



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“DEGRADACIÓN DE ACEITES RESIDUALES EMPLEANDO CEPAS BACTERIANAS AISLADAS DE UN SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE 2009 - 2019”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autor:

Cinthia Evelyn Cardenas Salazar

Asesor:

M. Sc. Jessica Marleny Luján Rojas

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome la fortaleza para continuar en este proceso de alcanzar uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, Ciro y Rosa, los pilares fundamentales de mi vida, por su amor, sacrificio, por velar por mi bienestar y construir en mí, cimientos de responsabilidad y deseos de superación, sin dudar ni un solo minuto de mi capacidad e inteligencia.

A mis hermanos, Alexander y Silvia, quienes han sido mi guía y a pesar de los kilómetros que en ocasiones nos distanciaban, han estado siempre en lugar indicado para mí, llenándome de mensajes de aliento, aun cuando las cosas se complicaban.

A todos ustedes, con amor.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada del Norte por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y formarme como profesional.

A todos los docentes que, durante el paso por la vida universitaria, nos brindaron su apoyo incondicional y verdaderamente comprometido, compartiendo sus conocimientos y experiencias, preparándonos para los retos que se nos puedan presentar, a cada uno de ellos hago llegar mi infinito agradecimiento.

Finalmente, quiero agradecer a la profesora Jessica Marleny Luján Rojas, quien fue mi principal guía durante este proceso, con su enseñanza y apoyo, permitió el desarrollo esta investigación.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	16
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	22
REFERENCIAS	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de artículos, según base de datos	13
Tabla 2. Protocolo de combinación de palabras claves y operadores booleanos	13
Tabla 3. Matriz de registro de artículos	17
Tabla 4. Características de los estudios	20
Tabla 5. Inducción de categorías	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Criterios de selección de información.....	12
Figura 2. Etapas de selección de estudios.....	15
Figura 3. Diagrama de flujo de selección de estudios	16

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo conocer la eficiencia de la degradación de aceites residuales empleando cepas bacterianas extraídas de un suelo contaminado con hidrocarburos y, a su vez identificar los beneficios que aporta la producción de PHA, a partir de artículos científicos. La revisión sistemática fue realizada mediante la metodología PRISMA, obteniendo estudios de 5 bases de datos, publicados en EBSCOhost, Dialnet, Google Académico, Redalyc y Scielo, escogiendo aquellos que se encontraban publicados entre los años 2009-2019. Además, la búsqueda de las investigaciones se realizó mediante la utilización de las palabras claves “aceites residuales”, “polihidroxicanoatos” (PHA), “cepas bacterianas”, “suelos contaminados” y el manejo de operadores booleanos “AN” y “OR”.

Como resultado se obtuvo un total de 45 artículos, de los cuales 20 que fueron elegidos en base a los criterios de selección y exclusión y, para una mejor distribución se empleó una matriz de registro de artículos. De tal manera, se concluye que la degradación de los aceites residuales mediante el aislamiento de cepas resulta eficiente para la aplicación de tratamientos biotecnológicos y, su vez se obtiene un residuo de PHA, que posee características similares al plástico, pero la diferencia radica en que este es totalmente biodegradable.

PALABRAS CLAVES: aceites residuales, polihidroxicanoatos (PHA), cepas bacterianas, suelos contaminados.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La contaminación es uno de los más grandes problemas a nivel mundial que, en la actualidad le pasa una costosa factura al ambiente y a la salud del ser humano, debido a la desmesurada cantidad de contaminantes que se emiten diariamente, comprometiendo la calidad del planeta que habitamos. Según Sánchez (2017) “el crecimiento económico de los países es la causa mayor del deterioro continuo del medio ambiente, debido a la inexistencia de un modelo insostenible de producción y consumo” (p. 97). De la misma forma, la actividad industrial es uno de los pilares del desarrollo económico por lo que, las industrias, los comercios y la población han incrementado la demanda de materias primas, generando gran cantidad de residuos, entre estos se encuentran los aceites residuales que, periódicamente son eliminados y dan lugar a la acumulación de porciones excesivas de grasa en los sistemas de drenaje.

Vidales, Leos y Campos (2010) en su estudio mencionan que las grasas y aceites son altamente estables, inmiscibles con el agua, que proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades; y al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas, lo que entorpecen cualquier tipo de tratamiento biológico o físico-químico (p. 29). Por otro lado, “las industrias productoras de aceites y grasas lubricantes derivadas de hidrocarburos poseen materias primas, reactivos químicos, productos terminados y residuos generados en el proceso productivo que, en gran medida, son peligrosos para la salud humana y los ecosistemas” (Vale, Pérez y Ramírez, 2016, p. 737).

En tal sentido, la ecología microbiana en los últimos años ha direccionado esfuerzos en determinar cuáles son los microorganismos capaces de adaptarse y de explorar hábitats contaminados, desarrollado estudios de diversidad, dinámicas poblacionales y de comunidades presentes en suelos contaminados, especialmente aquellas relacionadas con asociaciones de bacterias biodegradadoras (Echeverri, Manjarrez y Cabrera, 2010, p. 77). Por ello, “los microorganismos son empleados con el fin de aumentar la velocidad de degradación y transformación de los contaminantes en sustancias más inocuas y asimilables y por ende disminuir la contaminación ambiental que éstos ocasionan” (Cammarota y Feire, 2006 citado en Da Silva et al., 2009).

A su vez el crecimiento de dichas bacterias, según Lemos y Mina (2015) permite la obtención de “Polihidroxicanoatos (PHA), que son almacenados como polímeros líquidos, móviles y amorfos en forma de gránulos que se hospedan en el citoplasma de los microorganismos, envueltos de una monocapa de fosfolípidos que contiene enzimas polimerasas y despolimerasas” (p. 96). La producción de PHA resulta ser favorable, ya que tienen características casi similares al plástico, pero la diferencia radica en que es totalmente biodegradable, teniendo diversas aplicaciones como en empaques, materia prima para productos de higiene, biocombustibles y gracias a su biocompatibilidad tiene gran aplicación en el campo de la medicina (Serrano, 2010, p. 84).

“La disposición final de los aceites residuales no cuenta con un manejo adecuado, carecen de técnicas sobre el almacenamiento de recolección y aprovechamiento de los mismos” (Navarro, 2014, p. 1). Por tal razón, “se ha enfatizado en la búsqueda de nuevas alternativas biotecnológicas para el tratamiento, donde se aprovechen las propiedades catalíticas que poseen las bacterias para degradar este tipo de residuos” (González et

al.,2017, p. 106). El crecimiento y tipo de microorganismos depende del lugar de donde son aislados, para ello, es necesario ejecutar un análisis previo de muestras de suelo para determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales delimitan los métodos a emplearse para su respectiva adaptación.

Por lo antes mencionado, el presente trabajo de revisión sistemática formula el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es la eficacia de la degradación de los aceites residuales empleando cepas bacterianas extraídas de un suelo contaminado con hidrocarburos, entre los años 2009-2019? Con vistas a evitar el deterioro ambiental, el objetivo de este estudio es conocer la eficiencia en la degradación de aceites residuales empleando cepas bacterianas extraídas de un suelo contaminado con hidrocarburos e identificar los beneficios que aporta la producción de PHA, a partir de análisis de artículos científicos.

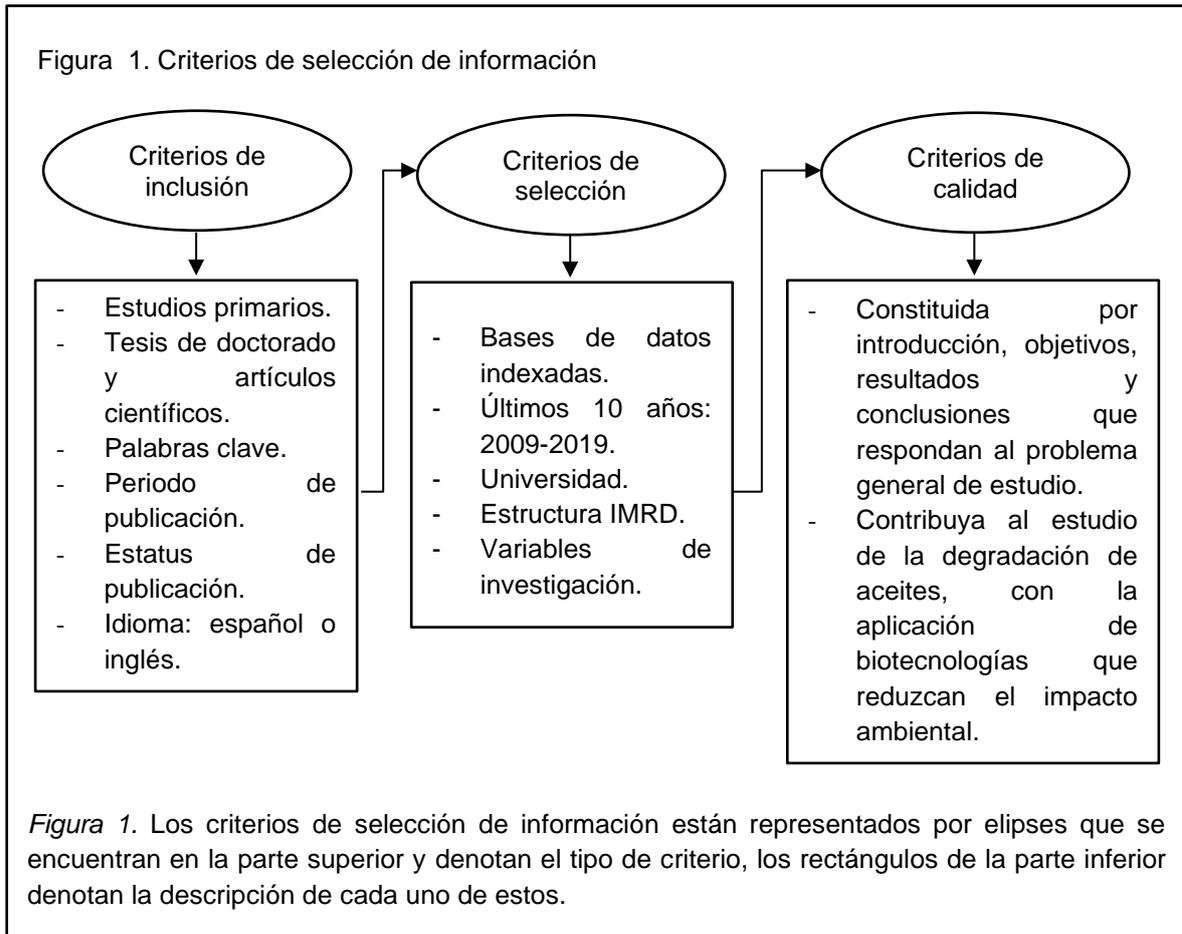
De acuerdo al enfoque, a lo largo de los años se ha podido presenciar una inadecuada ejecución en la disposición final de los aceites residuales, provocando altos índices de contaminación del suelo y de los cuerpos de agua donde estos son descargados, lo que ha conllevado al interés por la búsqueda y aplicación de nuevas alternativas, así como la remediación “biológica”, optando por la aplicación de procesos biotecnológicos. Para su efectiva aplicación, siendo primordial una gestión adecuada de los aceites residuales que permitan minimizar el deterioro del ambiente y promover una sociedad sostenible, siendo ideal un enfoque de gestión de residuos que busque la mínima generación de estos y se genere a su vez productos de valor agregado. (Lee, May, Yeoh y Ngoh, 2014, p. 85).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

El presente estudio de revisión sistemática de la literatura científica está basada en la aplicación metodología PRISMA, cuyas siglas en inglés significan “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyse” (Hutton, Catalá y Moher,2016) y para llevar a cabo el desarrollo del proceso de metodológico, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la eficacia de la degradación de los aceites residuales empleando cepas bacterianas extraídas de un suelo contaminado con hidrocarburos, entre los años 2009-2019 a partir de análisis de artículos de revisión?

Criterios de inclusión

Para el desarrollo de la revisión sistemática se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de selección a partir de la pregunta de investigación: palabras clave, siendo “Aceites Residuales”, “Polihidroxialcanoatos”, “Cepas Bacterianas”, “Suelos Contaminados”, cada investigación debió contener al menos uno de los conceptos; periodo de publicación, debieron encontrarse entre los años 2009-2019; estatus de la publicación, se incluyó aquellos que sean provenientes de bases de datos, de tal forma se aseguraba la confiabilidad de la información; guardar relación con algunas de las variables de investigación; y, finalmente, tener la estructura IMDR. Los artículos que no cumplieron con los criterios antes mencionados fueron excluidos, tal y como se aprecia en la Figura 1.



Recursos de información

Se realizó una búsqueda detallada de artículos de investigación y tesis de doctorado, procedentes de bases de datos que contienen artículos indexados, tales como: EBSCOhost, Dialnet, Google Académico, Redalyc (Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal) y Scielo (Scientific Electronic Library Online o Biblioteca Científica Electrónica en Línea); obteniendo un total de 45 investigaciones, de los cuales fueron seleccionados 20, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Cantidad de artículos, según base de datos

Base de datos	Cantidad de estudios encontrados	Cantidad de estudios seleccionados
Dialnet	6	4
EBSCOhost	10	3
Google Académico	15	7
Redalyc	9	4
SciELO	5	2
Total	45	20

Nota: La cantidad de artículos, de acuerdo a las diferentes bases de datos lograron alcanzar un total de 45 estudios y solo 20 fueron seleccionados. Se puede observar que Google Académico alcanzó la mayor cantidad de estudios, mientras que Scielo cuenta con la menor cantidad.

Búsqueda de información

Con la finalidad de realizar una búsqueda óptima y filtrar aquella información que responda al problema de investigación, fue necesario limitar a los buscadores mediante las palabras clave: “aceites residuales”, “polihidroxicarboxilatos”, “cepas bacterianas”, “suelos contaminados” y por especificidad se diseñó un protocolo de combinación entre las palabras clave y operadores booleanos para una búsqueda más eficaz en las bases de datos.

Tabla 2

Protocolo de combinación de palabras clave y operadores booleanos

Base de datos	Operadores booleanos	Palabras clave
EBSCOhost	OR	(“cepas bacterianas”) AND (“suelos contaminados”) (“aceites residuales”) OR (“PHA”)
	AND	(“cepas bacterianas”) OR (“aceites residuales”)

Dialnet	OR	("PHA") AND ("cepas bacterianas") ("cepas bacterianas") AND ("suelos contaminados")
	AND	("PHA") OR ("cepas bacterianas") ("cepas bacterianas") OR ("aceites residuales")
Google académico	OR	("cepas bacterianas") AND ("suelos contaminados") ("PHA") AND ("cepas bacterianas") ("aceites residuales") AND ("suelos contaminados")
	AND	("PHA") OR ("suelos contaminados") ("cepas bacterianas") OR ("aceites residuales")
Redalyc	OR	("cepas bacterianas") AND ("suelos contaminados")
	AND	("aceites residuales") OR ("PHA")
SciELO	OR	("PHA") AND ("suelos contaminados")
	AND	("aceites residuales") OR ("cepas bacterianas")

Nota: OR = muestra resultados que contengan al menos uno de los dos términos [I]; AND = Muestra sólo resultados que contengan todos los términos de búsqueda especificados [+] o [&].

Criterios de descarte

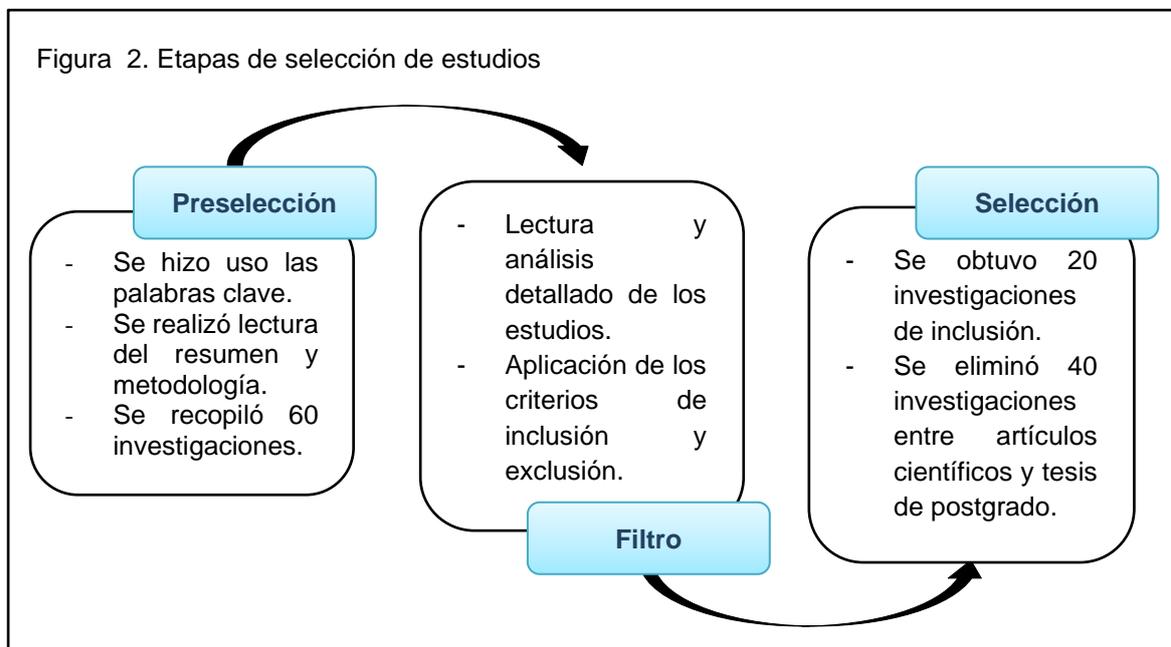
Durante la recopilación de información, se logró obtener gran cantidad de estudios relacionados con el tema de investigación, pero solo algunos artículos científicos y tesis de doctorado no contenían a la variable de investigación o a las palabras clave. También, quedaron excluidos aquellos estudios que eran tesis de grado, libros y los que se encontraban fuera del rango del periodo de publicación establecido. Por último, al no cumplir con los criterios de inclusión, tuvieron que ser excluidas 25 investigaciones.

Selección de estudios

El proceso de codificación de las investigaciones obtenidas ha sido seleccionado siguiendo una secuencia de etapas (Figura 2) y organización de datos, con la finalidad de

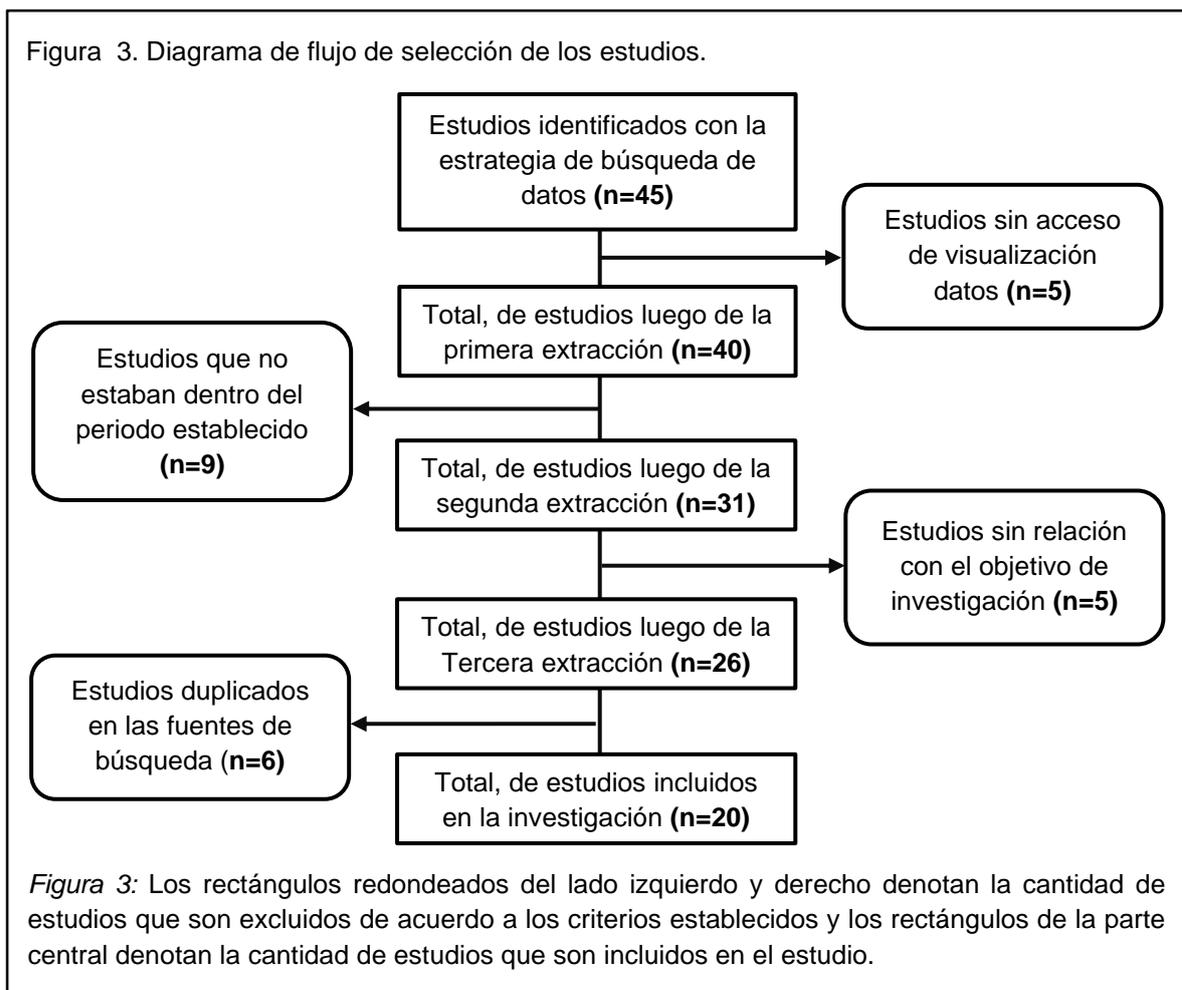
una mejor comprensión de las mismas, para lo cual se empezó con categorizar en los siguientes campos: base de datos, título, universidad, estructura IMRD, autor, año de publicación, tipo de investigación, país, variables, estrategias de búsqueda y descarte e inclusión; reunidos los datos en una sola tabla se construyó una matriz.

La codificación se hizo con el apoyo de herramientas informáticas a través del Excel, lo que permitió identificar y establecer el grado de relevancia que cada estudio aporta a la revisión sistemática.



CAPÍTULO III. RESULTADOS

La búsqueda de los artículos científicos y tesis de doctorado en las bases de datos dio como resultado un total de 45 estudios, de los cuales 5 de ellos no tenían acceso de visualización, luego, de los 40 restantes se eliminaron 9 porque no se encontraban dentro del periodo establecido. Asimismo, se descartó 5 investigaciones más, debido a que el objetivo no estaba relacionado con el tema principal y se tuvo que excluir 6 estudios porque estaban duplicados en las fuentes de búsqueda. Finalmente, la unidad de análisis quedo conformada por 20 investigaciones, tal como se muestra en la Figura 3.



A continuación, se presenta una tabla que especifica el procesamiento de información de los artículos científicos y tesis de doctorado elegidas que, son objeto de estudio para la presente revisión sistemática:

Tabla 3

Matriz de registro de artículos

N°	BASE DE DATOS	AUTOR/AUTORES	AÑO	TÍTULO DE ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN
1	Google Académico	- Da Silva, Gervásio - Paulo Mack, Matthias - Contiero, Jonas	2009	Glicerol: una fuente de carbono prometedor y abundante para la microbiología industrial.
2	Dialnet	- Serrano Riaño, Julieth Yadira	2010	Polihidroxialcanoatos (PHAs): Biopolímeros producidos por microorganismos. Una solución frente a la contaminación del medio ambiente.
3	Google Académico	- Echeverri Jaramillo, Gustavo Eugenio - Manjarrez Paba, Ganiveth - Cabrera Ospino, Melody	2010	Aislamiento de bacterias potencialmente degradadoras de petróleo en hábitats de ecosistemas costeros en la Bahía de Cartagena, Colombia.
4	Redalyc	- Vásquez, María Cristina - Guerrero Figueroa, Jennifer Thibisay - Quintero, Andrea del Pilar	2010	Biorremediación de lodos contaminados con aceites lubricantes usados.
5	EBSCOhot	- Barrios San Martín, Yaima - Acosta, Silvia - Sánchez, Ayixon - Toledo, Antonio - González, Francisca - García, Regla M	2012	Estudio y selección de bacterias aerobias degradadoras de hidrocarburos del petróleo aisladas de costas de Cuba.
6	Dialnet	- Ricoy, Cristina - Boulé, Nicolás - Amaíz, Luís - Torcuatti, Esther - Medina, Luis - Valbuena, Oscar - Fernández, Zoraida	2012	Transferencia de la capacidad degradadora de combustible diésel a <i>Escherichia Coli</i> DH5α por plásmidos de bacterias aisladas de suelos contaminados con petróleo.

7	SciELO	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez Moreno, Silvia Alexandra - Marín Montoya, Mauricio Alejandro - Mora Martínez, Amanda Lucía - Yepes Pérez, María del Socorro 	2012	Identificación de bacterias productoras de polihidroxialcanoatos (PHAs) en suelos contaminados con desechos de fique.
8	Google Académico	<ul style="list-style-type: none"> - Izquierdo Romero, Andrés Ricardo 	2013	Biodegradación de HAPs durante la biorremediación aeróbica de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo. Análisis de poblaciones bacterianas y genes funcionales.
9	Redalyc	<ul style="list-style-type: none"> - Murcia Ordoñez, Betselene - Chaves, Luis Carlos - Rodríguez Pérez, Wilson - Andredy Murcia, Miguel - Alvarado, Edna Rocío 	2013	Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina.
10	EBSCOhot	<ul style="list-style-type: none"> - Canesin, Edmilson Antonio - De Oliveira, Cláudio Celestino - Matsushita, Makoto - Dias, Lucia Felicidade - Pedrão, Mayka Reghiany - De Souza, Nilson Evelazio 	2014	Caracterización de aceites residuales para la producción de biodiesel.
11	Dialnet	<ul style="list-style-type: none"> - Lemos Delgado, Ana Carolina - Mina Cordoba, Alexis 	2015	Polihidroxialcanoatos (PHA) producidos por bacterias y su posible aplicación a nivel industrial.
12	Google Académico	<ul style="list-style-type: none"> - Di Martino, Carla 	2015	Estudio de bacterias del género Pseudomonas en la degradación de hidrocarburos y síntesis de biosurfactantes: análisis del efecto de los polihidroxialcanoatos.
13	SciELO	<ul style="list-style-type: none"> - Medina Villadiego, Mauricio - Ospino Roa, Yesid - Tejeda Benítez, Lesly 	2015	Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel.
14	EBSCOhot	<ul style="list-style-type: none"> - Vale Capdevila, Rita María - Pérez Silva, Rosa María 	2016	Valoración del impacto ambiental en una productora de aceites y grasas lubricantes.

		- Ramírez Gotario, Margarita		
15	Redalyc	- Tacias Pascacio, Veymar Guadalupe - Rosales Quintero, Arnulfo	2016	Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio.
16	Dialnet	- Ortiz Villabona, Ángel - Pico Iriarte, Roy - Tejada Tovar, Candelaria	2017	Alternativas para el aprovechamiento integral de residuos grasos de procesos de fritura.
17	SciELO	- González, Diana - Amaíz, Luis - Medina, Luis - Vargas, Rosmary - Izzeddin, Noja - Valbuena, Oscar	2017	Biodegradación de residuo graso industrial empleando bacterias endógenas.
18	Google Académico	- Gamba, Karen Tatiana - Pedraza, Angie Marecela	2017	Evaluación de estrategias de biorremediación para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con aceites usados.
19	Redalyc	- Ortiz Maya, Jorge - Escalante Espinosa, Erika Fócil - Monterrubio, Reyna Lourdes - Ramírez Saad, Hugo César - Díaz Ramírez, Ildefonso Jesús	2017	Dinámica de poblaciones bacterianas y actividad deshidrogenasa durante la biorremediación de suelo recién contaminado con hidrocarburos.
20	Google Académico	- Him Fábrega, José - Ábrego, Ilka - Aldrete, Marleny	2019	Identificación y capacidad degradadora de bacterias aisladas de suelos contaminados con hidrocarburos de desechos, Panamá.

Nota: Los estudios recogidos de las diversas bases de datos para la revisión sistemática han sido recopilados desde el año 2009 hasta el año 2019, pero se puede observar que no se seleccionó estudios en los años 2011 y 2018.

Para la investigación se tomaron en cuenta 20 estudios. El detalle se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Características de los estudios

TIPO DE DOCUMENTO	AÑO DE PUBLICACIÓN		AÑO DE PUBLICACIÓN		PUBLICACIÓN DEL ARTICULO		PUBLICACIÓN DEL ARTICULO	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Artículos científicos	18	90	2009	1	5	Dialnet	4	20
			2010	3	15	EBSCOhost	3	15
Tesis	2	10	2012	3	15	Google Académico	7	35
			2013	2	10	Redalyc	4	20
			2014	1	5	SciELO	2	10
			2015	3	15			
			2016	2	10			
			2017	4	20			
			2019	1	5			
TOTAL	20	100	TOTAL	20	100	TOTAL	20	100

Nota: Los resultados señalan que la base de datos más consultada fue Google Académico con un 35%, mientras SciELO fue el menor con 10%. En cuanto al año de publicación, en el año 2017 se obtienen mayor cantidad de estudios con 20%. La totalidad de las investigaciones son de tipo artículos científicos y tesis de doctorado.

Se seleccionó 4 categorías a usar en la matriz y en la sección de aportes se planteó información relevante con relación a los artículos científicos y tesis analizadas, la cual se fue adquiriendo en el desarrollo de la investigación. Por último, se desarrolló la síntesis de cada categoría y cada uno con su respectiva cita., obteniendo así la Tabla 5.

Tabla 5

Inducción de categorías

Categorías	Aportes

Degradación de aceites residuales	<p>La aplicación de consorcios bacterianos en trampas de grasas localizadas en industrias procesadoras de cerdos y aves, que luego de tres meses y con aplicaciones diarias, han permitido obtener un porcentaje de remoción de 90% del volumen que ocupan estos residuos (González et al., 2017, p. 114).</p>
	<p>El calentamiento, la humedad y la oxidación propios del proceso de fritura del aceite provocan una drástica disminución del grado de insaturación en el biodiesel (Murcia, Chaves, Rodríguez, Andredy y Alvarado, 2013, p. 67-68).</p>
Acción de las cepas bacterianas	<p>El desempeño de los microorganismos degradadores de hidrocarburos es óptimo cuando en el medio se presentan las condiciones ambientales nutricionales adecuadas, las cuales generan en los microorganismos una capacidad de respuesta rápida a eventos de contaminación (Him, Ábrego y Aldrete, 2019, p. 39).</p>
Acción de las cepas bacterianas	<p>Los inóculos microbianos son capaces de transformar y utilizar el contaminante como fuente de energía en el proceso de biorremediación (Vásquez, Guerrero, y Quintero, 2010, p. 153-154).</p>
Beneficios de PHA	<p>El éxito de la biorremediación consiste en la selección de microorganismos que puedan degradar materiales contaminados a diferentes temperaturas, pH, salinidad y concentración de nutrientes (Echeverri et al., 2010, p. 82).</p>
Beneficios de PHA	<p>La presencia de PHA en los inóculos produce un ligero incremento en su crecimiento, el cual podría estar relacionado con la utilización del polímero como fuente de carbono y energía de fácil acceso, adicional al diésel agregado (Di Martino, 2014, p. 117).</p>
Contaminación por hidrocarburos	<p>La versatilidad metabólica bacteriana brinda alternativas para su tratamiento, siendo la producción de PHA una excelente opción, dadas sus múltiples aplicaciones biotecnológicas (Sánchez, Marín, Mora, y Yepes, 2012, p. 93-94).</p>
Contaminación por hidrocarburos	<p>Los hidrocarburos son compuestos lipofílicos que, en concentraciones elevadas, inhiben el crecimiento, provocan intoxicación e inducen una respuesta de estrés en las bacterias y cambios celulares a nivel de membrana, enzimáticos y proteicos (Barrios, eat, 2012, p. 76).</p>

Nota: De acuerdo a las categorías establecidas, se describen los aportes más trascendentes extraídos de los artículos de revisión.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática aporta la identificación, exploración y descripción de las fuentes de información disponibles, agregando los conceptos de 20 artículos obtenidos de la literatura científica, con el objetivo de colaborar con estudios bibliográficos que contribuyan a la producción de cepas bacterianas en beneficio de la degradación de aceites residuales. Los estudios analizados datan desde el año 2009 hasta el 2019, los cuales respondieron a la pregunta de investigación y cumplieron los criterios de selección definidos en el plan de búsqueda como se muestra en la Figura 1; adicionalmente, a estos estudios se completó en la parte de la introducción del trabajo cuatro citas bibliográficas las cuales ayudaron a sustentar la investigación.

De los resultados obtenidos en el estudio, la tabla 3 establece la matriz de registro de los artículos, incluyendo la base de datos, año y título de las publicaciones y en la tabla 4 se puede observar que las características de los estudios encontrados estuvieron conformadas por el tipo de documento, año y revista de publicación de los artículos, existiendo en la primera un mayor porcentaje de artículos científicos con un 90%; en la segunda, se demuestra que en el año 2017 se pueden encontrar mayor cantidad de información con un 20% y; en la tercera, la base de datos que arrojó mayor cantidad de estudios relacionadas con el objeto de investigación fue Google Académico con un 35%.

En Tabla 5 se determinó cuatro categorías, las cuales son degradación de aceites residuales, la acción de las cepas bacterianas, beneficios que brindan los PHA y suelos contaminados. Para ello, se tuvo que analizar y agrupar párrafos que contengan las diversas investigaciones y a su vez se encuentren dentro de dichas categorías.

Como resultado del desarrollo de la revisión sistemática se ha mostrado que un número representativo de estudios empíricos especifican la degradación de aceites residuales, a través de la producción de microorganismos aislados de suelos contaminados.

Esto enmarca una tendencia muy importante en los últimos años, ya que la producción de microorganismos surge como una alternativa de solución, debido a la existencia de contaminantes peligrosos en el ambiente, como es el caso del glicerol que se encuentra en todos los tipos de aceites y generados pueden convertirse en una amenaza para el medio ambiente por no poder eliminarse y una de las posibles aplicaciones es su respectivo uso como fuente de carbono y energía para microbios (Da Silva, Mack y Contiero, 2009, p. 30).

Vásquez et al. (2010) especifican que la producción de inóculos microbianos es una estrategia eficiente para evaluar la adaptación y supervivencia de cepas para la degradación de espacios contaminados, ya que son capaces de transformar y utilizar el contaminante como fuente de energía en el proceso de biorremediación (p. 153-154). Asimismo, se demuestra que los microorganismos son capaces de crecer en cultivos enriquecidos con petróleo y para su respectiva selección debe realizarse a través de pruebas sucesivas. (Echeverri et al., 2010, p. 82).

Por otro lado, en los estudios seleccionados para el análisis se logra identificar que la versatilidad metabólica bacteriana brinda alternativas para su tratamiento, siendo la producción de PHA una excelente opción, dadas sus múltiples aplicaciones biotecnológicas (Sánchez et al., 2012, p. 93-94), estos biopolímeros han cobrado gran importancia debido a que pueden ser utilizados reemplazando materiales como el plástico, que actualmente genera

gran acumulación y que se ha convertido en un alto foco de contaminación ambiental debido a su lenta degradabilidad. (Serrano, 2010, p. 79).

El desarrollo de la presente revisión sistemática ha permitido brindar respuesta a la pregunta y objetivo de investigación, corroborando que la degradación de los aceites residuales mediante el aislamiento de cepas resulta eficiente para la aplicación de tratamientos biotecnológicos y, su vez se obtiene un residuo de PHA, que posee características similares al plástico, pero la diferencia radica en que este es totalmente biodegradable. Además, se concluye que los 20 artículos que describen las metodologías de las variables en el estudio demuestran un interés por el tema en mención, en tal sentido impulsa y resulta necesario seguir indagando sobre nuevas técnicas de remediación que permitan mejorar la eficiencia del trabajo en las empresas industriales.

Este trabajo de investigación tuvo algunas limitaciones con respecto a la búsqueda y hallazgo de los estudios referentes a las variables de investigación aceites residuales y cepas bacterianas, debido a que la mayor parte de información se encontraban en tesis de grado y en años fuera del periodo establecido. Por otro lado, existieron artículos que contenían las dos variables; pero hubo estudios donde solo se investigó en base a una variable de forma independiente y en algunos casos estaban relacionados con otros conceptos, además de ser artículos que corresponden a realidades y rubros diferentes.

Por último, se recomienda la aplicación de este tipo de biotecnología orientada a la degradación de aceites e incentivar a reflexionar sobre la contaminación ambiental y, de tal manera las diferentes industrias opten por implementar un sistema de remediación para sus residuos y evitar que los cuerpos de aguas y suelos sean contaminados.

REFERENCIAS

- Barrios, Y., Acosta, S., Sánchez, A., Toledo, A., González, F. y García, R. (2012). Estudio y selección de bacterias aerobias degradadoras de hidrocarburos del petróleo aisladas de costas de Cuba. *Biología Aplicada*, 29(2), 80–86. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-28522012000200003&lang=es
- Brian, H., Catalá, F. y David, M. (2016). La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA. *Medicina Clínica*. 147(6). 262-266. doi: 10.1016/j.medcli.2016.02.025
- Canesin, E., de Oliveira, C., Matsushita, M., Dias, L., Pedrão, M. y de Souza, N. (2014). Caracterización de aceites residuales para la producción de biodiesel. *Electronic Journal of Biotechnology*, 17(1), 39–45. doi: 10.1016/j.ejbt.2013.12.007
- Da Silva, G., Mack, M. y Contiero, J. (2009). Glicerol: una fuente de carbono prometedora y abundante para la microbiología industrial. *Biotechnological advances*, 27(1), 30-39. doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.07.006
- Di Martino, C. (2015). *Estudio de bacterias del género Pseudomonas en la degradación de hidrocarburos y síntesis de biosurfactantes: análisis del efecto de los polihidroxicarboxilatos* (Tesis Doctoral). Recuperado de http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n5752_DiMartino

- Echeverri, G., Manjarrez, G. y Cabrera, M. (2010). Aislamiento de bacterias potencialmente degradadoras de petróleo en hábitats de ecosistemas costeros en la Bahía de Cartagena, Colombia. *NOVA* ,8(13), 76-86. doi: 10.22490/24629448.441
- Gamba, K. y Pedraza, A. (2017). Evaluación de estrategias de biorremediación para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con aceites usados. *Ingeciencia*, 2(2), 18-30. Recuperado de http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2679
- González, D., Amaíz, L., Medina, L., Vargas, R., Izzeddin, N. y Valbuena, O. (2017). Biodegradación de residuo graso industrial empleando bacterias endógenas. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*. 3(2). 105-118. Recuperado de <http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/37>
- Him, J., Ábrego, I. y Aldrete, M. (2019). Identificación y capacidad degradadora de bacterias aisladas de suelos contaminados con hidrocarburos de desechos, Panamá. *Revista Colombiana de Ciencia*, 1(1), 30-42. Recuperado de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/article/view/1019>
- Hutton, B., Catalá, F. y Moher, D. (2016). La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA. *Medicina Clínica*, 5, 1-5. doi: 10.1016/j.medcli.2016.02.025
- Izquierdo, A. R. (2013). *Biodegradación de HAPs durante la biorremediación aeróbica de suelos contaminados con hidrocarburos del petróleo. Análisis de poblaciones bacterianas y genes funcionales* (Tesis Doctoral). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=87305>

- Lee, S., May, A., Yeoh, H. y Ngoh, G. (2014). Una revisión de la producción y aplicaciones de ácidos grasos volátiles derivados de desechos. *Ingeniería Química*, 235, 83-99. doi: 10.1016/j.cej.2013.09.002
- Lemos, A. y Mina, A. (2015). Polihidroxialcanoatos (PHA) producidos por bacterias y su posible aplicación a nivel industrial. *Informador Técnico*, 79(1), 93–101. doi: 10.23850/22565035.139
- Medina, M., Ospino, Y. y Tejada, L. (2015). Esterificación y transesterificación de aceites residuales para obtener biodiesel. *Luna Azul*, 40,25-34. doi: 10.17151/luaz.2015.40.3
- Murcia, B., Chaves, L., Rodríguez, W., Andredy, M. y Alvarado, E. (2013). Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 61-70. doi: 776/77628609007
- Navarro, W. (2014). *Estado situacional del manejo del aceite lubricante usado en la ciudad de Ayacucho y propuesta de disposición final* (Tesis de Maestría). Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2792>
- Ortiz, Á., Pico, R. y Tejada, C. (2017). Alternativas para el aprovechamiento integral de residuos grasos de procesos de fritura. *TEKNOS*, 17(01), 21-29. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382715>
- Ortiz, J., Escalante, E., Fócil, R., Ramírez, H. y Díaz, I. (2017). Dinámica de poblaciones bacterianas y actividad deshidrogenasa durante la biorremediación de suelo recién contaminado con hidrocarburos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(2),237-246. doi: 10.20937/RICA.2017.33.02.05

- Ricoy, C., Boulé, N., Amaíz, L., Torcuatti, E., Medina, L., Valbuena, O. y Fernández, Z. (2012). Transferencia de la capacidad degradadora de combustible diésel a *Escherichia Coli* DH5a por plásmidos de bacterias aisladas de suelos contaminados con petróleo. *Interciencia*, 37(9), 671-677. doi: 0378-1844/12/09/671-07
- Sánchez, S., Marín, M., Mora, A. y Yepes, M. (2012). Identificación de bacterias productoras de polihidroxicarboxilatos (PHAs) en suelos contaminados con desechos de fique. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(2), 89-10. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752012000200010&lang=es
- Sánchez, V. (2017). Relación entre crecimiento económico y degradación ambiental, un análisis a nivel a global por niveles de ingresos. *Revista Económica*, 2(1), 96-109. Recuperado de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/economica/article/view/454/0>
- Serrano, J. (2010). Polihidroxicarboxilatos (PHAs): Biopolímeros producidos por microorganismos. Una solución frente a la contaminación del medio ambiente. *Teoría y Praxis Investigativa*, 5(2), 79-84. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3702404>
- Tacias, V. y Rosales, A. (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. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37046488005>
- Vale, R., Pérez, R. y Ramírez, M. (2016). Valoración del impacto ambiental en una productora de aceites y grasas lubricantes. *Revista Cubana de Química*, 28(2), 736–750. doi: 0258-5995

Vásquez, M., Guerrero, J. y Quintero, A. (2010). Biorremediación de lodos contaminados con aceites lubricantes usados. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1), 141-157. doi: 776/77617786014

Vidales, A., Leos, M. y Campos, M. (2010). Extracción de grasas y aceites en los efluentes de una industria automotriz. *ConCiencia Tecnológica*, 40, 29-34. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94415759007>