



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“Biodiesel preparado a partir de aceite residual de restaurantes. Una revisión sistemática 2009-2019”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**Autor:**

Jose Alfredo Zarate Gamarra

**Asesor:**

Mg. Ing. Liana Ysabel Cardenas Gutierrez

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

A John Frusciante por ayudarme durante gran parte de mi vida

A Liz Zurita por los momentos compartidos en el trabajo

A Fernando Anthony y Claudia Arroyo, unos grandes amigos.

## AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres por apoyarme y ayudarme a continuar

Gracias a Marcelo Becerra, mi mejor amigo.

## Tabla de contenido

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>20</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>22</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	13
Tabla 2 .....	15
Tabla 3 .....	17

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	13
Figura 2.....	16
Figura 3.....	17

## RESUMEN

En la actualidad, la degradación ambiental y el monopolio petrolero han ocasionado la búsqueda de alternativas de energías renovables como los biocombustibles, es por eso que la investigación tuvo como objetivo conocer la obtención de biodiésel preparado a partir de aceite residual de cocina en restaurantes, a través de una revisión sistemática. La metodología se realizó mediante la búsqueda en revistas entre los años 2009 y 2019 en idiomas como inglés y español teniendo como variables al “biodiésel” y “aceite residual”. Se examinaron un total de 25 artículos que fueron plasmados en una matriz de Excel. Resultando 20 los que cumplieron con los criterios de selección, conteniendo introducción, metodología, resultados y discusión, teniendo 9 artículos de Google Académico, 7 provenientes de Scielo, 3 de Ebsco y 1 perteneciente a Alicia. Además de ser registrados por sus características y por su similitud se agruparon en 5 categorías: Aceite residual de cocina como materia prima, elección del catalizador idóneo, disminución de degradación ambiental por el biodiésel y reusos tóxicos del aceite. Concluyendo que es factible la producción del biocombustible con un 98% de artículos exitosos. Teniendo limitaciones como las pocas fuentes por la antigüedad de los documentos y el solo emplear artículos.

**PALABRAS CLAVES:** Biodiésel, Aceite residual, Restaurantes, Biocombustible.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La población mundial se encuentra en un crecimiento constante que busca satisfacer sus actividades y comodidades, haciendo un uso excesivo de combustibles fósiles que son consumidos a un ritmo más de un millón de veces más rápido de lo que se formaron (Owolabi, R et al., 2011). Es entonces que surge la búsqueda de un combustible alternativo que busque cumplir con estas demandas, surgiendo así el biodiésel como respuesta. Además, este debe ser obtenido a partir de fuentes que no compitan con el sector alimenticio, una materia prima con poco valor comercial que en lugar de contaminar, pueda reutilizarse, tal como lo es el aceite residual. Este biocombustible hace posible el cumplimiento de las exigencias en cuanto a los límites de emisiones planteadas en el Protocolo de Kioto (López, Bocanegra, & Malagón, 2015).

El biodiésel es un combustible procedente de fuentes renovables de energía (Zanchett, M et al., 2016) que puede substituir parcialmente al diésel obtenido del petróleo (Zavaleta & Suavo, 2016). Es definido como la mezcla de éster monoalquílico de ácido graso derivadas de la alimentación de lípidos reticulables, tales como aceite vegetal o grasa de animal (Murcia, B et al., 2013) siendo el biocombustible que más se utiliza en motores de combustión. Esto se debe a que mejora la calidad de gases de emisión al ser biodegradable y no favorece el incremento del nivel de dióxido de carbono en la atmósfera haciéndolo un combustible menos tóxico (Sanaguano, 2018). Además, una de sus características más resaltante es tener un punto de inflamación alto, lo cual facilita su manejo, transporte y almacenamiento. (Tacias, & Torrestiana, 2016).

Según Sanaguano (2018) debido a las altas temperaturas, los aceites y grasas sufren complejos procesos de degradación dando como resultado un aceite residual el cual tiene un aumento de la formación de compuestos tóxicos, tales como polímeros, monómeros de ácidos grasos y compuestos polares. Por eso según Benavides & Lozano (2018) deben desecharse adecuadamente para evitar efectos nocivos en la salud. Mientras, que para López, Bocanegra, & Malagón (2015) este residuo es una sustancia obtenida de material vegetal empleado en la preparación de alimentos siendo el mayor generador las cadenas de restaurantes. Actualmente, la reutilización de aceites está en apogeo por ser considerado un residuo como materia prima de bajo costo que al usarse evita una degradación ambiental. (Acevedo & Posso, 2019).

La producción de biodiesel más ecológica resulta de la utilización del aceite residual de cocina, siendo confirmado por Khan et al (2019) porque el empleo de aceites vegetales y de grasas de animales generan competencia con los alimentos y un costo más alto. Esta circunstancia hace que el aceite residual ya no sea arrojado a los desagües evitando así taponamiento en tuberías, daños ambientales y riesgos para la salud (López, Bocanegra, & Malagón, 2015) evitando no solo que ya no degrade el ambiente, sino que también sea considerada como materia prima para el biocombustible. Concluyendo que la solución es la obtención de biodiesel a partir de aceite residual; que no solo permite aprovechar este desecho; sino que también, disminuye la contaminación ambiental.

Es por eso, que debido a las premisas antes mencionadas, es de suma importancia investigar sobre el biodiesel preparado a partir de aceite residual de restaurantes, para así aprovechar residuos y evitar una mayor contaminación. La presente investigación tiene como pregunta formulada ¿Cómo obtener biodiesel a

partir de aceites residuales de restaurantes entre los años 2009-2019? Asimismo, de la presente cuestión se desprende el objetivo general de conocer la obtención de biodiésel a partir de aceites residuales de restaurantes, a través de análisis de artículos de investigación durante los periodos 2009-2019.

La presente investigación se justifica debido a que hoy en día el uso de aceites residuales se ha convertido en una de las materias primas fundamentales para la producción de este biocombustible y según Lobo et al (2016) tiene ventajas desde el punto ambiental y económico. Teniendo en cuenta la actual realidad ambiental, todavía no se cuenta con un programa para reutilizar el aceite vegetal usado proveniente de la industria alimentaria; es por eso, que el presente análisis de artículos tiene busca conocer la obtención del biodiésel a partir de aceites residuales de restaurante, para evitar que la degradación ambiental avance y poder emplear una economía circular.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El presente trabajo consiste en una revisión sistemática en la cual se consideraron fuentes bibliográficas basadas en artículos académicos (científicos o de revisión). Se aplicó diferentes tipos de criterios de selección, empezando por buscar con palabras claves en diferentes recursos de información de universidades alrededor del mundo que contengan en su estructura: introducción, metodología, resultados y discusión. Asimismo, estos tienen una relación directa con a las variables: biodiesel y aceite residual, siendo de mayor beneficio las que sean sobre rubros de restaurantes. Por último, en el idioma se consideró estudios que su redacción no solo esté escrita en español sino que también en inglés, y un rango de búsqueda definido entre los años 2009 y 2019.

Este estudio fue realizado con información obtenida de diferentes fuentes en la que se utilizaron filtros como el nombre de las variables y un rango de búsqueda delimitado. Se inició la búsqueda en Google académico, este es un buscador especializado en contenido y bibliografía científico-académica, siendo la plataforma donde más artículos se seleccionaron con un total de 12. Además, se utilizó la plataforma de Scielo que es una Biblioteca Científica Electrónica en Línea que permite la publicación de ediciones de revistas científicas, de las cuales 7 se eligieron. Mientras que en Ebsco se escogieron 5, a pesar de ofrecer varias publicaciones como journals, monografías, publicaciones, entre otros. Para finalizar, Alicia aunque es un repositorio nacional digital de ciencia, tecnología e innovación solo rescató un artículo.

El inicio de la búsqueda de información se estableció el mes de abril del actual año 2020, donde se empezó a indagar sobre las palabras claves como biodiesel y aceites residuales en fuentes confiables como Google Académico, Ebsco, Scielo y

Alicia. Analizando los trabajos de investigación que se utilizarían como los artículos de revistas, descartando otros tipos de documentos como tesis y libros. Después se incluyó el rubro donde se obtendría esta materia prima, siendo los restaurantes. Debido a que estos son los mayores productores de este desecho. La indagación no se vio limitada por el idioma, siendo varios artículos de lenguajes extranjeros seleccionados durante el periodo comprendido entre los años 2009 y 2019.

Se revisaron un total de 25 documentos de investigación, entre los cuales cinco se vieron descartados por el hecho de a pesar de tener las variables, el enfoque no está centrado en estos conceptos claro ejemplo es cuando la obtención de biodiesel se ve relegada a un segundo plano al centrarse el estudio en prueba en motores, o porque solo se centran en una variable dejando de lado la otra; de la misma manera no se tomaron artículos con una tercera variable ya que esta incitaba una tergiversación del tema a investigar. Asimismo, tampoco se consideró artículos con solo una variable del tema investigado.

El método de extracción de datos de los estudios se centró en la elaboración de una matriz de base de datos en Excel donde los artículos de investigación de índole científico y de revisión fueron seleccionados. Se describieron varios campos previamente seleccionados en una matriz que clasificaba a los documentos según su base de datos, título de investigación, universidad, autor, año, tipo, país, conceptos, estrategia de búsqueda, objetivos, métodos del estudio, resultados, instrumentos de medición y conclusiones tomando en cuenta los diferentes idiomas como inglés y español. De los 25 artículos se seleccionaron 20 que fueron 9 de Google Académico, 7 provenientes de Scielo, 3 de Ebsco y 1 perteneciente a Alicia. Estos artículos fueron escogidos por la relación directa entre las variables de biodiesel y aceite residual.

**CAPÍTULO III. RESULTADOS**

Se revisaron 25 documentos de los cuales 5 no se consideraron ya que no cumplían con los criterios requeridos, tenían una tercera variable que tergiversaba el tema o solo contaban con uno de los conceptos.

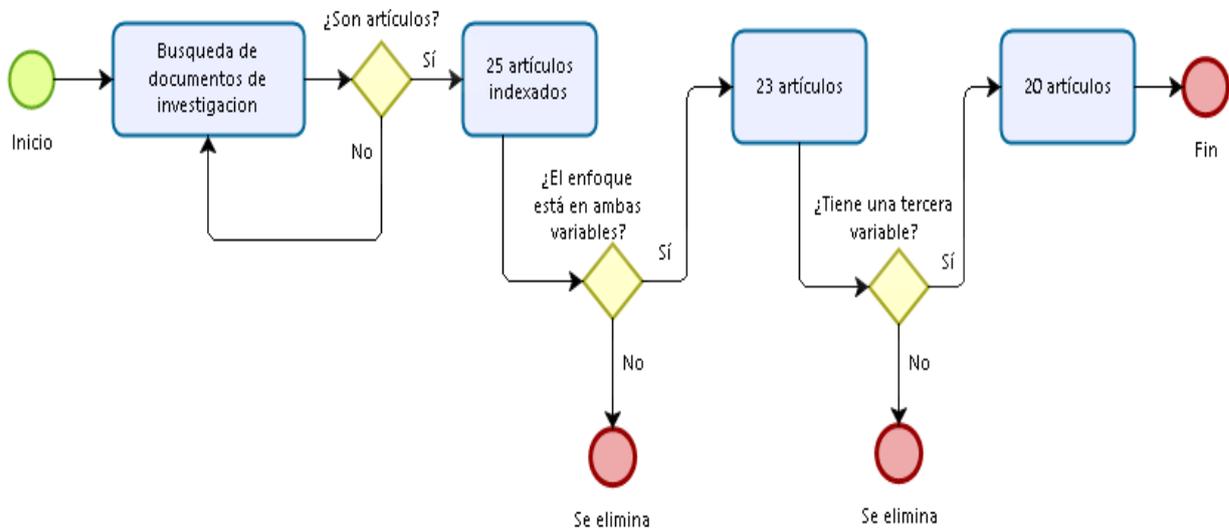


Figura 1: Diagrama de flujo resumen de documentos seleccionados

Al obtener los 20 artículos se procedió a registrarlos según la matriz de registro de artículos (tabla 1).

Tabla 1

Matriz de registro de artículos

Nº	BASE DE DATOS	Autor / Autores	Año	Título de artículo de investigación
1	Google académico	Acevedo, A, & Posso, F.	2019	Una revisión técnico-ambiental de la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura residual en Colombia
2	Scielo	López, L., Bocanegra, J., & Malagón-Romero, D.	2015	Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado
3	Scielo	Murcia , B et al	2013	Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina
4	Scielo	Tacias, V; Rosales, A, & Torrestiana, B	2016	Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio

5	Scielo	Zanchett, M et al.	2016	Producción y viabilidad del uso de biodiesel proveniente de aceite residual de fritura
6	Scielo	Khan, A et al	2019	Síntesis de biodiesel a partir de aceite de cocina residual utilizando una variedad de residuos de mármol como catalizadores heterogéneos
7	ALICIA	Zavaleta, L, & Suavo, J.	2016	Obtención de Biodiesel por transesterificación Alcalina a partir de Aceites Vegetales Residual en Lima
8	Scielo	Benavides, A & Lozano, J.	2018	Logística de residuos de aceite de cocina y evaluación ambiental para la producción de biodiesel en Cali
9	Scielo	Lobo,B et al	2016	Optimización de la producción de biodiesel con etanol y aceite residual de freír con un alto contenido de éster
10	Google académico	Owolabi, R et al.	2011	Biodiesel del aceite de cocina residual de los hogares / restaurantes
11	EBSCO	Parra, J & Sierra, F & Fajardo, G.	2013	Optimización del proceso de producción de biodiesel para catálisis homogénea a partir de aceite de cocina usado.
12	EBSCO	El-Gendy, N; Hamdy, A & Abu, S.	2014	Una investigación de la producción de biodiesel a partir de desechos de restaurantes de mariscos.
13	Google académico	Villadiego, M, Roa, Y & Benítez, L.	2015	Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel
14	Google académico	Pereira, A; Sierra, E.; Guerrero, A	2014	Producción de biodiésel usando aceites residuales de fritura y etanol por catálisis alcalina
15	Google académico	Marcano, L., et al.	2014	Estudio de la obtención de biodiesel a partir de productos secundarios de la reacción de transesterificación de aceites residuales de cocina
16	Google académico	Contreras, L et al.	2019	Producción de biodiesel a partir de desechos de aceites a nivel de laboratorio

17	EBSCO	Yusuff, S & Owolab, J.	2019	Síntesis y caracterización de catalizador de paja de coco con soporte de alúmina para la producción de biodiesel a partir de aceite de freír residual
18	Google académico	Ramírez, I. & Vejarano, T.	2018	Obtención de biodiesel a partir de aceite doméstico
19	Google académico	Quintero, D & Rivera, A.	2018	Producción de biodiesel a partir de aceite de cocina residual
20	Google académico	Magallanes, A et al.	2018	Biodiesel a base de aceite vegetal usado

*Nota.* Cualidades de la unidad de estudio que tienen la mayor importancia según fuente, autores, año y título

Una vez obtenida esta matriz se procedió a clasificarlas según su tipo de documento la cual solo cuenta con artículos y se procedió a revisar los 20 documentos para luego dividirlos según sus características (ver Tabla 2).

Tabla 2

*Características de los estudios*

Tipo de documento	F	%	Año de publicación	F	%	Revista de Publicación del artículo	F	%
Artículos científicos	201	76	2011	14	5	Google académico	136	51
Artículos de revisión	65	24	2013	28	11	Scielo	82	31
			2014	37	14	Ebsco	35	13
			2015	30	11	Alicia	13	5
			2016	41	15			
			2018	64	24			
			2019	52	20			
<b>TOTAL</b>	<b>266</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>266</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>266</b>	<b>100</b>

*Nota.* Caracterización de los artículos según su tipo de documento, año y revista de publicación con sus respectivas frecuencias de estudio y porcentaje.

Los tipos de documentos se dividieron en artículos científicos que se revisaron 201 veces, obteniendo un 76%; mientras, que los artículos de revisión fueron analizados 65 veces teniendo un 24%, consiguiendo un total de 266 de frecuencia de revisión.

El año de publicación que tiene más porcentaje de revisión es el 2018 con un 24%, seguido por el 2019 que tiene un 20%, después 2016 con 15%; el 2014 con 14%, a diferencia de los años 2013 y 2015 que obtuvieron un 11%; finalizando con el 2011 en un 5%. Mientras

que las revistas de publicación más frecuentadas fueron Google académico con un 51%; Scielo con 31%; Ebsco con 13% y Alicia con 5%.

La finalidad de revisar estos documentos fue para asesorarse que el contenido de la información sea útil y relevante para la presente investigación, siendo clasificadas también de manera individual según su porcentaje de revisión.

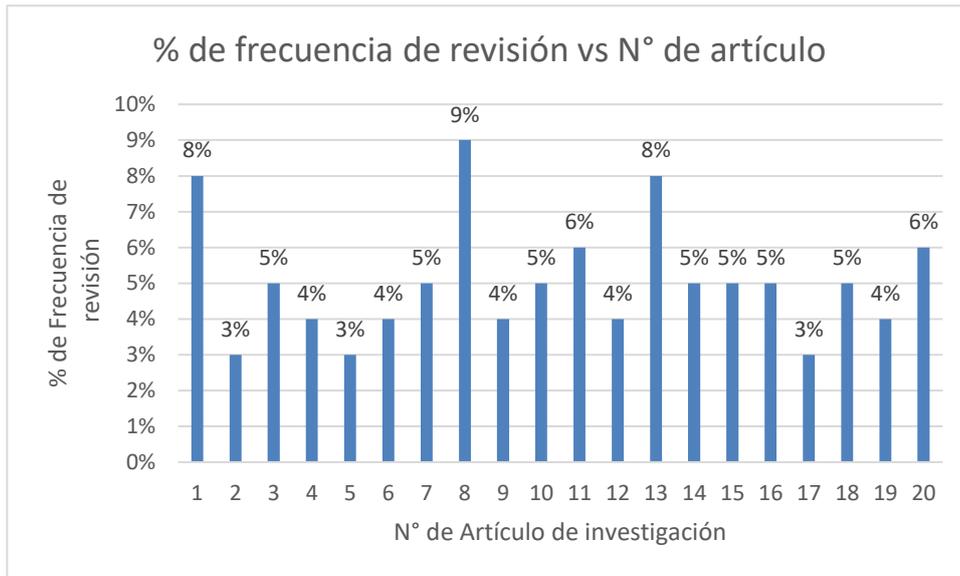


Figura 2: Porcentaje de frecuencia de revisión de los documentos seleccionados

Se estudió cada artículo seleccionado para lo cual se analizó un determinado número de veces, teniendo como mayor porcentaje de revisión al artículo N°8 con un 9%, siguiéndole los artículos N°1 y 13 teniendo un 8%; mientras que con un 6% se encuentran los documentos N°11 y 20, siguiendo con 5% los N°3, 7, 10, 14, 15,16 y 18. Con menor porcentaje (4%) los número 4, 6, 9, 12 y finalizando los artículos 2, 5 y 17 teniendo el 3% de estudio respectivamente.

Las investigaciones escogidas fueron publicadas en diferentes países, para tener diferentes tipos de investigaciones de nivel internacional y poder ser comparadas a nivel nacional, algunas de las investigaciones estaban en inglés.

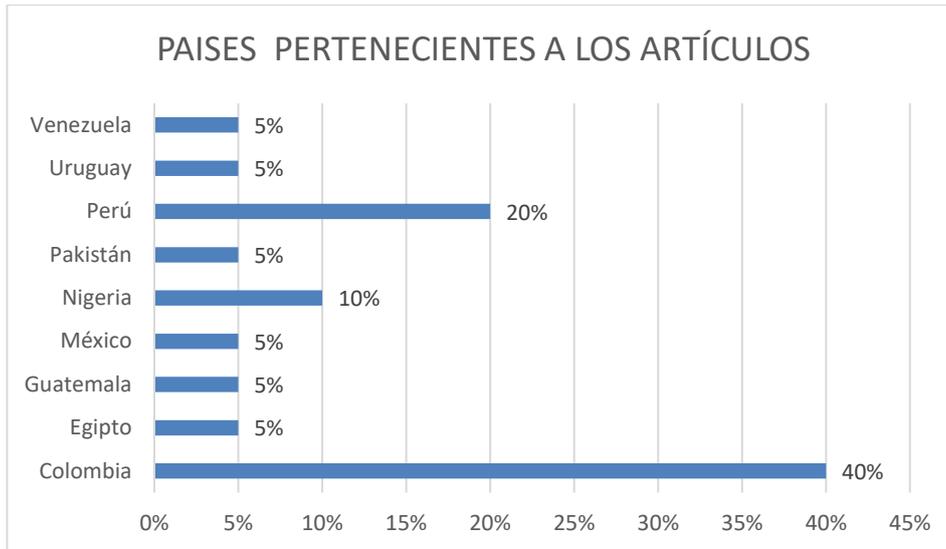


Figura 3: Porcentaje del año de publicación de los documentos seleccionados

El 40% de los documentos fueron publicados en Colombia, siguiendo con el 20% que pertenecen a Perú; además de un 10% de Nigeria. Terminando con un 5% que corresponde a Egipto, Guatemala, México, Pakistán, Uruguay y Venezuela; siendo amplio el campo de acción con lo que respecta a la revisión sistemática.

Finalizando con una agrupación por categorías las cuales se escogieron en base a las conclusiones y discusiones obteniéndose un total de 4 que fueron completadas con los aportes según los diferentes autores.

Tabla 3

*Inducción de categorías*

Categorías	Aportes
	El gran volumen generado cada año de aceite residual en Colombia hace que se convierta en una materia prima promisoras en la elaboración de biodiésel. (Acevedo & Posso, 2019).
Aceite residual de cocina como materia prima	La factibilidad de obtener aceite residual de restaurantes es abundante y las cantidades que se desechan son ideales para emplear como materia prima para obtener biodiésel, añadiendo que se obtienen de manera gratuita o con un costo muy bajo ya que en general los establecimientos no le dan uso alguno (Villadiego, Roa & Benítez, 2015).
	El aceite residual para cocinar es la fuente más utilizada en la producción de biodiésel porque su producción en cantidades enormes en todo el mundo y su costo es insignificante. (Khan, A et al, 2019)

El uso de aceites usados de cocina en fritura da resultados con calidad, rentabilidad y aprovechamientos ambientales ideales. (Pereira, Sierra & Guerrero, 2014).

La producción y empleo del biodiesel cumple un papel significativo en lo que respecta al desarrollo de la sociedad, sobre todo para empresas que tengas varias cantidades de aceites usados. Su uso supondrá un ahorro considerable, tanto para la disminución de costos innecesarios como la conservación del medioambiente (Magallanes et al., 2018).

---

Elección del catalizador idóneo	<p>En el proceso el índice de acidez es la parte con mayor importancia y tiene que tener la mayor exactitud posible porque de esto depende la cantidad de catalizador básico (hidróxido) que se empleará para el proceso de transesterificación (Ramírez &amp; Vejarano, 2018).</p> <p>Industrialmente se elige al KOH por producir una cantidad mayor de metilésteres cuando se obtiene biodiesel a partir de aceites vegetales usados. Además por los jabones de potasio que se disuelven con una facilidad notoria en la capa de glicerol ocasionando que el biodiesel se separe sin un mayor gasto de agua. (López., Bocanegra &amp; Malagón-Romero, 2015).</p> <p>Los rendimientos por catálisis acida son bajos (20,8 - 43,7 %) afectando la rentabilidad del biodiesel (Marcano et al, 2014).</p> <p>El compuesto de paja de coco a base de alúmina es un catalizador sólido eficiente mostró que tiene una buena actividad y puede reutilizarse hasta cinco veces (Yusuff &amp; Owolab, 2019).</p> <p>Los hidróxidos de sodio o potasio se usan de manera tradicional como catalizadores de reacción, produciendo metóxido o etóxido, además la base siempre se regenera al final de la reacción (Lobo et al., 2016).</p> <p>El catalizador de CaO preparado a partir de moluscos de desecho y conchas de cangrejos se puede recomendar para la producción de biodiesel a partir de aceite de cocina residual recogido de restaurantes de mariscos. Esto tendría un triple impacto positivo en los sectores medioambiental, económico y energético (El-Gendy, Hamdy, &amp; Abu, 2014).</p>
Disminución de degradación ambiental por el biodiesel	<p>El impacto con mayor severidad está en el recurso aire, ya que aminorar las emisiones de CO y SO<sub>2</sub> en un 17,7% y 58,8%, respectivamente (Acevedo, &amp; Posso, 2019).</p> <p>Genera una disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> al aire gracias al reemplazo de diésel fósil por biodiésel, estas serían de 454 t de CO<sub>2</sub>/año México, reduciendo en un 20 % el impacto en las emisiones (Tacias, Rosales, A, &amp; Torrestiana, 2016).</p>

---

El biodiésel producido por aceite de fritura presenta viabilidad de producción, así como potencial para ser utilizado en maquinaria agrícola, demostrando un desempeño similar al del combustible generado con petróleo (Zanchett et al., 2016).

La producción de biodiésel con aceite residual genera una reducción potencial de 230,81 kg de CO<sub>2</sub> si este es usado para reemplazar la similar cantidad de diésel en el mercado (Benavides & Lozano, 2018).

El biodiésel desciende las emisiones de partículas sólidas menores a 10 micrones (PM<sub>10</sub>), monóxido de carbono (CO) y óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), peligrosos agentes contaminantes. Las emisiones vehiculares de material particulado se disminuyen en un 47% cuando se usa biodiésel, y las de monóxido de carbono en un 48 (Quintero & Rivera, 2018).

La producción del biodiésel de los aceites de cocina de desecho pueden ser el sustituto del diésel debido a la tendencia decreciente de las reservas económicas de petróleo, problemas ambientales y el precio elevado de productos derivados del petróleo y sus derivados.(Owolabi et al., 2011).

El biodiésel se estima como biocombustible siendo una alternativa que posee una ventaja ambiental gracias al descenso de las emisiones contaminantes en motores que utilizan diésel (Parra, Sierra & Fajardo, 2013).

El biodiésel puede ser sustituto del diésel actuando como un biocombustible, consiguiendo así una disminución de generación de gases de efecto invernadero. (Contreras et al., 2019 ).

---

Reúso tóxicos  
del aceite

Un aumento en ácido palmítico (C16:0) y ácido esteárico (C18:0) ocurre cuando los aceites están sujetos a condiciones extremas y uso extenso (Tacias, Rosales & Torrestiana, 2016).

El aumento de temperatura, la humedad y la oxidación particular del transcurso de fritura del aceite genera una contundente disminución del grado de insaturación en el biodiésel logrado, reflejado en el predominio de ácido palmítico (16:0) y ácido esteárico (18:0) (Murcia et al., 2013).

Cuando el aceite muestra algún grado de utilización, es decir, se mantiene en contacto con alimentos durante la fritura, su concentración de residuos contaminantes aumenta (Zanchett et al., 2016).

El aceite vegetal residual recolectado de los restaurantes del distrito de San Borja, no es apto para consumo humano ya que exceden al valor de la NTP de Aceites Vegetales Comestibles aunque sí lo es para la obtención del biodiésel (Zavaleta, & Suavo, 2016).

---

*Nota.* Caracterización según las categorías y los principales aportes de los artículos.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Durante la revisión sistemática se plasmaron 25 artículos en la matriz de Excel pero solo se seleccionaron 20 ya que cumplían con los criterios de inclusión y seguían las estructuras acorde a la investigación. Solo 1 artículo muestra resultados desfavorables siendo este el de Marcano et al (2014.) que a pesar de comprobar la factibilidad del proceso, sus rendimientos obtenidos fueron bajos. Demostrando que el 98% de los artículos investigados muestran un resultado favorable.

La tabla N°1 muestra la matriz de registro de artículos por fuente, año y nombre de artículo, mientras que en la segunda tabla se observa la caracterización de los artículos según su tipo de documento, año y revista de publicación con sus respectivas frecuencias de estudio y porcentaje, asimismo la tabla N°3 manifiesta como categorías al aceite residual de cocina como materia prima, la elección del catalizador idóneo, la disminución de degradación ambiental por el biodiesel y los reúsos tóxicos del aceite. De igual manera, a través de la figura N°1 se pudo obtener un diagrama de flujo donde resume el proceso de selección de estudios, mientras que la figura N° 2 indica que el artículo con mayor porcentaje de revisión es el N°8 con un 9% y en la figura N°3 el 40% de los documentos revisados fueron publicados en Colombia.

Con respecto a los aceites residuales Tacias, Rosales & Torrestiana (2016), indican que estos son provenientes en mayoría de los restaurantes considerándose una materia prima adecuada para la producción de biodiesel porque según Villadiego, Roa & Benítez (2015) se consiguen de manera gratuita o a muy bajo costo porque los establecimientos no le dan ningún uso. Gracias a esto para Owolabi, R et al. (2011) se evitan problemas ambientales e incluso Quintero & Rivera (2018) plantean que es una buena opción para reducir costos de producción de y aumentar el rendimiento del biocombustible. Mientras que Parra, Sierra &

Fajardo (2013) señalan que utilizar un residuo en la producción se convertiría en la mejor opción para descartar el uso de productos derivados del petróleo.

La revisión sistemática cumplió tanto con el objetivo como a la pregunta de investigación, esta fue de vital importancia demostrándose en las categorías que existe una información diversa sobre la obtención de biodiesel utilizando aceite residual de restaurantes como materia prima realizándose a través de diferentes catalizadores, además, tiene una alta factibilidad y un alto beneficio al medio ambiente. Entre las limitaciones más resaltantes se encuentra la antigüedad de documentos que superaban el límite de búsqueda y la exclusión de artículos con idiomas que no fueran conocidos como el español e inglés, porque otros lenguajes provocaban una tergiversación de las palabras al traducirlas. Además, se recomienda contemplar la búsqueda a través de las palabras claves, e investigar en otros repositorios. Incluso en otros idiomas no contemplados en la presente investigación.

## REFERENCIAS

- Acevedo, A. Z., & Posso, F. R. (2019). Una revisión técnico-ambiental de la producción de biodiésel a partir de aceite de fritura residual en Colombia. *Desarrollo e innovación en ingeniería*, 135-143. doi: doi.org/10.5281/zenodo.3387679
- Benavides, A & Lozano, J. (2018). Waste cooking oil logistics and environmental assessment for biodiesel production in Cali. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (88), 9-15. doi: http://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.n88a02
- Contreras, L et al. (2019). Producción de biodiesel a partir de desechos de aceites a nivel de laboratorio. *Revista científica Ingeniería y Ciencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Landívar*, 1(17). Recuperado de http://revistasguatemala.usac.edu.gt/index.php/riyc/article/view/984/869
- El-Gendy, N; Hamdy, A & Abu, S. (2014). An Investigation of Biodiesel Production from Wastes of Seafood Restaurants. https://doi.org/10.1155/2014/609624
- Khan, A. M. et al (2019). Biodiesel synthesis from waste cooking oil using a variety of waste marble as heterogeneous catalysts. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 36(4), 1487-1500. doi: https://doi.org/10.1590/0104-6632.20190364s20190021
- Lobo, B et al (2016). Optimization for producing biodiesel from ethanol and waste frying oil with a high concentration of ester. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (79), 185-191. doi: http://dx.doi.org/10.17533/udea.redin.n79a17
- López, L., Bocanegra, J., & Malagón- Romero, D. (2015). Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Ingeniería y Universidad*, 19(1), 7-24. doi: 10.11144/Javeriana.iyu19-1.sprq
- Magallanes, A et al. (2018). Biodiesel a base de aceite vegetal usado. *Revista Electrónica de la Facultad de Ingeniería*, 6(2), 28-32. Recuperado de https://revistas.upn.edu.pe/index.php/refi/article/view/70
- Marcano, L., et al. (2014). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de productos secundarios de la reacción de transesterificación de aceites residuales de cocina. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 29(1), 32-43. Recuperado de

<http://www.revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/revfacing/v29n1/art08.pdf>

- Murcia , B et al (2013). Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 61-70. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012334752013000100007&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012334752013000100007&lang=es)
- Owolabi, R et al. (2011). Biodiesel from household/restaurant waste cooking oil (WCO). *J Chem Eng Process Technol*, 2(112), 700-000. doi: 10.4172/2157-7048.1000112
- Parra, J & Sierra, F & Fajardo, G. (2013). Optimization of biodiesel production process for homogeneous catalysis from used cooking oil. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/264236725\\_OPTIMIZATION\\_OF\\_BIODIESEL\\_PRODUCTION\\_PROCESS\\_FOR\\_HOMOGENEOUS\\_CATALYSIS\\_FROM\\_USED\\_COOKING\\_OIL](https://www.researchgate.net/publication/264236725_OPTIMIZATION_OF_BIODIESEL_PRODUCTION_PROCESS_FOR_HOMOGENEOUS_CATALYSIS_FROM_USED_COOKING_OIL)
- Pereira, A; Sierra, E.; Guerrero, A (2014). Producción de biodiésel usando aceites residuales de fritura y etanol por catálisis alcalina. *Ingeniería solidaria*, 10(17), 61-69. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.806>
- Quintero, D & Rivera, A. (2018). Biodiesel production from waste cooking oil. A review. *Revista nacional de ingeniería*, 1(1), 36-45. Recuperado de <http://agenf.org/ojs/index.php/RNI/article/view/271/266>
- Ramírez, I. & Vejarano, T.(2018). Obtención de biodiesel a partir de aceite doméstico residual. *RevIA*, 6(1). Recuperado de <http://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/viewFile/48/37>
- Sanaguano, H. d. R. (2018). Conversión de los aceites residuales de la industria de alimentos en biodiesel. Recuperado de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS\\_a369d94fa2889fd9c99b68f91703a34d](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_a369d94fa2889fd9c99b68f91703a34d)
- Tacias, V. G., Rosales, A. & Torrestiana, B. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(3), 303-313. doi: <https://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.05>

- Villadiego, M, Roa, Y & Benítez, L. (2015). Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel. *Revista Luna Azul*, (40), 25-34. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321733015003.pdf>
- Yusuff, S & Owolab, J. (2019). Synthesis and characterization of alumina supported coconut chaff catalyst for biodiesel production from waste frying oil. *South African Journal of Chemical Engineering*, 30(1), 42–49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2019.09.001>
- Zanchett, M. et al. (2016). Producción y viabilidad del uso de biodiesel proveniente de aceite residual de fritura. *Agrociencia Uruguay*, 20(2), 36-42. Recuperado de [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482016000200006](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482016000200006)
- Zavaleta, L, & Suavo, J. (2016). Obtención de Biodiesel por transesterificación Alcalina a partir de Aceites Vegetales Residual en Lima. doi: <https://doi.org/10.21754/tecnica.v26i1.116>