



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Análisis de Técnicas de Remediación de Aguas Contaminadas por
Hidrocarburos, Revisión Sistemática, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTOR:

Mamani Quispe, Alexis (orcid.org/0000-0003-2413-5295)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

Dedicatoria

A mi padre Estevan, quien con su apoyo constante me dio la fuerza para seguir adelante, por todo su amor y paciencia y por todo lo que me inculcó desde niño para salir adelante, a usted le dedico este logro, y Espero seguir haciéndolo sentir orgulloso de mi persona; a todos mis amigos por su apoyo incondicional en mi desarrollo profesional.

También dar gracias a mi abuela aun que no este conmigo siempre me cuidara desde donde me esté viendo y se sienta orgullosa del sobrino que formo y lo acompaño en su camino.

Agradecimiento

A Dios por darme la alegría y felicidad de poder cumplir mis sueños que tanto anhelaba, gracias a mi esfuerzo pude dar un paso más en mi vida profesional. a mi familia, en especial a mi padre quien con su bondad y humildad me enseñó muchas cosas en la vida, pues gracias a ellos soy lo que soy. También agradezco a mis hermanas y amigos que siempre estuvieron a mi lado en los momentos difíciles.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	13
3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística	13
3.3. Escenario de Estudio	15
3.4. Participantes	15
3.5. Técnicas e Instrumento de recolección de datos	15
3.6. Procedimientos	16
3.7. Rigor Científico.....	17
3.8. Método de Análisis	17
3.9. Aspectos Éticos.....	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS	51

Índice de tablas

Tabla 1: Matriz de categorización apriorística	14
Tabla 2: Base de Datos	15
Tabla 3: Técnicas usadas en la remediación de aguas contaminadas	19
Tabla 4: Factores Ambientales.....	25
Tabla 5: Porcentajes de remoción de hidrocarburos	34

Índice de figuras

Figura 1: Procesos de fitorremediación de aguas contaminadas	10
Figura 2: Diagrama de flujo de los artículos utilizados	16
Figura 3: Tiempo de duración de cada método aplicado.....	29
Figura 4: pH resultante de cada método de remediación.....	31
Figura 5: Temperatura utilizada para cada método de remediación.	32

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar las técnicas de remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos. La metodología que se empleó fue de tipo aplicada y de diseño narrativo que trata de recopilar datos o experiencias de estudios anteriores para la elaboración de cada parte que comprende este estudio. Se basó en la información de artículos relacionados al tema de investigación los cuales tengan una antigüedad de 5 años (2018 – 2022) y que estén en el idioma inglés y español. Los resultados indicaron que las técnicas más usadas actualmente para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos son el aislamiento bacteriano, fitorremediación y biorremediación. También los factores ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas deben tener un pH de 6 a 7.5 y temperaturas de 85°C a 100°C. Así mismo los porcentajes de remediación más altas fueron de 89 - 99.9% esto en base al empleo de biomasa de microalgas y fotobiorreactor de algas marinas. Se concluyó que las técnicas usadas actualmente pueden sustituir a las convencionales, ya que tienen mayor porcentaje de remoción o degradación, se adaptan fácilmente al clima y representan un menor costo para su elaboración y aplicación.

Palabras Clave: Técnicas de tratamiento, aguas contaminadas, hidrocarburos.

Abstract

The objective of this research work is to determine the remediation techniques for water contaminated by hydrocarbons. The methodology that was used was of an applied type and of narrative design that tries to collect data or experiences from previous studies for the elaboration of each part that comprises this study. It was based on information from articles related to the research topic which are 5 years old (2018 - 2022) and are in English and Spanish. The results indicated that the techniques most currently used for the treatment of water contaminated with hydrocarbons are bacterial isolation, phytoremediation and bioremediation. Also the environmental factors that influence the remediation of contaminated water must have a pH of 6 to 7.5 and temperatures of 85°C to 100°C. Likewise, the highest remediation percentages were 89 - 99.9%, based on the use of microalgae biomass and seaweed photobioreactor. It was concluded that the techniques currently used can replace the conventional ones, since they have a higher percentage of removal or degradation, they adapt easily to the climate and represent a lower cost for their elaboration and application.

Keywords: Treatment techniques, contaminated water, hydrocarbons

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo diario de la industria petrolera mundial ha sido más criticado por su daño a los recursos hídricos debido a las malas operaciones y administración (Blanco et al., 2020). Por ello, es importante introducir e innovar en tecnologías limpias y ambientalmente sustentables en la restauración de la calidad del agua. El desarrollo de la industria petrolera mundial es cada día más criticado por los daños que ocasiona a los recursos hídricos por su mala operación y administración (Blanco et al., 2020). Por lo tanto, la implementación e innovación de tecnologías limpias y la restauración de la calidad del agua son cruciales para la sostenibilidad ambiental (Cheng et al., 2020).

La polución de cuerpos de agua con hidrocarburos se ha vuelto en un grave problema ambiental. Esto no solo aumenta la preocupación por la salud humana, sino también por el ecosistema (Khalid et al., 2021). Se cree que las fuentes potenciales de contaminación del agua dulce y del mar son los derrames de petróleo de los tanques de almacenamiento subterráneos, las tuberías, los vehículos terrestres, los derrames ocasionales durante el transporte, las áreas de perforación y las inadecuadas prácticas de depuración de desechos (Lim et al., 2021). En 2019, según las estadísticas proporcionadas por la International Tanker Pollution Federation (ITOPF), el volumen total de derrames continuos de petróleo en el medio ambiente se registró en unas 1000 toneladas (Ma et al., 2018). Las últimas estadísticas también informan 2 derrames medianos y 1 derrame grande en 2019, que van desde 7 toneladas hasta 700 toneladas.

Hoy en día, muchos países han fortalecido la aplicación de la ley para el manejo y control de aguas contaminadas (Varjani et al., 2020). Por ejemplo, Europa y algunos otros países han utilizado tecnología de biorremediación para resolver este problema. Esta tecnología ha demostrado ser muy influyente con resultados notables en todo el mundo (Zhao et al., 2021).

Mantener un ecosistema en condiciones óptimas generando el impacto menor posible en los cuerpos acuáticos es responsabilidad de las industriales petroleras mantener una serie de técnicas biológicas y químicas en el control de los problemas de derrames de crudo de petróleo en las aguas (García y Torrejon. 2021). En gran parte de los casos, los derrames sin control de petróleo crudo y fluidos de

perforación han tenido un impacto catastrófico en las aguas y ecosistemas naturales (Hung et al., 2020)

En el Perú los derrames de petróleo son un problema de largo enfoque en el ambiente. Por lo tanto, en la Amazonía peruana ha sido escenario de varios derrames de petróleo, muchos de los cuales han sido objeto de remediación ambiental y han afectado negativamente a la población aledaña (principalmente indígenas) que dependen de la naturaleza y su biodiversidad (Ramadass, 2018) Según la OEFA, entre marzo de 2011 y julio de 2019, solo en el oleoducto Noperuano, en la región de Loreto, se registraron 69 derrames de petróleo. Además, el condado de Loreto experimentó al menos 19 emergencias ambientales solo en el Lote 192 en 2020. A esta larga lista se suma el derrame de petróleo en la terminal Multiboyas de la refinería La Pampilla N° 2, realizada del 15 al 25 de enero de 2022 por Refinería La Pampilla S.A.A., empresa del grupo Repsol. Pero el primer lote de petróleo, unos 12.000 barriles de petróleo, aumentó el impacto, dado el tamaño del petróleo y la falta de respuesta de empresas y países de manera oportuna y eficaz, lo que resultó en el peor desastre ambiental en Lima.

Los ecosistemas costeros no pueden regenerarse porque esta película de hidrocarburos paraliza que crezcan nuevas plantas. Las playas donde llegó esta contaminación se vieron obligadas a cerrar porque el contacto con la piel era un peligro para la salud pública. Además, los elementos pesados del petróleo se hunden en el fondo del océano y pueden envenenar organismos de aguas profundas como ostras, cangrejos, almejas y mejillones (García, 2022).

Es muy relevante indicar que al momento que ocurre esta problemática de un derrame de crudo de petróleo, inmodicadamente se puede desplegar las técnicas implementadas como medidas de recuperación de la calidad del agua al lugar de vertimiento o la liberación del hidrocarburo (Liu et al., 2018) La recolección física, la incineración in situ, los dispersantes químicos y la biodegradación de materia biológica son las técnicas operativas que se utilizan cuando se trata de recursos hídricos. (Murgueitio et al., 2018).

Debido a esto surge la motivación e idea de recopilar diversas informaciones en artículos, páginas webs, revistas y otros acerca del derrame de hidrocarburos en acuíferos y las técnicas que utilizaron para eliminar, depurar o remover dicho

contaminante, el cual a la larga trae diversas afectaciones al ecosistema terrestre y acuático que allí existe.

La remediación de las aguas con hidrocarburos con aplicación de diferentes técnicas de recuperación es considerada como opción de remover al contaminante que no puede ser recogido o incinerado; no obstante, hay grandes restricciones para la recolección de los hidrocarburos que forman una capa oscura sobre la superficie del agua (Tursi et al., 2018).

Se formula el problema general:

Problema General

- ¿Cuál son las técnicas de remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos?

Seguidamente se formula los Problemas Específicos:

Problema Específicos 1:

- ¿Cuáles serán los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos?

Problema Especifico 2:

- ¿Cuáles serán los parámetros ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos?

Problema Especifico 3:

- ¿Cuáles serán los porcentajes más altos de remoción de los hidrocarburos depositados en las aguas?

La justificación teórica basada en la búsqueda de información vinculada a nuestro tema de investigación, en lo que compete términos como remediación de superficies contaminadas, remoción de hidrocarburos, técnicas de biorremediación, entre otros, quien facilitó el desarrollo de nuestro estudio. Esta justificación tiene importancia porque se quiere demostrar la eficacia de cada técnica de remediación para mejorar los recursos naturales, en este caso el recurso agua y de cómo podemos aplicarlo en posibles situaciones de contaminación. Asimismo, permitió estudio y futuras investigaciones basarse en experiencias de artículos y revistas para una obtener resultados positivos frente a similares investigaciones.

La investigación realizada tiene un vacío de conocimiento como contribución ambiental que, a través de la remediación, que es uno de los procesos utilizados

por diversas tecnologías para remover contaminantes como los hidrocarburos que son removidos, inactivados o debilitados por efectos tóxicos en el agua que son perjudiciales para las especies acuáticas y la biodiversidad acuática, este estudio recopila información de la literatura científica sobre estos métodos de restauración para generar información o soluciones alternativas, compararlas y proporcionar información a futuros investigadores. A diferencia de otros métodos de biorremediación, estos métodos son económicos porque su procesamiento más avanzado les permite descomponer los hidrocarburos de mayor peso molecular sin dañar el medio ambiente porque son ecológicos.

Se determinó el objetivo general:

Objetivo General:

- Determinar las técnicas de remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos.

Seguidamente se formula los objetivos específicos:

Objetivo Especifico 1:

- Identificar los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos.

Objetivo Especifico 2:

- Determinar los parámetros ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos.

Objetivo Especifico 3:

- Identificar los porcentajes más altos de remoción de los hidrocarburos depositados en las aguas.

II. MARCO TEÓRICO

García et al. (2019), la finalidad fue estudiar la fase de biorremediación de HTP en aguas residuales de Puyango utilizando cultivos mixtos microbianos para degradar hidrocarburos. Utilizaron un método que comenzó con la caracterización del agua residual y también determinó el contenido total de hidrocarburos de petróleo (HTP) y el flujo durante 1 semana; luego bacterias: *Acinetobacter*, *Pseudomonas* en forma sólida (tableta de 80 g), la concentración mínima en agua es de 4×10^8 CFU/ml, tomar dos tabletas durante 30 días. Los resultados mostraron que la bioaumentación fue efectiva en la remoción de PTH ($p=0.003$), alcanzando un porcentaje superior al 86% de la concentración de hidrocarburos en el agua contaminada. Concluyeron que el uso de *Acinetobacter* y *Pseudomonas* fue muy eficaz para eliminar las concentraciones de hidrocarburos en el agua.

Tursi et al. (2018), tuvieron como objetivo evaluar una tecnología ecológica y rentable basada en fibra de celulosa hidrofobizada Spanish Broom (SB). La metodología fue en base a la extracción de fibra de celulosa natural se extrajo por digestión alcalina de la verdura cruda. La superficie de celulosa hidrófila se transformó en una hidrófoba mediante la reacción con 4,4'-diisocianato de difenilmetano (MDI). Tuvieron como resultado una rápida adsorción de hidrocarburos con eficiencia de remoción superior al 90%. Se concluyó que la descontaminación de cuerpos de agua de hidrocarburos de petróleo es crítica debido a los riesgos para la salud relacionados con la alta toxicidad, mutagenicidad y propiedades cancerígenas de los componentes de hidrocarburos que pueden ingresar a la cadena alimentaria.

Sol et al. (2018), los autores tuvieron como objetivo evaluar una vesícula de homopolímero multifuncional autoensamblada a partir de un homopolímero escalable, poli (ácido mico) (PAA), a temperatura ambiente. La metodología fue el uso de la vesícula que eliminaron de manera eficiente los PAH, los colorantes catiónicos y los iones de metales pesados del agua en función del apilamiento π - π , el efecto hidrofóbico y las interacciones electrostáticas con los contaminantes. Los resultados mostraron que la concentración residual de PAH, colorantes catiónicos y iones de metales pesados (como Ni^{2+}) en el agua eran inferiores a 0,60 y 0,30 partes por billón (ppb) y 0,095 partes por millón (ppm), respectivamente. Concluyeron que los iones de metales como Ag^+ recuperaron las nanopartículas

de plata mediante la reducción in situ en la membrana de las vesículas reduciendo los contaminantes tóxicos como los nitrocompuestos aromáticos y reciclarse durante más de diez veces.

Hung et al. (2020), tuvieron como objetivo evaluar los nanocompuestos de Fe₃O₄-negro de humo (FCB) se sintetizó mediante un método de precipitación simplificado y se utilizó para activar el persulfato (PS) para la degradación de los PAH en sedimentos marinos contaminados. Usaron una metodología de concentración de PS de 2×10^{-4} M (o un $\Sigma[\text{PAH}]: [\text{PS}] = 1:10$), pH 3 y 3 g/L de FCB en un sistema FCB/PS. Los resultados mostraron una degradación del 94, 97, 94, 98 y 93 % del PAH total ($\Sigma[\text{PAH}]$), PY, FLU, CH y PH, respectivamente, mientras que la mayor degradación de PAH fue del 99, 98, 97 y 97 %, respectivamente, para los PAH de 6-, 5-, 4- y 3-anillos. Concluyendo que los resultados indicaron claramente el gran potencial de FCB para la remediación de sedimentos marinos contaminados con HAP.

Bhadra et al. (2018), los autores tuvieron objetivo evaluar el marco de azolato metálico-6 (MAF-6) pirolizado a 1000 °C para producir carbonos derivados de MOF (MC). Usaron un método de MC obtenidos para eliminar hidrocarburos aromáticos, incluidos hidrocarburos poliaromáticos (PAH; por ejemplo, naftaleno (NAP), antraceno (ATC) y pireno (PRN)) y benceno (BZ) del agua mediante adsorción. MC-24 condujo a adsorciones de NAP alrededor de 17 y 2,5 veces las de MAF-6 y AC prístinos, respectivamente. Se mostraron en los resultados las máximas capacidades de adsorción (Q_0) de MAF-6, AC y MC-24 para NAP fueron 14, 104 y 237 mg/g, respectivamente. Concluyeron que se recomienda usar MC-24 como adsorbente competitivo para la separación de hidrocarburos aromáticos del agua por tener un comportamiento muy eficiente.

Blanco et al. (2020), el propósito de esta investigación fue cotejar la utilidad, el coste y el balance energético de diferentes tecnologías ex situ destinadas a la eliminación de PAH de los sedimentos marinos. Con una metodología de acuerdo con los principios del nexo agua-energía, se investigaron la biorremediación anaeróbica, el lavado del suelo y la desorción térmica en condiciones de temperatura y fase líquida bajas usando fenantreno (PHE) como compuesto modelo. Los resultados obtenidos después de 42 días de biorremediación anaeróbica, se observó la mayor biodegradación de PHE de 68 y 64 % en condiciones desnitrificantes y

metanogénicas, respectivamente, acompañadas de N₂ y CH₄ producción y acumulación de ácidos grasos volátiles. Llegaron a la conclusión de que el balance energético también sugiere que la biorremediación y la remediación de tierras son tecnologías más sostenibles, ya que requieren menos energía (es decir, 16 y 14 kWh m⁻³, respectivamente) que LTTD (es decir, 417 kWh m⁻³). -3).

Cheng et al. (2020), tuvieron como objetivo evaluar la fabricación de biochar de macroalgas mejorados con grandes áreas de superficie específica (hasta 399 m²g⁻¹). Tuvieron una metodología de estructuras parcialmente grafitada, alto dopaje de nitrógeno (hasta 6,14 %) e hidrofobicidad mediante la cocarbonización de macroalgas, cloruro férrico y cloruro de zinc. Los resultados que se encontraron fue que el llenado de poros, la transferencia de masa, el apilamiento π-π y el efecto de partición son posibles mecanismos de sorción. Los resultados del estudio sugieren que los biochar grafitados porosos dopados con nitrógeno pueden sintetizarse a partir de macroalgas con carbonización simple en un solo recipiente y mostrar una aplicabilidad prometedora en remover contaminantes orgánicos del agua.

Fahid et al. (2020), tuvieron como finalidad experimentar el efecto del aumento bacteriano en humedales flotantes de tratamiento en la remediación de agua contaminada con gasóleo. Se usó una metodología de aplicación de microorganismos absorbentes de los contaminantes de hidrocarburos. Los resultados mostraron la reducción máxima de hidrocarburos (95,8 %), (98,6 %), DBO (97,7 %), carbono orgánico total (95,2 %), fenol (98,9 %) y toxicidad cuando se emplearon plantas y bacterias. El estudio concluyó que el crecimiento de bacterias que degradan los hidrocarburos en los FTW es una buena opción para el tratamiento del agua contaminada con diésel.

Nguyen et al. (2020), la investigación tuvo como propósito el planteamiento de una propuesta fotocatalítica para degradar los PAH en el agua, el suelo y otras fuentes. Usaron una metodología en base a una serie de fotocatalizadores eficientes, incluidos TiO₂-, Ag₃PO₄-, ZnO-, basados en MHCF y otros, se han informado con el resultado potencial de fotodegradación de PAH. El enfoque también se centró en revelar varias vías de reacción posibles para diferentes tipos de HAP que se han propuesto en la literatura. Concluyeron que el análisis con especial atención el

estado actual, los desafíos y las perspectivas en el futuro para mejorar la foto degradación de los PAH.

Naeem et al. (2020), tuvieron el objetivo proporcionar una serie de soluciones sostenibles en eliminar los HP sin explotar el medio ambiente, así como la oportunidad de reutilizar los medios tratados. Los métodos de biorremediación integrados y avanzados de menor porcentaje y período de tiempo de eficacia de separación. Descripción completa de la biorremediación por bacterias, hongos y algas usando tecnología integrada o mejora de procesos. Concluyeron que los métodos de aplicación más recientes de biorremediación de hidrocarburos de petróleo (in situ y ex situ) fueron más eficientes en remover los hidrocarburos de petróleo.

Hung et al. (2020), tuvo como propósito analizar la efectividad de los lodos de planta de tratamiento de aguas. Los resultados mostraron que el biocarbón derivado de lodos (SBC) producido a una temperatura de pirólisis de 700 °C fue el más efectivo para activar el percarbonato, que exhibió una eliminación oxidativa significativa de PAH. Concluyendo que los resultados brindaron nuevos conocimientos sobre las aplicaciones ambientales de SBC para la remediación sostenible verde de sedimentos contaminados con compuestos orgánicos y ayudaron a reducir el riesgo ambiental y de salud asociado.

García y Torrejón. (2021), Analizaron a escala de laboratorio la biodegradación de aceite en aguas residuales de la operación petrolera Ucayali utilizando *Pseudomonas aeruginosa*. Esta bacteria fue aislada de la antigua Maple Gas Corporación del Perú S.R.L. para aguas residuales Como resultado, las tasas de biodegradación de las cuatro muestras durante el período de tratamiento de 7 días fueron 82.65 %, 81.41 %, 80.33 % y 81.16 %, respectivamente, el crudo usado fue grado API 0, 91 g/cm³ y formador de colonias estaban presentes en muestras 38x10⁻⁸ UFC/ml y 257x 10⁻⁹ UFC/ml. Se concluyó que la biodegradación del aceite usando *Pseudomonas aeruginosa* fue efectiva bajo condiciones de operación adecuadas al proceso, con base en los resultados adquiridos para tasas de biodegradación superiores al 80%.

Abalos. (2022), el objetivo fue valorar la utilidad de los microorganismos (tanto nativos como de colección) y sus productos en la eliminación de estos contaminantes. Los microorganismos nativos se separaron a través

enriquecimiento en serie. Los ramnolípidos y los clorofenoles se midieron colorimétricamente y la eliminación de hidrocarburos se cuantificó gravimétricamente. Los metales se establecieron por espectrometría de absorción atómica de plasma (AAS-ICP). Los ramnolípidos producidos por *Pseudomonas aeruginosa* ORA9 eliminaron más del 50 % del Cu en el agua y el 75 % en suelos contaminados con hidrocarburos. En general, los resultados de este estudio brindan una base científica para implementar un conjunto de tecnologías para usar microorganismos para limpiar sitios contaminados con contaminantes orgánicos persistente y metales pesados.

Pisfil. (2019), el objetivo es evaluar, analizar e identificar las diferentes y más importantes biotecnologías para el tratamiento de suelos oleosos, así como los datos a la hora de seleccionar el método más adecuado de acuerdo a las propiedades del suelo, tipos de contaminantes y medio ambiente. La investigación actual será métodos cualitativos: descriptivo, formas no experimentales de métodos de colección de datos y observación basada en la investigación para revelar categorías conceptuales de manera discursiva. Se llegó a la conclusión que la biorremediación es la forma más segura de remediar el suelo contaminado en comparación con alternativas más costosas como la incineración. Sin embargo, los contaminantes permanecen en el detergente.

El agua es una sustancia que consta por un átomo de oxígeno (H₂O) y dos de hidrogeno y se logra hallar en estado sólido (hielo), líquido (agua) y gaseoso (vapor). Las propiedades químicas y físicas del agua son muy importantes para la conservación de la biota (Borji et al., 2020).

Contaminación de aguas subterráneas y superficiales por ríos, embalses, lagos, acuíferos, humedales u océanos; son las consecuencias de la acción antrópica que introduce sustancias que cambian su composición y reducen su calidad, haciéndolas difíciles de usar e incapaces de funcionar ecológicamente (Blanco et al., 2020).

Las aguas contaminadas con hidrocarburos contaminan los cuerpos de agua superficiales, y debido a su diferente densidad con respecto al agua, tienden a flotar; por tanto, bloquean la penetración de la luz y el cambio de gases, lo que contribuye a la disolución de sustancias que afectan al ecosistema acuático (Tursi et al., 2018)

Los hidrocarburos son sustancias naturales derivadas de las algas acuáticas, que se han desarrollado durante millones de años como resultado de la formación de materia orgánica en la superficie de la Tierra. Comienza con la fotosíntesis, que forma parte del ciclo del carbono; en tiempo geológico, esta contribución produce una gran cantidad de material fósil (Naem et al. 2020)

La biorremediación es un tratamiento para higienizar superficies contaminadas de una manera fácil, ya que utiliza microorganismos similares que habitan en el suelo y en las profundidades de la tierra (Fahid et al. 2020).

La bioaumentación agrega células vivas y facilita la destrucción de toxinas (Cheng et al., 2020). La bioestimulación implica el complemento de nutrientes restrictivos para ayudar o inducir microorganismos naturales en entornos susceptibles de biorremediación (Chukwunonso, et al., 2020).

La fitorremediación es la capacidad de ciertas especies vegetales para acumular, impregnar, metabolizar, estabilizar o volatilizar contaminantes en el suelo, el agua, el aire o los sedimentos, metales pesados, metales radiactivos, compuestos orgánicos, compuestos derivados del petróleo (Fahid et al., 2020)

La fitorremediación puede dividirse en ciertas técnicas de eliminación de contaminantes, las cuales son:

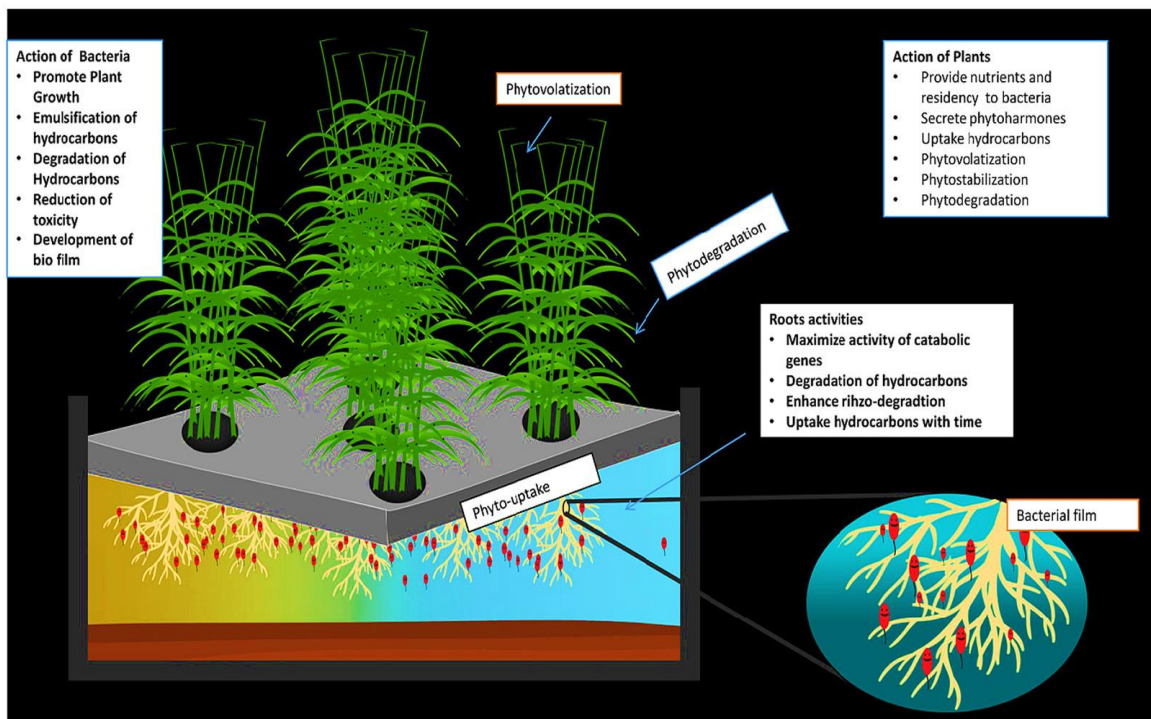


Figura 1: Procesos de fitorremediación de aguas contaminadas

Fuente: García, 2019

La Fotovolatilización de plantas es una técnica mediante la cual algunas plantas absorben contaminantes (como el selenio y algunos xenobióticos orgánicos) y los libran a la atmósfera con una ausencia tóxica a través de la transpiración. En las plantas, los contaminantes se transforman o degradan antes de ser liberados (Gautam et al., 2020).

La Fitodegradación vegetal proceso realizado en raíces de la planta, lo que estimula la supervivencia, el crecimiento y la actividad de los microbios de la rizosfera que degradan los contaminantes orgánicos (Hung et al., 2020).

La fitoestabilización, a través de varios mecanismos, las plantas pueden ligar o fijar contaminantes en sus raíces y/o en sus áreas afectadas. Este proceso limita el transporte y la biodisponibilidad de los contaminantes y, por tanto, reduce significativamente el viable impacto nocivo (Murgueitio et al., 2018).

Los microorganismos son organismos unicelulares con un tamaño promedio de 1 micrón (una milésima de milímetro). Un gramo de suelo contiene miles o millones de suelos (Cheng et al. 2020).

Los tensioactivos naturales son compuestos que se emplean en diversos productos de limpieza por su capacidad para reducir la dureza superficial del agua. Básicamente, suavizan las moléculas, por lo que es menos probable que se peguen e interactúen más con los aceites y las grasas (Razi et al., 2022).

La función del carbón activado es adsorber moléculas orgánicas en sus microporos. Se activa por procesos químicos o térmicos para expandir la capacidad de adsorción (para lograr la formación de poros). El carbón activado tiene la capacidad de adsorber contaminantes en el agua (Sheikh et al., 2020).

El tratamiento del agua es la eliminación de contaminantes nocivos del agua. La filtración es un método de purificación que bloquea físicamente o elimina químicamente los contaminantes, a diferencia de la ósmosis inversa (filtrar el agua a través de una membrana semipermeable) y la destilación (evaporar el agua para separarla de los contaminantes) (Leyton & Pérez 2020).

Los factores ambientales son elementos ambientales, condiciones o actividades naturales o humanas que pueden contaminar o degradar componentes o elementos ambientales individualmente o en el ambiente en su conjunto (Sun et al., 2018).

La temperatura es una cantidad física que pende de la energía cinética promedio de las partículas en un objeto. Con él logramos pronunciar la sensación del frío y el frío (Yang et al., 2019).

La humedad es una medida de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera. Mientras tanto, la humedad relativa mide el agua total en relación con el vapor de agua total máximo (humedad) (Yu et al., 2018).

El pH es una medida de la alcalinidad o acidez del agua. Es la condensación de iones de hidrógeno en el agua. El rango de pH es un logaritmo de valores de 0 a 14 (Nguyen et al., 2020).

La precipitación es una fase del ciclo hidrológico que implica la inundación de agua a partir la atmósfera a la tierra, lo que interfiere en el tratamiento in situ de las aguas contaminadas (Murgueitio et al., 2018).

El tiempo es una medida física de la duración o intervalo de eventos. Un reloj es cualquier aparato que puede calcular el tiempo entre dos eventos que ocurren en relación con un observador (Gautam et al., 2020).

En la clasificación de hidrocarburos se logra identificar los siguientes: Hidrocarburos alifáticos. Compuesto orgánico formado a partir de hidrógeno y carbono y carecen de aromaticidad, propiedad química asociada al comportamiento de los electrones en dobles enlaces. (Fahid et al., 2020). Los hidrocarburos alcanos. Son los hidrocarburos más simples (compuestos C y H) y pueden tener cadenas lineales, ramificadas o cíclicas. Se denominan isómeros estructurales o isómeros estructurales (Bhadra et al., 2018). Los hidrocarburos alquenos. Son insaturados con dobles enlaces carbono-carbono, los alquenos son alcanos que ha perdido dos átomos de hidrógeno, lo que da como resultado un doble enlace entre dos átomos de carbono (Borji et al., 2020).

El petróleo contaminante que afecta seriamente la calidad del agua. Los vertidos de petróleo en el mar son cada día más frecuentes, dejando un rastro de contaminación con efectos a muy largo plazo (Abdullah et al., 2020).

Los aceites, al igual que los minerales, provienen del petróleo crudo, pero se someten a un proceso químico en el que se agregan ingredientes para estabilizar sus moléculas y darles propiedades más estables y de mayor duración. Evita el contacto directo entre las piezas para un mejor rendimiento (Bhadra et al. 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación. Será de tipo aplicada en el sentido de que su propósito es resolver un problema específico o un método específico, centrándose en la búsqueda del conocimiento y la integración para su aplicación, enalteciendo así el progreso de la cultura y la ciencia (Hernández, 2010) en este caso, esta investigación quiere informar las técnicas de remediación para contaminación de aguas por hidrocarburos, las cuales puedan servir y ser aplicadas a situaciones parecidas que pudieran ocurrir en un determinado territorio. Por lo tanto, esta investigación, accede resolver situaciones reales. Además, se basa en la investigación básica para lograr este objetivo. Te da los conocimientos teóricos que necesitas para resolver ciertas situaciones o mejorar la calidad de vida (Murillo, 2008).

Diseño de Investigación. Será de diseño narrativo ya que recopila datos sobre las rutinas de determinadas personas para narrar y estudiar (Creswell, 2005). Esta investigación realizó una recopilación de diversos artículos de revistas internacionales y nacionales del mundo científico, y el cual esté relacionado con nuestro tema, para lograr adjuntar diversas evidencias, falencias y resultados encontrados por cada investigador en los estudios realizados en laboratorio o lugar en donde realizó el estudio.

La investigación tendrá un enfoque cualitativo, donde según (Sampieri, 2014), El enfoque cualitativo que nos ha modelado es un proceso inductivo contextualizado en un escenario natural, ya que las estrechas relaciones que se han desarrollado entre los participantes de la investigación, sus experiencias e ideologías, facilitan el uso de fichas de datos. En este enfoque, las variables no están definidas para ser manipuladas experimentalmente, lo que sugiere que además de realizar investigaciones sin potencial de replicación y base estadística, también se realiza un análisis de la realidad subjetiva.

3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 1: Matriz de categorización apriorística

Título: Análisis de técnicas de remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos, Revisión Sistemática, 2022				
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Subcategoría	Referencias
Determinar los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos.	¿Cuáles serán los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos?	Tipos de técnicas Actuales	<ul style="list-style-type: none"> • Biorremediación microbiana. • Fitorremediación asistida por plantas. • Surfactantes naturales. • Carbón activado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hung et al. 2020 • Cheng et al. 2020 • Liu et al. 2018
Determinar los parámetros ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos.	¿Cuáles serán los parámetros ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos?	Factores ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Humedad • pH • Precipitación • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Naem et al. 2020 • Tursi et al. 2018 • Leyton & Perez 2020
Determinar los porcentajes más altos de remoción de los hidrocarburos depositados en las aguas.	¿Cuáles serán los porcentajes más altos de remoción de los hidrocarburos depositados en las aguas?	Porcentaje más alto de remoción	<ul style="list-style-type: none"> • % hidrocarburos • % hidrocarburos alifáticos • % hidrocarburos alcanos. • % hidrocarburos alquenos. • % petróleo • % aceites 	<ul style="list-style-type: none"> • Gautam et al. 2020 • García et al. 2022 • Bhadra et al. 2018

3.3. Escenario de Estudio

Por ser un trabajo de investigación con diseño narrativo, no cuenta con escenarios de estudio, el cual se recopila información de revistas, artículos científicos y estudios a nivel mundial y adoptado como escenarios de investigación son los laboratorios o área de estudio en el que el investigador llevó a cabo su trabajo.

3.4. Participantes

Para llevar a cabo un proyecto de investigación, se pone a disposición de los participantes una página web que proporciona información sobre diversos artículos de la comunidad científica relacionados con nuestro proyecto sobre el análisis de métodos de remediación de aguas contaminadas con hidrocarburos: ScienceDirect, MDPI y Springer Link. demostrado en la siguiente tabla 2.

Tabla 2: Base de Datos

N°	Base de Datos	Dirección
1	ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com/
2	MDPI	https://www.mdpi.com/
3	Springer Link	https://link.springer.com/

3.5. Técnicas e Instrumento de recolección de datos

Las técnicas se basaron en análisis documental ya que muestra una diferencia muy importante entre esta y los otros métodos analizados es que en esta última se obtienen datos de fuentes primarias y se recopilan datos de fuentes secundarias mediante el análisis de documentos. Libros, revistas, artículos, blogs y folletos se usan como fuentes para recopilar datos sobre variables de interés, que se almacenan en matrices como herramientas (Tamayo, 2020).

Como instrumento de recolección de datos, se ha identificado a la ficha de análisis, que es muy conocida por recopilar y organizar información de manera analítica sobre una obra o de algún autor específico. En este tipo de

ficha se buscan exponer ideas, comentarios personales y opiniones que tenga el investigador (Tamayo, 2020) La meta primordial de este tipo de fichas. Es el hecho de poder hacer más fácil y ligero el estudio sobre dicha obra o sobre las ideas de un autor demostrado en el anexo 1.

3.6. Procedimientos

El proyecto de investigación se llevó a cabo en cuatro fases importantes para la recopilación de información: adquisición objetiva, secuenciación, secuenciación y sistematización de la información. Se emplearon fuentes como ScienceDirect, MDPI y Springer Link. Para ello, cada base de datos uso palabras clave como español e inglés.

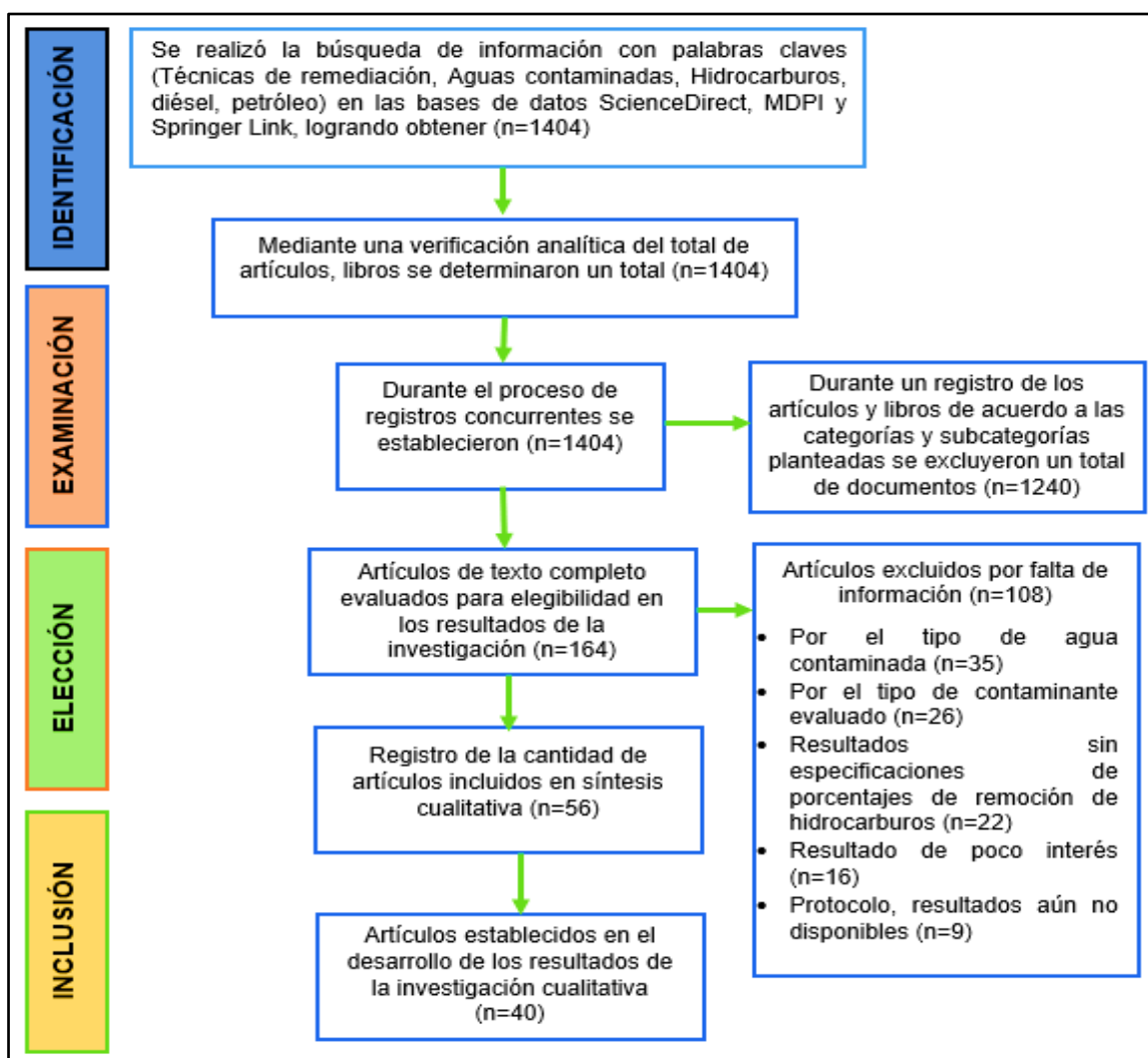


Figura 2: Diagrama de flujo de los artículos utilizados

3.7. Rigor Científico

El rigor cubre todas las partes de la investigación, desde la definición de la pregunta de investigación, el objeto de investigación o la hipótesis hasta la elección del método de prueba. La credibilidad del contrato también debe ser estrictamente mantenida, transferibilidad, dependencia y conformabilidad.

Credibilidad: En la investigación se toma como base de datos artículos de revistas internacionales, realizadas en un determinado territorio, el cual ha sido determinado.

Transferibilidad: Capacidad reflejada que está pasando, de percibir y sentir a los participantes en una situación dada, al mismo tiempo que se considera válido para comprender su mundo y ellos (Suarez, 2007) La recopilación de información de diversas revistas científicas relacionados al tema de investigación, mejora la comprensión y adaptación, para posteriormente plasmarlo en el documento, sin omitir párrafos o situaciones relevantes.

Dependencia: Se logra determinar el nivel o porcentaje de eficiencia que ha tuvo cierta técnica de remediación, la cual se puede hacer una réplica para estudios posteriores.

Conformabilidad: No se excluye el grado de implicación del investigador en el estudio y en todo caso existe la suficiente seguridad (Suarez, 2007). Para realizar una recopilación exacta de artículos directamente vinculados al tema, se han realizado un análisis documental para poder seleccionar y descartar diversos estudios y solo utilizar los necesarios. Para ello se realizará en fichas, se desplego la información desde el objetivo, metodología y conclusiones de cada estudio, demostrando así la veracidad por cada investigador.

3.8. Método de Análisis

Conocer los tipos de técnicas actuales utilizados en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos, en base a las categorías planteadas (Tipos de técnicas actuales, factores ambientales y porcentaje más alto de remoción). Fueron establecidas por cada objetivo en los cuales resaltan

como subcategorías, la biorremediación microbiana, fitorremediación, surfactantes naturales como el carbón activado y otras divisiones que tiene cada una de las técnicas. Asimismo para la segunda subcategoría de los factores ambientales que tuvieron una gran influencia para tener una alta eficacia, esto factores comprenden, la temperatura, humedad, pH, precipitación y el tiempo, de todos ellos depende que el estudio se realizó con éxito la remoción de los hidrocarburos, y para la tercera subcategoría se demostraron un porcentaje alto de remoción de los diversos tipos de hidrocarburos que estén en un determinado medio procesados en las tablas y figuras mediante una estadística descriptiva.

3.9. Aspectos Éticos

Los aspectos éticos del cumplimiento del estudio incluyen: el cumplimiento de la normativa vigente de la Universidad Cesar Vallejo, Resolución Presidencial 0089-2019. Basado en referencias de estilo ISO 690 La calidad de este documento de Turnitin demuestra la credibilidad del trabajo presentado. La moralidad adecuada para la ciencia también se usa para la investigación de calidad. Por ejemplo, la relación entre la ciencia y la verdad y la justicia también se aplica al método de este estudio. La práctica científica es lo mismo que la práctica libre cuando realizamos una investigación cualitativa. Sin embargo, las preguntas, los métodos y la comunicación y difusión de la investigación cualitativa crean más conflictos. Así mismo se respetará los derechos de autoría por cada artículo o revista empleada para la elaboración de esta investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la metodología aplicada, se hallaron durante los 5 años (2018- 2022) un total de 40 artículos provenientes de ScienceDirect (20), MDPI (13) y Springer Link (7), las cuales han estado estrechamente relacionados con el tema de investigación y la cual se detalla en los siguientes objetivos específicos.

Así mismo la ejecución de la investigación con la búsqueda de cuáles fueron los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos, los factores ambientales y el porcentaje más alto de remoción quedó a detalle en las tablas 3, 4 y 5 especificado según su categoría de evaluación.

4.1. Tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos

De acuerdo al objetivo específico 1 se han identificado los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos se presentan en la tabla 3.

Tabla 3: Técnicas usadas en la remediación de aguas contaminadas

Tipos de Técnicas	Método de aplicación	País	Fuente
Método de lavado (lavado antes/después del tamizado)	Mediante canastillas para la separación del hidrocarburo del agua	Corea del Sur	Gautam et al. 2020
Biocarbón derivado de lodos (SBC)	Son procesos técnicos con porosidad para la absorción del contaminante.	Taiwán	Hung et al. 2020
Persulfato	Es un proceso de oxidación química in situ que destruye los contaminantes orgánicos en tal caso a los hidrocarburos.	Taiwán	Hung et al. 2020
Aislamiento de bacterias para Biorremediación	Se aplican los microorganismos para la	Perú	Castillo et al. 2020

	degradación de los hidrocarburos		
Aislamiento Bacteriano	Aplicación de bacterias en la degradación de los hidrocarburos.	Cuba	Abalos et al. 2022
Remediación asistida por plantas	Se aplicaron plantas asistidas con macroorganismos en la degradación de las concentraciones.	Irán	Abdullah et al. 2020
Lavado de hidrocarburos.	Realizaron un proceso de tamizado en la separación del hidrocarburo.	Suiza	Blanco et al. 2020
Carbón activado	Proceso del carbón que se desarrolla muchos espacios internos o poros para la retención de los contaminantes.	Corea del Sur	Bhadra et al. 2018
Biocarbón grafitado poroso dopado con nitrógeno	Se aplicó al agua contaminada para la retención en la parte porosa.	China	Cheng et al. 2020
Fitorremediación asistida por bacterias	Plantas asistidas con los microorganismos en la absorción de los hidrocarburos.	Pakistán	Fahid et al. 2020
Fitorremediación asistida.	Se aplicaron plantas y microorganismos para la absorción de los hidrocarburos.	Indonesia	Abdullah et al., 2020

Microorganismos	Se aplicaron bacterias para la degradación de los hidrocarburos	Beirut, Líbano	Borji et al., 2020
Biorremediación.	Aislaron una cepa fúngica degradadora de hidrocarburos altamente eficiente. <i>Aspergilo</i> sp. mediante adsorción superficial, absorción celular, hidrofobicidad	Basora, Irán	Hawash et al., 2018
Remediación	Usaron un proceso de cromatografía de gases.	Nigeria	Bolade et al., 2021
Biorremediación asistida Plantas – microorganismos	Regularon las enzimas involucradas en la degradación vegetal y microbiana de los PAH en las aguas.	China	Zhao et al., 2021
Biorremediación	Realizaron varios comportamientos y mecanismos de adsorción.	China	Yu et al., 2018
Biorremediación	Aplicaron biocarbon y microorganismos en la absorción del petróleo.	China	Yang et al., 2019
Biorremediación	Suministraron una cepa de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y la evaluación de la fitotoxicidad en la germinación de <i>Vigna radiata</i> semilla.	India	Varjani et al., 2020
Biorremediación	Aplicaron la biomasa de como <i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Scenedesmus spinosus</i>	Chile	Urrutia et al., 2019

	fueron probados para tolerancia de contaminantes.		
Remediación	Se empleó el método EPA 3510c con ligeras modificaciones	Isla Victoria, Lagos, Nigeria	Unyimadu et al., 2018
Remediación	Usaron un reactor de alambique casero en el que la fibra se mantuvo bajo agitación vertical y el reactivo MDI.	“Aldo Moro”, Italia	Tursi et al., 2018
Remediación	Utilizaron un proceso de sedimentación.	China	Sun et al., 2018
Remediación	Usaron plantas flotantes para la absorción de hidrocarburos.	Indonesia	Sheikh et al., 2020
Remediación	Usaron mediante una vesícula de homopolímero.	China	Sol et al., 2018
Biorremediación	Bioestimulación y bioaumento de aguas contaminadas con hidrocarburos de petróleo.	Estados Unidos	Safdari et al., 2018
Remediación	Usaron nanopartículas de óxido de hierro magnético superoleofílico.	Italia	Sarcletti et al., 2019
Biorremediación	Método electrocinético mejorado.	Irán	Saberi et al., 2018
Biorremediación	Se aplicaron un hongo autóctono (<i>Aspergillus fumigatus</i>) productor de biosurfactantes.	Malasia	Razi et al., 2022

Biorremediación	Usaron una técnica de electrocoagulación.	India	Priya y Jeyanthi, 2019
Biorremediación	Bioaumentación mediada por <i>Pseudomonas</i> spp.	China	Ramadas et al., 2018

De acuerdo a la tabla 3, la remediación de aguas contaminadas con hidrocarburos, se logró resaltar a los tratamientos convencionales y tratamientos naturales “verdes” el cual cada quien ha tenido diferentes valores de remoción. Cada autor ha determinado utilizar dicha técnica por su eficiencia y poco tiempo en la efectividad.

Tal es el caso que la investigación realizada por Gautam et al. (2020), Que aplicó el método de lavado (lavado antes/después del tamizado) en arena de las playas de Corea del Sur contaminada con petróleo crudo; en donde los efectos del tiempo de lavado del suelo y la relación suelo-agua sobre la eliminación de TPH no fueron significativos en partículas de suelo gruesas (mayores de 0,15 mm de diámetro), pero afectaron significativamente la eliminación de TPH en partículas finas (menos de 0,15 mm de diámetro), removió 500 mg/kg de hidrocarburos totales de petróleo. Así mismo una investigación distinta fue la de Hung et al., (2020), llevó a cabo dos estudios en Taiwan en el cual utilizó Biocarbón derivado de lodos (SBC) y Persulfato, para remover hidrocarburos presentes en agua, logrando remover el 99% de HAP

Asimismo, en su trabajo de investigación de Castillo et al. (2020), y Abalo et al. 2022 aplicaron el aislamiento bacteriano en su investigación que realizó en Cuba, logrando determinar la alta eficiencia de dicho método después de un tratamiento de 30 días. Bhadra et al. 2018 y Cheng et al. 2020 los cuales utilizaron carbón activado o biocarbón como absorbentes de hidrocarburos, a comparación de Fahid et al. 2020 Que utilizó plantas como técnica de fitorremediación para absorber hidrocarburos a través de sus raíces en orillas de lago contaminado; estos estudios han usado diferentes técnicas de remediación, ya sea por el periodo de duración y la efectividad que cada uno ha tenido contra estos contaminantes, es aquí donde se resalta que la fitorremediación mostró la máxima reducción de hidrocarburos (95,8 %), (98,6 %), DBO (97,7 %), carbono orgánico total (95,2 %), fenol (98,9 %)

y toxicidad cuando se emplearon plantas y bacterias, a comparación del carbón activado que eliminó hidrocarburos aromáticos del agua en un 237 mg/g.

También Blanco et al. 2020 empleó lavados de hidrocarburos para realizar la remediación de aguas contaminadas con hidrocarburos, dicha investigación se realizó en Suiza. Por otro lado, Abdullah et al. 2020 empleó la fitorremediación asistida por microorganismos, donde cada microorganismo realizó la absorción de hidrocarburos. Esta diferencia de técnicas empleadas por cada investigador es debido a la eficiencia de remoción de hidrocarburos que tuvo cada uno en estudios anteriores, por ejemplo Blanco et al. 2020 empleó lavados de hidrocarburos para realizar la remediación de aguas contaminadas donde alcanzó una remoción del 88% de HAP y Abdullah et al. 2020 empleó la fitorremediación asistida por microorganismos donde alcanzó una remoción del 50-60 % de HAP, es entonces que se resalta que la mejor técnica empleada fue la de lavado de hidrocarburos.

Hawash et al. 2018 empleó la biorremediación, que consistía en el aislamiento de una cepa fúngica degradadora de hidrocarburos altamente eficiente. *Aspergilo* sp. mediante adsorción superficial, absorción celular, hidrofobicidad, esta investigación se realizó en Basora, Irán. Al igual que Zhao et al. 2021 que también empleó la misma técnica de biorremediación con plantas y microorganismos, donde regularon las enzimas involucradas en la degradación vegetal y microbiana de los PAH en las aguas, esta investigación se realizó en China. Ambos autores emplearon las mismas técnicas donde obtuvieron un alto valor de remediación de aguas contaminadas con hidrocarburos.

Por último, Razi et al. 2022, señala que empleó la técnica de biorremediación, donde aplicaron un hongo autóctono (*Aspergillus fumigatus*) productor de biosurfactantes para HTP presentes en aguas superficiales de Malasia. Así mismo, Ramadas et al. 2018, también empleó la biorremediación, donde la *Pseudomonas* sp. actuó como bioaumentador en aguas subterráneas de China. Ambos autores emplearon la misma técnica pero con diferentes microorganismos, en donde resaltó el estudio de Razi et al. 2022 que removió hasta un 63% de HTP y Ramadas et al. 2018 que removió el 50% de aceite de motor, demostrando que el mejor remediador fue el hongo *Aspergillus fumigatus* a comparación de la bacteria *Pseudomonas* sp.

4.2. Factores ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos

Tabla 4: Factores Ambientales

Condiciones Ambientales	Tiempo	% de remoción	Fuente
pH: 4 Temperatura: 37°C	15 días	La cepa <i>Exophiala</i> podía eliminar hasta el 80 % del benzo pireno y el 60 % del fenantreno y solo alrededor del 50 % de los compuestos aromáticos de un solo anillo.	Pérez et al., 2020
pH: 7.5 Temperatura: 105°	1 día	La eficiencia de remoción entre 10 min y 3 h de lavado fue la siguiente: 90,0-96,8%; 88,2 a 97,1%; 90,1 a 96,0%; 73 a 79.4% para 0.85 a 2.00mm; 0,15 a 0,85 mm; 0.075 a 0.15mm; <0,075 mm suelo fracciones de partículas; con niveles de TPH inicial y final (después de 3 h lavado) de 4900 y 159; 6841 y 199; 8506 y 337; 6903 y 1419 mg/kg respectivamente.	Gautam et al. 2020
Temperatura: 105°C	7 días	La mayor degradación de HAP fue del 87%.	Hung et al. 2020
pH: 7.87	5 días	Se logró remover hasta el 89% de HTP.	Castillo et al. 2020
pH: 6.2 Temperatura 290°C	4 días	El ramnolípido producido por <i>Pseudomonas aeruginosa</i> removió más del 50 % del	Abalos et al. 2022

		cobre y 75 % de los hidrocarburos.	
Temperatura: 200°C	42 días	Se observó la mayor biodegradación de PHE de 68 y 64 % en condiciones desnitrificantes y metanogénicas, respectivamente, acompañadas de N ₂ y CH ₄ producción y acumulación de ácidos grasos volátiles.	Blanco et al. 2020
Temperatura: 10°C	3 días	Las capacidades máximas de adsorción (Q ₀) de MAF-6, AC y MC-24 para NAP fueron 14, 104 y 237mg/g, respectivamente.	Bhadra et al. 2018
pH: 4 Temperatura: 120°C	2 días	Las capacidades de adsorción de Langmuir de acenaftileno (0,31–2,63 mg/g) y fenantreno (0,74–7,36 mg/g) en GAC disminuyeron con el incremento de la concentración de metales con la reducción siguiendo el orden de la capacidad de adsorción de los metales.	Eeshwarasinghe et al. 2019
Temperatura: 170°C pH: 4.2	14 días	Eliminación de nanocloropsis oculata 89–99 % de hidrocarburos aromáticos poli cíclicos en agua producida.	Marques et al.2021

Temperatura: 210°C	7 días	Algunos de los organismos más utilizados son bacterias, plantas y hongos, y se han informado varios tipos de eficiencia de eliminación. El contenido de hidrocarburos supera el 60%.	Leyton y Perez, 2020
pH:6 Temperatura: 150°C	10 días	El mayor porcentaje de remoción de DQO, aceites y grasas y turbidez se logró con una distancia optimizada entre los electrodos de 5 cm, densidad de corriente de 25 A/m ² , tiempo de reacción de 40 min y pH de 6.	Prita y Jeyanthi et al. 2019
pH. 7.2 Temperatura: 76°C	7 días	El momento de remoción mayor de HTP se logró en la tercera semana de tratamiento con un 92 %	García et al. 2019
Temperatura: 37°C pH: 9.8	7 días	Se obtuvieron porcentajes de biodegradación de crudo del 82,65%, 81,41%, 80,33%, 81,16% en las 4 muestras.	García y Torrejón, 2021
pH: 6.3	16 días	Fumigatus aislado Shu2 había eliminado con éxito el 57% de HTP del lodo contaminado.	Othman et al. 2021
Temperatura: 80°C	12 días	Las concentraciones de PAH ligeros (2–3 anillos) fueron dominantes en el agua y los	Sun et al. 2018

		sedimentos, representando el 71,69 y el 86,98 %, respectivamente.	
pH: 4.4 Temperatura: 100°C	1 día	Rápida cinética de adsorción de hidrocarburos con eficiencia de remoción superior al 90%.	Tursi et al. 2018
Temperatura: 60°C	1 día	86% de remoción de HAP.	Unyimadu et al. 2018
pH: 9 Temperatura: 70°C	2 días	Las nanopartículas lograron una eliminación del 81,90%.	Murgueitio et al. 2018
pH: 8	5 días	Remoción del 90% de hidrocarburos	Pisfil et al. 2019
Temperatura: 140°C pH: 6	50 días	El co-compostaje de SS y GFW con una proporción de 3:2 condujo a una biodegradación del 75 % de los HAP	Guo et al. 2019
pH: 7.18 Temperatura: 30°C	56 días	Se mostró una disminución de hidrocarburos del 92.97%.	Varjani et al. 2020
Temperatura: 260°C pH: 8	8 días	El 76 % de TPH se degradó en 8 días utilizando persulfato de sodio 0,7 M.	Bolade et al. 2021
pH: 7.0 Temperatura: 30°C	12 días	El rendimiento de degradación del aceite en aguas alcanzó casi el 90 %	Da Silva et al. 2021
pH: 5.8	25 días	Degradación del 87% de HTP	Ramadass et al. 2018
Temperatura: 170°C	3 días	Remoción de HAP del 73% en agua.	Medina et al. 2018

pH: 7.2 Temperatura: 37°C	1 día	La electro-biorremediación logró 77,4% de degradación de hidrocarburos	Ma et al. 2018
pH: 7.4	8 días	Se mostró una reducción del HTP del 60%	Saberi et al. 2018
Temperatura: 500°C	1 día	Recuperaron hasta el 50.9% de agua contaminada con hidrocarburos.	Chang et al. 2018
Temperatura: 121°C pH: 2.0	7 días	Emulsificación de hidrocarburos logro absorber el 62% aculado en el agua.	Lee et al. 2018
pH: 7.5	15 días	La mayor remoción de hidrocarburos fue del 85%	Hussain et al. 2018

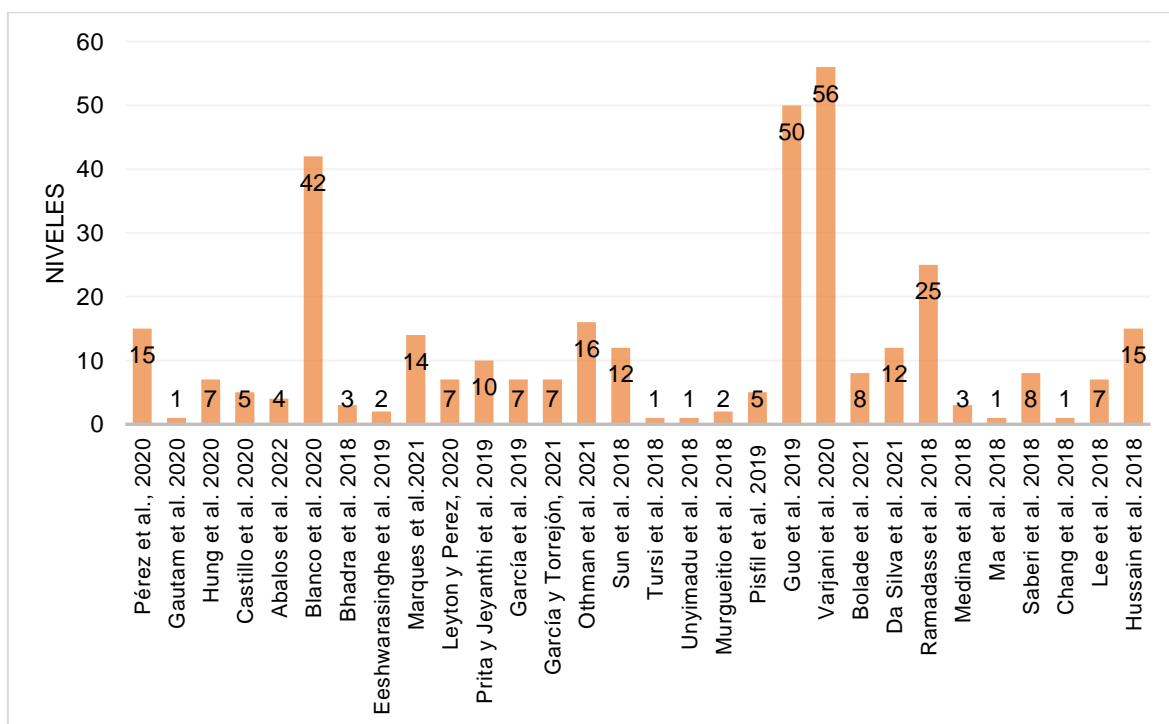


Figura 3: Tiempo de duración de cada método aplicado

De acuerdo a la figura 3 en el cual muestra los días que tomaron cada método, en el cual se identificó que el mayor número de días utilizado fue en la investigación realizada por Varjani et al. (2020), que en base a 56 días mostrando una

disminución de hidrocarburos del 92.97%. A comparación del estudio realizado por Tursi et al. (2018), y Unyimadu et al. (2018), que en base a un día lograron tener una eficiencia de remoción del 90% y 86% de HAP presente en agua contaminada técnicas aplicadas dentro de laboratorios. También Da Silva et al. 2021, pH: 7.0, temperatura: 30°C, en 12 días obtuvo un rendimiento de degradación del aceite en aguas alcanzó casi el 90 %. La variación de resultados de cada estudio mencionado anteriormente es debido la diferencia de pH empleado por cada investigador, así mismo como la temperatura y días de que duró cada tratamiento que van desde 1 a 56 días.

En la investigación de Pérez et al. 2020 señala que en un plazo de 15 días la cepa *Exophiala* podía eliminar hasta el 80 % del benzo pireno y el 60 % del fenantreno y solo alrededor del 50 % de los compuestos aromáticos de un solo anillo, esto a una temperatura de 37°C y pH 4. A diferencia del estudio de Gautam et al. 2020, que en solo un día logró alcanzar una eficiencia de remoción entre 10 min y 3 h de lavado fue la siguiente: 90,0-96,8%; 88,2 a 97,1%; 90,1 a 96,0%; 73 a 79.4% para 0.85 a 2.00mm; 0,15 a 0,85 mm; 0.075 a 0.15mm; <0,075 mm agua – suelo, estos altos valores de remoción fue debido a que el pH fue distinto 7.5 y la temperatura fue más alta 105°C, en comparación con el estudio de Pérez et al. 2020.

Medina et al. 2018 empleó una temperatura de 170°C, con un periodo de 3 días logró una remoción de hidrocarburos aromáticos poli cíclicos del 73%. Sin embargo el estudio de Lee et al. 2018, es diferente pues indica que empleó una temperatura de 121°C y pH: 2.0 y durante 7 días, logró una emulsificación de hidrocarburos logrando absorber el 62% acumulado en el agua. En esta comparación cada pH, temperatura y duración de cada técnica varía de acuerdo a cada investigador y lo cual este ha creído conveniente, demostrando así que Medina et al. 2018 encontró los parámetros físicos y tiempo correctos para alcanzar una alta remoción del 73%

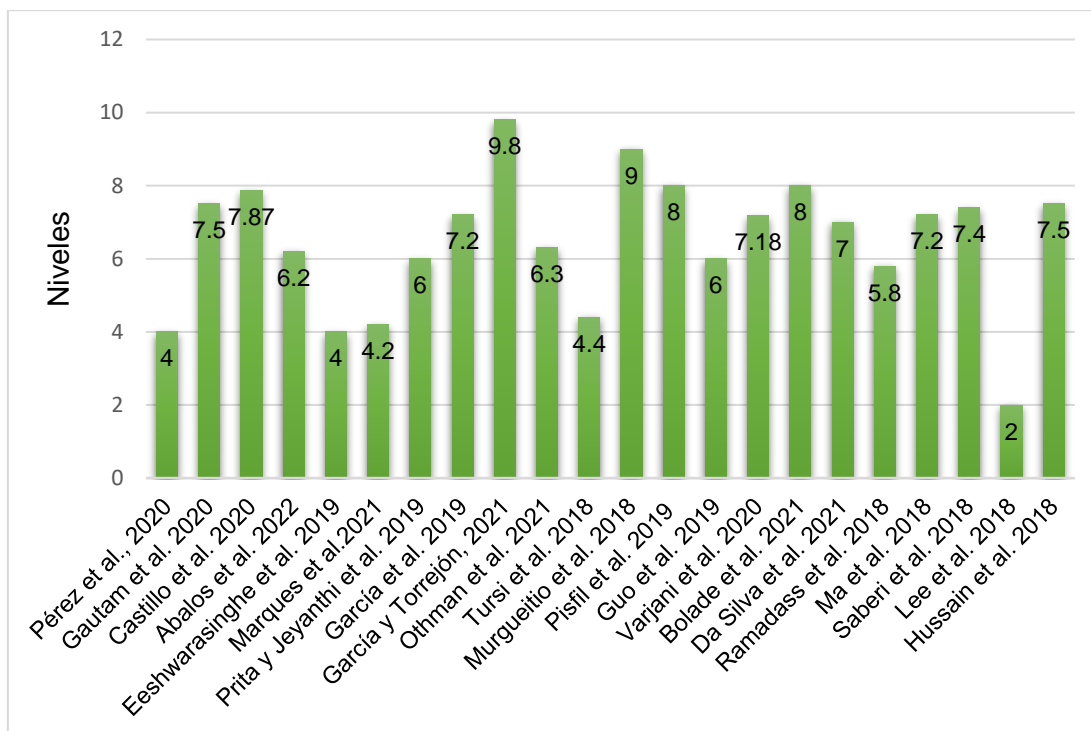


Figura 4: pH resultante de cada método de remediación.

En la figura 4 se muestra la cantidad de pH del agua después del tratamiento utilizado por cada investigador para lograr una alta eficiencia en remoción de hidrocarburo en aguas contaminadas. Por ejemplo, en el estudio realizado por Murgueitio et al. (2020), señala que en base a un pH de 9 alcalino y temperatura de 70 °C lograron remover 81.90% de nano partículas de hidrocarburos en agua. A diferencia de Tursi et al. (2018) mostraron un pH 4.4 ácido y una temperatura de 100°C para tener una rápida cinética de adsorción de hidrocarburos con eficiencia de remoción superior al 90% en un período de 24 horas. En ambos estudios se logra identificar que a cuanto más bajo es el pH, son altos los valores de remoción. En el estudio de Castillo et al. 2020 señala que empleó un pH de 7.87 para lograr remover hasta el 89% de hidrocarburos totales de petróleo en un plazo de 5 días. A comparación del estudio de Ábalos et al. 2022 que menciona que el ramnolípido producido por *Pseudomonas aeruginosa* ORA9 removió más del 50 % del cobre presente en aguas y el 75 % de los hidrocarburos de suelos contaminados, esto por que empleó un pH de 6.2 y una temperatura de 290°C en un período de 4 días. También García y Torrejón, 2021, utilizaron una temperatura de 37°C y pH: 9.8, en 7 días obtuvieron porcentajes de biodegradación de crudo petróleo del 82,65%, 81,41%, 80,33%, 81,16% en las 4 muestras del tratamiento. En estos 3 tratamientos

se emplearon la misma técnica de biorremediación asistida por microorganismos, pero con una variación de pH, donde Castillo et al. 2020 logró encontrar el pH de 7.89 que es diferente y adecuado para la remoción de hidrocarburos a comparación de los otros estudios que tuvieron un valor muy bajo.

Niveles de pH similares fueron los que mostraron Othman et al. (2021) y Guo et al. (2019), que en base a un pH de 6 lograron remover el 57% y 75% de hidrocarburos totales de petróleo, respectivamente. Tursi et al. 2018 empleó un pH: 4.4 y una temperatura de 100°C en un día tuvo una rápida cinética de adsorción de hidrocarburos con eficiencia de remoción superior al 90%. Y Pisfil et al. 2019 solo empleó un pH de 8, y durante 5 días obtuvo una remoción del 90% de hidrocarburos. En estas 2 investigaciones, Tursi et al. 2018 demostró nuevamente que cuanto más bajo es el pH, mayor es la remoción de hidrocarburos y menor el tiempo del tratamiento.

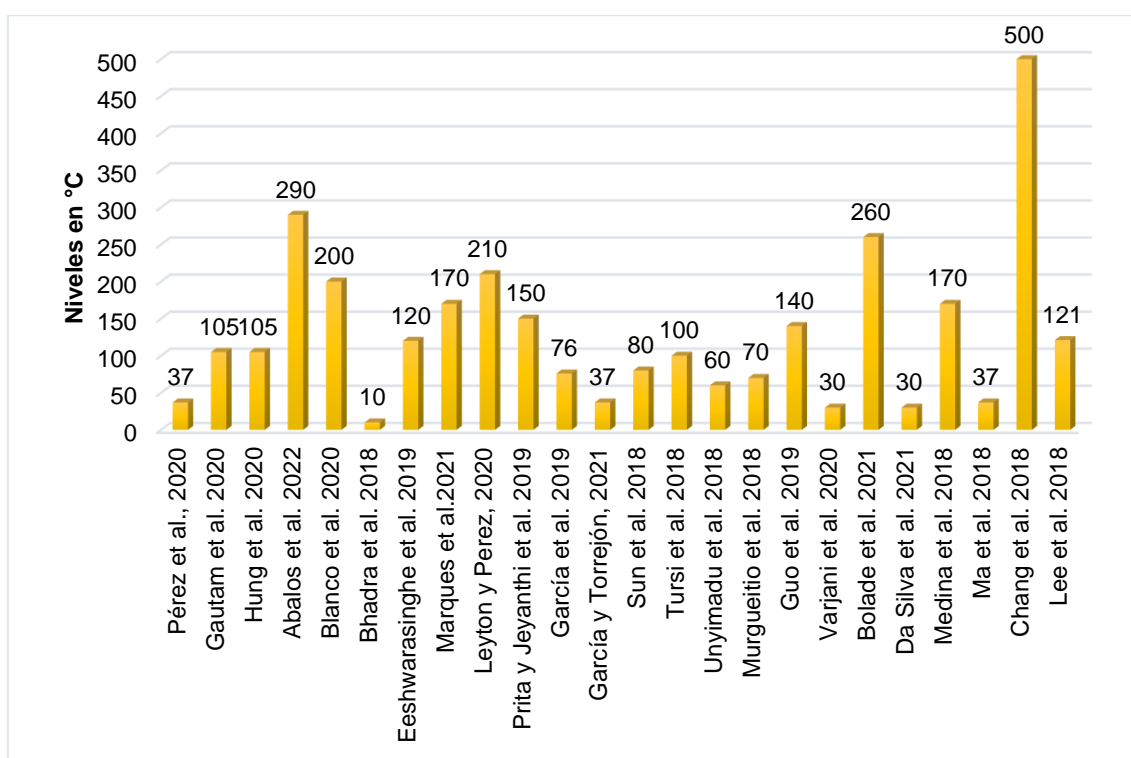


Figura 5: Temperatura utilizada para cada método de remediación.

De acuerdo a la figura 5 el cual indica las temperaturas utilizadas a conveniencia por cada investigador y en el cual tuvieron diversos valores de remoción de acuerdo a la efectividad de cada método aplicado.

En la investigación de Guo et al. (2019), que en base a una temperatura de 140°C logró tener una biodegradación del 75% de hidrocarburos totales de petróleo presentes en agua. A diferencia de Varjani et al. (2020), que aplicó una temperatura de 30 °C, pero con una diferencia de 56 días logrando tener una disminución del 92.97% de hidrocarburos. Temperaturas similares fueron evaluadas por el trabajo de investigación de García et al. (2019) y Murgueitio et al. 2018 de 70°C y 76°C logrando una remoción de 92% y 81.90% de HTP. También Marques et al. 2021, empleo una temperatura de 170°C y un pH: 4.2 durante 14 días para obtener una eliminación de nanocloropsis oculata 89–99 % de hidrocarburos aromáticos poli cíclicos en agua producida. En estos estudios se logró comparar y evidenciar que a cuán mayor es la temperatura, mayor es la remoción y menor el tiempo de tratamiento.

En la investigación realizada por Blanco et al. 2020 manifiesta que emplearon temperaturas de 200°C para observar la mayor biodegradación de PHE de 68 y 64 % en condiciones desnitrificantes y metanogénicas, respectivamente, acompañadas de N₂ y CH₄ producción y acumulación de ácidos grasos volátiles, en un plazo de 42 días. A diferencia del estudio de Eeshwarasinghe et al. 2019 que uso una temperatura de 120°C durante 2 días para tener capacidades de adsorción de Langmuir de acenaftileno (0,31–2,63 mg/g) y fenantreno (0,74–7,36 mg/g) disminuyeron con el aumento de la concentración de metales con la reducción siguiendo el orden de la capacidad de adsorción de los metales. Por otro lado, Leyton y Pérez, 2020, empleo una temperatura de 210°C durante 7 días, donde unos de los organismos más usados son las bacterias, hongos y plantas, reportándose eficacias de eliminación de varias tipologías de hidrocarburos superiores al 60%. En estas 3 investigaciones, cada autor empleó diferentes temperaturas como a modo prueba para evidenciar en qué grado se obtuvo mayor remoción, donde también determinaron que cuan mayor sea la temperatura, mayor la degradación, un ejemplo es la investigación de Blanco et al. 2020 y Leyton y Pérez, 2020 que emplearon temperaturas de 200 a 210 °C.

4.3. Porcentajes más altos de remoción de los hidrocarburos depositados en las aguas

Tabla 5: Porcentajes de remoción de hidrocarburos

Tipo de Técnica	Tipo de Hidrocarburo	% de remoción	Fuente
Carbón Activado Granular	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	Remoción de HAP del 97%	Eeshwarasinghe et al. 2019
Aislamiento Bacteriano	Hidrocarburos Totales de Petróleo	Las eficiencias de eliminación de petróleo crudo, naftaleno (NAP), fenantreno (PHE) y pireno (PYR) alcanzaron el 60,3 %, 97,4 %, 84,9 % y 90,7 %, respectivamente.	Hawash et al. 2018
Electrocoagulación	Aceites y Grasas	El mayor porcentaje de 95,1%, 92,5% de remoción de aceites y grasas.	Priya et al. 2019
Nanopartículas de óxido de hierro magnético superoleofílico	Mezcla de Hidrocarburos	Remoción de alcanos del 84%.	Sarclletti et al. 2019
Biomasa de Microalgas	Hidrocarburos Totales de Petróleo	Se observó una eliminación del hidrocarburo del 99.9%.	Urrutia et al. 2019
Fibra de celulosa	Hidrocarburos Totales de Petróleo	Gran capacidad de adsorción (270 mg/g) y rápida cinética de adsorción.	Tursi et al. 2019
Sistema de Membrana y	Petróleo Crudo	La eficiencia de eliminación de aceite del	Cunha et al. 2019

polvo híbrido inorgánico- orgánico magnético		adsorbente híbrido HMG- CN del 85% (de 17 g g ⁻¹).	
Aislamiento de Hongos	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	Se logró una eliminación del 50 % de los xilenos a partir del día 5.	Pérez et al. 2019
Biorreactor Absorbente	Hidrocarburos Totales de Petróleo	Después de 7 días, se eliminó el 92,6 %, 97,5 % y 94,5 % de TPH	Calvo et al. 2020
Fotobiorreactor con algas marinas	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	Eliminación de nanocloropsis oculata 89–99 % de hidrocarburos aromáticos policíclicos en agua producida.	Marques et al. 2021
Aislamiento de microorganismos autóctonos	Hidrocarburos Totales de Petróleo	Removieron hidrocarburos 60 % y 84 % con un biorreactor airlift.	Abalos et al. 2022
Persulfato alcalino activado	HTP	El 76 % de HTP se degradó en 8 días utilizando persulfato de sodio 0,7 M.	Bolade et al. 2021
Biorremediación anaeróbica	Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Después de 42 días de biorremediación anaeróbica, se observó la mayor biodegradación de HAP de 68 y 64 % en condiciones desnitrificantes y metanogénicas,	Blanco et al. 2020

		respectivamente, acompañadas de N ₂ y CH ₄ producción y acumulación de ácidos grasos volátiles	
Carbonos derivados de MOF (MC). marco de azolato metálico-6	Hidrocarburos poliaromaticos	Las capacidades máximas de adsorción (Q ₀) de MAF-6, AC y MC-24 para NAP fueron 14, 104 y 237 mg/g, respectivamente.	Bhadra et al. 2018
Aislamiento de bacterias	Petróleo crudo	Remoción del 83% de petróleo crudo presente en agua.	Castillo et al. 2020
Biochar de microalgas	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.	La capacidad de sorción de hidrocarburos aromáticos policíclicos en biochar de macroalgas fue alta (hasta 90 mg/g)	Cheng et al. 2020
Surfactantes verdes	Aceite de motor	Logró remover hasta el 80% de aceite de motor presente en agua contaminada.	Da silva et al. 2021
Pirolisis rápida	Petróleo crudo	Los resultados muestran que se recuperó un 50,9% de carbono en el petróleo, cuya calidad supera incluso a la del crudo.	De chang et al. 2018
Bacterias degradadoras	Diésel	Se examinó la reducción máxima de hidrocarburos (95,8 %), (98,6 %), demanda bioquímica de	Fahid et al. 2020

		oxígeno (97,7 %), carbono orgánico total (95,2 %), fenol (98,9 %)	
Cultivo mixto de microorganismos	Hidrocarburos totales de petróleo	Se obtuvieron remociones de DQO-40 %, Aceites y grasas -50 %, Tensoactivos -43 % cumpliendo así la normativa vigente de descarga alcantarillado público para el TPH.	García et al. 2019
Biodegradación por <i>pseudomona aeruginosa</i>	Petróleo crudo	Se consiguieron porcentajes de biodegradación de 82,65%, 81,41%, 80,33%, 81,16% en las 4 muestras de petróleo durante un periodo de 7 días.	García y Torrejón, 2020
Método del lavado (suelo/agua)	Hidrocarburos totales de petróleo	Remoción de HTP del 75%.	Gautam et al. 2020
Biodegradación – Co-compostaje	Hidrocarburos poliaromáticos	El co-compostaje de SS y GFW con una proporción de 3:2 condujo a una biodegradación del 75 % de los <u>PAH</u>	Guo et al. 2019
Activación de percarbonato por biocarbón	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	La degradación de los PAH tuvo lugar a través de formas de oxidación tipo Fenton, aportadas por el Fe ³⁺ /Fe ²⁺ y Mn	Hung et al. 2020

		3+ /Mn ²⁺ , y logró la mayor eficiencia de degradación del 87% a pH 0 - 6.0.	
Persulfato sobre un compuesto de hierro de tamaño nanométrico de magnetita y activador de negro de carbón.	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	La mayor degradación de PAH fue del 97 %.	Hung et al. 2020
Consortio bacteriano	HTP	La mayor remoción de hidrocarburos alcanzó un 85%.	Hussain et al. 2018
Electrocínética con bioestimulación	HAP	La electro-biorremediación logró 77,4% de degradación de hidrocarburos	Ma et al. 2018
Oxidación con persulfato y biorremediación	HAP	Remoción del hidrocarburo de un 70% presente en agua residuales industriales.	Medina et al. 2018
Nanopartículas de hierro	Aceite de petróleo	Mostraron remociones de 85.94% y 88.34%, respectivamente.	Murgueitio et al. 2018
Biosurfactantes con bacterias autóctonas	Petróleo crudo	Alta emulsificación del hidrocarburo en un 61%.	Lee et al. 2018

De acuerdo a la tabla 5 de acuerdo a los análisis bibliográficos se muestra los porcentajes de remoción adquirido de acuerdo a la técnica de remediación utilizada por cada investigador a nivel mundial.

Según la investigación de Eeshwarasinghe et al. (2019) señala que utilizó Carbón Activado Granular para alcanzar una remoción del 97% de Hidrocarburos Aromáticos Políciclicos, A diferencia de Hawash et al. (2018), señala que en su investigación para remediar aguas contaminadas con hidrocarburos realizó aislamiento bacteriano para tener eficiencias de eliminación de petróleo crudo, naftaleno (NAP), fenantreno (PHE) y pireno (PYR) alcanzaron el 60,3 %, 97,4 %, 84,9 % y 90,7 %, respectivamente. En ambos estudios usaron diferentes técnicas y tuvieron diferentes valores de remoción, en donde se detalló que Eeshwarasinghe et al. (2019) logró una alta remoción ya que el investigador usó un pH de 4, temperatura de 190°C y con duración de 22 horas.

En la investigación de Priya et al., (2019) señala que en base a Nanopartículas de óxido de hierro magnético superoleofílico logró una remoción de alcanos del 84%. Sin embargo, Urrutia et al. 2019 en base a biomasa de microalgas se logró una eliminación del hidrocarburo del 99.9%. Sin embargo en el estudio de Cunha et al. (2019), señala que en base Sistema de Membrana y polvo hibrido inorgánico-orgánico magnético logró tener una eficiencia de eliminación del 85% de aceite residual. En estas 3 investigaciones se diferencia cada técnica usada por el autor, donde de acuerdo a los parámetros físicos se han logrado tener diferentes valores de remoción, el valor más alto de remoción fue de Urrutia et al. 2019 ya que usó biomasa de microalgas con un pH de 7.29, temperatura de 60°C y una duración de 96 horas.

Según Hawash et al. 2018 que empleó el aislamiento bacteriano para tratar HTP para tener una eficiencia de eliminación de petróleo crudo, naftaleno (NAP), fenantreno (PHE) y pireno (PYR) alcanzaron el 60,3 %, 97,4 %, 84,9 % y 90,7 %, respectivamente. A comparación de Priya et al. 2019 que uso la electrocoagulación para remover aceites y grasas, alcanzando el mayor porcentaje de 95,1%, 92,5% de remoción de aceites y grasas. Ambos autores usaron dos técnicas diferentes, donde la técnica química de electrocoagulación tuvo mejores resultados a comparación de la técnica biológica que uso aislamiento de bacterias, además que los parámetros físicos usados también fueron diferentes, como el pH del estudio de Hawash et al. 2018 fue de 4 y el pH de Priya et al. 2019 fue de 7.

También Calvo et al. 2020 señala que empleó un biorreactor absorbente para remover hidrocarburos totales de petróleo, donde después de 7 días, se eliminó el

92,6 %, 97,5 % y 94,5 %. Así mismo, Abalos et al. 2022 empleó un aislamiento de microorganismos autóctonos, donde se obtuvo porcentajes de remoción de hidrocarburos del 60 % y 84 % con un biorreactor airlift diseñado y un sistema de reactor aeróbico/anaeróbico, un porcentaje de remoción muy bajo que se obtuvo en 4 días de tratamiento a diferencia del estudio anterior.

Bolade et al. 2021 indica que utilizó Persulfato alcalino activado, donde el 76 % de HTP se degradó en 8 días utilizando persulfato de sodio 0,7 M. A diferencia de Bhadra et al. 2018, que empleó Carbonos derivados de MOF (MC) marco de azolato metálico-6, donde las capacidades máximas de adsorción (Q_0) de MAF-6, AC y MC-24 para NAP fueron 14, 104 y 237 mg/g, respectivamente, estos valores se obtuvieron en 5 días y a una temperatura de 1000°C.

Dos estudios similares son los realizados por Fahid et al. 2020 y García y Torrejón, 2020 donde utilizaron bacterias degradadoras de hidrocarburos, en donde se obtuvo porcentajes de biodegradación de hidrocarburos (95,8 %), (98,6 %), demanda bioquímica de oxígeno (97,7 %), carbono orgánico total (95,2 %), fenol (98,9 %) y 82,65%, 81,41%, 80,33%, 81,16% en las 4 muestras de petróleo durante un tiempo de tratamiento de 7 días, respectivamente. Así mismo está el estudio de Lee et al. 2018 que también uso métodos de biosurfactantes con bacterias autóctonas que mostró una alta emulsificación del petróleo crudo del 65% en agua. Ambos estudios con técnicas similares pero con porcentajes de remoción distintos pues los parámetros físicos usados fueron distintos, pues en el estudio de Lee et al. 2018 se usó un pH de 2.0 y la temperatura fue de 40°C, sin embargo en el estudio de García y Torrejón, 2021 se empleó un pH de 9.8 y una temperatura de 37°C, también Fahid et al. 2020 usó un pH de 4.5 y una temperatura de 60°C, que demuestran tener valores muy diferentes.

V. CONCLUSIONES

- Se logró identificar las principales técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminada con hidrocarburos donde se resaltó el uso de aislamiento bacteriano, fitorremediación asistida por plantas y la biorremediación, las cuales han destacado por su gran remoción de HAP y HTP, en estudios realizados tanto ex situ como in situ.
- Se determinó los parámetros ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos, donde se identificó que las condiciones ambientales adecuadas son de pH: 6-7.5 y de temperatura: 85°C a 100°C, para que de esta manera el microorganismo sea capaz de remover hasta el 99% de hidrocarburos presente en agua, en un tiempo de 7 a 15 días.
- Se logró identificar los porcentajes de remoción de los hidrocarburos depositados en agua, esto dependiendo del tipo de técnica empleada y el tipo de hidrocarburo al cual se desea remover. Resaltó la remoción de HAP alcanzando un porcentaje de 89 -99.9%, esto en base al empleo de biomasa de microalgas y fotobiorreactor de algas marinas.

VI. RECOMENDACIONES

- De acuerdo al análisis bibliométrico de estudios a nivel internacional se recomienda a la sociedad utilizar las siguientes técnicas como es el aislamiento bacteriano, fitorremediación asistida por plantas y la biorremediación, esto debido a los altos valores de remoción de HAP y HTP presentes en aguas contaminadas, realizadas in situ y ex situ.
- Para futuros investigadores se recomienda que cuando quieran realizar remediación de aguas contaminadas y obtenga mejores resultados de remoción de hidrocarburos, usar un pH de 6 a 7.5 y una temperatura de 85°C a 100°C, pues según estudios anteriores en estos parámetros ambientales se obtuvieron mejor remoción o eliminación de HTP o HAP.
- Según los artículos y revistas científicas analizadas se recomienda el uso de las microalgas en la biorremediación de aguas contaminadas con hidrocarburos a empresas de saneamiento e investigadores, esto debido al gran potencial que demostró durante la ejecución de cada proyecto, pues alcanzo un porcentaje de remoción del 89 – 99.9%, demostrando ser muy eficiente en cada forma en la cual pueda aplicarse.
- Para futuras investigaciones se recomienda a los estudiantes profundizarse más en las técnicas de biorremediación asistida por microorganismos, pues según estudios anteriores han demostrado tener un gran porcentaje de remoción, pero pocos la emplean frente a situaciones como derrame de hidrocarburos.
- Se recomienda a las empresas prestadoras de servicios optar por el uso de tratamientos biológicos, pues resultan ser factiblemente económicos y tienen mayor porcentaje de remoción o degradación a comparación de los tratamientos convencionales en los que genera mayor demanda de tiempo para la remediación y además que algunos de ellos no son respetuosos con el ambiente.

REFERENCIAS

1. ABALOS et al. Evaluation of the use of microorganisms in the removal of persistent organic compounds and heavy metals [En línea] Academia de Ciencias de Cuba – volume 12(1) 2022 [Fecha de consulta: 12 de julio del 2022] Disponible en: <http://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/1055/1423>
2. ABDULLAH et al. Plant-assisted remediation of hydrocarbons in water and soil: Application, mechanisms, challenges and opportunities [En línea] Chemosphere – volume 247, May 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125932>
3. Hawash, A. B., Zhang, X., & Ma, F. (2018). Removal and biodegradation of different petroleum hydrocarbons using the filamentous fungus *Aspergillus* sp. RFC-1. [En línea] MicrobiologyOpen, e00619. Disponible en: [doi:10.1002/mbo3.619](https://doi.org/10.1002/mbo3.619)
4. Bolade, O. P., Adeniyi, K. O., Williams, A. B., & Benson, N. U. (2021). Remediation and optimization of petroleum hydrocarbons degradation in contaminated water using alkaline activated persulphate. [En línea] Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(4), 105801. Disponible en: [doi:10.1016/j.jece.2021.105801](https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105801)
5. Borji, H., Ayoub, G.M., Al-Hindi, M. et al. Nanotechnology to remove polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons from water: a review. [En línea] Environ Chem Lett 18, 729–746 (2020). [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-00979-x>
6. BLANCO et al. Comparing performances, costs and energy balance of ex situ remediation processes for PAH-contaminated marine sediments [En línea] Environmental Science and Pollution Research volumen 27, pp. 19363 – 19374 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08379-y>
7. BHADRA et al. Adsorptive removal of aromatic hydrocarbons from water over metal azolate framework-6-derived carbons [En línea] Journal of Hazardous Materials – volume 344, February 2018, pp. 1069 – 1077 [Fecha de consulta:

- 29 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.11.057>
8. CASTILLO et al. Isolation of bacteria with bioremediation potential and analysis of bacterial communities in an area affected by an oil spill in Condorcanqui - Amazonas – Perú [En línea] Revista de Investigaciones Altoandinas, Volume 22(3) Setiembre 2020 [Fecha de consulta: 13 de julio del 2022] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.656>
 9. CHENG et al. From macroalgae to porous graphitized nitrogen-doped biochars – Using aquatic biota to treat polycyclic aromatic hydrocarbons-contaminated water [En línea] Bioresource Technology – volume 303, May 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122947>
 10. Chukwunonso, Innocent et al. Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review [En línea] Environmental Technology & Innovation Volume 17, February 2020, 100526 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100526>
 11. Da Silva, Israel Gonçalves Sales, Fabíola Carolina Gomes de Almeida, Nathália Maria Padilha da Rocha e Silva, Joaquim Teodoro Romão de Oliveira, Attilio Converti, and Leonie Asfora Sarubbo. 2021. "Application of Green Surfactants in the Remediation of Soils Contaminated by Hydrocarbons" [En línea] *Processes* 9, no. 9: 1666. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pr9091666>
 12. De-Chang Li, Wan-Fei Xu, Yang Mu, Han-Qing Yu, Hong Jiang, and John C. Crittenden. Remediation of Petroleum-Contaminated Soil and Simultaneous Recovery of Oil by Fast Pyrolysis [En línea] *Environmental Science & Technology* 2018 52 (9), 5330-5338 Disponible en: DOI: [10.1021/acs.est.7b03899](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03899)
 13. Eeshwarasinghe, D., Loganathan, P., & Vigneswaran, S. (2019). *Simultaneous removal of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals from water using granular activated carbon*. [En línea] *Chemosphere*. Disponible en: doi: [10.1016/j.chemosphere.2019.0](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.0)
 14. FAHID et al. *Phragmites australis* in combination with hydrocarbons degrading bacteria is a suitable option for remediation of diesel-contaminated water in

- floating wetlands [En línea] Chemosphere – volume 240, February 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124890>
15. GARCIA et al. Bioremediation of hydrocarbons in wastewater with mixed culture of microorganisms: case car washers Puyango [En línea] Enfoque UTE Revista- volumen 10(1), pp185 – 196 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n1.312>
 16. GARCÍA & TORREJÓN. “Biodegradación de petróleo por Pseudomonas aeruginosa en aguas de derrame de la actividad petrolera, Ucayali-2020” – Universidad Nacional de Ucayali [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/5316/B4_2022_UNU_ECONOMIA_2022_T_ABIGAIL-ROJAS-GARCIA_ET_AL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 17. GAUTAM et al. 2020. Combined effects of soil particle size with washing time and soil-to-water ratio on removal of total petroleum hydrocarbon from fuel contaminated soil [En línea] Chemosphere – volume 250, July 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126206>
 18. Guo, Y., Rene, E. R., Wang, J., & Ma, W. (2019). Biodegradation of polyaromatic hydrocarbons and the influence of environmental factors during the co-composting of sewage sludge and green forest waste. [En línea] Bioresource Technology, 122434. Disponible en: [doi:10.1016/j.biortech.2019.122434](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122434)
 19. HUNG et al. Activation of percarbonate by water treatment sludge-derived biochar for the remediation of PAH-contaminated sediments [En línea] Environmental Pollution – volume 265 – October 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114914>
 20. HUNG et al. The removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from marine sediments using persulfate over a nano-sized iron composite of magnetite and carbon black activator [En línea] Journal of Environmental Chemical Engineering – volume 8(5) October 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104440>

21. Hussain, F., Hussain, I., Khan, A. H. A., Muhammad, Y. S., Iqbal, M., Soja, G., Yousaf, S. (2018). Combined application of biochar, compost, and bacterial consortia with Italian ryegrass enhanced phytoremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil. *Environmental and Experimental [En línea] Botany*, 153, 80–88. Disponible en: doi:10.1016/j.envexpbot.2018.05.0
22. Isadora Machado Marques, Adna Caroline Vale Oliveira, Olivia Maria Cordeiro de Oliveira, Emerson Andrade Sales, Ícaro Thiago Andrade Moreira. photobioreactor using *Nannochloropsis oculata* marine microalgae for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons and sorption of metals in produced water, *Chemosphere*, Volume 281 2021,130775. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130775>.
23. Khalid FE, Lim ZS, Sabri S, Gomez-Fuentes C, Zulkharnain A, Ahmad SA. Bioremediation of Diesel Contaminated Marine Water by Bacteria: A Review and Bibliometric Analysis. *[En línea] Journal of Marine Science and Engineering*. 2021; 9(2):155. [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jmse9020155>
24. LEYTON & PEREZ. Tecnologías para biorremediación de suelos y aguas contaminados con hidrocarburos [En línea] Especialización, Control de la Contaminación Ambiental – 2020 – Universidad Santiago de Cali [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4952/TECNOLOG%C3%8DAS%20PARA%20BIORREMEIACI%C3%93N.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
25. LIU et al. Advances in applications of rhamnolipids biosurfactant in environmental remediation: A review [En línea] *Biotechnology and Bioengineering* – volumen 115(4), pp.796 – 814 – April 2018 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1002/bit.26517>
26. Lim ZS, Wong RR, Wong C-Y, Zulkharnain A, Shaharuddin NA, Ahmad SA. Bibliometric Analysis of Research on Diesel Pollution in Antarctica and a Review on Remediation Techniques. [En línea] *Applied Sciences*. 2021; 11(3):1123. [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app11031123>

27. Ma, Y., Li, X., Mao, H., Wang, B., & Wang, P. (2018). Remediation of hydrocarbon–heavy metal co-contaminated soil by electrokinetics combined with biostimulation. [En línea] *Chemical Engineering Journal*, 353, 410–418. Disponible en: [doi:10.1016/j.cej.2018.07.131](https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.07.131)
28. Medina, R., David Gara, P. M., Fernández-González, A. J., Rosso, J. A., & Del Panno, M. T. (2018). Remediation of a soil chronically contaminated with hydrocarbons through persulfate oxidation and bioremediation. [En línea] *Science of The Total Environment*, 618, 518–530. Disponible en: [doi:10.1016/j.scitotenv.2017.10](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10).
29. Mohammadi, Leili et al. Petroleum Hydrocarbon Removal from Wastewaters: A Review [En línea] *Processes* 2020, 8, 447; [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: [doi:10.3390/pr8040447](https://doi.org/10.3390/pr8040447)
30. MURGUEITIO et al. Green Synthesis of Iron Nanoparticles: Application on the Removal of Petroleum Oil from Contaminated Water and Soils [En línea] *Journal of Nanotechnology* – volumen 28- September 2018 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/4184769>
31. NAEEM et al. Leading edges in bioremediation technologies for removal of petroleum hydrocarbons [En línea] *Environmental Science and Pollution Research* volumen 27, pp.27370–27382, 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06124-8>
32. NGUYEN et al. Tailored photocatalysts and revealed reaction pathways for photodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water, soil and other sources [En línea] *Chemosphere* – volume 260, December 2020 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127529>
33. Lee, DW, Lee, H., Kwon, B.-O., Khim, JS, Yim, UH, Kim, BS y Kim, J.-J. (2018). Biorremediación asistida por biosurfactantes de petróleo crudo por bacterias autóctonas aisladas del sedimento de la playa de Taean. [En línea] *Contaminación ambiental*, 241, 254–264. Disponible en: [doi:10.1016/j.envpol.2018.05.070](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.070)
34. Pérez, M.R.; Fernández-López, M.G.; Sánchez-Reyes, A.; Leija, A.; Batista-García, R.A.; Folch-Mallol, J.L.; Sánchez-Carbente, M.d.R. Aromatic Hydrocarbon Removal by Novel Extremotolerant *Exophiala* and *Rhodotorula*


- Spp. from an Oil Polluted Site in Mexico. [En línea] *J. Fungi* 2020, 6, 135. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jof6030135>
35. Ramadass, K., Megharaj, M., Venkateswarlu, K., & Naidu, R. (2018). Bioavailability of weathered hydrocarbons in engine oil-contaminated soil: Impact of bioaugmentation mediated by *Pseudomonas* spp. on bioremediation. [En línea] *Science of The Total Environment*, 636, 968–974. Disponible en: [doi:10.1016/j.scitotenv.2018.04.3](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.3)
 36. PISFIL, Yessenia. Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación en noroeste y selva – Universidad Nacional de Piura – 2019 [Fecha de consulta: 18 de agosto del 2022] Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1901/PET-PIS-CAL-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 37. Priya, M., & Jeyanthi, J. (2019). Removal of cod, oil and grease from automobile wash water effluent using electrocoagulation technique. [En línea] *Microchemical Journal*, 104070. Disponible en: [doi:10.1016/j.microc.2019.104070](https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104070)
 38. Razi, Ahmad et al. Potential of indigenous biosurfactant-producing fungi from real crude oil sludge in total petroleum hydrocarbon degradation and its future research prospects [En línea] *Journal of Environmental Chemical Engineering* Volume 10, Issue 3, June 2022, 107621 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107621>
 39. Rodríguez-Calvo, Alfonso, Gloria Andrea Silva-Castro, Darío Rafael Olicón-Hernández, Jesús González-López, and Concepción Calvo. 2020. "Biodegradation and Absorption Technology for Hydrocarbon-Polluted Water Treatment" [En línea] *Applied Sciences* 10, no. 3: 841. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app10030841>
 40. Saberi, N., Aghababaei, M., Ostovar, M., & Mehrnahad, H. (2018). *Simultaneous removal of polycyclic aromatic hydrocarbon and heavy metals from an artificial clayey soil by enhanced electrokinetic method.* [En línea] *Journal of Environmental Management*, 217, 897–905 Disponible en: [doi:10.1016/j.jenvman.2018.03.1](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.1)
 41. Sarcletti, M., Vivod, D., Luchs, T., Rejek, T., Portilla, L., Müller, L., Halik, M. (2019). *Superoleophilic Magnetic Iron Oxide Nanoparticles for Effective*

- Hydrocarbon Removal from Water. [En línea] Advanced Functional Materials, 1805742. Disponible en: doi:10.1002/adfm.201805742*
42. Safdari, M.-S., Kariminia, H.-R., Rahmati, M., Fazlollahi, F., Polasko, A., Mahendra, S., Fletcher, T. H. (2018). Development of bioreactors for comparative study of natural attenuation, biostimulation, and bioaugmentation of petroleum-hydrocarbon contaminated soil. [En línea] *Journal of Hazardous Materials*, 342, 270–278. Disponible en: doi:10.1016/j.jhazmat.2017.08.044
 43. SOL et al. 2018. Efficient Removal of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Dyes, and Heavy Metal Ions by a Homopolymer Vesicle [En línea] *ACS Applied Materials & Interfaces* – volumen 10(1) – pp. 713 – 722 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acsami.7b15242>
 44. Sheikh, Siti et al. Plant-assisted remediation of hydrocarbons in water and soil: Application, mechanisms, challenges and opportunities [En línea] *Chemosphere Volume 247*, May 2020, 125932 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125932>
 45. Sun, C., Zhang, J., Ma, Q. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in water and sediment from a river basin: sediment–water partitioning, source identification and environmental health risk assessment. *Environ Geochem Health* 39, 63–74 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10653-016-9807-3>
 46. Tursi, A., De Vietro, N., Beneduci, A., Milella, A., Chidichimo, F., Fracassi, F., & Chidichimo, G. (2019). Low pressure plasma functionalized cellulose fiber for the remediation of petroleum hydrocarbons polluted water. [En línea] *Journal of Hazardous Materials*, 373, 773–782. Disponible en: doi:10.1016/j.jhazmat.2019.04.022
 47. TURSI et al. Remediation of hydrocarbons polluted water by hydrophobic functionalized cellulose [En línea] *Chemosphere* – volume 201, June 2018, pp 530 – 639 [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.044>
 48. Unyimadu, J.P., Osibanjo, O. & Babayemi, J.O. Selected persistent organic pollutants (POPs) in water of River Niger: occurrence and distribution. [En línea] *Environ Monit Assess* 190, 6 (2018). [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6378-4>

49. Urrutia, C., Yañez-Mansilla, E., & Jeison, D. (2019). [En línea] *Algal Research*, 43, 101659. Disponible en: [doi:10.1016/j.algal.2019.101659](https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101659)
50. Varjani, S., Upasani, V. N., & Pandey, A. (2020). Bioremediation of oily sludge polluted soil employing a novel strain of *Pseudomonas aeruginosa* and phytotoxicity of petroleum hydrocarbons for seed germination. [En línea] *Science of The Total Environment*, 139766. Disponible en: [doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139766](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139766)
51. Yang, J.; Hou, B.; Wang, J.; Tian, B.; Bi, J.; Wang, N.; Li, X.; Huang, X. Nanomaterials for the Removal of Heavy Metals from Wastewater. [En línea] *Nanomaterials* 2019, 9, 424. [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nano9030424>
52. Yu, G., Lu, Y., Guo, J. et al. Carbon nanotubes, graphene, and their derivatives for heavy metal removal. [En línea] *Adv Compos Hybrid Mater* 1, 56–78 (2018). [Fecha de consulta: 29 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42114-017-0004-3>
53. Zhao L, Lyu C, Li Y. Analysis of Factors Influencing Plant–Microbe Combined Remediation of Soil Contaminated by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. [En línea] *Sustainability*. 2021; 13(19):10695. [Fecha de consulta: 29 de Julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su131910695>

ANEXOS

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
TÍTULO: Análisis de técnicas de remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos, Revisión Sistemática, 2022	
AUTOR (ES): Mamani Quispe, Alexis	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022
PARTICIPANTE: ScienceDirect, MDPI y Springer Link.	
PALABRAS CLAVES:	Técnicas de tratamiento, aguas contaminadas, hidrocarburos
TIPOS DE TÉCNICAS ACTUALES DE TRATAMIENTO DE AGUAS:	<ul style="list-style-type: none"> • Biorremediación microbiana. • Fitorremediación asistida por plantas. • Surfactantes naturales. • Carbón activado.
FACTORES AMBIENTALES EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS:	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Humedad • pH • Precipitación • Tiempo
PORCENTAJE MÁS ALTO DE REMOCIÓN DE LOS HIDROCARBUROS:	<ul style="list-style-type: none"> • % hidrocarburos • % hidrocarburos alifáticos • % hidrocarburos alcanos. • % hidrocarburos alquenos. • % petróleo • % aceites

Anexo 1: Matriz de Categorización

Título: Análisis de técnicas de remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos, Revisión Sistemática, 2022				
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Subcategoría	Referencias
Determinar los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos.	¿Cuáles serán los tipos de técnicas actuales usadas en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos?	Tipos de técnicas Actuales	<ul style="list-style-type: none"> • Biorremediación microbiana. • Fitorremediación asistida por plantas. • Surfactantes naturales. • Carbón activado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hung et al. 2020 • Cheng et al. 2020 • Liu et al. 2018
Determinar los parámetros ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos.	¿Cuáles serán los parámetros ambientales que influyen en la remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos?	Factores Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Humedad • pH • Precipitación • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Naem et al. 2020 • Tursi et al. 2018 • Leyton & Perez 2020
Determinar los porcentajes más altos de remoción de los hidrocarburos depositados en las aguas.	¿Cuáles serán los porcentajes más altos de remoción de los hidrocarburos depositados en las aguas?	Eficiencia de Remoción	<ul style="list-style-type: none"> • % hidrocarburos • % hidrocarburos alifáticos • % hidrocarburos alcanos. • % hidrocarburos alquenos. • % petróleo • % aceites 	<ul style="list-style-type: none"> • Gautam et al. 2020 • García et al. 2022 • Bhadra et al. 2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis de técnicas de remediación de aguas contaminadas por hidrocarburos, Revisión Sistemática, 2022", cuyo autor es MAMANI QUISPE ALEXIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 06 de Enero del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO DNI: 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 06- 01-2023 15:19:43

Código documento Trilce: TRI - 0511486