel			Transesterificación en la producción de biodiésel			Propiedades fisicoquímicas del biodiesel	
Materias primas	Materias primas		Método	Rendimiento			
Aceite residual de cocina			Transesterificación básica	79.4%		Densidad: 0.86 - 0.87 g/cm ³ Viscosidad: 3.55 - 4.55 mm ² /s	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITES RESIDUALES MEDIANTE TRANSESTERIFICACIÓN. REVISIÓN SISTEMÁTICA 2021", del autor PEÑA ROSALES JORDAN PAOLO, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación / Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 20 de julio de 2021

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HERRERA DIAZ MARCO ANTONIO DNI: 44553815 ORCID 0000-0002-8578-4259	

Código documento Trilce: 31792