



Universidad César Vallejo

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

**Revisión Sistemática: Tecnologías de Fitorremediación para el
Tratamiento de Aguas Contaminadas por Derrame de
Hidrocarburos**

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

AUTORES:

Quispe Ari, Yuly (orcid.org/0000-0002-4808-3824)

Ticona Rivas, Juan Carlos (orcid.org/0000-0001-6712-3388)

ASESOR:

Mg. Ugarte Alvan, Carlos Alfredo (orcid.org/0000-0001-6017-1192)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

- A Dios, por darnos la oportunidad de seguir adelante, por sus bendiciones, por la salud que nos brinda para seguir logrando nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor que nos brinda.
- A nuestros padres por ser nuestro ejemplo de fortaleza y motivación. Por su confianza permanente, apoyo, consejos, comprensión, amor y por darnos los recursos necesarios para que podamos estudiar y seguir creciendo profesionalmente para ellos va dedicado este gran logro.

Agradecimiento

- Agradezco a la Universidad César Vallejo, Facultad De Ingeniería Y Arquitectura De La Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental por brindarnos el apoyo con el programa de titulación.
- Y finalmente agradecemos de manera muy especial a nuestras familias, quienes nos ha brindado su apoyo, motivación, consejos y el cariño en todo momento, para poder superarnos profesionalmente.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	16
3.3. Escenario de estudio.....	18
3.4. Participantes	18
3.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos	18
3.6. Procedimientos	19
3.7. Rigor científico	20
3.8. Método de análisis datos.....	20
3.9. Aspectos éticos	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
V. CONCLUSIONES	35
VI. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	44

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Antecedentes de Investigación</i>	4
Tabla 2: <i>Matriz de Categorización</i>	17
Tabla 3: <i>Tecnologías actuales usadas en la fitorremediación.</i>	22
Tabla 4: <i>Tipos de hidrocarburos que se encuentran en las aguas contaminadas</i>	26
Tabla 5: <i>Remoción de los hidrocarburos totales en base a los tipos de tecnologías actuales</i>	28

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Simbiosis planta microorganismos en sistema de fitorremediación	13
Figura 2: Diagrama de flujo de artículos y revistas utilizados.....	19
Figura 3: Temperatura empleada de remoción de hidrocarburos.....	32
Figura 4: pH empleado para la remoción de hidrocarburos.....	33
Figura 5: Tiempo empleado para la remoción de hidrocarburos.	34

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo identificar las tecnologías de Fitorremediación para el tratamiento de aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos. El tipo de investigación es básica, con enfoque cualitativo de diseño narrativo, se basó en la técnica de recolección de análisis documental en las interpretaciones de artículos y revistas indexadas que no sean menor de 5 años. Los resultados se determinaron que las tecnologías más usadas en remover hidrocarburos de las aguas fueron la biorremediación asistida con microorganismos y la fitorremediación por medio de plantas; Sobre los contaminantes como los hidrocarburos totales de petróleo, fenol, hidrocarburos aromáticos policíclicos, petróleo crudo, hidrocarburos de petróleo. Logrando demostrar que biorremediación con microorganismos tuvieron mejor eficiencia de remoción en 80 % a los hidrocarburos de petróleo y la fitorremediación por plantas tuvieron una mejor remoción de 72.89% de los aceites contaminantes que se encontraron acumulados en las aguas. Se concluyó que de biorremediación y fitorremediación con el uso de bacterias y plantas tuvieron los mejores porcentajes de remoción de hidrocarburos totales de petróleo, fenol, hidrocarburos aromáticos policíclicos, petróleo crudo, hidrocarburos de petróleo que se encontraron en las aguas.

Palabras clave: Fitorremediación, aguas contaminadas, hidrocarburos.

Abstract

The objective of this research was to identify Phytoremediation technologies for the treatment of water contaminated by hydrocarbon spills. The type of research is basic, with a qualitative narrative design approach, based on the documentary analysis collection technique in the interpretations of articles and indexed journals that are not less than 5 years old. The results determined that the most used technologies in removing hydrocarbons from the waters were bioremediation assisted with microorganisms and phytoremediation by means of plants; About pollutants such as total petroleum hydrocarbons, phenol, polycyclic aromatic hydrocarbons, crude oil, petroleum hydrocarbons. Being able to demonstrate that bioremediation with microorganisms had a better removal efficiency of 80% to petroleum hydrocarbons and phytoremediation by plants had a better removal of 72.89% of the polluting oils that were found accumulated in the waters. It was concluded that bioremediation and phytoremediation with the use of bacteria and plants had the best percentages of removal of total petroleum hydrocarbons, phenol, polycyclic aromatic hydrocarbons, crude oil, petroleum hydrocarbons found in the waters.

Keywords: Phytoremediation, contaminated water, hydrocarbons

I. INTRODUCCIÓN

Los Hidrocarburos representan hoy en día uno de los contaminantes que más afectan a los cuerpos hídricos superficiales y subterráneos (ríos, mares, lagos, lagunas) de manera exorbitante y ocurren con mucha frecuencia a nivel mundial (Ahmad et al., 2018). Los vertidos de petróleo en el mar son más frecuentes y su efecto contaminante es más duradero, creando una membrana impermeable que afecta rápida y directamente a las aves de la zona del vertido y ecosistema acuático (Abdullah et al., 2020).

La película impermeable en el agua retiene el intercambio gaseoso y desvía los rayos del sol que es aprovechado por el fitoplancton para llevar a cabo la fotosíntesis (Mostafa et al., 2021). Es necesario indicar que este tipo de polución causa cambios drásticos en las propiedades del agua, que hace que los consumidores los rechacen, su ingesta es el riesgo de salud biológica (Ramírez et al., 2019).

La polución por petróleo es causada por accidentes de buques petroleros y derrames de plataformas de perforación en alta mar (Tursi et al., 2018). Casi el 50% del petróleo que llega a los océanos proviene de los continentes, y luego la gente de las ciudades y áreas industriales lo vierten de los continentes a la tierra, donde luego es llevado por ríos hasta llegar a los mares (Medjor et al., 2018).

Debido al crecimiento demográfico se ha generado una alta demanda de quema de combustibles fósiles en ciertas industrias para poder compensar las necesidades de la sociedad, generando contaminación al agua (Yan et al., 2021). Para los tratamientos de las aguas de mar contaminadas por hidrocarburos mediante el uso de tecnología apropiadas económicamente son costosos y con muchas prácticas innecesarias, lo que implica un desafío y una oportunidad para optimar la calidad del agua (Rehman et al., 2018).

En base a la problemática ambiental ha creado nuevas tecnologías que sustituyen a los tratamientos convencionales de alto costo y de tiempo prolongado, así poder hacer que el tratamiento sea más efectivo (Lamont et al., 2019). Una de las técnicas es el uso de especies vegetales como plantas en remover los tipos de hidrocarburos acumulados en las aguas, denominado como fitorremediación (Liu et al., 2018).

Se denomina fitorremediación a la capacidad que tienen ciertas plantas para acumular, absorber, volatilizar, metabolizar, o estabilizar contaminantes en aguas

o sedimentos, tales como: metales pesados, metales radiactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo (Mostafa et al., 2021). Esta Fito tecnología ofrece numerosas ventajas en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. La fitorremediación acuática, las plantas vasculares acuáticas han sido consideradas como una plaga en sistemas enriquecidos con nutrientes. En la actualidad se considera que estas plantas también pueden ser manejadas adecuadamente y volverse útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra. La fitorremediación acuática tiene la ventaja de que se pueden remover, in situ, diferentes tipos de metales que se hallen con bajas concentraciones en grandes volúmenes de agua.

Nuestro país no es ajeno a la contaminación de las aguas por derrames de hidrocarburos, pues ocurrió uno de los desastres ecológicos más significativos de la historia, dispersándose una marea negra de crudo de petróleo, por descargas de un aproximado de 11 mil barriles de petróleo vertidos en las aguas del mar y alcanzaron muchos kilómetros al ámbito afectado, se afectaron playas, aves endémicas del lugar y el ecosistema acuático que habitaban en el área afectada por el derrame de petróleo (MIMAN, 2020). Es por ellos nuestra preocupación de demostrar nuevas tecnologías como alternativas en solucionar los problemas suscitados en la contaminación de las aguas por derrames de hidrocarburos.

Debido a la problemática establecida se formaron al desarrollo del proyecto, los problemas de la investigación: problema general:

Problema general: ¿Cuáles son las tecnologías de fitorremediación para el tratamiento de aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos, 2022?

Seguidamente de los problemas específicos:

Problema específico 1: ¿Cuáles serán los tipos de tecnologías en la actualidad usadas en la fitorremediación de las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos?

Problema específico 2: ¿Cuáles son los tipos de hidrocarburos que se encuentran en las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos?

Problema específico 3: ¿Cuál será la eficiencia de remoción de los hidrocarburos totales en base a los tipos de tecnologías actuales en las aguas contaminadas?

La justificación de la investigación: tiene como objetivo sintetizar y evaluar información sobre fitorremediación para limpiar aguas contaminadas por derrames de hidrocarburos, con base en el aumento de la demanda de combustibles y el surgimiento de importantes plantas de producción que han convertido compuestos derivados de hidrocarburos. Es motivo de gran preocupación tanto a nivel ambiental como de salud pública. A lo largo de los años, los derrames accidentales de hidrocarburos han dejado aguas contaminadas con hidrocarburos, así como filtraciones de agua mezcladas con combustibles en la operación diaria de las estaciones de servicio, y ahora requieren una oportuna remediación, ya que su presencia afecta no solo a las fuentes superficiales de agua, sino también a la disposición superficial o escorrentía, pero también puede moverse fácilmente al nivel freático y así cambiar las características del agua subterránea; por lo tanto, se utilizarán métodos de fitorremediación para tratar las aguas contaminadas por derrames de hidrocarburos, ya que son más efectivos que los tratamientos químicos y mecánicos tradicionales. Muy fácil de aplicar y más económico.

Se formuló el objetivo general:

Objetivo general: Identificar las Tecnologías de Fitorremediación para el Tratamiento de Aguas Contaminadas por Derrame de Hidrocarburos, 2022.

Seguidamente de los objetivos específicos:

Objetivo específico 1: Especificar los tipos de tecnologías en la actualidad usadas en la fitorremediación de las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos.

Objetivo específico 2: Establecer los tipos de hidrocarburos que se encuentran en las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos.

Objetivo específico 3: Demostrar la eficiencia de remoción de los hidrocarburos totales en base a los tipos de tecnologías actuales en las aguas contaminadas

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto al desarrollo del proyecto de investigación por ser en función a revisión sistemática, se realizó una recopilación de información de acuerdo al tema de investigación de las bases de datos como: Scopus, Sciencedirect. SpringerLink fuentes que portan contenidos de alta relevancia en cuanto a sus investigaciones realizadas.

Tabla 1: Antecedentes de Investigación

N°	Autor	Metodología/ Descripción	Resultados	Conclusiones
1	Cardoso et al. 2021	Este estudio tuvo como objetivo desarrollar una técnica que utilice fibras de coco de desecho (<i>Cocos nucifera</i> L.) pretratadas con un solvente "verde", a saber. Líquido iónico prótico (PIL) [2-HEA][Ac], para la remediación de aceite en agua salina. Los experimentos se realizaron con crudo de Campos Cuenca (Brasil). Para la prueba de sorción cinética, un derrame de petróleo la simulación se llevó a cabo en un baño finito usando 95 mL de 3.5% agua salina y 5 mL de petróleo de la Cuenca de Campos.	La sorción media de la fibra PIL [2-HEA][Ac] fue de $1,40 \pm 0,06$ g/g y la de la fibra mercerizada/acetilada fue de $1,32 \pm 0,12$ g/g. Aunque la diferencia en los resultados de sorción no es significativa, según la prueba de Tukey, el pretratamiento de fibras con PIL[2-HEA][Ac] es más ventajoso que los tratamientos convencionales porque presenta mejores resultados de sorción promedio	Se comprobó, el uso de estos biosorbentes de petróleo es una tecnología con aprovechamientos ambientales, como la disponibilidad del biosorbente en forma de residuos biodegradables y tratados con un disolvente "verde", los cuales pueden ser reutilizados. Así, añade valor por su uso en industrias con un producto de economía; que sean amigables con el medio ambiente y económicos.
2	Mostafa et al. 2021	Tuvieron como objetivo evaluar la capacidad de <i>Azolla pinnata</i> R. Br. para remediar el agua dulce contaminada con petróleo. El experimento para la evaluación de la potencialidad de fitorremediación de la combinación <i>Azolla pinnata</i> / <i>Anabena azollaea</i> (AA) se realizó en el mismo lugar y bajo las mismas condiciones de crecimiento utilizadas para la aclimatación de <i>Azolla</i> . En los grupos probados (en adelante, agua contaminada plantada), la combinación AA se planteó en medios de crecimiento mezclados con	La capacidad de remediación con <i>A. pinnata</i> se logra después de siete días de fitorremediación el 92% según tasa de degradación de los PHs. En el tratamiento de plantado en comparación con el 38% en el control no plantado. El mayor desglose de PHs para la fracción normal de hidrocarburos saturados parafínicos ocurrió en presencia de <i>A. pinnata</i> combinada con <i>Anabena azollaea</i> (A-A), que mostró una capacidad de degradación moderada hacia hidrocarburos aromáticos totales (TAHs) e hidrocarburos aromáticos policíclicos totales (PAHs). Estos resultados dan a conocer que <i>A.</i>	Se dio a conocer que la <i>A. pinnata</i> es un Fitorremediador útil para la remediación de aguas dulces contaminadas. El proceso de con <i>A. pinnata</i> logra fitorremediar el agua dulce contaminada con bajos niveles (hasta 0,5 g / L) de hidrocarburos de petróleo. Con respecto a la tasa de degradación de los PHS. Totales fue del 92% en el tratamiento plantado en comparación con el 38% en el control positivo no plantado. <i>A. pinnata</i>

		cantidades adecuadas de petróleo crudo (de Ras-Sidr, West Sinai, Egipto) para obtener diferentes niveles de contaminación (0.5, 1.0, 1.5, y 2.0 g/L).	pinnata eliminó efectivamente al C18, un PH saturado, y Acenafteno (Ace), un PH aromático. Finalmente, este estudio propone que <i>A. pinnata</i> es útil para la remediación de aguas dulces contaminadas.	combinada con <i>Anabena azollaea</i> (A-A), muestran una gran capacidad de degradación moderada.
3	Wei et al. 2021	Aplicaciones de la fitorremediación en diferentes entornos, incluidos el aire, el agua y el suelo. Revisión sistemática de estudios anteriores relacionados con el tema de fitorremediación de hidrocarburos.	La presente revisión proporciona mejorar la fitorremediación en la restauración ambiental, una actualización reciente para el desarrollo y las aplicaciones de la fitorremediación en diferentes entornos y diferentes tipos de catalizadores, incluidos el aire, el agua y el suelo.	Para optimizar la viabilidad de la fitorremediación en la remediación en el ambiente, se requiere más indagación para investigar los efectos de diversos tipos de catalizadores en la eficacia de la fitorremediación.
4	Verâne et al. 2020	Se llevó a cabo un experimento de fitorremediación en mesocosmos para investigar el desempeño de <i>Rhizophora mangle</i> en la remediación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en sedimentos de manglares contaminados con petróleo crudo. El pH del agua de los experimentos (fitorremediación y atenuación natural) varió de 4,9 a 8,4 a los 0 y 90 días, respectivamente. El potencial de oxirreducción (Eh) osciló entre entornos oxidantes (108,0 mV, tiempo 0) y entornos reductores (aproximadamente -110,0 mV, tiempo 90). El oxígeno disuelto (OD) varió de 5,7 mg L (tiempo 90) en fitorremediación y atenuación natural, respectivamente. Los sedimentos tenían textura limosa y una concentración promedio de 5% de materia orgánica (MO).	La fitorremediación (60,76%) mostró una mejor eficiencia en la remediación de los 16 HAP en comparación con la atenuación natural (49,57%).	Los análisis de componentes principales mostraron una correlación entre las concentraciones de PAH con pH, Eh, OM y DO en ambos experimentos.
5	Rehman, Khadeeja et al 2018	Se sembraron dos plantas, <i>Brachiara mutica</i> y <i>Phragmites australis</i> , sobre esteras flotantes para desarrollar FTW, y se inocularon con contras bacterianas que	Ambas plantas removieron con éxito los contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales, pero la biorremediación de <i>A. australiensis</i> optimizó significativamente la	Este estudio proporciona información sobre la fitotecnología disponible para la remediación del agua contaminada con petróleo crudo e introduce una

		luego se inocularon con un consorcio de bacterias degradadoras de hidrocarburos (Bacillus subtilis cepa LORI66, Klebsiella sp. cepa LCRI87, Acinetobacter Junii cepa TYRH47, Acinetobacter sp., cepa LCRH81).	capacidad de las plantas para reducir la eficiencia del aceite (97 %), DQO (93 %) y DBO (97 %).	macrófita de humedal, <i>P. australis</i> , con un consorcio bacteriano hecho a medida como una herramienta eficaz para mejorar la eficiencia de la fitorremediación de los FTW.
6	Wu et al. 2021	Se estudiaron las funciones de las bacterias endófitas cultivables en la degradación de hidrocarburos y la promoción del crecimiento vegetal. Treinta y ocho bacterias endófitas degradadoras de hidrocarburos fueron aisladas de los dos pastos mediante técnicas de cultivo. Residencia en análisis filogenéticos, los aislados bacterianos se clasificaron en los filos Proteobacteria, Firmicutes y Actinobacteria.	Los endófitos que degradan los hidrocarburos se probaron por sus características potenciales de promoción del crecimiento de las plantas. Aproximadamente, 39,4% de todas las cepas endófitas produjeron IAA en el rango de 3.4 µg/mL a 36,9 µg/mL (Fig. 4), incluidos cinco aislamientos de <i>Phragmites australis</i> y 10 de <i>Chloris virgata</i> . Además, todas las cepas que produjeron el IAA en niveles altos (>20 µg/mL) pertenecía a <i>Pseudomonas</i> sp. (BF23, L02 y BF21).	El presente estudio reveló que <i>Phragmites australis</i> y <i>Chloris virgata</i> que crecen en suelos salinos contaminados con petróleo en el delta del río Amarillo albergan varias especies diversas de bacterias endófitas y sirven como fuentes novedosas de bacterias beneficiosas y degradación de hidrocarburos.
7	Yan et al. 2021	Mediante la revisión sistemática presentaron las fuentes de radionucleidos ambientales, sus efectos adversos en la salud pública y cómo se utiliza la fitorremediación para eliminar los radionucleidos de los sitios contaminados.	La fitorremediación es una alternativa prometedora in situ para la limpieza ambiental.	La revisión concluyó que la técnica necesita comercialización con el fin de explotar completamente la técnica en actividades mineras e industrias nucleares.
8	Abdullah Siti et al. 2020	El alcance de este informe incluye una descripción de los compuestos de hidrocarburos de la industria de la química del petróleo. Su toxicidad y métodos de tratamiento y degradación.	La continuación de esta revisión incluye la definición de hidrocarburos contaminantes en la industria petroquímica, incluidos sus efectos tóxicos, métodos de tratamiento, degradación para prevenir o reducir los efectos negativos de la contaminación por petróleo en el medio ambiente y restaurarlos de manera sostenible para garantizar la salud, por el futuro de los ecosistemas dañados.	Este resumen también cubre el desafío de recuperar el medio ambiente (suelo y agua) de la contaminación del petróleo a través de la restauración de las plantas, así como sus impactos ambientales negativos que eliminan o reducen la oportunidad del sistema de contaminación del petróleo
9	Lamont et al. 2020	Se prepararon emulsiones dobles emulsionando soluciones de CaCl ₂ en aceite de canola y posteriormente emulsionando las emulsiones W/O en	Las pruebas de botella y la microscopía óptica mostraron que SDS y CPB produjeron emulsiones W/O y O/W, ya sea con tolueno o aceite de motor y agua. La SDS fue más efectiva	Los datos muestran que SDS y CPB se pueden usar tanto para el lavado con surfactante como para desencadenar la gelificación de

		soluciones acuosas de alginato de sodio. La formación de emulsiones dobles se confirmó con microscopía con focal y óptica.	que la CPB para gelificar las emulsiones dobles, CPB y SDS podrían adsorber en la interfaz entre el agua y los hidrocarburos modelo (tolueno y aceite de motor), reduciendo la tensión interfacial y rigidizando la interfaz (como se muestra con un canal langmuir).	"bloqueos de emulsión". El etanol también gelificó las emulsiones a 100 mL/L.
10	Rehman et al. 2019	Esta revisión describe los FTW, sus parámetros operativos, el papel de las bacterias en la contaminación degradación, el potencial de la sinergia planta-bacteria en la eliminación de contaminantes orgánica e inorgánica de las aguas residuales y aguas residuales industriales, y proporciona instancias de aplicación exitosa de FTW a escala piloto para la limpieza de aguas residuales y aguas residuales industriales.	Se ha demostrado que el aumento de bacterias en los FTW es el enfoque más efectivo para la recuperación de aguas residuales.	Proponemos que esta tecnología es preferible a otros métodos que requieren alta energía, costos y área para instalar u operar maquinaria.
11	Yang et al. 2020	Para explorar sistemáticamente el crecimiento y la biodegradación de las bacterias que degradan el petróleo marino, se optimizaron las condiciones de crecimiento de una cepa de bacterias que degradan el petróleo marino (HDMP2). Se estudió la ruta de degradación del diesel por la bacteria.	Cuando la velocidad de rotación fue de 179,85 r/min, la concentración de inóculo fue de 2,20 %, el valor de pH fue de 7,86 y la concentración de sal fue de 5,99 %, la biomasa de HDMP2 fue la más alta.	En el proceso de degradación, los componentes del diesel fueron adsorbidos rápidamente en la superficie HDMP2 fue un espacio dinámico donde en la etapa inicial la mayoría de los componentes diesel fueron biodegradados.
12	Zago et al. 2019	El objetivo principal de este estudio fue evaluar el desarrollo, la producción de biomasa y la absorción de elementos minerales tóxicos de tres especies de hierbas aromáticas (Chrysopogon zizanioides, Cymbopogon citratus y Cymbopogon winterianus) Estas tres especies se sembraron en macetas de polipropileno llenas con los residuos de mineral de hierro recogidos de la capa superior del suelo del distrito de Bento Rodrigues. Las macetas se fertilizaron con	Los niveles encontrados en la parte aérea de las plantas no son tóxicos para las plantas en general, porque son por debajo de los límites de toxicidad de 5300 mg kg ⁻¹ de Mn, 15e30 mg kg ⁻¹ de Cu, 100e700 mg kg ⁻¹ de Zn, 5e10 mg kg ⁻¹ de Cd, 1e2 mg kg ⁻¹ de Cr y 10e20 mg kg ⁻¹ de Pb.	La estrategia de fitomanejo propuesta puede tener un aporte significativo en la recuperación paulatina del área afectada y también servir como fuente de ingresos para la población local.

		dosis crecientes de compost orgánico asociado a micorrizas como estrategia de fitomanejo.		
13	Mofokeng et al. 2020	Se prepararon con éxito membranas de nanofibras superhidrofóbicas-superoleófilas mediante una deposición de tres pasos de perflurooctiltrióxido (POTS) en nanotubos de carbono (CNT), seguido de la dispersión de la mezcla en una solución de polímero de fluoruro de polivinilideno (PVDF) antes del electrohilado.	Tras la adición de POTS/CNT en las membranas de nanofibras, la hidrofobicidad aumentó de 96,35 a 143,30, lo que resultó en una capacidad de adsorción de aceite mejorada de 60,20 a 111,4 g-g ⁻¹ .	Las constantes de velocidad aumentaron de 0,019 a 0,034 g-g ⁻¹ min ⁻¹ tras la incorporación de CNT/POTS en membranas de nanofibras de PVDF; indicando así la mejora de la adsorción de los aceites.
14	Saravanan A. et al. 2021	Describe el desarrollo de investigaciones recientes sobre el tratamiento de aguas residuales y se discutieron sus respectivos beneficios/aplicaciones a escala de campo.	Esta auditoría presenta relativamente diferentes metodologías que muestran un poder notable de eliminación de contaminantes de las aguas residuales.	La revisión nos da a conocer que los contaminantes pueden mitigarse mediante metodologías físicas, químicas y biológicas. Se reconocen las dificultades en la mejora de las metodologías de tratamiento para la aplicación comercial pragmática y se introducen los puntos de vista futuros.
15	Ramirez et al. 2019	Se analizaron cinco lodos: uno de perforación de petróleo, una refinería de petróleo, un separador de agua y aceite y dos desechos de aceite de motor.	Hubo una buena concordancia entre los datos obtenidos de los espectros de protones 1D y las desintegraciones T2 de Carr-Purcell-Meiboom-Gill (CPMG) (diferencias porcentuales < 5%). Los datos de desintegración T2 mostraron que todos los lodos tenían solo dos componentes atribuidos al aceite y al agua, y se determinaron sus proporciones relativas.	Las técnicas utilizadas en este estudio pueden ser una alternativa para una rápida caracterización de los lodos de hidrocarburos, de forma que se pueda establecer su tratamiento más adecuado.
16	Logeshwaran et al. 2018	Esta revisión proporciona una visión general del destino ambiental, toxicidad y remediación de PH con énfasis particular en la remediación basada en el riesgo que considera el uso de estudios analíticos y toxicológicos para la gestión y remediación efectivas de sitios contaminados con PH.	Los cambios en las adaptaciones y dinámicas microbianas son indicadores importantes para monitorear los efectos de la contaminación por PH.	Se concluye que La contaminación de las aguas subterráneas por hidrocarburos de petróleo (PH) es un grave problema mundial y que el conocimiento de la dinámica microbiana en acuíferos contaminados es importante.

17	Ryzhik et al. 2019	El montaje experimental se suministró con una irradiación de 100 W m ² (aproximadamente 460 mmol de fotones) suministrados por LED lámparas (5 12 W, SMD 2835, luz cálida 3500 K). La irradiación fue medida con radiómetro LI-185A (LI-COR, Lambda Inst., Nebraska, Estados Unidos). La temperatura del agua se mantuvo de 8° a 10° C.	La exposición de diesel WAF no afectó la eficiencia metabólica de <i>F. vesiculosus</i> . Se observó una mayor peroxidación de lípidos en <i>F. vesiculosus</i> expuestos a diesel WAF mientras que la concentración de catalasa disminuyó solo durante el primer día de exposición.	Los resultados sugieren que <i>F. vesiculosus</i> es tolerante a la contaminación por petróleo y la asociación algas-HOB puede agotar de manera eficiente los hidrocarburos de petróleo en mares contaminados por petróleo.
18	Atta Ayman et al. 2020	El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad del jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms) combinado con la presencia de nanopartículas magnéticas recubiertas con productos naturales a base de Mirra para tratar aguas dulces contaminadas por petróleo crudo. Se prepararon, caracterizaron y utilizaron nanopartículas magnéticas basadas en magnetita cubiertas con extractos de mirra para adsorber componentes pesados del petróleo crudo. Los extractos hidrófobos de hexano y éter mirra se aislaron y utilizaron como protección para nanopartículas de magnetita.	Las eficiencias de adsorción de las nanopartículas magnéticas muestran una mayor eficiencia para adsorber más del 95% de los componentes del crudo pesado. Se cultivaron compensaciones de jacinto de agua en tazones que contenían agua dulce del río Nilo en condiciones de invernadero abierto, y sometido a diversos tratamientos de contaminación por petróleo crudo de 0,5, 1, 2, 3 y 5 mL/L durante un mes.	Los resultados indican que el jacinto de agua se puede utilizar para la remediación de aguas ligeramente contaminadas por petróleo crudo. La presencia de nanopartículas de magnetita recubiertas con recursos de Mirra mejoró la remediación de aguas altamente contaminadas por crudo de petróleo.
19	Madikizela et al. 2021	Se revisan las estrategias de remediación que se han propuesto para la remediación de los recursos hídricos a través de la remoción de contaminantes orgánicos utilizando jacinto de agua.	A partir de esta revisión, se puede observar que la mayoría del trabajo revisado se centró más en la eliminación de colorantes orgánicos del agua. En este contexto, se discuten los mecanismos involucrados durante los procesos de adsorción.	Se sugiere una investigación futura que probablemente ayude en la gestión ambiental de los recursos hídricos a través de su remediación con jacinto de agua.
20	Tursi et al. 2018	Se realizó con una tecnología novedosa sin disolventes basada en un reactor de alambique casero en el que la fibra se mantuvo bajo agitación vorticial y el reactivo MDI luego se esparció sobre la	La fibra funcionalizada, caracterizada mediante medidas WCA, XPS y espectroscopía ATR-FTIR, muestra una capacidad de adsorción de cinética de adsorción rápida de hasta 220 mg/g, entre las más altas reportadas hasta ahora en la literatura para materiales celulósicos.	Aquí proponemos una tecnología ecológica y rentable basada en fibra de celulosa hidrofobizada Spanish Broom (SB).

		superficie de la fibra nebulizándolo en forma de gotas micrométricas.		
21	Medjor et al. 2018	Se simularon cinco recipientes de plástico que contenían 90 mL de agua subterránea cada uno con diez mL de queroseno de uso doméstico y se mezclaron adecuadamente con un agitador magnético para obtener un 10% de contaminación. El proceso se repitió con contaminantes de petróleo crudo y diesel.	El porcentaje de reducción en el total de hidrocarburos de petróleo estuvo en el rango de 51,97 a 90,68%.	La hoja de datos de materiales de los reactivos utilizados indica baja toxicidad. El hidrocarburo encapsulado en el revestimiento de sílice es estable incluso en estados ácidos y básicos extremos.
22	Liu et al. 2018	En este trabajo, el efecto de los reactivos químicos (ácido nitrilotriacético y alquil poliglucósido) y <i>Bacillus subtilis</i> sobre la disipación de pireno en la fitorremediación de suelos co-contaminados con níquel se trasladaron a suelos no contaminados y suelos co-contaminados con pireno-níquel. Las macetas (14,8 cm de diámetro y 8,8 cm de altura) se instalaron en invernadero y se trataron de diferentes maneras. Después de 60 días, biomasa vegetal, pérdida radial de oxígeno (ROL), deshidrogenasa del suelo Se determinó la actividad (DHA) y la concentración de pireno en el suelo.	En el proceso de remediación, los reactivos químicos pueden tener un ligero efecto indirecto en la disipación de pireno (la disipación de pireno aumentó un 21 %) al afectar primero al DHA y redistribuir las fracciones de pireno en presencia de bacterias que degradan el pireno. Es probable que las bacterias que degradan el pireno afecten la disipación del pireno al afectar la tasa de ROL y el DHA y jugaron un papel más importante en la contribución a la disipación del pireno (la disipación del pireno aumentó un 45 %) de los humedales.	Demostró que la fitorremediación para pireno en suelos co-contaminados con níquel por <i>Scirpus triqueter</i> puede mejorarse mediante la aplicación de NTA-APG y bacterias degradantes de pireno y podrían restaurar razonablemente el entorno ecológico de los humedales contaminados con HAP
23	Ahmad 2021	<i>Typha latifolia</i> (<i>T. latifolia</i>) es una planta acuática utilizada para la fitorremediación de metales pesados (HM) como cadmio (Cd), cobalto (Co), manganeso (Mn) y TPH (hidrocarburo total de petróleo) para el tratamiento de efluentes secundarios de petróleo. (PSE). Durante este experimento se estudió el crecimiento de <i>T. latifolia</i> en biomasa, concentraciones de nutrientes y metales pesados	Los resultados indicaron que <i>T. latifolia</i> fue más tolerante a Cd, Co y Mn debido a su índice de transferencia (TI) que resultó ser superior a 2,9. Los coeficientes de enriquecimiento de los metales Cd y Co presentes en la raíz resultaron ser superiores a 3.31 a 2.56 y 5.35 a 3.55, respectivamente a diferencia del tallo de <i>T. latifolia</i> . Pero se encontró que el coeficiente de enriquecimiento de Mn era 1,98, que se esperaba que fuera 3,51 al 75%. Asimismo, los coeficientes de enriquecimiento de todos los metales, excepto Co, en raíces de <i>T. latifolia</i>	La fitorremediación es una herramienta innovadora que se puede utilizar para el tratamiento de aguas residuales industriales y agrícolas.

			fueron superiores a 5,36. (TI) para Co (2.95) y Mn (2.55) que es mejor en comparación con los coeficientes de enriquecimiento de Cd (2.35) y TPH (3.45) en PSE.	
24	Afegbua & Batty 2018	Los experimentos investigaron el impacto de la contaminación por PAH en la biomasa de <i>Medicago sativa</i> , <i>Lolium perenne</i> y <i>Festuca arundinacea</i> y la disipación de PAH de aguas enriquecidas con fenantreno (Phe), fluoranteno (Flu) y benzo [a] pireno (B[a]P) en tratamientos simples y mixtos.	Los resultados mostraron un efecto significativo de los tratamientos con PAH en el crecimiento de las plantas con un aumento en el rendimiento de biomasa de raíces para <i>F. arundinacea</i> en los tratamientos Phe (175 %) y Flu (86 %) y una disminución de la biomasa de raíces en el tratamiento mixto (4 %).	Se requieren más estudios sobre el impacto de la contaminación por PAH, la selección de plantas y las actividades de la rizosfera en la estructura de la comunidad microbiana del suelo y el resultado de la remediación.
25	Ezeani & Ihunwo, 2020	Se recolectaron muestras de agua y plantas de cinco estaciones a lo largo del arroyo de junio a octubre de ambos años. La tendencia de la concentración de metales en el agua superficial es Pb > Cr > Ni > Cd en 2018 y Pb > Ni > Cr > Cd en 2019.	La concentración de metales en la raíz está en el orden: Cr > Ni > Pb > Cd, mientras que la tendencia del brote es Cr > Pb > Ni > Cd. En 2019, se detectó Cd en las raíces que varió de $1,009 \pm 0,001$ a $9,545 \pm 0,006$, mientras que Pb varió de $0,298 \pm 0,006$ mg/kg a $121,006 \pm 0,005$ mg/kg.	En el brote, <i>E. crassipes</i> se puede utilizar en la aplicación de rizofiltración como técnica de fitorremediación en el arroyo Woji.

Para las bases teóricas de acuerdo a los conceptos de la contaminación de mar y océanos es un problema grave que afecta directamente a la vida silvestre de los hábitats oceánicos e, indirectamente, a la salud humana. Los derrames de petróleo, residuos tóxicos, el vertido ilegal y la acumulación de plásticos son sólo algunas de las muchas fuentes de contaminación. (Ramírez et al. 2019). Desafortunadamente, las aves y los mamíferos marinos no son capaces de evitar los daños que se producen tras un derrame de petróleo. El óleo cubre su piel, sus plumas y sus patas, inmovilizándolos hasta la muerte. Además, algunos peces sienten curiosidad por el petróleo y lo ingieren pensando que podría ser comida. Los mamíferos marinos, como focas y delfines, nadan y se alimentan a cerca de los derrames de petróleo atraídos por los bancos de peces que se reúnen en el lugar. De esta forma, el petróleo se incorpora a la cadena alimenticia y puede llegar hasta las personas, afectando a la salud humana. (Cardoso et al. 2021).

Debido a esto se habla de una afectación al ecosistema acuático que existentes (Adesipo et al., 2020). Además, se expone a cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua (Futughe et al., 2020). Pocas son las ocasiones en las cuales compuestos tóxicos de hidrocarburos han sido eliminados por evaporación, todo ello depende de su peso molecular, pues algunos pueden disolverse en agua y degradarse, mientras que otros se depositan como sedimentos al fondo del agua (Tursi et al. 2018)

Así mismo la fitorremediación es el tratamiento de plantas que utiliza la capacidad de ciertas especies de plantas para absorber, acumular metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes como metales pesados, metales radiactivos, aceites y compuestos orgánicos en el suelo, el aire, el agua o los sedimentos. (Delgadillo et al. 2011) Estas tecnologías de plantas ofrecen varias ventajas sobre los métodos físicos y químicos utilizados actualmente, como una amplia aplicabilidad, un bajo costo (Nazir et al., 2020). También es estéticamente beneficiosa que captura los gases de efecto invernadero y no requiere una fuente de energía distinta de la energía solar y tiene amplias aplicaciones en diversos campos de concentración de contaminantes (Riley et al. 2020)

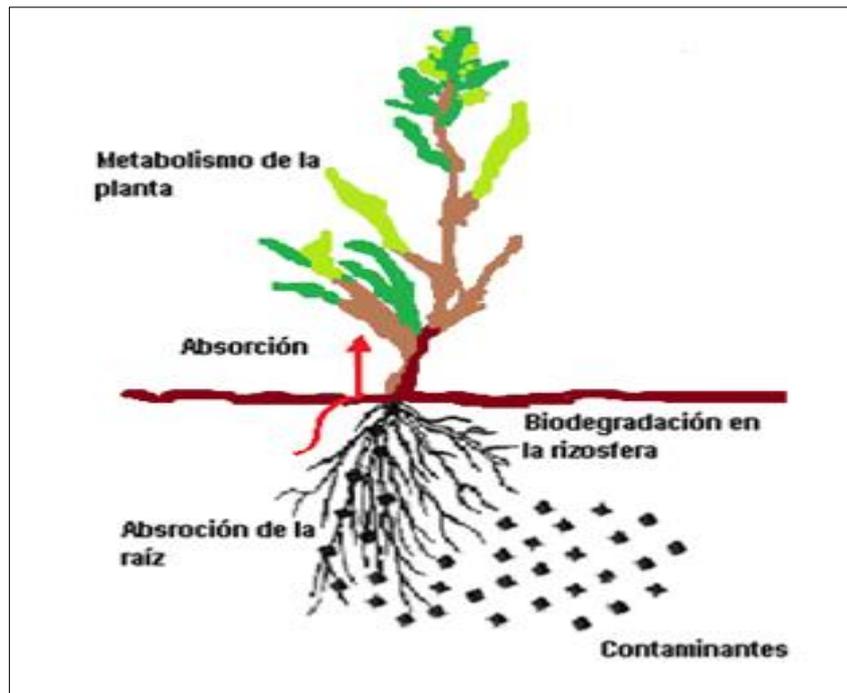


Figura 1: Simbiosis planta microorganismos en sistema de fitorremediación

Fuente: Riley et al. 2020

Los tipos de Fitorremediación que las plantas actúan mediante los procesos como la fitoextracción o fitoacumulación, que presenta la absorción de contaminantes por parte de las plantas, especialmente a través de sus raíces, debido a la capacidad que tienen ciertas especies en los compuestos que se unen para acumularse en sus tejidos (Rozaimah et al., 2020). Durante este proceso, las plantas absorben y/o concentran compuestos contaminantes en partes y tejidos de sus hojas y tallos. (Yan et al. 2021). Especialmente cuando no están degradados rápida o completamente. El acumulador de plantas se usa comúnmente para purificar agua o suelo contaminado con minerales, por lo que utilizar cultivos ultra acumuladores, con alta tasa de crecimiento y alta producción de biomasa donde se cosechan los cultivos permite eliminar los contaminantes del ambiente afectado (Tursi et al. 2018).

En cuanto a la Rizodegradación es conocido como fitoestimulación y pertenece a la captación de contaminantes en las raíces de las plantas, debido a la actividad microbiana asociada a las raíces (Ali et al., 2020). Esta actividad es favorecida por proteínas y enzimas que producen residuos de carbono, energía, nutrientes, azúcares y aminoácidos (Thani et al., 2020). Los ácidos y otros compuestos

aseguran las condiciones adecuadas para el crecimiento microorganismos (Ali et al. 2020)

La fitoestabilización es usar plantas para disminuir la biodisponibilidad de los contaminantes del medio ambiente, se fijan en el suelo y el agua por las raíces de las plantas (Wu et al., 2021). Este módulo es aplicable principalmente a los contaminantes metálicos, ya que es necesario que el compuesto debe estar congelado, porque es incompleto o no es fácil su biodegradación por las plantas (Liu et al. 2018)

La Fitodegradación es la fitotransformación de los compuestos contaminantes se convierten en partículas más simples, para luego incorporar a los tejidos y ayuda a las plantas a crecer (Medjor et al., 2018). La degradación con especies vegetal ocurre en tres etapas: conversión (reacción redox, hidrólisis), conjugación (con azúcares y aminoácidos) e incorporación a la planta (vacuola,membrana) (Medjor et al. 2018).

La Fitovolatilización es el desarrollo de las plantas, se requieren compuestos orgánicos y agua, para que absorban los contaminantes y los entreguen a tallos y hojas, a través de la transpiración y evaporación a través de las estomas de las hojas, expulsando el compuesto en su forma modificada a la atmósfera (Ryzhik et al. 2019)

Debido a la contaminación de los sistemas de abastecimiento de agua y de los recursos naturales que son fuente de sustento, las fugas de hidrocarburos pueden causar daños al medio ambiente y afectar a las poblaciones, reduciendo áreas de producción, cultivos e incluso pérdidas de vidas humanas por incendios. (Lamont et al., 2019). Las consecuencias de los derrames se vuelven catastróficas a medida que cambian las condiciones de vida humana, los bienes, servicios o el medio ambiente son muy graves (Mostafa et al. 2021)

Los hidrocarburos son materiales naturales para las algas acuáticas que se formaron durante millones de años debido a la materia orgánica en la superficie terrestre (Cardoso et al., 2021). El proceso comienza con la fotosíntesis, que forma parte del ciclo del carbono. Con el tiempo, los recursos geológicos han producido grandes cantidades de materiales fósiles. (Wei et al. 2020) Estos materiales se componen esencialmente de diferentes compuestos de fusión, volatilización, y porque consiste solo en átomos de carbono y compuestos orgánicos degradables

de hidrógeno eliminando o convirtiendo en sustancias menos tóxicas ya sea en el suelo o en cuerpos de agua, lo que permite realizar estudios de diseño o estrategias para tratar la cobertura vegetal, para contribuir a su degradación y así aportar a la desinfección de suelos y aguas. (Ahmad 2021)

Los hidrocarburos se dividen según la estructura o tipo de enlaces entre átomos, si nos centramos en el primer tipo, encontramos los siguientes hidrocarburos según su estructura:

Los hidrocarburos acíclicos son hidrocarburos con una estructura de cadena molecular abierta. En las estructuras acíclicas tenemos estructuras lineales o ramificadas (Liu et al., 2018). Al contrario de la clasificación anterior, los hidrocarburos cíclicos son aquellos cuyas cadenas moleculares se autocierran (Mofeken et al., 2020). Por tanto, forman un circuito cerrado por el que fluyen los electrones. Los hidrocarburos cíclicos pueden ser monocíclicos o policíclicos si es necesario (Rehman et al., 2018)

Si nos centramos en la clasificación de los principales tipos, encontramos los siguientes hidrocarburos: Los hidrocarburos aromáticos se forman a partir de una estructura de anillo especial que imita la estructura hexagonal del benceno, del cual se derivan los hidrocarburos aromáticos. Los agentes aromáticos recibieron su nombre porque originalmente se obtuvieron al descomponer algunos químicos que emiten olores agradables (Ryzhik et al., 2019). Los hidrocarburos alifáticos son aquellos hidrocarburos que no tienen anillos aromáticos porque no se derivan del benceno. Obtuvo su nombre porque se deriva de la descomposición del petróleo, y la palabra griega es aleifar (Thani et al., 2020). En cualquier caso, también se dividen en dos tipos de hidrocarburos alifáticos: saturados (con un enlace) e insaturados (con al menos un doble enlace) (Wei et al., 2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es básica, También conocida como una investigación pura, con especificaciones de teoría o sucesos realizados por un individuo. Además, es una manera reflexiva, sistemática, controlable y crítico que pretende descubrir o explicar hechos y fenómenos, relaciones y leyes en un determinado campo de la realidad (Muntane Relat, 2010). Para ello, se llevó a cabo un análisis de la literatura, está basado en la búsqueda de información en bases de datos y documentos elaborados previamente por otros autores.

El diseño de investigación es narrativo porque representan la realidad vivida, porque es a partir del diálogo que la realidad se convierte en el texto que entre los participantes y los investigadores determina los datos que serán analizados en el camino. En otras palabras, los datos ya no existen, por lo que no estamos hablando de recopilar información, sino del proceso de construcción, creación, nutrición de datos, cuyo contexto son precisamente las relaciones y posibilidades del lenguaje (Cardona et al. 2015)

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

Tabla 2: Matriz de Categorización

Título: Revisión Sistemática: Tecnologías de Fitorremediación para el Tratamiento de Aguas Contaminadas por Derrame de Hidrocarburos, 2022					
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	subcategoría	Criterios	Referencias
Especificar los tipos de tecnologías en la actualidad usadas en la fitorremediación de las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos.	¿Cuáles serán los tipos de tecnologías en la actualidad usadas en la fitorremediación de las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos?	Tecnologías Usadas	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de Tecnologías por fitorremediación en aguas de mares 	<ul style="list-style-type: none"> Fitoextracción o fitoacumulación Rizodegradación Fitoestabilización Fitodegradación Fitovolatilización 	<ul style="list-style-type: none"> Verâne et al. 2020 Wu et al, 2021 Yan et al. 2021 Lamont et al. 2020
Establecer los tipos de hidrocarburos que se encuentran en las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos.	¿Cuáles son los tipos de hidrocarburos que se encuentran en las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos?	Hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> Tipos de Hidrocarburos 	<ul style="list-style-type: none"> Hidrocarburos Acíclicos Hidrocarburos Cíclicos Hidrocarburos Aromáticos. Hidrocarburos Alifáticos 	<ul style="list-style-type: none"> Yang et al. 2020 Mofokeng et al. 2020 Ramírez et al. 2019 Ryzhik et al. 2019
Demostrar la eficiencia de remoción de los hidrocarburos totales en base a los tipos de tecnologías actuales en las aguas contaminadas.	¿Cuál será la eficiencia de remoción de los hidrocarburos totales en base a los tipos de tecnologías actuales en las aguas contaminadas?	Remoción de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> % de remoción de hidrocarburos 	<ul style="list-style-type: none"> % Hidrocarburos Acíclicos % Hidrocarburos Cíclicos % Hidrocarburos Aromáticos. % Hidrocarburos Alifáticos 	<ul style="list-style-type: none"> Madikiziela et al. 2021 Medjor et al. 2018 Tursi et al. 2018 Ahmad 2021

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio se realizará o se ha realizado el estudio, así como el acceso al estudio, las características de los participantes y los recursos disponibles que se han identificado desde que se desarrolló el proyecto. (Lopez 1999)

En nuestro proyecto de investigación los principales escenarios de estudio son las aguas contaminadas por hidrocarburos, laboratorios empleados en las muestras de agua de las diferentes investigaciones plasmadas en los artículos utilizados de acuerdo a la elección de inclusión.

3.4. Participantes

Las páginas web consultadas, de las cuales se recopiló la información, se consideran participantes para la investigación de revisión sistemática, siendo estos participantes como: ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>, SpringerLink: <https://link.springer.com/> y MDPI: <https://www.mdpi.com/> como base de datos de la biblioteca virtual de la Universidad César Vallejo.

3.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos

Como técnica que se utilizó es el análisis documental en el cual se trata de recolectar datos sobre las características de un individuo, fenómeno o situación. En esta metodología, el investigador no estudia el fenómeno en sí, sino que se conforma con impresiones de fuentes secundarias (informes, registros elaborados por otros investigadores, encuestas, libros, fotos, videos, audios, entrevistas, artículos, diplomas, etc.) (Ríos, 2020).

Como instrumento se utilizó fueron fichas de recolección de datos, pues se plasmó por escrito la información importante que se utilizó en los procesos de búsqueda de información, de acuerdo a las categorías y subcategorías planteadas en la investigación.

3.6. Procedimientos

El procedimiento del trabajo de investigación se dio en 3 etapas, estos son esenciales para la compilación de información, donde se seleccionaron en una secuencia sistemática, ordenada y objetiva. Se utilizaron fuentes como: ScienceDirect, Springer Link y MDPI. Para ello cada base de datos se usó palabras claves ideales en idiomas inglés y español.

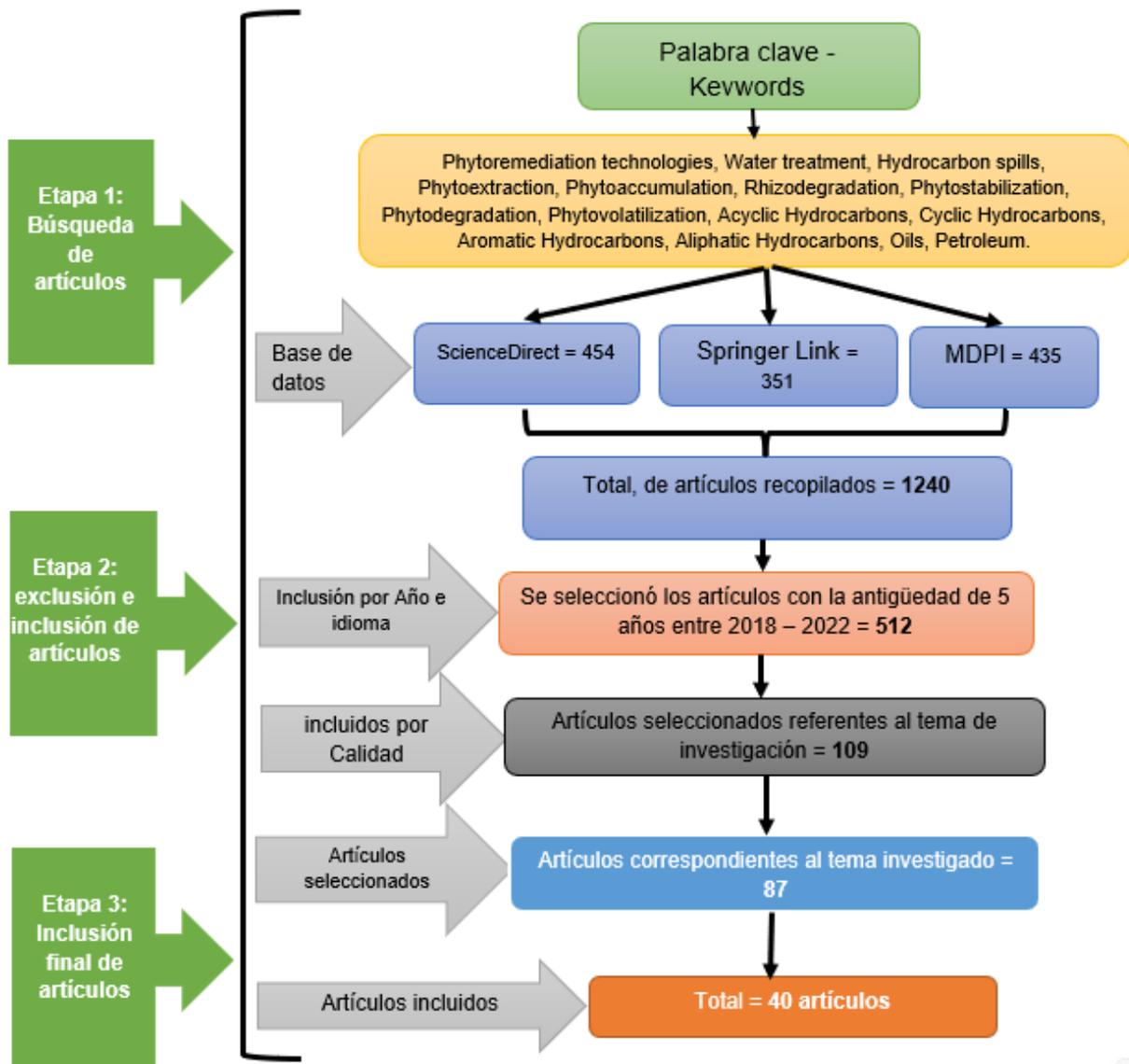


Figura 2: Diagrama de flujo de artículos y revistas utilizados

3.7. Rigor científico

En nuestro proyecto de investigación los principales escenarios de estudio son las aguas contaminadas por hidrocarburos, laboratorios empleados en las muestras de agua de las diferentes investigaciones plasmadas en los artículos utilizados de acuerdo a la elección de inclusión.

3.8. Método de análisis datos

Se utilizó como método de análisis, mediante un resumen o recopilación de la información encontrada. Esto permitió almacenar, clasificar, sistematizar o interpretar el porcentaje de conjuntos de datos recopilados en términos de tecnologías de fitorremediación para el tratamiento de aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos en los programas de Microsoft Excel y Microsoft Word para posteriormente plantearlos en los resultados de la investigación.

3.9. Aspectos éticos

Según (Sánchez y Vázquez, 1969) la ética de un investigador de acuerdo a la teoría o ciencia es el comportamiento de la moral del individuo en sociedad, una ciencia de una forma específica de una conducta humana respetando los derechos de información de un investigador.

Por ello los aspectos éticos con los que cumplió la investigación son: El cumplimiento de la normativa vigente establecida por la universidad Cesar Vallejo, Resolución rectoral 0089-2019. Uso estricto del manual de Referencia estilo ISO-690 Calidad del presente documento mediante el programa Turnitin demostrando la autenticidad del trabajo presentado por los autores

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Seguido al desarrollo del trabajo de investigación del primer objetivo específico en cuanto a los tipos de tecnologías actuales usadas en la fitorremediación de las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos. Son ocasionados por accidentes o los malos sistemas de los ductos de transporte de la materia prima, queda especificado en la **Tabla 3** los procesos que se usa al momento de contra restar la emergencia suscitada en el momento del derrame del hidrocarburo.

Tabla 3: Tecnologías actuales usadas en la fitorremediación.

Autores	Contaminante	Tecnologías de fitorremediación	Porcentaje de remoción	Tiempo de recuperación
Fahid et al. 2020	Diesel	Este estudio investigó el efecto del aumento bacteriano en humedales flotantes de tratamiento (FTW, por sus siglas en inglés) en la remediación de agua contaminada con gasóleo. Una planta helófila, <i>Phragmites australis</i> (<i>P. australis</i>), se sembró con vegetación en una estera flotante para establecer FTW para la remediación de agua contaminada con diesel (1%, p/v).	La máxima reducción de hidrocarburos (95,8%), demanda química de oxígeno (98,6%), demanda bioquímica de oxígeno (97,7%), carbono orgánico total (95,2 %), fenol (98,9 %) y se examinó la toxicidad cuando se emplearon plantas y bacterias en combinación.	El tratamiento para la recuperación de estas aguas de mar contaminadas con diésel tuvo una duración de 90 días.
Ndimele et al., 2018	Petróleo	Biorremediación tecnología que se aplica mediante procesos biológicos que involucran el uso de muchos	Mediante la aplicación de las tres especies de hongos autóctonos: <i>Pleurotus tuberregium</i> , <i>Pleurotus pulmonarius</i> y <i>Lentinus squarrosulus</i> .	La recuperación de las aguas contaminadas por petróleo por aplicación de

		microorganismos nativos en el agua.	redujeron al crudo de petróleo en 72%, 38% y 64% del total derramado de petróleo en el agua.	microorganismos fue por un tiempo de 15 días.
Abdullah et al., 2020	Hidrocarburos	La fitorremediación y remediación asistida por plantas es considerada una de las mejores tecnologías para manejar el agua contaminada por hidrocarburos.	La aplicación de Juncia gris (<i>Lepironia articulada</i>), el hidrocarburo degradado de las aguas contaminadas fue un 80% de eficiencia. Además, la Seepweed (<i>Suaeda glauca</i>), logró una degradación del hidrocarburo en 40% por la planta después de 90 días.	El tiempo de recuperación de las aguas contaminadas por hidrocarburos fue de 90 días
Razi et al., 2022	Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)	Biorremediación mediante un potencial de hongos autóctonos productores de biosurfactantes	Mediante la aplicación de <i>Aspergillus terrus</i> aislado Shu1 logrando eliminar el 57% del TPH y <i>Aspergillus fumigatus</i> aislado Shu2 logró disminuir el 63% del total de TPH en 16 días de tratamiento.	El tiempo de recuperación por las especies usadas fue por un periodo de 16 días.
Wang et al., 2022	Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)	Biorremediación y fitorremediación las tecnologías que emplearon las especies vegetales y macroorganismos fue la Rizodegradación y absorción.	El efecto sinérgico de las bacterias degradadoras de aceite y la planta mejoraron la degradación de TPH en un 83% de total presente en al agua.	El tiempo de recuperación de las aguas contaminas por hidrocarburos por las especies vegetales asistidas por microorganismo fue de 40 días.

Arora et al., 2018	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)	La tecnología de biorremediación muestra una elevación con una tasa de crecimiento anual de aplicación a aguas contaminadas.	La aplicación de bacterias y hongos lignolíticos en la degradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos tuvieron una eficiencia de 65% del total acumulados en las aguas.	El tiempo de recuperación fue de 60 días de tratamiento.
Medic et al., 2020	Petróleo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (fluoreno, fenantreno, pireno)	Biorremediación tecnología nuevas con el uso de microorganismos en degradar los diferentes tipos de hidrocarburos.	La aplicación de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> san ai, una bacteria alcalifílica, tolerante a los metales, degrada compuestos individuales de petróleo tuvieron una eficiencia del 80%, 98%, 96%, 50% y 41% sobre el petróleo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (fluoreno, fenantreno, pireno) en un periodo de 7 días.	El tiempo de tratamiento de recuperación de las aguas contaminadas por hidrocarburos por los microorganismos fue de 7 días.
Perdigao et al., 2021	Hidrocarburos de Petróleo.	Fitorremediación asistida con microorganismos (<i>Pseudomonas</i> , <i>Rhodococcus</i> y <i>Acinetobacter</i> .)	El uso de <i>Pseudomonas</i> , <i>Rhodococcus</i> y <i>Acinetobacter</i> la atenuación natural (NA); bioestimulación (BS) (adición de nutrientes); la bioaumentación mostró la mayor degradación de hidrocarburos en 66% del total acumulado en el agua.	El tiempo de recuperación de las aguas contaminadas por hidrocarburos fue de 15 días.

De acuerdo al desarrollo de la investigación en cuanto a las tecnologías de hoy en día aplican a las emergencias de derrames de hidrocarburos en las fuentes de aguas como ríos, quebradas, lagos y el mar. Según su investigación Dhanwal et al., (2017), usaron la Fitorremediación como método de tratamiento sostenible con la capacidad de las plantas en absorber, estabilizar o metabolizar los contaminantes. Logrando eliminar el 67% por la especie Alfalfa (*Medicago sativa* L.) y 96% por Indian grass (*Sorghastrum nutans*) sobre los hidrocarburos depositados en las aguas. Que al igual con su investigación Ndimele et al., (2018), usaron la Biorremediación como tecnología actual que se aplica mediante procesos biológicos que involucran el uso de muchos microorganismos nativos en el agua. estimando una eficiencia por los microorganismos *Pleurotus tuberregium*, *Pleurotus pulmonarius* y *Lentinus squarrosulus*. redujeron al crudo de petróleo en 72%, 38% y 64% del total derramado de petróleo en el agua.

Asimismo, en su investigación Abdullah et al., (2020), evaluaron la fitorremediación y remediación asistida por plantas como mejores tecnologías para manejar el agua contaminada por hidrocarburos. obtuvieron la eficiencia por Juncia gris (*Lepironia articulada*), sobre el hidrocarburo en un 80%, en cuanto a Seepweed (*Suaeda glauca*), logró una degradación del hidrocarburo en 40% por la planta después de 90 días por las 2 especies utilizadas. Al igual que en su investigación Razi et al., (2022), usaron la Biorremediación mediante un potencial de hongos autóctonos productores de biosurfactantes. Demostrando la eliminación de *Aspergillus terreus* aislado Shu1 logrando eliminar el 57% del TPH y *Aspergillus fumigatus* aislado Shu2 logrando disminuir el 63% del total de TPH en 16 días de tratamiento. Además, según Medic et al. (2020), evaluaron la Biorremediación como una tecnología nueva con el uso de microorganismos en degradar los diferentes tipos de hidrocarburos. Logrando que las *Pseudomonas aeruginosa* san ai, una bacteria alcalifílica, tolerante a los metales, degrada compuestos individuales de petróleo tuviera una eficiencia del 80%, 98%, 96%, 50% y 41% sobre el petróleo, hidrocarburos aromáticos policíclicos (fluoreno, fenantreno, pireno) en un periodo de 7 días.

Seguidamente dando resultados al objetivo específico 2, se especifica los tipos de hidrocarburos que se encuentran en las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos estos fueron evaluados en las diferentes investigaciones realizadas de acuerdo a cada artículo, en donde se demuestra en la **Tabla 4** una relación de contaminantes evaluados.

Tabla 4: Tipos de hidrocarburos que se encuentran en las aguas contaminadas

Tipo de hidrocarburos	Fuente
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Ezeani et al. 2020
Cicloalcanos (Petróleo)	Ekperusi et al. 2020
Fenol (Hidrocarburos aromáticos policíclicos)	Fahid et al. 2020
Pireno (Hidrocarburos aromáticos policíclicos)	Liu et al. 2018
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Afegbua et al. 2018
Cicloalcanos (Petróleo)	Ahmad et al. 2021
Cicloalcanos (Petróleo)	Atta et al. 2020
Cicloalcanos (Petróleo)	Cardoso et al. 2021
Cicloalcanos (Petróleo)	Adesipo et al., 2020
Cicloalcanos (Petróleo)	Cardoso et al., 2021
Cicloalcanos (Petróleo)	Logeshwaran et al., 2018
Alcanos (Queroseno), cicloalcanos (petróleo) e Hidrocarburos aromáticos policíclicos (gasóleo)	Medjor et al., 2018
Cicloalcanos (Petróleo)	Medic et al., 2020
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Ndimele et al., 2018
Cicloalcanos (Petróleo)	Ramírez et al., 2019
Cicloalcanos (Petróleo)	Razi et al., 2022
Cicloalcanos (Petróleo)	Riley et al., 2020

De acuerdo a la tabla 4 en relación al segundo objetivo específico se sistematizaron todos los tipos de hidrocarburos que fueron evaluados y removidos por las diferentes técnicas empleadas en los tratamientos de las aguas contaminadas por acumulación de hidrocarburos causados por un derrame fortuito o ocasionado por la mano del hombre en cuanto a su transporte.

Además, en la tabla 4 se da a conocer los tipos de hidrocarburos encontrados en cada estudio, tal como las investigaciones realizadas por Ekperusi et al. 2020, Ahmad et al. 2021 y Cardoso et al. 2021 que realizaron tratamientos de remoción y eliminación de cicloalcanos (petróleo) presente en agua, en los cuales se ha aplicado diversas técnicas de fitorremediación para lograr una alta eficiencia. A comparación del estudio realizado por Fahid et al. 2020 que solo realizó un tratamiento de 7 días y a una temperatura de 80°C para eliminar el fenol presente en agua subterránea.

En la investigación realizada por Afegbua et al. 2018 señala que encontró Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos en agua, el cual aplico consorcios microbianos para eliminar en 30 días HAP. A diferencia del estudio realizado por Atta et al. 2020 que realizó la técnica de bioaumentación para eliminar cicloalcanos (petróleo), estos fueron sometidos a temperaturas de 120°C y con un pH de 7.6 para remover hasta el 90% de hidrocarburos presentes en agua. Sin embargo, en el estudio de Medjor et al., 2018 señala que realizó tratamientos de fitorremediación para eliminar Alcanos (Queroseno), cicloalcanos (petróleo) e Hidrocarburos aromáticos policiclicos (gasóleo) en un periodo de 144 horas.

Seguidamente en la **Tabla 5** se establece nuestro tercer resultado al objetivo específico 3, la eficiencia de remoción de los hidrocarburos totales en base a los tipos de tecnologías actuales en la degradación de los hidrocarburos que se encontraron en las aguas contaminadas por derrames de hidrocarburos.

Tabla 5: Remoción de los hidrocarburos totales en base a los tipos de tecnologías actuales

Tecnologías de fitorremediación	Tipo de hidrocarburo	Temperatura	pH	Tiempo	Eficiencia de remoción	Fuente
Rizorremediación	Hidrocarburos Totales de petróleo	80°C	4.5	120 días	La abundancia de bacterias de la rizosfera con el mayor EE observado en granate aumentó significativamente ($P < 0,05$) mediante el tratamiento con especies de fitorremediación, hidrocarburos 75 g/kg suelo y estiércol de vaca 5 g/kg suelo (T4) ($P < 0,05$) ($P < 0,05$) $< 0,05$). 4980), el más bajo entre <i>S. arundinaceum</i> . En el mismo tratamiento, <i>H. rufa</i> .	Ruley et al. 2020
Encapsulación de Silice	Hidrocarburos Totales de Petróleo	72°C	3	6 días	El porcentaje de reducción en el total de hidrocarburos de petróleo estuvo en el rango de 51,97 a 90,68%.	Medjor et al. 2018
Biodegradación Eficiente	<i>n</i> -alcanos (<i>n</i> -hexadecano, <i>n</i> -nonadecano) e	30°C	9.8	7 días	Degrada compuestos de petróleo individuales seleccionados, es decir, <i>n</i> -alcanos (<i>n</i> -hexadecano, <i>n</i> -nonadecano) e	Medic et al. 2020

	hidrocarburos aromáticos policíclicos (fluoreno, fenantreno, pireno)				hidrocarburos aromáticos policíclicos (fluoreno, fenantreno, pireno) con una eficiencia del 80%, 98%, 96%, 50% y 41%, respectivamente.	
Membranas de nanofibras superhidrofóbicas-superoleófilas mediante una deposición de tres pasos de perflurooctiltriétoxisilano (POTS) en nanotubos de carbono (CNT).	Aceite de motor	143 °C	5.0	1 día	Tras la adición de POTS/CNT en las membranas de nanofibras, la hidrofobicidad aumentó de 96 °C a 143 °C, lo que resultó en una capacidad de adsorción de aceite mejorada de 60,20 a 111,4 gr/kg	Mofokeng et al. 2020
Rizodegradación	Aceite de motor gastado	175°C	8.6	4 días	La altura de la planta, el número de hojas, el área foliar, la clorofila A, B y el área estomática se redujeron en un 21,33-72,89%; el número y el peso seco de los frutos se redujeron en un 67,4-13,58%. Se incrementó el número de estomas en la	Oluwanisola et al. 2018

					superficie adaxial en un 57,73% y en la superficie abaxial en un 34,99%. Los contenidos de Na, K, Cr, Cd y Fe aumentaron entre 0,0178 y 6,2698 mg/kg.	
Biorremediación	Hidrocarburos de petróleo	94°C	4.0	15 días	El acetato fue el mejor sustrato para el crecimiento del consorcio. BA/A mostró la mayor degradación de hidrocarburos (66%).	Perdigao et al. 2020
Resonancia Magnética Nuclear	Aceite de motor de desecho	550°C	2.3	1 día	Reducción del 87% de aceite de motor presente en agua.	Ramírez et al. 2019
Comunidades de rizobacterias	Hidrocarburos de petróleo	94°C	4.5	120 días	Remoción del 80% de HTP presentes en aguas subterráneas.	Ruley et al. 2020
Degradación Microbiana	Hidrocarburos de petróleo	160°C	7.5	6 días	Después de seis días, la pérdida del 80 % de THC en el diésel WAF sugiere que el HOB asociado con Fucus consumía activamente el petróleo hidrocarburos. La tasa de consumo estimada fue 366,03 ± 40,15 mg hidrocarburos d1 en 1 L de diesel WAF.	Ryzhik et al. 2019
Hidrofobización	Hidrocarburos de petróleo	214°C	4.4	4 días	Rápida cinética de adsorción de hidrocarburos con eficiencia de remoción superior al 90%.	Tursi et al. 2018

Fitorremediación en mesocosmos	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	120°C	8.4	90 días	La fitorremediación (60,76%) mostró una mejor eficiencia en la remediación de los 16 HAP en comparación con la atenuación natural (49,57%).	Verane et al. 2020
Biosurfactantes de lodos de petróleo.	Hidrocarburos Totales de petróleo.	180°C	4.6	45 días	El hongo <i>Fumigatus</i> aislado Shu2 había eliminado con éxito el 57% de TPH del lodo contaminado.	Othman et al. 2022
Bioaumentación	Campos Petroleros	90°C	7.5	8 días	La bioaumentación de <i>P. australis</i> mejoró significativamente la eficiencia de la planta en la reducción del contenido de aceite (97 %), DBO (97 %), DQO (93 %) en las aguas residuales.	Rehman et al. 2018

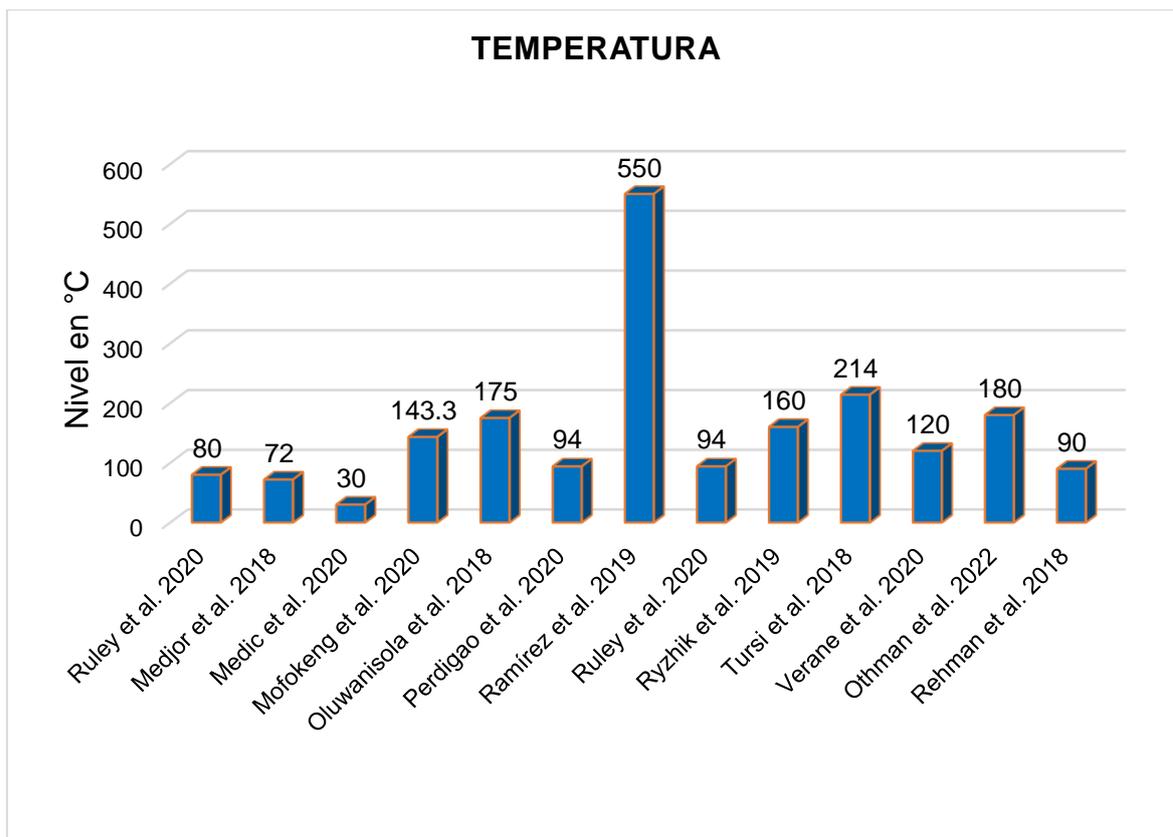


Figura 3: Temperatura empleada de remoción de hidrocarburos.

De acuerdo a la figura 3 en el cual se da a conocer el tiempo empleado por cada investigador, en el que resalta que a máxima temperatura mayor remoción y poco tiempo de tratamiento para la eliminación de hidrocarburos. Tal es el caso del estudio realizado por Ramírez et al. 2019 que empleó 550°C para eliminar el 87% de aceite de motor de desecho presente en el agua, esto solo implicó 1 día de tratamiento. A comparación del estudio realizado por Medic et al. 2020 que empleó 30°C de temperatura, 9.8 de pH y 7 días de tratamiento de biodegradación para lograr una eficiencia de eliminación (*n*-hexadecano, *n*-nonadecano) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (fluoreno, fenantreno, pireno) con una eficiencia del 80%, 98%, 96%, 50% y 41%, respectivamente.

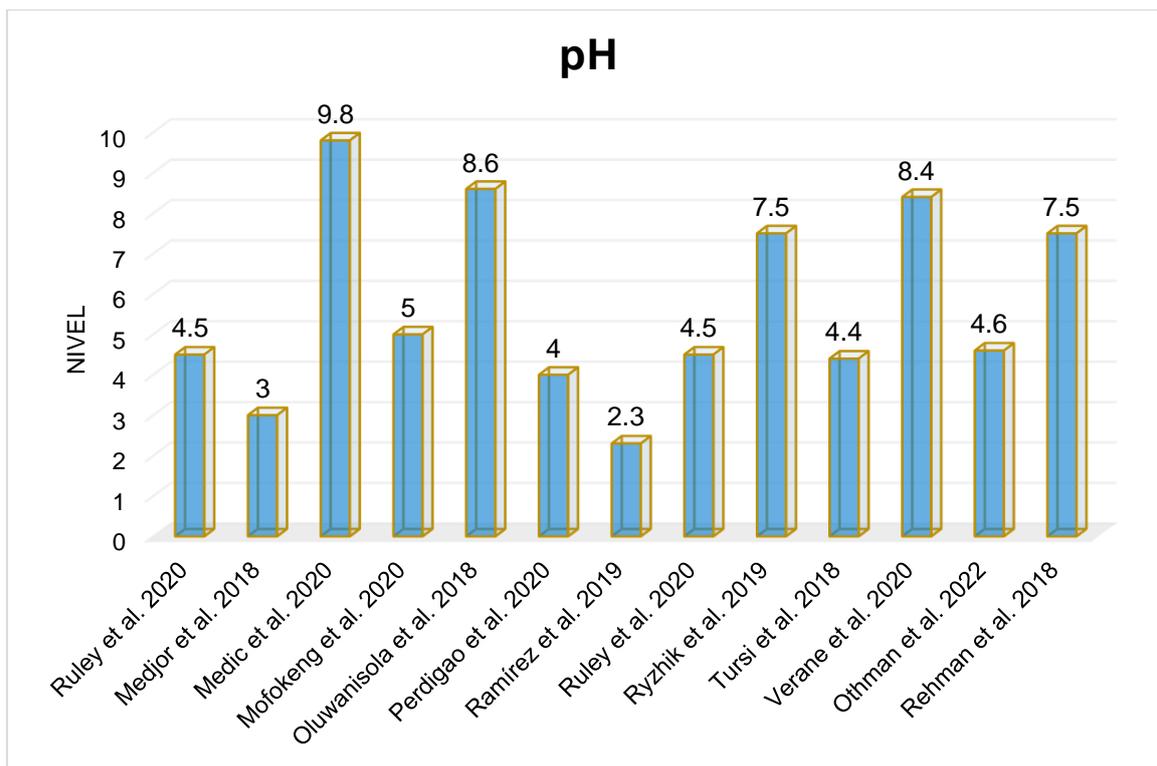


Figura 4: pH empleado para la remoción de hidrocarburos

De acuerdo a la figura 4 en el cual indica el pH utilizado por cada investigador para la remoción de hidrocarburos, en cada estudio se varía el nivel de pH, esto de acuerdo al ambiente en el cual se desarrolla cada planta o bacteria que sea utilizada para llevar a cabo los tratamientos. En la investigación de Medic et al. 2020 señala que para lograr tener una eficiencia del 96% de remoción de hidrocarburos utilizó un pH 9.8 durante 7 días. A comparación de los estudios realizados por Ramirez et al. 2019 y Medjor et al. 2018 que utilizaron pH de 2.3 y 3, respectivamente para tener una alta eficiencia de remoción del 87% de hidrocarburos. Y las investigaciones de Ryzhik et al. 2019 y Rehman et al. 2018 que utilizaron 7.5 de pH en técnicas de degradación microbiana y bioaumentación, logrando una eficiencia de remoción del 80%.

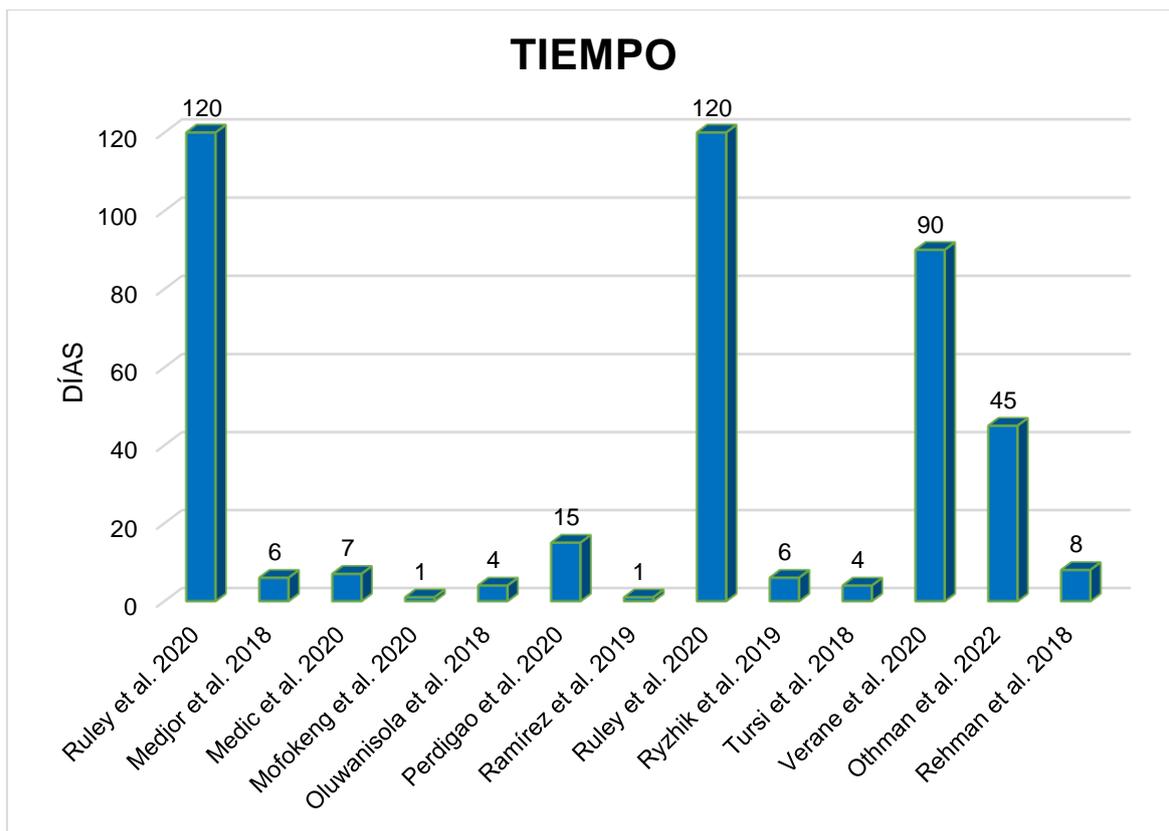


Figura 5: Tiempo empleado para la remoción de hidrocarburos.

De acuerdo a la figura 5 el cual da a conocer el tiempo empleado por cada investigador para remover hidrocarburos; en las investigaciones realizadas por Mofokeng et al. 2020 y Ramírez et al. 2019 indican que solo emplearon 1 día para lograr remover altas cantidades de aceite de motor, esto debido a altas temperaturas en las que se realizaron cada tratamientos A comparación de los estudios realizados por Tursi et al. 2018 y Oluwanisola et al. 2018 que solo emplearon 4 días a través de la rizodegradación e hidrofobización tuvieron una rápida adsorción de hidrocarburos del 90%.

V. CONCLUSIONES

En la investigación sobre los tipos de tecnologías utilizadas en la fitorremediación de aguas contaminadas por derrames de hidrocarburos, se concluyó que los procesos de recuperación de la calidad del agua utilizaron la biorremediación asistida con microorganismos y la fitorremediación por medio de plantas, que fueron más eficientes en la eliminación de contaminantes derivados de hidrocarburos.

Mediante los análisis correspondientes de los hidrocarburos que se encontraron en las aguas, se concluyó que los más frecuentes fueron los hidrocarburos totales de petróleo, fenol, hidrocarburos aromáticos policíclicos, petróleo crudo, hidrocarburos de petróleo que afectaban a la diversidad de especies acuáticas que fueron removidos por los procesos de biorremediación y fitorremediación.

Mediante los estudios establecidos de acuerdo a la eficiencia de remoción de los hidrocarburos en base a las tecnologías usadas en las aguas contaminadas se concluyó que los procesos de biorremediación con microorganismos tuvieron mejor eficiencia de remoción en 80 % a los hidrocarburos de petróleo y la fitorremediación por plantas tuvieron una mejor remoción de 72.89% de los aceites.

VI. RECOMENDACIONES.

Se recomienda seguir investigando nuevos tipos de tecnologías usadas en la fitorremediación de las aguas contaminadas por derrame de hidrocarburos ya que fueron muy eficientes en degradar a los hidrocarburos, y los procesos no alteran los componentes ambientales.

Se recomienda seguir desarrollando trabajos de biorremediación y fitorremediación con el uso de bacterias y plantas manteniendo los controles de tiempos en los mejores porcentajes de remoción de hidrocarburos totales de petróleo, fenol, hidrocarburos aromáticos policíclicos, petróleo crudo, hidrocarburos de petróleo que se encuentren en las aguas.

Se recomienda desarrollar trabajos de investigación usando tipos de microorganismos y plantas flotantes en la degradación de hidrocarburos para alimentar a las investigaciones con otros porcentajes ya establecidos por diferentes tecnologías de fitorremediación de las aguas contaminadas.

REFERENCIAS

1. Adesipo, Adegbite et al. Prospects of in-situ remediation of crude oil contaminated lands in Nigeria [En línea] *Scientific African* Volume 8, July 2020, e00403 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00403>
2. Afegbua & Batty. Effect of single and mixed polycyclic aromatic hydrocarbon contamination on plant biomass yield and PAH dissipation during phytoremediation [En línea] *Environmental Science and Pollution Research* - volume 25(18), 2018 pp. 18596 – 18603 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1987-1>
3. Ahmad 2021. Phytoremediation of heavy metals and total petroleum hydrocarbon and nutrients enhancement of *Typha latifolia* in petroleum secondary effluent for biomass growth [En línea] *Environmental Science and Pollution Research*- volume 29(2), 2021 – pp. 5777 – 5786 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16016-5>
4. Ali, S.; Abbas, Z.; Rizwan, M.; Zaheer, I.E.; Yavaş, İ.; Ünay, A.; Abdel-DAIM, M.M.; Bin-Jumah, M.; Hasanuzzaman, M.; Kalderis, D. Application of Floating Aquatic Plants in Phytoremediation of Heavy Metals Polluted Water: A Review. *Sustainability* 2020, 12, 1927. <https://doi.org/10.3390/su12051927>
5. Atta, A.M.; Mohamed, N.H.; Hegazy, A.K.; Moustafa, Y.M.; Mohamed, R.R.; Safwat, G.; Diab, A.A. Green Technology for Remediation of Water Polluted with Petroleum Crude Oil: Using of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms Combined with Magnetic Nanoparticles Capped with Myrrh Resources of Saudi Arabia. [En línea] *Nanomaterials* 2020, 10, 262. [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nano10020262>
6. Arora, NK Biorremediación: un enfoque verde para la restauración de ecosistemas contaminados. [En línea] *Sostenibilidad Ambiental* 1, 305–307 (2018). [Fecha de consulta: 16 de agosto del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42398-018-00036-y>
7. Abdullah Siti et al. Plant-assisted remediation of hydrocarbons in water and soil: Application, mechanisms, challenges and opportunities [En línea] *Chemosphere* – volume 247(1), 2020, pp. 349 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125932>

8. Cardoso et al. Remediation of petroleum contaminated saline water using valueadded adsorbents derived from waste coconut fibres [En línea] Chemosphere – volume 279(2), 2021, pp. 45 – 75 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130562>
9. Dhanwal, P., Kumar, A., Dudeja, S., Chhokar, V., Beniwal, V. (2017). Avances recientes en tecnología de fitorremediación. En: Kumar, R., Sharma, A., Ahluwalia, S. (eds) Avances en biotecnología ambiental. [En línea] Springer, Singapur. [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-10-4041-2_14
10. Ezeani & Ihunwo. Assessment of Pb, Cd, Cr and Ni in Water and Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Plant from Woji Creek, Rivers State, Nigeria [En línea] Journal of Applied Sciences and Environmental Management – volume 24(4), 2020, pp. 719 – 727 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: [10.4314/jasem.v24i4.26](https://doi.org/10.4314/jasem.v24i4.26)
11. Ekperusi, A.O., Nwachukwu, E.O. & Sikoki, F.D. Assessing and Modelling the Efficacy of *Lemna paucicostata* for the Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons in Crude Oil-Contaminated Wetlands. [En línea] Sci Rep 10, 8489 (2020). [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65389-z>
12. Ekperusi, AO, Onyena, AP, Chibuike, P. y Ekperusi, OH. In-situ Burning As An Oil Spill Control Measure and Its Effect on the Environment, Actas de la Conferencia y Exposición Internacional Anual de Nigeria de la Sociedad de Ingenieros del Petróleo, 5–7, <https://doi.org/10.2118/198777-MS> (2019).
13. Ekperusi, A. O., Sikoki, F. D. & Nwachukwu, E. O. Application of Common Duckweed (*Lemna minor*) in Phytoremediation of Chemicals in the Environment: State and Future Perspective. [En línea] Chemosphere 223, 285–309, [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.025> (2019).
14. Fahid, Muhammad 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,

- 124890 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124890>
15. Futughe, A.E., Purchase, D., Jones, H. (2020). Phytoremediation Using Native Plants. [En línea] In: Shmaefsky, B. (eds) Phytoremediation. Concepts and Strategies in Plant Sciences. Springer, Cham. [Fecha de consulta: 03 de junio del 2022] Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00099-8_9
 16. Jain, Mahak, et al. A review on treatment of petroleum refinery and petrochemical plant wastewater: A special emphasis on constructed wetlands [En línea] Journal of Environmental Management Volume 272, 15 October 2020, 111057 [Fecha de consulta: 03 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111057>
 17. Kumar, Prabhat et al. Molecular mechanisms in phytoremediation of environmental contaminants and prospects of engineered transgenic plants/microbes [En línea] Science of The Total Environment Volume 705, 25 February 2020, 135858 [Fecha de consulta: 03 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135858>
 18. Lamont et al. 'Emulsion locks' for the containment of hydrocarbons during surfactant flushing [En línea] Journal of Environmental Sciences – volume 90 – pp. 98-109 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.11.021>
 19. Liu et al. Effect of *Bacillus subtilis* and NTA-APG on pyrene dissipation in phytoremediation of nickel co-contaminated wetlands by *Scirpus triqueter* [En línea] Ecotoxicology and Environmental Safety – volume 154(5), 2018, pp. 69-74 [Fecha de consulta: 03 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.028>
 20. Logeshwaran Panneerselvan et al. Petroleum hydrocarbons (PH) in groundwater aquifers: An overview of environmental fate, toxicity, microbial degradation and risk-based remediation approaches [En línea] Environmental Technology & Innovation – volume 10(2), 2018, pp. 175 – 193 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.02.001>
 21. Madikizela et al. Removal of organic pollutants in water using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) [En línea] Journal of Environmental Management –

- volume 295(4), 2021, pp. 654 – 698 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022]
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113153>
22. Medjor et al. Remediation of hydrocarbons contaminated groundwater by silica encapsulation technique [En línea] *Water-Energy Nexus*, volume 1(2), 2018, pp. 134 – 141 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wen.2018.12.001>
 23. Medic, A et al. Efficient biodegradation of petroleum n-alkanes and polycyclic aromatic hydrocarbons by polyextremophilic *Pseudomonas aeruginosa* strain with multidegradative capacity [En línea] *RSC Adv.*, 2020, 10, 14060-14070 [Fecha de consulta: 18 de Agosto del 2022] Disponible en: DOI: 10.1039/C9RA10371F
 24. Mofoken et al. Perfluorooctyltriethoxy silane and carbon nanotubes-modified PVDF superoleophilic nanofibre membrane for oil-in-water adsorption and recovery [En línea] *Journal of Environmental Chemical Engineering – volume 8(6)*, 2020 [Fecha de consulta: 08 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104497>
 25. Mostafa et al. Potentiality of *Azolla pinnata* R. Br. for Phytoremediation of Polluted Freshwater with Crude Petroleum Oil [En línea] *Separations – volume 220(1)* 2021, pp. 429 – 438 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/separations8040039>
 26. Narayan, Bhaskar et al. Current technologies and future perspectives for the treatment of complex petroleum refinery wastewater: A review [En línea] *Bioresource Technology* Volume 355, July 2022, 127263 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127263>
 27. Nazir, M., Idrees, I., Idrees, P., Ahmad, S., Ali, Q., & Malik, A. (2020). Potential of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* L.) for phytoremediation of heavy metals from waste water. [En línea] *Biological and Clinical Sciences Research Journal*, 2020(1). [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2020i1.6>
 28. Ndimele, P. E., Saba, A. O., Ojo, D. O., Ndimele, C. C., Anetekhai, M. A., & Erundu, E. S. (2018). Remediation of Crude Oil Spillage. *The Political Ecology of Oil and Gas Activities in the Nigerian Aquatic Ecosystem*, 369–384. [Fecha

de consulta: 13 de agosto del 2022] Disponible en: doi:10.1016/b978-0-12-809399-3.00024-0

29. OLUWANISOLA, Oluwaloni et al. Anatomical and Physiological Effects of Spent-Engine Oil on Two Varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. from Malvaceae [En línea] *Notulae Scientia Biologicae*, 10(4), 584-596. [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.15835/nsb10410265>
30. Perdigão, R.; Almeida, CMR; Santos, F.; Carvalho, MF; Mucha, AP Optimización de un Consorcio de Bacterias Autóctonas Obtenidas a partir de Sedimentos de Playa para Biorremediación de Hidrocarburos de Petróleo. [En línea] *Agua* 2021, 13, 66. [Fecha de consulta: 16 de agosto del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w13010066>
31. Ramírez, et al. Characterisation of oil sludges from different sources before treatment: High-field nuclear magnetic resonance (NMR) in the determination of oil and water content [En línea] *Journal of Petroleum Science and Engineering – volume 174(2)*, 2019, pp. 729 – 737 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.11.078>
32. Razi, A 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: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107621>
33. Rehman et al. Floating treatment wetlands as biological buoyant filters for wastewater reclamation [En línea] *International Journal of Phytoremediation – volume 21(13)* 2019 pp. 1273 – 1289 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1633253>
34. Rehman, Khadeeja et al. Inoculation with bacteria in floating treatment wetlands positively modulates the phytoremediation of oil field wastewater [En línea] *Journal of Hazardous Materials – volume 349(5)* – pp. 242 – 251 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.02.013>
35. Riley J.A. Rhizobacteria Communities of Phytoremediation Plant Species in Petroleum Hydrocarbon Contaminated Soil of the Sudd Ecosystem, South

Sudan [En línea] International Journal of Microbiology/2020/Article [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/6639118>

36. Rozaimah, 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: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125932>
37. Ryzhik et al. Tolerance of *Fucus vesiculosus* exposed to diesel water-accommodated fraction (WAF) and degradation of hydrocarbons by the associated bacteria [En línea] Environmental Pollution – volume 254, 2019, pp.154 – 495 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113072>
38. Saravannan et al. Effective water/wastewater treatment methodologies for toxic pollutants removal: Processes and applications towards sustainable development [En línea] Chemosphere – volume 280(2), 2021, pp. 74 – 167 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130595>
39. Thani, R.F. Phytoremediation of polluted soils and waters by native Qatari plants: Future perspectives [En línea] Environmental Pollution Volume 259, April 2020, 113694 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113694>
40. Tursi, Antonio et al. Remediation of hydrocarbons polluted water by hydrophobic functionalized cellulose [En línea] Chemosphere Volume 201, June 2018, Pages 530-539 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.044>
41. Verâne Jéssica et al. Phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mangrove sediments using *Rhizophora mangle* [En línea] Marine Pollution Bulletin – volume 18(1) 207 – 221, 2020 [Fecha de Consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111687>
42. Wang, A et al., Synergetic effects of microbial-phytoremediation reshape microbial communities and improve degradation of petroleum contaminants [En línea] Journal of Hazardous Materials Volume 429, 5 May 2022, 128396 [Fecha

- de Consulta: 15 de agosto del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.128396>
43. Wei, Zihan et al. A review on phytoremediation of contaminants in air, water and soil [En línea] *Journal of Hazardous Materials* – volume 168(1) 2021, pp. 28-98 [Fecha de consulta: 03 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123658>
44. Wu, Xiao et al. Diversity and functional characteristics of endophytic bacteria from two grass species growing on an oil-contaminated site in the Yellow River Delta, China [En línea] *Science of The Total Environment* Volume 767, 1 May 2021, 144340 [Fecha de consulta: 05 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144340>
45. Yan et al. Phytoremediation of radionuclides in soil, sediments and water [En línea] *Journal of Hazardous Materials* – volume 407(2), 2021, pp. 34-121 [Fecha de consulta: 05 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124771>
46. Yang et al. Isolation, enhanced growth, and degradation characterization of a strain marine petroleum degrading bacteria [En línea] *Environmental Technology & Innovation* – volume 18(1), 2020, pp. 48 – 148 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100796>
47. Zago et al. Strategy for phytomanagement in an area affected by iron ore dam rupture: A study case in Minas Gerais State, Brazil –volume 249(1), 2019, pp. 1029 – 1037 [Fecha de consulta: 06 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.060>



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, UGARTE ALVAN CARLOS ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Revisión Sistemática: Tecnologías de Fitorremediación para el Tratamiento de Aguas Contaminadas por Derrame de Hidrocarburos", cuyos autores son QUISPE ARI YULY, TICONA RIVAS JUAN CARLOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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, 07 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
UGARTE ALVAN CARLOS ALFREDO DNI: 10473562 ORCID: 0000-0001-6017-1192	Firmado electrónicamente por: CUGARTEA el 26-12- 2022 12:39:11

Código documento Trilce: TRI - 0478985