



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Revisión bibliográfica del uso de tecnologías de remediación para suelos
contaminados por hidrocarburos”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORES :

Barreto Franco, Jackeline Mayra (ORCID:0000-0002-2163-0728)

Reyna Gaspar, Margarita Mavila (ORCID:0000-0001-6467-116X)

ASESOR :

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (ORCID:0000-0002-8200-4640)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza que nos brinda en los momentos que más lo necesitamos.

A nuestros padres que siempre nos muestran su apoyo incondicionalmente, ya que buscan nuestro bienestar.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por su apoyo que siempre nos ofrecen.

A todos los ingenieros que nos ayudaron con nuestras dudas durante el desarrollo de nuestra investigación.

A las personas que nos apoyaron durante el desarrollo del trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MARCO TEÓRICO.....	14
III. METODOLOGÍA.....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES.....	53
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS.....	75

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Clasificación de tecnologías de remediación.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2: Matriz de categorización.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3: Resumen de criterios de búsqueda.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 4: Clasificación de tecnologías.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 5: parámetros de operación.....</i>	<i>48</i>

Índice de figuras

<i>Figura 1: Composición del suelo.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2: Clasificación de hidrocarburos.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3: Clasificación de tecnologías de remediación.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4: Tecnologías de remediación.....</i>	<i>18</i>

Índice de abreviaturas

- **pH:** Potencial de hidrógeno
- **Fe:** Hierro
- **Mg:** Magnesio
- **P:** Fósforo
- **HAP:** Hidrocarburo Aromático Policíclico
- **IEM:** Membranas de intercambio catiónico
- **EV:** Extracción de vapor
- **DT:** Desorción térmica
- **DTAT:** Desorción térmica de alta temperatura
- **DTBT:** Desorción térmica de baja temperatura
- **Ct:** Carbono total
- **Nt:** Nitrógeno total
- **MO:** Materia orgánica
- **C_{inicial}:** Contaminación inicial
- **V:** Voltios
- **C_{humedad}:** Cantidad de humedad
- **TPH:** Hidrocarburo Totales De Petróleo
- **EK:** Electrocinética
- **SVE:** Extracción de vapor
- **DSA:** Dimensionalmente Estables-Ánodos
- **S/E:** Solidificación/Estabilización
- **COV:** Compuestos Orgánicos Volátiles

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo general analizar las tecnologías de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos y como objetivos específicos clasificar las tecnologías e identificar los parámetros de operación de cada tecnología para remediar suelos contaminados por hidrocarburos. Este diseño de investigación es cualitativo narrativo de tópicos para ello se utilizó como técnica de instrumento la recolección de datos y análisis documental que consiste en 2 etapas: la etapa 1 consta en la búsqueda de artículos de investigaciones nacionales e internacionales, identificamos 400 artículos a través de las palabras claves como remediation, soils, pollution, hydrocarbons and technologies, en la etapa 2 se realizó la lectura y análisis de 400 artículos de investigación de los cuales permanecimos con 78 artículos, 2 libros y 2 normas técnicas ya que eran de acuerdo al tema de interés teniendo en consideración una antigüedad no mayor de cinco de años y cumpliendo con los criterios de rigor científico. Se obtuvieron como resultados la clasificación de estas tecnologías en (i) biológicos, (ii) químicos, (iii) fisicoquímicos y (iv) térmicos, demostrando que la tecnología fisicoquímica como la extracción de vapor y la tecnología térmica como la desorción térmica obtuvieron un porcentaje de remoción de 90% y 99%, respectivamente. Así mismo, los parámetros de operación tales como: temperatura (T °C), potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), tiempo (semanas), c. inicial (mgkg^{-1}), contaminante y el porcentaje de remoción (%).

Palabras claves: *tecnologías, remediación, hidrocarburos, remoción, tratamiento.*

Abstract

The present objective of the present study is to analyze the remediation technologies of hydrocarbon-contaminated soils and as specific objectives to classify the technologies and identify the operating parameters of each technology to remediate hydrocarbon-contaminated soils. This research design is qualitative and narrative of topics. For this purpose, data collection and documentary analysis consisting of 2 stages are found as an instrument technique: stage 1 is constant in the search for articles from national and international research. We identified 400 articles through Of the key words such as remediation, soil, pollution, hydrocarbons and technologies, in stage 2, 400 research articles were read and analyzed, of which we remained with 78 articles, 2 books and 2 technical standards that were according to the topic. of interest taking into account an age of not more than five years and meeting the criteria of scientific rigor. As a result, the classification of these technologies was obtained in (i) biological, (ii) chemical, (iii) physicochemical and (iv) thermal, demonstrating that physicochemical technology such as steam extraction and thermal technology such as thermal desorption obtained a removal percentage of 90% and 99%, respectively. Likewise, the operating parameters include stories such as: temperature (T ° C), hydrogen potential (pH), organic matter (OM), time (weeks), c. initial (mgkg^{-1}), contaminant and the percentage of removal (%).

Key words: *technologies, remediation, hydrocarbons, removal, treatment.*

I. INTRODUCCIÓN

La presencia de contaminantes de hidrocarburo genera un impacto negativo en el ambiente, presentando riesgos trascendentales en la salud de los humanos y otras formas de vida (Ossai *et al.*, 2019, p.3; Sammarco *et al.*, 2016, p.830-831). El vertimiento de hidrocarburos en el suelo modifica las propiedades químicas del suelo, con respecto a la proporción de carbono orgánico (incrementándolo, ya que el carbono en el petróleo es oxidable), el pH (disminuye debido al aumento de carbono orgánico), aumentando también el contenido de Fe, Mg y P (Ng, Sen y Hashim, 2014.p. 259-262).

Los hidrocarburos son vertidos en todo el mundo, ya sea accidentalmente o no, siendo el suelo uno de sus mayores receptores. Gran parte de estos accidentes que se han suscitado por contaminación de hidrocarburos han originado desastres ecológicos y catástrofes sociales (Costa *et al.*, 2012.p.31-32); este incremento de contaminación por hidrocarburos se debe principalmente al sector industrial, reportándose así altos niveles de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en el suelo en todo el mundo (De Boer y Wagelmans, 2016. p. 648).

En el 2019 se registró un derrame de petróleo, en el Km. 237+746 del Ramal Norte del Oleoducto Nor Peruano, en la comunidad de Nuevo Progreso, distrito de Manseriche - Loreto. De acuerdo con el Centro de Operaciones de Emergencia Nacional –INDECI. Lo cual dejó a 4,678 personas afectadas y 4 personas heridas. Así mismo, ocasiono un elevado riesgo epidemiológico para la salud y la vida de la población indígena que se abastece de agua para el consumo humano (INDECI, 2019. párr.1-3).

El país no cuenta con una estadística oficial sobre la ubicación y extensión de las áreas afectadas por hidrocarburos, a pesar de que contamos con autoridades competentes para las actividades petroleras que se desarrollan en el Perú (MEM, OSINERGMIN, OEFA y el MINAM). A través del “Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos”, “Guía Ambiental para la Restauración de Suelos en Instalaciones de Refinación y Producción Petrolera” y “Guía para el Manejo de Desechos de las Refinerías de Petróleo”, el Ministerio de Energía y Minas tiene como propósito identificar los principales efectos de las operaciones de exploración y producción de hidrocarburos, asimismo, respalda

e impulsa las distintas tecnologías para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos (MEM,2018. p.1).

Las tecnologías de remediación se distinguen en dos tipos: *In situ*, se realizan en el mismo sitio en donde se encuentra el área contaminada y *Ex situ*, requiere de una excavación o cualquier proceso de remover el suelo fuera de su lugar. Las tecnologías de remediación más utilizadas para tratar suelos contaminados, en base al tipo de tratamiento biológico: biorremediación (bioestimulación y bioaumentación) y fitorremediación son tecnologías que se pueden realizar in situ y ex situ; en base al tipo de tratamiento fisicoquímico: oxidación química, electrocinética, extracción de vapor y solidificación estas se realizan in situ; en base al tipo de tratamiento térmico: oxidación térmica y desorción térmica estas tecnologías se aplican *ex situ*.(INE-SEMARNAT, 2010. p.57-89).

En la actualidad se evidencia un gran problema en cuanto a los suelos contaminados por hidrocarburo, ya que requieren atención inmediata, frente a esto es difícil optar por un solo método de remediación ya que son tan diversos como los contaminantes que existen. Se debe tener en cuenta muchos factores que entran a jugar un papel importante al momento de elegir una técnica de remediación.

A partir de la realidad problemática presentada se planteó el objetivo general y los objetivos específicos.

El objetivo general de este trabajo de investigación es: Analizar las tecnologías de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Clasificar las tecnologías las tecnologías para remediar suelos contaminados por hidrocarburos.
- Identificar los parámetros de operación de cada tecnología para remediar suelos contaminados por hidrocarburos.

El problema general del trabajo de investigación es ¿Cuáles son las tecnologías que se emplean en la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos?

Los problemas específicos son los siguientes:

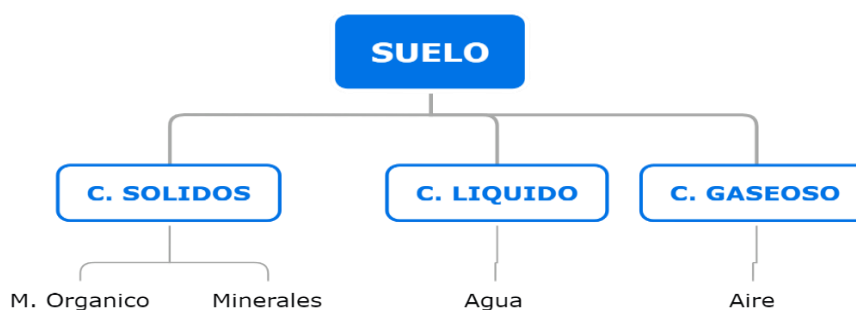
- ¿Cómo se clasifican las tecnologías para remediar suelos contaminados por hidrocarburos?
- ¿Cuáles son los parámetros de operación de las tecnologías usadas para remediar suelos contaminados con hidrocarburo?

Este informe de investigación se justifica por la falta de revisiones bibliográficas en español sobre el uso de tecnologías de remediación en suelos contaminados por hidrocarburos, a causa de que no existe suficientes fuentes bibliográficas se realizó la recopilación a nivel mundial de investigaciones sobre las tecnologías de remediación aplicadas a suelos contaminados por hidrocarburos. En la actualidad se evidencia un gran problema en cuanto a los suelos contaminados por hidrocarburos ya que requieren atención inmediata, frente a esto es difícil optar por un solo tratamiento, por ello existe la necesidad de ampliar de conocimientos de los lectores y futuras investigaciones referentes al tema.

II. MARCO TEÓRICO

El suelo es un material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad (MINAM. 2016, p.16). En la figura 1 se presentan los principales componentes del suelo. La materia mineral es el componente más abundante del suelo y se agrupa según su tamaño en tres fracciones: arena, limo y arcilla. La materia orgánica (humus) se forma con la incorporación de restos animales y vegetales, esta le da al suelo su color oscuro característico. Entre los sólidos del suelo se ubican los poros que son ocupados por agua y aire. (INIA. 2015, p.7).

Figura 1: Composición del suelo

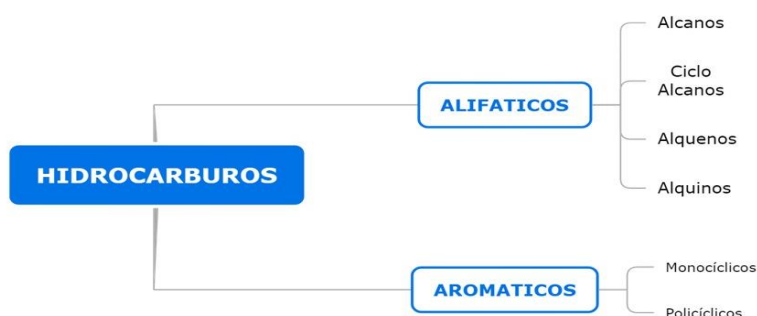


Fuente: Elaboración propia

El suelo contaminado son cuyas características y propiedades tanto física como químicas que han sido negativamente alteradas por la presencia de sustancias químicas que ocasionan riesgos en la salud humana y el medio ambiente, según lo establecido en el D.S. N° 002-2013-MINAM (MINAM. 2016, p.16).

Los hidrocarburos son contaminantes que ingresan al medio ambiente mediante la combustión incompleta de combustibles fósiles y la fuga accidental de productos derivados del petróleo, y son componentes de productos como la creosota (García *et al.*, 2010, p.806). En la figura 2 se presentan la clasificación de hidrocarburos.

Figura 2: Clasificación de hidrocarburos



Fuente: Elaboración propia

La remediación es la eliminación o reducción, a niveles aceptables, de los riesgos para la salud de las personas o el ambiente asociados a la contaminación del sitio (MINAM. 2017, p.17).

En la figura 3 se presentan los principales tratamientos de tecnologías de remediación. Las tecnologías de remediación para suelos contaminados con hidrocarburos se clasifican en tratamientos biológicos, fisicoquímicos y térmicos. Las tecnologías de tratamientos fisicoquímicas y térmicas son rápidas, pero tienen un inconveniente principal de ser inseguras para el medio ambiente. Por lo tanto, con el ambiente en el centro del escenario, los tratamientos biológicos han ganado importancia (Kalsi *et al*, 2020, p.50).

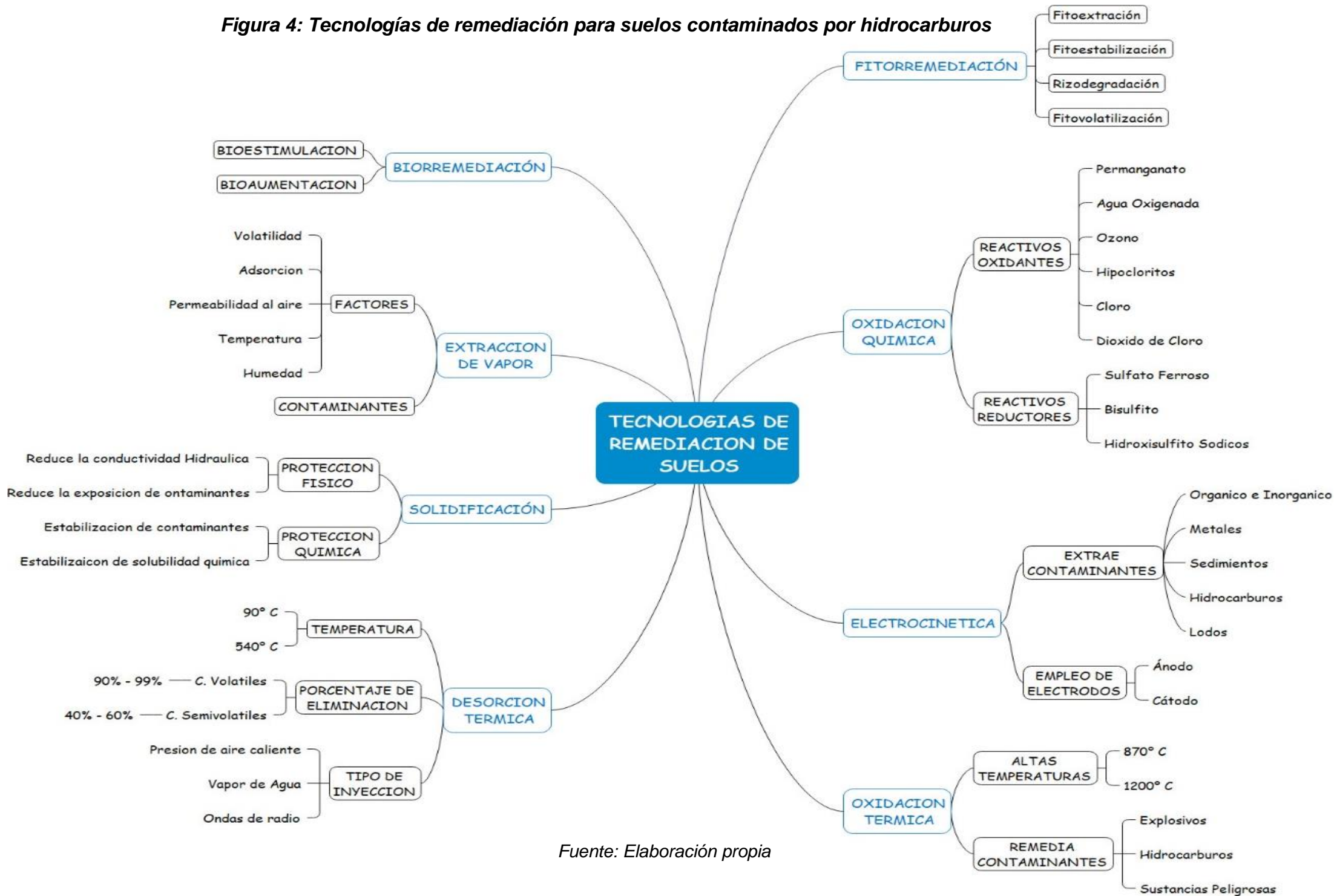
Figura 3: Clasificación de tecnologías de remediación



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se observa las tecnologías de tratamiento de remediación para suelos contaminados por hidrocarburos: biorremediación (bioaumentación y bioacumulación); fitorremediación (fitoextracción, fitoestabilización, rizodegradación y fitovolatilización); oxidación química, electrocinética, oxidación térmica, desorción térmica, solidificación y extracción de vapor.

Figura 4: Tecnologías de remediación para suelos contaminados por hidrocarburos



Fuente: Elaboración propia

La biorremediación implica la eliminación, destrucción o transformación de contaminantes a sustancias menos dañinas y la degradación natural de contaminantes por microorganismos que degradan los hidrocarburos, como bacterias, protozoos, hongos, algas y levaduras (Agamatu *et al.*, 2013, p. 695). Así, la biorremediación surge como una alternativa ecotecnología para reducir o mitigar el daño en el suelo por los derrames de hidrocarburos. (Ñustez, D *et al.*, 2014, p.21). Varios investigadores han reportado microorganismo con una alta capacidad de degradar hidrocarburos, aislados de hábitats naturales históricamente contaminados con petróleo o sus derivados. (Pino, N *et al.*, 2012, p. 103).

La biorremediación puede llevarse a cabo con dos enfoques: la bioestimulación consiste en la adición de cualquier material estimulante, enmiendas de nutrientes, agentes de carga y fertilizantes de liberación lenta para mejorar y apoyar el crecimiento microbiano para que pueden llevar a cabo la biorremediación de los suelos contaminados por hidrocarburos. El nitrógeno y el fósforo son los nutrientes esenciales que limitan el crecimiento microbiano. (Wu *et al.*, 2019, p. 2). El uso de consorcio bacteriano y una mezcla de nutrientes logran una eficiencia de eliminación de contaminantes del 99%. Así mismo, la bioaumentación consiste en la adición de cultivos microbianos exógenos, comunidades microbianas autóctonas o microbios genéticamente modificados que se han adaptado y demostrado degradar contaminantes para mejorar la degradación. El uso de hongos autóctonos logra una eficiencia de eliminación de contaminantes del 79.7% (Ossai *et al.*, 2020, p.8).

La fitorremediación es un tratamiento que utiliza la capacidad de las plantas para remover los contaminantes, tolerar su toxicidad y remediar los suelos con la ayuda de enzimas específicas de la planta (kalsi *et al.*, 2020, p.58). Es un método no invasivo, sostenible y puede ser una tecnología atractiva para la restauración ecológica de sitios contaminados por hidrocarburos. (Bisht *et al.*, 2015, p.11).

Para garantizar la viabilidad de la fitorremediación, es necesario elegir plantas con raíces ampliamente extendidas, que crecen rápidamente y toleran los contaminantes. La raíz es un órgano clave para la estabilización y la recolección de nutrientes por parte de una planta. Así mismo, juega un papel crucial en la adaptación, la salud y la alimentación de las plantas debido a características fenotípicas como: la longitud de la raíz, la biomasa, la densidad, el volumen y el área de superficie (Steliga, T., y Kluk, D, 2020, p. 2).

Los mecanismos de fitorremediación incluyen la fitoextracción (absorción de contaminantes por las raíces), la fitoestabilización (utiliza plantas para reducir la biodisponibilidad y la movilidad de los contaminantes), fitovolatilización (las plantas absorben agua junto con los contaminantes para volatizarse en la atmosfera) y la rizodegradación (estimulación del crecimiento de microorganismos para degradar hidrocarburos) (Martinez *et al.*, 2005, p.92).

La oxidación química es una tecnología que oxida y reduce suelos contaminados, se puede aplicar para remediar sitios contaminados por hidrocarburos de petróleo como en el área de la zona de origen y un marco de tiempo limitado (Yang *et al.*, 2020, p.3). Los tratamientos oxidativos tienen mayor efecto sobre la disponibilidad de hidrocarburos. Aunque la adición de oxidantes es un tratamiento agresivo para la comunidad microbiana la aplicación de un oxidante podría aumentar la eficiencia de la eliminación de hidrocarburos cuando se sigue un tratamiento de biorremediación. (Medina, R *et al.*, 2020, p. 2).

Los suelos pueden ser excavados y tratados ex situ, pero dado el costo que implica la movilización y el traslado, la mayoría de estos tratamientos se lleva a cabo in situ. La oxidación química que ocurre entre el suelo y el contaminante obtendrá el éxito de este tratamiento. (Martinez, J y Casallas, M 2018, p. 29). Los agentes oxidantes más usados para trata los contaminantes del suelo son: el permanganato, ozono, agua oxigenada, hipoclorito, cloro y dióxido de cloro y los agentes reductores son: el sulfato ferroso, bisulfito y hidroxisulfito sódico. (kalsi *et al.*, 2020, p.7).

La electrocinética es una tecnología que se utiliza para aumentar la tasa de biodegradación de microorganismos en los poros del suelo, eliminar y degradar compuestos orgánicos, inorgánicos, metales e hidrocarburos presentes en el suelo, lodos y sedimentos, con el uso de un campo eléctrico (Ramadan *et al.*, 2018, p.310). Los iones metálicos, iones amonio y compuestos orgánicos con carga positiva se dirigen hacia el cátodo; mientras que los aniones como el cianuro, fluoruro, cloruro y compuestos orgánicos con cargas negativas migran hacia el ánodo. (Gnanasundar, V y Akshai, R 2020, p. 3).

A diferencia de otros métodos, la electrocinética puede eliminar hidrocarburos efectivamente en suelos de grano fino de baja conductividad y tiene méritos de mejorar la eficiencia y reducir el costo de remediación. Las membranas de intercambio iónico (IEM) se han utilizado en el tratamiento electrocinético para mejorar la selectividad de eliminación de hidrocarburos y permitir un buen control de pH. (Ma *et al.*, 2018, p.413).

La extracción de vapor (EV) se basa en la instalación de pozos verticales en el suelo para la aspersion del aire y así establecer un contacto directo con los contaminantes como los hidrocarburos. Esta tecnología no es recomendable para la remoción de metales, aceites pesados o dioxinas; la humedad, contenido de materia orgánica y permeabilidad de suelo al aire son parámetros que pueden afectar la eficiencia del proceso. (Nilsson *et al.*, 2010, p. 696).

Los hidrocarburos de petróleo tienen el potencial de extenderse por debajo de la capa freática, lo que representa una amenaza para la calidad de agua y la salud humana y, por lo tanto, se le ha prestado una gran atención a lo largo de los años. En las últimas tres décadas, la extracción de vapor de suelo mejorada térmicamente ha demostrado ser una tecnología eficaz para la eliminación de hidrocarburos de petróleo del suelo. (Yu, Y *et al.*, 2019, p. 2).

La solidificación es una tecnología en la que el suelo contaminado se mezcla con aditivos para inmovilizar los contaminantes. Además, el tiempo de

tratamiento es más corto y requiere menor necesidad de tierra. Los agentes y materiales de solidificación y los diferentes aglutinantes incluyen: cemento portland, yeso, silicato de sodio y materiales puzolánicos. Los costos de esta tecnología oscilan entre 24.34 y 36.6 dólares por metro cúbico (Kujlu *et al.*, 2020, p.2). Es un método práctico y rentable, se considera sostenible desde el punto de vista económico y ambiental (Sorengard *et al.*, 2019, p.640).

Esta técnica requiere un aporte mínimo de energía, produce menos emisiones atmosféricas y puede aplicarse potencialmente en sitios contaminados por hidrocarburos. Los sistemas de solidificación basados en la cementación han demostrado ser de los métodos más adaptables y versátiles, al obtenerse un sólido con excelentes propiedades en cuanto a su estabilidad tanto física como química. (Gámez, J. 2016, p. 67).

La oxidación térmica o incineración es un método que tiene la ventaja de eliminar el contaminante presente en el suelo y remediar rápido los sitios contaminados por hidrocarburos. (Li *et al.*, 2014, p. 125). En los procesos de oxidación térmica tanto *in situ* como *ex situ*, se utilizan altas temperaturas que van desde 850 °C y 1200°C, con la finalidad de volatilizar y quemar compuestos orgánicos y halogenados en presencia de oxígeno. Por otro lado, esta técnica incluye un alto costo incurrido por el equipo, mantenimiento y la combustión incompleta que conduce la liberación de partículas y contaminantes al aire (Kalsi *et al.*, 2020, p.55).

La incineración se emplea para tratar hidrocarburos, la reutilización del suelo la mayoría de las veces es casi imposible, debido a que esta clase de tratamientos destruye la estructura del suelo. Por lo anterior, se mencionarán algunas ventajas y desventajas respectivamente: ventajas. Operación simple, bajo costo inicial, baja emisión de material particulado y requiere poco espacio. Desventajas. Mano de obra intensa, no procesa líquidos ni lodos y alto desgaste refractario. (Martínez, S *et al.*, 2018, p. 62).

La desorción térmica es una tecnología que consiste en la separación física que implica la volatilización y desorción de los contaminantes del suelo a través de la aplicación directa o indirecta de calor al vacío o un gas (Ossai *et al.*, 2020, p. 33).

El suelo puede alcanzar temperaturas altas entre 90 °C y 540°C, el calor acelera la liberación y el transporte de contaminantes a través del suelo, para luego ser dirigidos hasta un sistema de tratamiento de gases con el uso de un gas acarreador o un sistema de vacío. Con respecto a las temperaturas de operación se clasifican en dos grupos: Desorción térmica de alta temperatura (DTAT): Es una tecnología a gran escala en la cual el suelo contaminado son calentados a temperaturas que oscilan entre los 320 °C y 560°C. Desorción térmica a baja temperatura (DTBT): El suelo contaminado se calienta a temperaturas entre 90°C y 320°C. Esta tecnología a gran escala se ha probado con éxito en varios tipos de suelos contaminados con hidrocarburos. La limpieza de suelos contaminados con hidrocarburos por DT varía entre 50 y 350 dólares por metro cubico, La DT con uso de vapor puede costar más de 400 dólares por metro cubico (Volke, T y Velasco, T. 2005, p. 48).

A continuación se muestra la clasificación de tecnologías de remediación de hidrocarburos (**tabla 1**), donde se hace una revisión de diferentes autores las cuales clasifican las tecnologías de remediación en biológicas, químicas, fisicoquímicas y térmicas, asimismo se coloca los parámetros de operación como: Temperatura, pH, Materia Orgánica, C.inicial, Microorganismos, Contaminante, Humedad, Tiempo, entre otros.

Tabla 1: Clasificación de tecnologías de remediación de Hidrocarburos

Autores	Tipos de tecnología / Clasificación	Aplicación	Parámetros de operación	Resultados (%)
Wu <i>et al</i> , 2016.p.159-163.	Bioaugmentación / Biológico	In situ	Temperatura: 25°C pH: 7.5 Ct: 789 Nt: 102 C_{inicial}: 44,600 mg/kg ⁻¹ Tiempo: 10 semanas Contaminante: Petróleo Microorganismo: Comunidad microbiana	34%
	Bioestimulación / Biológico	In situ	Temperatura: 25°C pH: 7.5 Ct: 789 Nt: 102 C_{inicial}: 44,60% Tiempo: 10 semanas Contaminante: Petróleo Microorganismo: Comunidad microbiana	60%
Deng <i>et al</i> , 2016.p.20654-20661.	Biorremediación / Biológico	Ex situ	pH: 5,4 MO: 0,81% C_{inicial}: 100% Tiempo: 6 semanas Microorganismo: <i>Mycobacterium gilvum</i> Contaminante: Pireno	81.60%
Abed, Al-Kharusi y Al-Hinai, 2015.p.43-51.	Bioestimulación / Biológico	In situ	Temperatura: 10-50°C pH: 7,3 MO: 5,2% C_{inicial}: 55, 2 ppm Tiempo: 9 semanas Microorganismos: gammaproteobacterias y bacilos Contaminante: petróleo	75%
Liu <i>et al</i> , 2019.p.575-577.	Bioestimulación / Biológico	Ex situ	pH: 6,7 CO: 0,6% C_{inicial}: 737± 269 mgkg ⁻¹ Tiempo: 13 semanas Agente de BS: Harina de hueso de carne (MBM) Contaminante: Petróleo crudo	91,2%
Wu <i>et al</i> , 2019.p.2-6.	Bioestimulación / Biológico	In situ	Temperatura: 24°C pH: 7,88 ± 0,11 MO: 0,67 ± 0,03 C_{inicial}: 19,8 ± 0,38 mgkg ⁻¹ Tiempo: 12 semanas Contaminante: Petróleo	28,3%

Suja <i>et al</i> , 2014.p.115-121.	Bioacumulación / Biológico	In situ	Temperatura: 30°C pH: 6,5-7,7 C_{inicial}: 10,000mgkg ⁻¹ Tiempo: 11 semanas Microorganismos: Pseudomonas, Rhodococcus y Acinetobacter Contaminante: Petróleo crudo	90%
Steliga y Kluk, 2020.p.1-11.	Fitorremediación / Biológico	Ex situ	Temperatura: 25°C pH: 5,8-6,1 C_{inicial}: 55% Tiempo: 6 semanas Planta: <i>Festuca arundinacea</i> Contaminante: Petróleo	60,1%
Hou <i>et al</i> , 2015.p.593-596.	Fitorremediación / Biológico	Ex situ	pH: 8,7 MO: 20,00 ± 1,3 g kg Tiempo: 16 semanas C_{inicial}: 4407-1443mg kg ⁻¹ Contaminante: Petróleo Planta: <i>Festuca arundinacea L.</i>	62,9%
Moubasher <i>et al</i> , 2015.p.113-118.	Fitorremediación / Biológico	Ex situ	Temperatura: 28°C pH: 7,4 MO: 0,5% C_{inicial}: 442,566 mgkg ⁻¹ Tiempo: 20 semanas Contaminante: petróleo Planta: <i>Bassia scoparia L.</i>	41,2%
Dai <i>et al</i> , 2020, p. 2-6.	Fitorremediación / Biológico	Ex situ	Temperatura: 25°C pH: 6.7 C_{inicial}: 228-398 mgkg ⁻¹ Tiempo: 37 semanas Contaminante: petróleo Planta: <i>Festuca arundinacea L, Festuca elata, E. alexeev, Festuca gigantea</i>	88.59-96.27%
Fadhile <i>et al</i> , 2015, p. 114-119.	Fitorremediación / Biológico	Ex situ	Temperatura: 25°C pH: 7 C_{inicial}: 300 mgkg ⁻¹ Tiempo: 18 semanas Contaminante: gasolina Planta: <i>Ludwigia octovalvis</i>	62,3%
Zhen <i>et al</i> , 2019, p. 108-115.	Fitorremediación / Biológico	Ex situ	Temperatura: 25°C pH: 7 C_{inicial}: 50 gkg ⁻¹ Tiempo: 8 semanas Contaminante: hidrocarburo Planta: <i>Spartina anglica</i>	32.4-35.1%
Pourfadakari <i>et al</i> , 2019, p.1-12.	Oxidación Química / Químico	Ex situ	Temperatura: 25 ± 3°C pH: 7 V: 0,5-4v Energía: 21 Kwh/m3 Microorganismo: <i>Pseudonoma aeruginosa</i> Tiempo: 4-36h Contaminante: Pireno	35,2%

ma <i>et al</i> , 2019, p.483-490.	Oxidación Química / Químico	Ex situ	Temperatura: 25°C pH: 7,41 C_{inicial}: 263,6±73,3 mgkg ⁻¹ Reactivo: Permanganato de potasio Dosis: 1.5 mmgol.g ⁻¹ Tiempo: 2 semanas Contaminante: Petróleo	90%
Li <i>et al</i> , 2019, p.1107-1111.	Oxidación Química / Químico	Ex situ	Temperatura: 25°C pH: 7 C_{inicial}: 2733.2 mgkg ⁻¹ Tiempo: 4h Contaminante: Hidrocarburo Reactivo: Persulfato	87-98.4%
Zhang <i>et al</i> , 2019, p. 1-21.	Oxidación Química / Químico	Ex situ	Temperatura: 25°C pH: 8.4 C_{inicial}: 16000 mgkg ⁻¹ Tiempo: 8 semanas Contaminante: petróleo Reactivo: Persulfato	70%
Streche <i>et al</i> , 2018.p.2-13.	Electroremediación / Físicoquímico	In situ	Temperatura: 105°C pH: 6.97 Nt: 0.149% V: 10-130 C_{inicial}: 1%-5% C_{humedad}: 3,61% Energía: 29,6 Kwh Tiempo: 2 semanas Contaminante: Combustible diésel Material del electrodo: acero inoxidable	35.61%
Huang <i>et al</i> , 2019, p. 418-423.	Electrocinética / Físicoquímico	In situ	pH: 8,7 MO: 3,42% Conductividad eléctrica: 194 μS.cm ⁻¹ Tiempo: 8 semanas Contaminante: Petróleo crudo Material del electrodo: grafito plateado	13,34-18,53%
Lee <i>et al</i> , 2016, p.186-191.	Electrocinética / Físicoquímico	In situ	pH: 7,8-8,5 MO: 15,57% Corriente eléctrica: 0,5 A Tiempo: 3 semanas Contaminante: Petróleo Material del electrodo: titanio - dimensionalmente estables ánodos (DSA)	95%
Acosta <i>et al</i> , 2019, p. 626-632.	Electrocinética / Físicoquímico	In situ	pH: 7.3 MO: 28.93% C_{humedad}: 46.85% V: 20 Conductividad eléctrica: 45 μS.cm ⁻¹ Corriente eléctrica: 9A Contaminante: Hidrocarburo Tiempo: 8h/4 semanas Material del electrodo: ánodo de titanio-cátodo de titanio	80%
Saberi <i>et al</i> , 2018, p.	Electrocinética / Físicoquímico	In situ	pH: 7.4 MO: 6.75% C_{inicial}: 514 mgkg ⁻¹ V: 4 Corriente eléctrica: 5 A Contaminante: Fenantreno Material del electrodo: acero inoxidable reticular (A316)	62%
Yu <i>et al</i> , 2019, p.1-8.	Extracción de vapor / Físicoquímico	Ex situ	Temperatura: 210°C MO: 2,52% C_{inicial}: 3106,5 mgkg Tiempo: 30,8 h Material: mezcla de arena gruesas de cuarzo	93,4%

Yang <i>et al</i> , 2017, p.114-121.	Extracción de vapor / Físicoquímico	Ex situ	Temperatura: 0°C - 5°C pH: 6,2 MO: <0,02% C_{inicial}: 22,52% Tiempo: 2h/4 semanas Contaminante: Gasolina Material: persulfato activado	89,8%
Nilsson <i>et al</i> , 2011, p.695-707.	Extracción de vapor / Físicoquímico	Ex situ	Temperatura: 80 °C – 100°C MO: <2% C_{inicial}: 120000 mgkg Tiempo: 15 semanas Contaminante: hidrocarburo Material: inyección de vapor	72%
Sleep y McClure, 2001, p.1-20.	Extracción de vapor / Físicoquímico	Ex situ	Temperatura: 110.8 °C MO: <2 a 9% C_{inicial}: 8080 mgkg Tiempo: 11 semanas Contaminante: mezcla de volátiles y los compuestos orgánicos semivolátiles(VOC y SVOC) Material: inyección de aire y vapor	99,9%
Ma <i>et al</i> , 2017, p.1 – 24.	Solidificación / Físicoquímico	Ex situ	Temperatura: 105°C pH: 6.9 – 7.88 C_{inicial}: 2.526 mgkg Tiempo: 4 semanas Contaminante: petróleo Material: aglutinantes	42.5%
Sorengard <i>et al</i> , 2019, p.639 – 646.	Solidificación / Físicoquímico	In situ	Temperatura: 20°C pH: 6,4 C_{inicial}: 25% Tiempo: 16 semanas Contaminante: PFAS Material: carbón activado en polvo (PAC)	76%
Chitambira <i>et al</i> , 2007, p.422-429.	Solidificación / Físicoquímico	Ex situ	Temperatura: 60°C pH: 5.2 MO: 5.2% C_{inicial}: 5805 mgkg Tiempo: 12 semanas Contaminante: hidrocarburo Material: mezcla de cemento	70%
Kujlu <i>et al</i> , 2020, p.1-9.	Solidificación / Físicoquímico	Ex situ	Temperatura: 60°C pH: 6.9 – 7.88 MO: 8.25% C_{inicial}: 37.093 mgkg Contaminante: petroleo Material: aglutinante(cemento portland y silicato de sodio)	85%
Ranc <i>et al</i> , 2016, 1 – 55.	Oxidación térmica / Térmico	In situ	Temperatura: 500°C pH: 6 MO: <2% C_{inicial}: 50 mgkg ⁻¹ Tiempo: 9 semanas Contaminante: HAP Material: oxidantes y catalizadores aditivos	78 – 90 %
Peluffo <i>et al</i> , 2018, p.76-82	Oxidación térmica / Térmico	In situ	Temperatura: 300°C pH: 6.6 MO: <% C_{inicial}: 1200 mgkg Tiempo: 8 semanas Contaminante: hidrocarburos aromáticos policiclicos Oxidantes: permanganato	75%

Sun <i>et al</i> , 2020, p.1-13.	Oxidación térmica / Térmico	In situ	Temperatura: 300°C pH: 5 – 7 MO: 6.9% C_{inicial}: mgkg Tiempo: 12 semanas Contaminante: HAP Oxidantes: dióxido de cloro	70%
Li <i>et al</i> , 2020, 1 – 15.	Desorción térmica / Térmico	Ex situ	Temperatura: 350°C – 550°C pH: 5.4 – 8.34 C_{inicial}: 25 mg kg Tiempo: 2 semanas Contaminante: petróleo Material: carbón activado	86 %
Kastanek <i>et al</i> , 2016, p.309-313.	Desorción térmica / Térmico	Ex situ	Temperatura: 380°C MO: <0.5% C_{inicial}: 210 mgkg Contaminante: hidrocarburos poliaromáticos (benceno / tolueno / xileno) Oxidantes: peróxido de benzolio	60%
Liu <i>et al</i> , 2019, p.1401-1406.	Desorción térmica / Térmico	Ex situ	Temperatura: 300°C – 600°C pH: 5.4 MO: <1% C_{inicial}: 528 mgkg Contaminante: Los bifenilos policlorados (PCB) Oxidantes: hidróxido de calcio	99%

Fuente: Elaboración Propia, 2020

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es tipo básica. Alvires menciona que la investigación básica tiene como objetivo describir y explicar la información recolectada (2000, p. 125-126). La investigación cualitativa ofrece una información esencial acerca de los diferentes estudios, percepciones, educación, entre otros (Schutz, 2009, p.69). La síntesis cualitativa busca complementar una revisión existente o planificada, sin embargo la cualitativa es una investigación que tiene como objetivo hacer una revisión (Booth, 2018, p.5-7).

El diseño de la investigación es cualitativo narrativo de tópicos. Los diseños narrativos consisten en la recolección de datos de la historia y experiencias para describirlas y analizarlas. Creswell (2005, citado por Salgado, 2007, p.73), menciona que el diseño narrativo es un esquema de investigación que tiene como objetivo evaluar el proceso de acontecimientos. El investigador es quien le otorga significado a los resultados de su investigación, uno de los elementos básicos a tener en cuenta es la elaboración y distinción de narrativo de tópicos o temas a partir de lo que se recoge y organiza la información. Para ello se distinguirá entre categorías que denotan un tópico en sí mismo y las subcategorías que detallan dicho tópico en micro aspectos (MONJE, 2015, p.6).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

En la tabla 2 se elaboró una matriz de categorización donde se mencionan los objetivos específicos, problemas específicos, categorías, sub-categorías y unidad de análisis del informe de investigación.

Tabla 2: Matriz de categorización.

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Subcategorías	Unidad de análisis
Clasificar las tecnologías para remediar suelos contaminados por hidrocarburos.	¿Cómo se clasifican las tecnologías para remediar suelos contaminados por hidrocarburos?	Tecnologías	-T. biológicas -T. químicas -T. fisicoquímicas -T. térmico	- Wu <i>et al</i> , 2016.p.159-163. - Guarino, Spada y Sciarrillo, 2016.p.3-8. - Deng <i>et al</i> , 2016.p.20654-20661. - Mizwar <i>et al</i> , 2016.p. 99-105. - Rorat <i>et al</i> , 2016.p.2-5. - Abed, Al-Kharusi y Al-Hinai, 2015.p.43-51. - Liu <i>et al</i> , 2019.p.575-577. - Wu <i>et al</i> , 2019.p.2-6. - Suja <i>et al</i> , 2014.p.115-121. - Steliga y Kluk, 2020.p.1-11. - Hou <i>et al</i> , 2015.p.593-596. - Huang <i>et al</i> , 2019, p. 418-423. - Lee <i>et al</i> , 2016, p.186-191. - Pourfadakari <i>et al</i> , 2019, p.1-12.

				<ul style="list-style-type: none"> - Liao <i>et al</i>, 2019, p.483-490. - Yu <i>et al</i>, 2019, p.1-8. - Yang <i>et al</i>, 2017, p.114-121. - Nespeca, Sequinel y Oliveira, 2019, p.1-8. - Streche <i>et al</i>, 2018.p.2-13.
Identificar los parámetros de operación de cada tecnología para remediar suelos contaminados con hidrocarburo.	¿Cuáles son los parámetros de operación de las tecnologías usadas para remediar suelos contaminados con hidrocarburo?	<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de las tecnologías biológicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - pH - Materia Orgánica - C.inicial - Microorganismos - Contaminante - Residuos verdes - Humedad - Tiempo - Temperatura - pH - C.inicial 	<ul style="list-style-type: none"> - Wu <i>et al</i>, 2016.p.159-163. - Guarino, Spada y Sciarrillo, 2016.p.3-8. - Deng <i>et al</i>, 2016.p.20654-20661. - Mizwar <i>et al</i>, 2016.p. 99-105. - Rorat <i>et al</i>, 2016.p.2-5. - Abed, Al-Kharusi y Al-Hinai, 2015.p.43-51. - Liu <i>et al</i>, 2019.p.575-577. - Wu <i>et al</i>, 2019.p.2-6. - Suja <i>et al</i>, 2014.p.115-121.

		<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de las tecnologías químicas - Parámetros de las tecnologías fisicoquímicas - Parámetros de las tecnologías térmicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Humedad - Tiempo - Planta - Temperatura - pH - Materia - Energía - C.inicial - Contaminante - Agitación 	<ul style="list-style-type: none"> - Steliga y Kluk, 2020.p.1-11. - Hou <i>et al</i>, 2015.p.593-596. - Huang <i>et al</i>, 2019, p. 418-423. - Lee <i>et al</i>, 2016, p.186-191. - Pourfadakari <i>et al</i>, 2019, p.1-12. - Liao <i>et al</i>, 2019, p.483-490. - Yu <i>et al</i>, 2019, p.1-8. - Yang <i>et al</i>, 2017, p.114-121. - Nespeca, Sequinel y Oliveira, 2019, p.1-8. - Streche <i>et al</i>, 2018.p.2-13.
--	--	--	--	---

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

3.3. Escenario de estudio

Esta investigación no cuenta con un escenario de estudio definido se da de manera general, ya que se realizó una revisión bibliográfica de diferentes investigaciones nacionales e internacionales que utilizan tecnologías para remediar suelos contaminados con hidrocarburos.

3.4. Participantes

En este informe de investigación se detalla las fuentes que se abordaron, las cuales fueron: artículos de revistas indexadas, libros, investigaciones de instituciones públicas, investigaciones científicas. Base de datos como: Scielo, Science Direct, Google Books, Google Academico, Springer.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recojo constituyen a los elementos precisos, específicos y concretos de la investigación cualitativa, cuantitativa o mixta. Asimismo, son el medio para la obtención de información necesaria para alcanzar los objetivos (Monje, 2011, p.149-150).

El análisis documental es una investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática. Comprende el procesamiento analítico- sintético que, a su vez, incluye la descripción bibliográfica para acceder a los documentos y seleccionar los que satisfacen aquellos que son relevantes a cierto perfil de interés, es necesario previamente realizar su tratamiento documental, a partir de una estructura de datos que responda a la descripción general de los elementos que lo conforman. Incluye la descripción bibliográfica o área de identificación (autor, título, datos de edición, etc.), así como la descripción del contenido o extracción y jerarquización de los términos más significativos (Dulzuaides, 2004, p. 2).

En el informe de investigación se sugiere realizar una ficha de recolección de datos (ANEXO 1) de los artículos revisados que contengan los siguientes datos: autor(es), objetivos, parámetros, resultados, conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones. Esta ficha de recolección de datos de las investigaciones realizadas permitirá obtener una mayor facilidad para el análisis de las categorías y subcategorías para el estudio que se está realizando.

3.6. Procedimientos

Este estudio consta de las siguientes etapas:

- Etapa 1: Búsqueda de artículos de investigaciones nacionales e internacionales. Se inició con un muestro a través de palabras claves (remediation, soils, pollution, hydrocarbons and technologies) en la base de datos, Science Direct y Scielo, Google Books, Google Academico, Springer.
- Etapa 2: Selección de artículos de investigación. Se identificaron 400 artículos en la etapa 1, luego de leer y analizar los 400 artículos de investigación decidimos permanecer con 90 artículos ya que era de acuerdo con el tema de interés, por último, seleccionamos 2 libros, 2 normas técnicas y 90 artículos de investigación. Asimismo, considerando una antigüedad no mayor a cinco años (de preferencia y dependiendo de la temática).

En la tabla 3 se resumen los documentos utilizados considerando los criterios de inclusión y los criterios de exclusión.

Tabla 3: Resumen de criterios de búsqueda.

Tipo de documento	Documentos referidos a	Cantidad	Palabras clave de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículo científico	- Contamina por hidrocarburos. - Tecnologías de remediación.	90	- Tecnologías - Remediación - Contaminación - suelos	- Periodo considerar 2015-2020. - Uso de palabras clave en idioma inglés, portugués, español, etc. - Base de datos académicos.	- Artículos indizados. - Artículos teóricos. - Artículos de experiencia. - Registro de tesis o tesis. - Repositorios.
Norma técnica	Actividades de hidrocarburo	2	- Hidrocarburo	- Avalados por la ley.	- Registro de conferencias.
Libro	Contaminación de suelos	2	- Remediación - Tecnologías	- Datos auténticos del autor.	- Capítulos incompletos.

Fuente: Elaboración Propia, 2020

3.7. Rigor científico

Según Luengo (2010, p. 125 citado por Jiménez y Soledad, 2011), el análisis del rigor científico de los estudios cualitativos requiere una noción de validez. Morse *et al*, plantea que la confiabilidad y validez deben estar presentes en la investigación cualitativa por tres razones (2002, p.15-17):

- Validez y confiabilidad, son estándares de rigor científico que orientan a la investigación a encontrar resultados admisibles y creíbles.
- Credibilidad, fortalece los fundamentos de la investigación cualitativa.
- Transferibilidad, destaca la evaluación del rigor científico al finalizar la investigación.

Esta investigación cumple los criterios de rigor científico como la dependencia, credibilidad, que reconoce cuando los hallazgos son reales; transferencia y confiabilidad, se refiere a la neutralidad en el análisis y la interpretación de la información que se realizó a la búsqueda de artículos en revistas que avalan resultados confiables (Arias, 2011, p. 503).

3.8. Método de análisis de información

Según Amescua y Galves (2002, citado por Salgado, 2007, p.73), el análisis de la información es la parte ambigua de la investigación cualitativa. Los productos de investigación carecen de información de datos de interpretación que puedan sustentar científicamente.

El proceso de análisis busca seleccionar bibliografía para un análisis crítico y descriptivo. Taylor y Bogdan (1990, citado por Salgado, 2007, p.73) proponen tres métodos de análisis cualitativo:

- Método de descubrimiento: consta en examinar los datos que involucran acciones como búsqueda de temas e interpretación, desarrollar conceptos, leer materiales bibliográficos.
- Método de codificación: consta en unir los datos referidos a temas, ideas, interpretaciones; se tiene las acciones de codificar datos, examinar los datos, refinar el análisis.
- Método de relativización de datos: consta en la interpretación de los datos directos e indirectos, fuentes relevantes, datos influyentes.

Esta investigación cumple los tres métodos de análisis cualitativo descrito anteriormente, ya que, gran parte de la investigación se ejecutan acciones de búsqueda e interpretación, leer materiales bibliográficos, codificación de datos, deducciones directos e indirectos, análisis de fuentes relevantes.

3.9. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó con fines académicos, garantizando resultados y datos confiables. Así también, la información de la investigación es auténtica y veraz en todo su contenido, además se tiene en consideración intelectual a los autores que aportaron en nuestra investigación los cuales fueron debidamente citados y las revistas confiables que nos sirvieron como base de datos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos de remediación y técnicas juegan un rol importante al momento de hacer una limpieza, restauración o recuperación de un ambiente contaminado. En este informe de investigación se ha considerado la clasificación de estas tecnologías en (i) biológicos, (ii) químicos, (iii) fisicoquímicos y (iv) térmicos.

4.1. Clasificación de las tecnologías para remediar suelos contaminados por hidrocarburos.

Volke y Velasco mencionan criterios para la clasificación de tecnologías de remediación de suelos entre ellos están según el lugar de aplicación de la remediación (in situ, ex situ); según el objetivo de la remediación (descontaminación, contención, confinamiento); según tipo de tratamiento (biológico, fisicoquímico, térmico, mixto); y por último según grado de desarrollo (tradicional, innovadora) (2002, p. 27-28).

En la tabla 4 se detalla la clasificación de las tecnologías de remediación según el tipo de tratamiento, al igual que los microorganismos, materiales y reactivos que se utilizó en la remoción de hidrocarburos.

Los resultados de la búsqueda de artículos científicos demuestran el porcentaje de remoción de las tecnologías de remediación, se realizó un promedio de todos los autores que investigaron las tecnologías biológicas, químicas, fisicoquímicas y térmicas. La tecnología biológica como la biorremediación y fitorremediación demostró un porcentaje de remoción de 90.1% y 96.2% respectivamente. La tecnología química como la oxidación química arrojó un porcentaje de remoción de 98.4%; la tecnología fisicoquímica como la electrocinética, extracción de vapor y solidificación obtuvo un porcentaje de remoción de 95%, 99.9% y 85% respectivamente y la tecnología térmica como la oxidación y desorción térmica demostró un porcentaje de remoción de 99% y 90% respectivamente.

Tabla 4: Clasificación de las tecnologías de remediación.

Clasificación de tecnología	Tipo de tecnología	Microorganismos/ Materiales/reactivos	Porcentaje de Remoción
Tecnología Biológica	Biorremediación	Comunidad microbiana	81.6 %
		Harina de carne y hueso	91.2 %
		Consortios microbianos	90 %
	Fitorremediación	<i>Festuca arundinacea</i>	60.1 %
		<i>Festuca arundinacea L.</i>	62.9 %
		<i>Bassia scoparia</i>	41.2 %
		<i>Festuca arundinacea L, Festuca elata, E. alexeev, Festuca gigantea</i>	88.59-96.27%
<i>Ludwigia octovalvis</i>	62,3%		
Tecnología Química	Oxidación química	Biosurfactante (<i>Pseudomonas aeruginosa cepa</i>)	35.2 %
		Permanganato de potasio	90 %
		Persulfato	87-98.4%
		Persulfato	70%
Tecnología Físicoquímica	Electrocinetica	Ánodo de titanio-cátodo de titanio	80 %
		Acero inoxidable reticular (A316)	62 %
		Titanio- (DSA)	95%
		Acero inoxidable	35.61%
	Extracción de vapor	Mezcla de arena gruesas de cuarzo	93.4 %
		Oxidación de Fenton y persulfato activado	89.8 %
		Inyección a vapor	72%
		Inyección de aire y vapor	99.9%
	Solidificación	Membranas de intercambio aniónico y catiónico	42.5 %
		Sustancias de poli y perfluoroalquilo	76 %
Mezcla de cemento		70%	

		Aglutinante (cemento portland y silicato de sodio)	85%
Tecnología Térmica	Oxidación térmica	Catalizadores y / o aditivos oxidantes	78- 90 %
		Oxidantes(permanganato)	75%
		Dióxido de cloro	70%
	Desorción térmica	Carbón activado	86 %
		Oxidante (peróxido de benzolío)	60 %
		Hidróxido de calcio	99%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

La tecnología biológica (biorremediación, fitorremediación) es vista como un tratamiento natural, ecológico, benéfico para el ambiente, en el que se utilizan organismos vivos (bacterias, plantas, hongos, etc.) para la degradación o remoción de los contaminantes.

- En la tabla 4 se puede ver que la tecnología de biorremediación demostró un alto potencial de remoción (+ del 50%) de los suelos contaminados con hidrocarburo. Según Nikolopoulou *et al*, (2013, citado por Lim *et al*, 2016, p.19) los microorganismos indígenas de estos espacios contaminados son importantes para la degradación del petróleo, logrando así una atenuación natural. Wu *et al* (2013, citado por Liao *et al*, 2019, p. 488) menciona a algunos organismos que degradan eficazmente el HAP entre ellos están los *Cellulomas*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Gordonia*, *Rhodococcus*, *Paenibacillus*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Xanthomonas*, *Arthrobacter* y *Acinetobacter*. Sin embargo, es un tratamiento que muchas veces requiere largos periodos para obtener resultados satisfactorios de eliminación (6-12 meses).
- La fitorremediación es un tratamiento biológico que utiliza plantas para descontaminar los suelos. Según Domínguez- Rosado *et al* (2004, citado por Lim *et al*, 2016, p.24) la presencia de plantas ayuda en la disminución del contaminante, ya que la presencia de enzimas de raíz altera y degrada químicamente los contaminantes. Según Hou *et al* (2015, p. 593) los phylas más dominantes son las *Protobacterias*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Actinobacterias* para la degradación del TPH. En este tratamiento se

consideraron diferentes phylas para la remediación y entre ellas está la *Bassia scoparia* que es una planta que se adapta fácilmente a los diferentes tipos de suelo, Moubasher (2015, citado por Lim *et al*, 2016, p.23) menciona que la *Bassia scoparia* remedia suelos arenosos contaminados con petróleo, ya que tiene una tolerancia a los hidrocarburos de 2-3% y una eficacia de hasta el 57.7% en un periodo de 5 meses.

El tratamiento químico involucra reacciones de oxidación- reducción (redox), mediante los compuestos químicos reduce la toxicidad de los contaminantes.

- Los oxidantes más aplicados para la recuperación química son el permanganato de potasio (KMnO_4), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), persulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$), persulfato activado con hierro (Fe^{2+}) y ozono (Chen *et al*, 2016, p.251) (kupusamy *et al*, 2017, p. 955). En la tabla 4 vemos que el persulfato es uno de los componentes de remoción más eficiente (70-90%), siendo uno de los oxidantes químicos más estable para el suelo (Bajagain *et al* (2018, citado por Zhang, 2019, p. 2). Según Song *et al* (2019, citado por Zhang, 2019, p.3), menciona que el persulfato muestra efectos negativos en la actividad microbiana durante su aplicación; es por este motivo que varios investigadores recomiendan el uso de la biorremediación después de la remediación química, tal es el caso de Lai *et al* (2009, citado por Zhang, 2019, p.4) que menciona que la biorremediación es crucial para la recuperación de la actividad microbiana.

Los tratamientos fisicoquímicos consisten en aprovechar las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes para la contención de la contaminación.

- La remediación electrocinética (EK) se basa en procesos de transporte que ocurren cuando se pasa una corriente eléctrica a través del suelo, utilizando un conjunto de dos o varios electrodos. Según Page y Page (2002, citado por Cuevas *et al*, 2016, p. 285) hay factores que influyen en la efectividad de la remediación tal es el caso de la corriente eléctrica y mucho más de los electrodos, ya que no se recomienda utilizar materiales

baratos como el hierro, acero o grafito. En la tabla 4 se puede ver que se considera los electrodos de titanio, ya que contiene un electrocatalítico denominados dimensionalmente estables-ánodos (DSA), siendo estos más resistentes. Los electrodos DSA mejoran la cinética, protección contra la corrosión, entre otros beneficios. (Cuevas *et al*, 2016, p. 285).

- La extracción de vapor (SVE) es una técnica de remediación que aplica un vacío al suelo para producir un flujo de aire hacia la extracción, provocando la evaporación de los contaminantes (Campagnolo y Akgerman (1995, citado por Yu *et al*, 2019, p. 2)).
- La solidificación/estabilización (S/E) es un tratamiento que reduce la solubilidad, reactividad o movilidad de los contaminantes a través de la inmovilización física por agentes estabilizantes. Según Yu *et al* (2016, p.289) indica que este tratamiento generalmente usa cal, siendo el CaO elemento principal, como aglutinante. Asimismo, se usa el cemento y la puzolánica (cenizas volátiles, diatomeas, materiales de tierra, y polvo de horno), ya que estos actúan como trampa para los contaminantes. En la tabla 4 vemos que el tratamiento S/E junto con el cemento obtienen un porcentaje de remoción mayor del 50%.

El tratamiento térmico consiste en calentar el subsuelo directamente en la zona afectada. En este tratamiento se clasificaron dos técnicas, oxidación y desorción térmicas, siendo esta última un tratamiento más eficiente llegando a descontaminar hasta un 99%.

- La desorción térmica se divide en dos: (i) la desorción térmica de alta temperatura (DTAT) y (ii) la desorción térmica de baja temperatura (DTBT) (Li *et al*, 2020, p. 2). Asimismo, en este tratamiento se usa como reactivo o filtro el carbón activado (Ren, Song y Ding, 2020, p. 4) (Li *et al*, 2020, p. 2). Según Samaksaman las temperaturas de DTAT varían de 500-1000°C y para DTBT sus temperaturas varían de 90-500 °C (2016, p. 135).

4.2. Parámetros de operación de las tecnologías de remediación para suelos contaminados por hidrocarburos.

En la tabla 5 se detalla los resultados de los parámetros de operación tales como: Temperatura (T °C), Potencial de hidrogeno (pH), Materia orgánica (MO), Tiempo (semanas), C. inicial (mgkg⁻¹), Contaminante y el porcentaje de remoción (%) que se obtuvieron debido a las fuentes bibliográficas internacionales y nacionales.

Los parámetros de operación de las tecnologías de biorremediación varían según el tipo de microorganismo y el tipo de contaminante, en la tabla se muestra la clasificación de tecnologías y los parámetros operación que se utilizaron. Se muestra que la tecnología biológica es la que más tiempo toma en realizarse debido a que su proceso es lento, su proceso vario entre las 6 y 20 semanas. Por lo contrario, la tecnología química y térmica conlleva un lapso de 2 a 9 semanas debido a que el proceso es mucho más rápido, pero es más costoso.

Tabla 5: Parámetros de operación

Clasificación de tecnología	Tipo de tecnología	Parámetros de operación
Tecnología biológica	biorremediación	Temperatura: 10°C-50°C; pH: 5.4-7.8; MO: 0.67-5.2%; C_{inicial}: 269mgkg-44.600mgkg; Tiempo: 6-13 semanas; Contaminante: petróleo y pireno; microorganismos: comunidad microbiana, <i>Mycobacterium gilvum</i> y Harina de hueso de carne (MBM), ; Porcentaje de remoción: 28.3-91.2%
	fitorremediación	Temperatura: 25°C-25°C; pH: 5.8-8.7; MO: 0.5-20%; C_{inicial}: 50mgkg- 442.566mgkg; Tiempo: 6-37semanas; Contaminante: petróleo y pireno; Plantas: Festuca arundinacea L, Festuca elata, E. alexeev y <i>Bassia scoparia</i> ; Porcentaje de remoción: 35.1%-96.27%
Tecnología química	oxidación química	Temperatura: 3°C-25°C; pH: 7-8.4; C_{inicial}: 73.3mgkg-16000mgkg; Tiempo: 5-8semanas; Contaminante: hidrocarburo y petróleo; Microorganismo: <i>Pseudomonas aeruginosa cepa</i> ; Reactivo: Permanganato de potasio y persulfato; Porcentaje de remoción: 35.2%-98.4%

Tecnología fisicoquímica	electrocinética	Temperatura: 25°C-105°C; pH: 6.97-8.7; MO: 3.42%-28.93%; C_{inicial}: 514mgkg; Tiempo: 2-8semanas; Contaminante: combustible diesel, hidrocarburo y petróleo; Material: Ánodo de titanio-cátodo de titanio, Acero inoxidable reticular (A316) y Titanio- (DSA); Porcentaje de remoción: 35.61%-95%
	extracción de vapor	Temperatura: 5°C-210°C; pH: 5.4-6.2; MO: <0.02%-2.52%; C_{inicial}: 3106.5mgkg-12000mgkg; Tiempo: 4semanas-15 semanas; Contaminante: hidrocarburo, gasolina y VOC/SVOC; Material: mezcla de arena, inyección de vapor y aire; Porcentaje de remoción: 72 %-99.9%
	solidificación	Temperatura: 20°C-105°C; pH: 5.2-7.88; MO: <5.2-8.25%; C_{inicial}: 2526mgkg-37.093mgkg; Tiempo: 4semanas-16semanas; Contaminante: petróleo, PFAS y PAC; Materiales: aglutinantes y carbón activado en polvo; Porcentaje de remoción: 42.5%-85%
Tecnología térmica	oxidación térmica	Temperatura: 300°C-500°C; pH: 5-7; MO: <2%-6.9%; C_{inicial}: 50mgkg-1200mgkg; Tiempo: 8semanas-12semanas; Contaminante: hidrocarburo aromático policíclicos; Oxidantes: permanganato y dióxido de cloro; Porcentaje de remoción: 70%-90%
	desorción térmica	Temperatura: 300°C-600°C; pH: 5.4-8.34; MO: <0.5-2%; C_{inicial}: 25mgkg-528mgkg; Tiempo: 2semanas; Contaminante: petróleo y PCB; Material y Oxidantes: desorción a alta temperatura, peróxido de benzolio e hidróxido de calcio; Porcentaje de remoción: 60%-99%

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Los resultados de un tratamiento biológico dependen mucho de los parámetros naturales, climáticos y del suelo como: la temperatura, pH, salinidad, composición del contaminante, concentración del contaminante. Según Venosa y Zhu (2003, citado por Lim *et al*, 2016, p.19) las altas temperaturas pueden afectar la comunidad microbiana, por otro lado, Rahman *et al* (2002, citado por Lim *et al*, 2016, p.19) afirma que un pH de 7.5 es óptimo para degradar el petróleo al 78%, mientras que un nivel de pH extremo puede ser toxico y perjudicial para las bacterias y hongos. Según Kensa (2011, citado por Ye *et al*, 2019, p.693) para mejorar la eficiencia del tratamiento se tiene que proporcionar suficiente oxígeno y sales nutritivas como: carbono, nitrógeno y fósforo.

El tratamiento químico es una remediación efectiva que se aplica a diferentes tipos de suelos. La eficiencia de remoción se debe a los parámetros incluidos el material del electrodo, pH, voltaje y densidad. Según Sharma *et al* (2015, citado por Monfort *et al*, 2019, p. 3) sugiere que un pH alcalino es más eficiente para el tratamiento químico. Johnson *et al* (citado por Chen *et al*, 2019, p.345) menciona que la temperatura ambiente es la adecuada para la remediación, a diferencia de Liu *et al* (citado por Chen *et al*, 2019, p. 346) menciona en su investigación que al aumentar la temperatura aumenta el % de eliminación (20% a 94%). Por otra parte, Tsitonaki *et al* (citado por Chen *et al*, 2019, p. 347) menciona que las altas temperaturas pueden provocar efectos secundarios.

El tratamiento fisicoquímico aprovecha las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes para la contención de la contaminación. Para un funcionamiento correcto de la remediación electrocinética se tiene que considerar los siguientes parámetros pH, electrolito y voltaje. Pazos *et al* (2010, p. 7) indica que con un pH promedio de 7 y un control adecuado de este, la recuperación del suelo podría ser mayor del 70%. Según Dong *et al* (2013, citado por Mohamadi, Saeedi y Mollahosseini, 2019, p. 4) las características del suelo, como la permeabilidad y la capacidad de amortiguación, influyen en la eficiencia de eliminación de los contaminantes. La extracción de vapor es un tratamiento para aguas y suelos subterráneos contaminados con compuestos orgánicos volátiles (COV) (Yang *et al*, 2017, p. 115). Kacem *et al*, indica que la extracción de vapor puede eliminar más del 90% de COV. Para una mejor eficiencia de este tratamiento se debe aumentar la temperatura del suelo, ya que con la temperatura ambiente tiene una eficiencia limitada (2018, citado por Yu *et al*, 2019, p. 2) (Yang *et al*, 2017, p. 115). Los parámetros más influyentes en la extracción de vapor son los procesos de adsorción, desorción y volatilización; si un contaminante tiene mayor presión de vapor será más volátil (Yang *et al*, 2017, p. 117).

Los tratamientos térmicos incluyen la destrucción, separación e inmovilización de los contaminantes. Samaksaman *et al* (2015, citado por Lim *et al*, 2016, p.30) mencionan que los parámetros de operación son importantes para el correcto funcionamiento del reactor. La remediación térmica elimina los contaminantes

aplicando calor, el uso de altas temperaturas puede llegar a alcanzar un promedio de 300-600°C. Según Anthony y Wang (2006, citado por Lim *et al*, 2016, p.28) este método de eliminación es fácil y rápido, ya que puede eliminar al 100% el contaminante en un promedio de 12-72 horas. Si bien el manejo de este tratamiento podría remediar grandes cantidades de suelos contaminados, el uso de altas temperaturas podría afectar la estructura química y biológica del suelo.

V. CONCLUSIONES

1. En este trabajo cualitativo, se identificó mediante la revisión bibliográfica de las diferentes investigaciones que utilizan tecnologías para remediar suelos contaminados por hidrocarburos que estas se clasifican en tecnologías biológicas, tecnología química, tecnologías fisicoquímicas y tecnologías térmicas dentro de ellas se destacan más la biorremediación, fitorremediación, oxidación química, electrocinética, extracción de vapor, solidificación, oxidación y desorción térmica. Así mismo, que la tecnología fisicoquímica como la extracción de vapor y la tecnología térmica como la desorción térmica obtienen un nivel de remoción mayor a las otras tecnologías ya mencionadas, estas dos tecnologías alcanzaron un porcentaje de remoción del 99% en remediar suelos contaminados por hidrocarburos para ello la extracción de vapor utilizo inyección de vapor para que el terreno pueda calentarse y así acelerar el proceso de evaporar con mayor rapidez el suelo contaminado por hidrocarburo y la desorción térmica utiliza materiales como oxidantes y catalizadores, la adición del agente oxidante, peróxido de benzolio garantiza la descontaminación de los hidrocarburos en el suelo y que su destrucción continúe de manera rápida y completa.
2. Los parámetros de operación de las tecnologías de remediación por suelos contaminados por hidrocarburos más relevantes son: la temperatura (°C), potencial de hidrogeno (pH), materia orgánica (MO), contaminación inicial (mg/kg), tiempo (semanas), contaminante, microorganismo, oxidantes, reactivos, material y porcentaje de remoción.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones referentes con el uso de las tecnologías térmicas ya que en la actualidad es muy escasa la información acerca de esta tecnología.
2. En base a la información recopilada de los artículos de investigación, se recomienda hacer más estudios a otros tipos de parámetros de operación tales como la humedad y la estructura del contaminante, ya que saber el porcentaje de humedad y la estructura que tiene el contaminante el proceso mejorara positivamente el rendimiento de degradación del contaminante y el tipo de tratamiento que se deba aplicar.
3. En el Perú existe muy poca atención literaria y practicas con respecto a las tecnologías de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos por ello se recomienda a los futuros investigadores realizar investigaciones cualitativas y cuantitativas acerca de estas tecnologías.

REFERENCIAS

1. ABED, R. M. M., Al-Kharusi, S., y Al-Hinai, M. Effect of biostimulation, temperature and salinity on respiration activities and bacterial community composition in an oil polluted desert soil [en línea]. Marzo 2015.vol.98. [Fecha de consulta: 13 de Mayo del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830514003564>

2. ACOSTA, G. *et al.* Analysis of the biological recovery of soils contaminated with hydrocarbons using an electrokinetic treatment [en línea]. Junio 2019. Vol. 371. [Fecha de consulta: 28 de Junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389419302705>

3. AGAMATU, P. *et al.* Biorremediation of hydrocarbon contaminated soil using selected organic wastes [en línea]. 2013, vol.18, n°694-702. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029613002260>

4. ALVITRES Castillo, Víctor. Método científico: Planificación de la investigación [en línea]. 2000. 2ed. [Fecha de consulta: 15 de Junio del 2020].
Disponible en
https://books.google.com.pe/books/about/M%C3%a9todo_cient%C3%adfico.html?ld=6cfstaeacaaj&redir_esc=y

5. BEHAR, Daniel. Metodología de la investigación [en línea]. 2008. Editorial Shalom. [Fecha de consulta: 16 de junio del 2020].
Disponible en <https://es.slideshare.net/ceferinacabrera/libro-metodologia-investigacion-behar-rivero-1>
6. BISHT, S. *et al.* Bioremediation of polyaromatic hydrocarbons (PAHs) using rhizospher technology [en línea]. Diciembre 2015, vol.46, n°7-21. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-838246120131354>
7. BOOTH, A., *et al.* Structured methodology review identified seven (RETREAT) criteria for selecting qualitative evidence synthesis approaches [en línea]. Julio 2018. Vol. 99. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895435617309745>
8. CHEN, F. *et al.* Efficient remediation of PAH-metal co-contaminated soil using microbial-plant combination: A greenhouse study [en línea]. Enero 2016. Vol. 302. [Fecha de consulta: 28 de Abril del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389415301230>
9. CHEN, L. *et al.* Degradation of Triclosan in soils by thermally activated persulfate under conditions representative of in situ chemical oxidation (ISCO) [en línea]. Agosto, 2019. Vol. 369. [Fecha de consulta: 29 de Junio del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894719305492>

- 10.** CHITAMBIRA, B. *et al.* The activation energy of stabilised/solidified contaminated soils [en línea]. Junio 2006. Vol.105. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389406005784>
- 11.** COEN-INDECI. Reporte Preliminar de Derrame de Petróleo N° 800 en el distrito de Manseriche-Loreto [en línea]. Noviembre 2019. [Fecha de consulta: 21 de abril del 2020].
Disponible en
<https://www.indeci.gob.pe/emergencias/derrame-de-petroleo-en-el-distrito-de-manseriche-loreto-reporte-preliminar-n-653-19-06-2019-coen-indeci-1900-horas/>
- 12.** COSTA, A. *et al.* Environmental strategies to remove volatile aromatic fractions (BTEX) from petroleum industry wastewater using biomass [en línea]. Febrero 2012. Vol.105. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241101707X>
- 13.** CUEVAS, O. *et al.* Assessment of IrO₂-Ta₂O₅/Ti electrodes for the electrokinetic treatment of hydrocarbon-contaminated soil using different electrode arrays [en línea]. Agosto, 2016. Vol. 208. [Fecha de consulta: 1 de julio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013468616310982>
- 14.** DAI, Y. *et al.* Fire Phoenix facilitates phytoremediation of PAH-Cd co-contaminated soil through promotion of beneficial rhizosphere bacterial

communities [en línea]. Marzo 2020. Vol. 136. [Fecha de consulta: 27 de junio del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019341443>

15. DE BOER, J., y WAGELMANS, M. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soil - Practical Options for Remediation [en línea]. Junio 2016. [Fecha de consulta: 17 de abril del 2020].

Disponible en

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/clen.201500199>

16. DENG, F. *et al.* New approach for pyrene bioremediation using bacteria immobilized in layer-by-layer assembled microcapsules: dynamics of soil bacterial community [en línea]. Febrero 2016. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2020].

Disponible en

<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/RA/c5ra23273b#!divAbstract>

17. DEVI, P. *et al.* In-situ chemical oxidation: Principle and applications of peroxide and persulfate treatments in wastewater systems [en línea]. Febrero 2016, vol.571, n°643-657. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716314772>

18. DULZAIDES, M. *et al.* Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso [en línea]. Abril, 2004. Vol. 12. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].

Disponible en <http://eprints.rclis.org/5013/1/analisis.pdf>

- 19.** FADHILE, A. *et al.* Potential application of a biosurfactant in phytoremediation technology for treatment of gasoline-contaminated soil [en línea]. Noviembre, 2015. Vol. 84. [Fecha de consulta: 28 de junio del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092585741530135X>
- 20.** GAN, S., LAU, E y NG, H. Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) [en línea]. Agosto 2009. [Fecha de consulta: 16 de abril del 2020].
Disponible en <https://sci-hub.tw/10.1016/j.jhazmat.2009.07.118>
- 21.** GAMAZ, J. Descontaminación por extracción de vapores a vacío de diferentes tipos de suelos afectados por hidrocarburos. [en línea]. Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga, 2016. [Fecha de consulta: 26 de mayo del 2020].
Disponible en https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/13752/TD_GAMEZ_S_ALAZAR_Juan_Miguel.pdf?sequence=1
- 22.** GARCÍA, F. *et al.* Bioventing remediation and ecotoxicity evaluation of phenanthrene-contaminated soil [en línea]. Agosto 2010, vol. 183, n°806-813. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389410009830>
- 23.** GNANASUNDAR, V y AKSHAI, R. Remediation of inorganic contaminants in soil using electrokinetics. [en línea]. Abril 2020, vol. 9. [Fecha de consulta: 21 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320318125>

- 24.** GUARINO, C., Spada, V., y Sciarrillo, R. Assessment of three approaches of bioremediation (Natural Attenuation, Landfarming and Bioaugmentation – Assisted Landfarming) for a petroleum hydrocarbons contaminated soil [en línea]. Marzo 2017. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020].

Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27951446>

- 25.** HOU, J. *et al.* PGPR enhanced phytoremediation of petroleum contaminated soil and rhizosphere microbial community response [en línea]. Noviembre 2015. Vol. 138. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653515007456>

- 26.** HUANG, H., *et al.* Interactions between electrokinetics and rhizoremediation on the remediation of crude oil-contaminated soil [en línea]. Agosto 2019. Vol.229. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519308045>

- 27.** INE-SEMARNAT. Suelos contaminados por metales y metaloides muestreo y alternativas para su remediación. [En línea]. Mayo 2005. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2020].

Disponible en

http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/B1E761B1E2F24A5C05257D490070F94F/%24FILE/SuelosContaminadosPorMetalesYMetaloides.pdf

- 28.** JIMÉNEZ, Erazo y SOLEDAD, María. Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. Ciencia, Docencia y Tecnología [en línea]. Mayo 2011. [Fecha de Consulta: 5 de junio de 2020].
Disponibile en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14518444004>
- 29.** KALSI, A. *et al.* Microbial remediation approaches for explosive contaminated soil: Critical assessment of available technologies, recant innovations and future prospects [en línea]. Febrero 2020, vol.18. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020].
Disponibile en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186419308028?via%3Dihub>
- 30.** KASTANEK, F. *et al.* Remediation of contaminated soils by thermal desorption; effect of benzoyl peroxide addition [en línea]. Abril 2016, vol.125, n°309-313. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].
Disponibile en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616302062>
- 31.** KUIPER, E. *et al.* Rhizoremediation: A Beneficial Plant-Microbe Interaction [en línea]. Septiembre 2003, vol.17, n°6-15. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
Disponibile en
<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/MPMI.2004.17.1.6>
- 32.** KUJLU, R. *et al.* Selecting the best stabilization/solidification method for the treatment of oil-contaminated soils using simple and applied best-worst multicriteria decision-making method [en línea]. 2020, vol.263. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2020].
Disponibile en <https://www.journals.elsevier.com/environmental-pollution>

33.KUPPUSAMY, S. *et al.* Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: Technological constraints, emerging trends and future directions. Febrero, 2017. Vol. 168. [Fecha de consulta: 1 de Julio del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653516315065>

34.LEE, J. *et al.* Electrokinetic (EK) removal of soil co-contaminated with petroleum oils and heavy metals in three-dimensional (3D) small-scale reactor [en línea]. Enero 2016. Vol.99. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582015001937>

35.LI, F., *et al.* Insight into ex-situ thermal desorption of soils contaminated with petroleum via carbon number-based fraction approach [en línea]. Abril, 2020. Vol.385. [Fecha de consulta: 20 junio del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894719333613>

36.LI, J., *et al.* Remediation of 1, 2, 3-trichlorobenzene contaminated soil using a combined thermal desorption–molten salt oxidation reactor system [en línea]. Febrero 2014. Vol.97. [Fecha de consulta: 21 de Mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653513014811>

- 37.** LI, Y. *et al.* The combined effects of surfactant solubilization and chemical oxidation on the removal of polycyclic aromatic hydrocarbon from soil [en línea]. Enero, 2019. Vol. 647. [Fecha de consulta: 28 de junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718329152>
- 38.** LIAO, X., *et al.* Effect of various chemical oxidation reagents on soil indigenous microbial diversity in remediation of soil contaminated by PAHs [en línea]. Julio 2019. Vol.226. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519305685>
- 39.** LIM, M. W., Lau, E. V., y Poh, P. A comprehensive guide of remediation technologies for oil contaminated soil — Present works and future directions [en línea]. Agosto 2016. Vol. 109. [Fecha de consulta: 23 de junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X16302247>
- 40.** LIU, X. *et al.* MEAT and bone meal as a novel biostimulation agent in hydrocarbon contaminated soils [en línea]. Junio 2019. Vol, 225, n° 574-578. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519304898>
- 41.** LIU, J. *et al.* Thermal desorption of PCBs contaminated soil with calcium hydroxide in a rotary kiln [en línea]. Enero 2019, vol.220, n° 1041-1046. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].
Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S00456535193003>

[11](#)

42. MA, Y. *et al.* Remediation of hydrocarbon–heavy metal co-contaminated soil by electrokinetics combined with biostimulation [en línea]. Diciembre 2017, vol.353, n° 410-418. [Fecha de consulta: 26 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S13858947183137>

[2X?via%3Dihub](#)

43. MARTINEZ, J y CASALLAS, M. Contaminación y remediación de suelos en Colombia: Aplicaciones a la minería de oro. [en línea]. Diciembre 2017. [Fecha de consulta: 21 de mayo del 2020].

Disponible en

[http://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/contaminacion-y-](http://editorial.universidadean.edu.co/acceso-abierto/contaminacion-y-remediacion-de-suelos-en-colombia.pdf)

[remediacion-de-suelos-en-colombia.pdf](#)

44. MARTINEZ, L. *et al.* Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas [en línea] febrero 2005, vol.21. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2020].

Disponible en

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-49992005000200091&lng=es&nrm=iso&tlng=en)

[49992005000200091&lng=es&nrm=iso&tlng=en](#)

45. MEDINA, R. *et al.* Exploring the effect of composting technologies on the recovery of hydrocarbon contaminated soil post chemical oxidative treatment [en línea]. Junio 2020, vol.150. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S09291393193070>

[48](#)

- 46.** MINAM. Criterios para la Gestión de sitios contaminados. 2016, n° 15-21
[Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/59912>
- 47.** MINAM. Glosario de términos de sitios contaminados. 2013, n°1-17.
[Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
Disponible en <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
- 48.** MINISTERIO de Energía y Minas. Decreto supremo que modifica el reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos [en línea]. Setiembre 2018. [Fecha de consulta: 18 de Abril del 2020].
Disponible en [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/MODIFICATORIA_RPAAH\(2\).pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/MODIFICATORIA_RPAAH(2).pdf)
- 49.** MIZWAR, A. *et al.* Bioremediation of soil contaminated with native polycyclic aromatic hydrocarbons from unburnt coal using an in-vessel composting method [en línea]. Marzo 2016. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020].
Disponible en <https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F10889868.2015.1124064>
- 50.** MOHAMADI, S., SAEEDI, M., y MOLLAHOSSEINI, A. Enhanced electrokinetic remediation of mixed contaminants from a high buffering soil by focusing on mobility risk [en línea]. Diciembre, 2019. Vol. 7. [Fecha de consulta: 1 de Julio del 2020].
Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343719305937>

51. MONFORT, O. *et al.* Ferrate (VI) based chemical oxidation for the remediation of aged PCB contaminated soil: Comparison with conventional oxidants and study of limiting factors [en línea]. Enero, 2019. Vol. 355. [Fecha de consulta: 29 de junio del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894718315900>

52. MONJE, Carlos. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa [en línea]. Neiva – 2011. [Fecha de consulta: 17 de junio del 2020].

Disponible en <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>

53. MORSE, J, *et al.* Verification Strategies for Establishing Reliability and Validity in Qualitative Research [en línea]. Junio 2002. Vol.1. [Fecha de consulta: 5 de junio del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1177/160940690200100202>

54. MOUBASHER, H. *et al.* Phytoremediation of soils polluted with crude petroleum oil using *Bassia scoparia* and its associated rhizosphere microorganisms [en línea]. Marzo 2015. Vol. 98. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830514003576?via%3Dihub>

55. NESPECA, M., SEQUINEL, R., y de OLIVEIRA, J. Ultra-fast gas chromatographic with flame ionization detector (UFGC-FID) and sonication methods for determination of total petroleum hydrocarbons fractions and BTEX in soil [en línea]. Noviembre 2019. Vol.150. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X19308458>

56. NILSSON, B. *et al.* Combining steam injection with hydraulic fracturing for the in situ remediation of the unsaturated zone of a fractured soil polluted by jet fuel [en línea]. Marzo 2011. Vol.92. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710003324>

57. NG, YS, SEN Gupta, B. y HASHIM, MA. Stability and performance enhancements of Electrokinetic-Fenton soil remediation [en línea]. Febrero 2014. [Fecha de consulta: 16 de abril del 2020].

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-014-9335-5>

58. NILLSON, B. *et al.* Combining steam injection with hydraulic fracturing for the in situ remediation of the unsaturated zone of a fractured soil polluted by jet fuel [en línea]. Octubre 2010. Vol. 92. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710003324?via%3Dihub>

- 59.**ÑUSTEZ, D *et al.* Bioremediation for degradation of total hydrocarbons present in the sediments of a fuel service station. [en línea]. 201A. Vol. 37, n°20-28. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2020].
Disponible en <http://ve.scielo.org/pdf/rftiuz/v37n1/art04.pdf>
- 60.**OSSAI, Innocent *et al.* Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review [en línea]. Noviembre 2019, Vol. 17. [Fecha de consulta: 16 de abril del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235218641830364X#b320>
- 61.**PAZOS, M. *et al.* Decontamination of soils containing PAHs by electroremediation: A review [en línea]. Mayo, 2010. Vol. 177. [Fecha de consulta: 1 de Julio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389409018391>
- 62.**PELUFFO, M. *et al.* Strategies for oxidation of PAHs in aged contaminated soil by batch reactors [en línea]. Abril 2018, Vol. 151, n° 76-82. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651317309107>
- 63.**PINO, N *et al.* Comparación entre bioestimulación y bioaumentación para la recuperación de suelos contaminados con diesel [en línea]. Junio 2012, Vol. 7, n° 101-108. [Fecha de consulta: 25 de mayo del 2020].
Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n1/v7n1a10.pdf>

- 64.** POURFADAKARI, S. *et al.* Remediation of PAHs contaminated soil using a sequence of soil washing with biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* strain PF2 and electrokinetic oxidation of desorbed solution, effect of electrode modification with Fe₃O₄ nanoparticles [en línea]. Noviembre 2019. Vol. 379. [Fecha de consulta: 18 de Mayo del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389419307927>
- 65.** RANC, B. *et al.* Selection of oxidant doses for in situ chemical oxidation of soils contaminated by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review [en línea]. Marzo 2016. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2020].
Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.03.068>
- 66.** RAMADAN, B. *et al.* An overview of electrokinetic soil flushing and its effect on bioremediation of hydrocarbon contaminated soil [en línea]. Abril 2018. Vol. 218. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020].
Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29689534>
- 67.** REN, J., SONG, X., y DING, D. Sustainable remediation of diesel-contaminated soil by low temperature thermal treatment: Improved energy efficiency and soil reusability [en línea]. Febrero, 2020. Vol. 241. [Fecha de consulta: 2 de Julio del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519321915>
- 68.** REN, X. *et al.* The potential impact on the biodegradation of organic pollutants from composting technology for soil remediation [en línea]. Febrero 2018, vol.72, n°138-149. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17308590>

- 69.** RODRIGUEZ, J. *et al.* Bioremediation of soil contaminated by hydrocarbons with the combination of three technologies: bioaugmentation, phytoremediation, and vermiremediation [en línea]. Diciembre 2018. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020].

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-018-2213-y>

- 70.** RORAT, A. *et al.* Vermiremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in sewage sludge composting process [en línea]. Febrero 2017. Vol. 187. [Fecha de consulta: 28 de Abril del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716308647>

- 71.** SABERI, N. *et al.* Simultaneous removal of polycyclic aromatic hydrocarbon and heavy metals from an artificial clayey soil by enhanced electrokinetic method [en línea]. Julio, 2018. Vol. 217. [Fecha de consulta: 28 de Junio del 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718303645>

- 72.** SALGADO *et al.* Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos [en línea]. Lima, 2007. Vol. 13. [Fecha de consulta: 3 de Julio del 2020].

Disponible en

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272007000100009

- 73.** PASAMAN, U. *et al.* Thermal treatment of soil co-contaminated with lube oil and heavy metals in a low-temperature two-stage fluidized bed incinerator [en línea]. Enero, 2016. Vol. 93. [Fecha de consulta: 3 de Julio del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431115009448>
- 74.** SAMMARCO, P. *et al.* Concentrations in human blood of petroleum hydrocarbons associated with the BP/Deepwater Horizon oil spill, Gulf of Mexico [en línea]. Abril 2016. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2020].
Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00204-015-1526-5#citeas>
- 75.** SCHULTZ, C. *et al.* Qualitative design support for engineering and architecture [en línea]. Enero 2009. Vol. 23. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034608000578>
- 76.** SHEN, H. *et al.* Global Atmospheric Emissions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from 1960 to 2008 and Future Predictions [en línea]. Mayo 2013. [Fecha de consulta: 17 de abril del 2020].
Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23659377>
- 77.** SLEEP, B. *et al.* Removal of volatile and semivolatile organic contamination from soil by air and steam flushing [en línea]. Febrero 2001. Vol. 50, n°21-40. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169772201001036>

- 78.** SORENGARD, M. *et al.* Stabilization and solidification remediation of soil contaminated with polyand perfluoro alkyl substances (PFASS) [en línea]. Enero 2019. Vol. 367. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389419300056?via%3Dihub>
- 79.** STELIGA, T., y KLUK, D. Application of Festuca arundinacea in phytoremediation of soils contaminated with Pb, Ni, Cd and petroleum hydrocarbons [en línea]. Mayo 2020. Vol.194. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651320302487>
- 80.** STRECHE, C. *et al.* Decontamination of Petroleum-contaminated Soils Using the Electrochemical Technique: Remediation Degree and Energy Consumption [en línea]. Febrero 2018. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2020].
Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21606-4>
- 81.** SUJA, F. *et al.* Effects of local microbial bioaugmentation and biostimulation on the bioremediation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in crude oil contaminated soil based on laboratory and field observations [en línea]. Mayo 2014.vol.90. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830514000651>

- 82.** SUN, Y. *et al.* Oxidative degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in contaminated industrial soil using chlorine dioxide [en línea]. Agosto 2020. vol.394. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894720308482>
- 83.** VOLKE, Tania y VELASCO, Juan. Tecnologías de remediación para suelos contaminados [en línea]. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, 2005. [Fecha de consulta]. 3 de Julio del 2020].
Disponible en <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000035530>
- 84.** WU, M. *et al.* Bioaugmentation and biostimulation of hydrocarbon degradation and the microbial community in a petroleum-contaminated soil [en línea]. Febrero 2016. Vol. 107. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2020].
Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830515301414>
- 85.** WU, M. *et al.* Bioremediation of hydrocarbon degradation in a petroleum-contaminated soil and microbial population and activity determination [en línea]. Febrero 2017. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020].
Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27870933>
- 86.** WU, M. *et al.* Effect of bioaugmentation and biostimulation on hydrocarbon degradation and microbial community composition in petroleum-contaminated loessal soil [en línea]. December 2019, vol. 237 n°. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2020].
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519316807?via%3Dihub>

- 87.** YANG, Y. *et al.* Modeling BTEX migration with soil vapor extraction remediation under low-temperature conditions [en línea]. Diciembre 2017. Vol. 203. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717307508>
- 88.** YANG, Z. *et al.* Remediation of petroleum-hydrocarbon contaminated groundwater using optimized in situ chemical oxidation system: Batch and column studies [en línea]. Junio 2020, vol.138, n°18-26. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582019324073?via%3Dihub>
- 89.** YE, J., Chen, X., Chen, C., y Bate, B. Emerging Sustainable Technologies for Remediation of Soils and Groundwater in a Municipal Solid Waste Landfill Site -- A Review [en línea]. Julio 2019. Vol. 227. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519307015>
- 90.** YU, S. *et al.* Stabilization/Solidification of Nitrobenzene Contaminated Soil based on Hydrophobilized CaO [en línea]. 2016. Vol. 31. [Fecha de consulta: 2 de Julio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616000396>

- 91.** YU, Y. *et al.* Removal kinetics of petroleum hydrocarbons from low-permeable soil by sand mixing and thermal enhancement of soil vapor extraction [en línea]. Diciembre 2019.vol. 236. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519315309>
- 92.** YUNIATI, MD. Bioremediation of petroleum-contaminated soil: A Review. Earth and Environmental Science [en línea]. Febrero 2018, vol.118, nº1-8. [Fecha de consulta: 05 de mayo del 2020].
Disponible en
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/118/1/012063/pdf>
- 93.** ZHANG, B. *et al.* Combining chemical oxidation and bioremediation for petroleum polluted soil remediation by BC-nZVI activated persulfate [en línea]. Febrero, 2020. Vol. 382. [Fecha de consulta: 28 de junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894719324672>
- 94.** ZHEN, M. *et al.* Combination of rhamnolipid and biochar in assisting phytoremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil using *Spartina anglica* [en línea]. Noviembre, 2019. Vol. 85. [Fecha de consulta: 28 de Junio del 2020].
Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074219314226>

ANEXOS

ANEXO 1

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

N°	AUTOR(ES)	OBJETIVOS	PARAMETROS	RESULTADOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), JACKELINE MAYRA BARRETO FRANCO, MARGARITA MAVILA REYNA GASPAR estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL USO DE TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) 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.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
JACKELINE MAYRA BARRETO FRANCO DNI: 77298864 ORCID 0000-0002-2163-0728	Firmado digitalmente por: MBARRETOF el 28 Jul 2020 10:37:38
MARGARITA MAVILA REYNA GASPAR DNI: 73937668 ORCID 0000-0001-6467-116X	Firmado digitalmente por: RGASPAR7 el 27 Jul 2020 20:39:56

Código documento Trilce: 31893