



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua:
Revisión sistémica

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Boada Hernández, Haylanderth Coradino (ORCID: 0000-0002-5495-9941)
Ramos Quispe, Karen Patricia (ORCID: 0000-0003-2345-1317)

ASESOR:

M.Sc. Grijalva Aroni, Percy Luis (ORCID: 0000-0002-2622-784X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios como fuente primordial por concedernos las fuerzas necesarias para llegar hasta esta etapa y haber alcanzado nuestros objetivos, así mismo a nuestras familias que son nuestra mayor motivación dándonos consejos y palabras de superación para poder terminar con éxito nuestra carrera profesional.

Agradecimiento

A nuestros padres por apoyarnos en todo momento, por los valores que nos han infundido y por darnos la oportunidad de tener una excelente educación y sobre todo por ser nuestros ejemplos a seguir.

Índice de contenido

Caratula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Figuras	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización.....	12
3.3. Escenario de estudio	12
3.4. Participantes.....	13
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.6. Procedimiento.....	13
3.7. Rigor científico.....	15
3.8. Método de análisis de datos	15
3.9. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1. Tipos de métodos de adsorción más usados	16
4.2. Ventajas de métodos de adsorción	19
4.3 Métodos de adsorción más eficientes	20
V. CONCLUSIONES	25
VI. RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS.....	27
ANEXOS.....	31

Índice de Tablas

Tabla 1 Juicios de inclusión y exclusión.....	14
Tabla 2: Adsorción convención y no convencional.....	17
Tabla 3 Ventajas de los métodos de adsorción.....	19
Tabla 4 Resultados de eficiencia de adsorbentes.....	21
Tabla 5 Resumen de eficiencia de adsorbentes.....	23

Índice de Figuras

Figura 1 Clasificación de Hidrocarburos.....	8
Figura 2 Procedimiento de revisión sistémica.....	13
Figura 3 Tipos de materiales utilizados como adsorbente.....	18
Figura 4 Grafico comparativo de eficiencia de adsorbentes.....	22

Resumen

La presente investigación tuvo por objetivo analizar los diferentes métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua mediante el enfoque cualitativo basado en una revisión sistémica; así como también identificar los métodos más estudiados, determinar las ventajas y analizar los métodos más eficientes para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua. Se utilizó un tipo y diseño de investigación aplicado y narrativo utilizando como técnica la revisión documental de base de datos indexada. Como tal se utilizó 10 investigaciones y 10 artículos bajo criterios de inclusión y exclusión, empleando buscadores como REDALYC, SCIELO, SCIENCE DIRECT y DIALNET.

Los resultados revelaron que 80% de las investigaciones son por métodos no convencionales, asimismo las ventajas de los métodos no convencionales está relacionado a su bajo costo y media-alta eficiencia, por otro lado los métodos convencionales son altamente eficientes. En cuanto a los métodos más eficientes se tiene como resultado que los métodos convencionales alcanzan entre 55% y 100% mientras que los no convencionales entre el 47% y 98.8%. En conclusión tenemos que los métodos más estudiados son los no convencionales, los de mayor ventaja son los no convencionales y los más eficientes son los convencionales.

Palabras Clave: Hidrocarburos, Adsorción, contaminación por hidrocarburos.

Abstract

The objective of this research was to analyze the different methods of adsorption of hydrocarbon bodies in water through a qualitative approach based on a systemic review; as well as to identify the most studied methods, determine the advantages and analyze the most efficient methods for the adsorption of hydrocarbons in bodies of water. An applied and narrative type and design of research was used using the documentary review of an indexed database as a technique. As such, 10 investigations and 10 articles were obtained under inclusion and exclusion criteria, search engines such as REDALYC, SCIELO, SCIENCE DIRECT and DIALNET were used.

The results revealed that 80% of the investigations are by unconventional methods, highlighting the advantages of unconventional methods is related to their low cost and medium-high efficiency, on the other hand, conventional methods are highly efficient. As for the most efficient methods, the result is that conventional methods reach between 55% and 100%, while non-conventional methods reach between 47% and 98.8%. In conclusion, we have that the most studied methods are the unconventional ones, the most advantageous are the unconventional ones and the most efficient are the conventional ones.

Keywords: Hydrocarbon, Adsorption, hydrocarbon contamination.

I. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico en estado líquido constituye el medio fundamental para la proliferación de la vida en cualquier parte del universo (EL-NAGGAR, y otros, 2018 págs. 9-14). En el planeta Tierra, el agua se encuentra en los océanos constituyendo el 70% de la superficie y por otro lado, solo el 3,5 % de agua de nuestro planeta en agua dulce del cual solo el 0,025% es superficial accesible; además de ser un recurso limitado, es imprescindible preservar este líquido elemento eliminando o reduciendo cualquier tipo de impacto ambiental adverso. (National Geographic, 2019)

La contaminación ambiental es un problema que se ha suscitado de forma antrópica desde la aparición del ser humano como tal, y que desde la revolución industrial, se ha intensificado sustancialmente provocando incluso variaciones en el ambiente como el conocido cambio climático, así como la desaparición y en algunos casos mutación de especies. (MIRJANI, y otros, 2021)

A través del tiempo la propia actividad humana ha impactado de forma negativa sobre el recurso hídrico, aun siendo éste parte fundamental de todo proceso de la vida y de actividades productivas; desde el descubrimiento del petróleo en la antigüedad, que no precisa fecha, y sus diferentes usos como betún y luego como combustible en China, así como con los fenicios, griegos, etc.; siempre estuvo conectado con la raza humana debido a sus múltiples usos que ofrece sus propiedades y a través del tiempo solo ha ido creciendo, y mediante aplicación de tecnología, mejorando sus propiedades. (PetroPeru, 2017)

Los hidrocarburos se forman de manera natural por la descomposición de materia orgánica por bacterias anaeróbicas hace millones de años; la importancia de los hidrocarburos dentro de la historia humana resultó indispensable para el desarrollo tecnológico no solo como combustible, sino en su uso en carreteras, plásticos, etc. (ZDARTA, y otros, 2020)

Con ello surgió una nueva fuente de contaminación y que, debido a su comportamiento por tener una menor densidad que el agua y a su transporte por grandes masas,

constituye una de las fuentes contaminantes más preocupantes de los últimos tiempos. Los riesgos por contaminación de hidrocarburos se han incrementado en los últimos años, causado principalmente por la extracción, transporte, refinación y distribución del crudo de petróleo y sus distintos derivados. (SHAW, y otros, 2021)

El Perú no es ajeno a esta situación, en los últimos años se ha producido más de 150 derrames de hidrocarburos en la Amazonía del país, a causa de la deficiente gestión ambiental por parte del estado, y por la poca eficiencia de las empresas petroleras peruanas, que han sido incapaces de implementar nuevos procedimientos para detectar y prevenir derrames de hidrocarburos en un oleoducto con más de 40 años de antigüedad (Martínez, 2018).

Por tal razón, las circunstancias actuales ameritan crear, aplicar e innovar tecnologías orientadas a eliminar o disminuir el impacto ambiental en caso ocurra algún desastre ambiental donde se encuentre involucrados algún hidrocarburo; desastres que han y seguirán ocurriendo en gran, mediana y pequeña magnitud significando destrucción de ecosistemas y biotas sensibles, además de afectar indirectamente a la sociedad y economía.

Debido a la gran incidencia de contaminación causado por hidrocarburos se planteó realizar la identificación de los métodos de adsorción de esta sustancia, siendo este aspecto de gran importancia al momento de elegir entre las distintas tecnologías de remoción o degradación y de esta manera fortalecer el conocimiento orientando a las empresas que, dentro de su flujograma, se encuentra los hidrocarburos. El desafío para la industria petrolera es la adopción de tecnologías para el tratamiento de aguas contaminadas que sean económicamente viables (BOALIANG, y otros, 2020).

Por tanto, se propuso como problema general: ¿Cuáles son los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?, incluyendo problemas específicos: ¿cuáles son los métodos más estudiados para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?, ¿Cuáles son las ventajas que tiene los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?, y ¿cuáles son los métodos más eficientes para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?

Por tal razón, la presente investigación se justifica al recabar información verídica y concentrarla, analizándola para obtener resultados sobre la mejor opción de métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua; bajo contextos teóricos, prácticos y metodológicos dentro de los lineamientos establecidos (ALVAREZ Risco, 2020).

Desde el punto de vista teórico, el presente proyecto se ha concentrado en analizar cuál de los métodos de adsorción de hidrocarburos existentes es la adecuada y eficiente mediante el análisis de información teórica verídica recolectada mediante distintos procesos de selección. En el contexto práctico, la investigación favorecerá a una elección fundamentada jerárquica entre los distintos métodos de adsorción de hidrocarburos que actualmente existen para futuros y posibles desastres ambientales provocados por esta sustancia en cuerpos de agua.

Por último, metodológicamente este proyecto se ha realizado mediante la aplicación de una revisión sistémica ya que se evaluará la información recolectada de distintas fuentes indexadas mediante un proceso de selección.

Por lo tanto, se planteó como objetivo general: Determinar los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua; siendo los objetivos específicos: Identificar los métodos más estudiados para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua, determinar las ventajas que tiene los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua y analizar los métodos más eficientes para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua.

II. MARCO TEÓRICO

Salas y Ventura (2020) utilizaron biomasa de cascotes y cuernos de caprinos para mover el hidrocarburo en agua dulce, en el cual la contaminación del agua dulce fue de 30 L así mismo estuvieron midiendo los parámetros establecidos para conocer la concentración de HTP (Hidrocarburos Totales de Petróleo) para luego remover y aplicar el fraccionamiento de aceites y grasas dando por concluido que la biomasa removió el 98.80% de la muestra contaminada.

Barrientos y Gonzales (2019) en su investigación experimental usaron la lana de oveja de la raza assaf como material adsorbente para retener el petróleo en el agua ya que la lana contiene queratina (20-25%) que le permite la adsorción del hidrocarburo; la muestra contaminada fue de 20 L de agua y 6 L de petróleo, donde la aplicación de la lana fue con distintas cantidades; se pudo observar que con 120 g con un tiempo de exposición de 2 min y 30 s se dio por concluido un resultado de retención de 94.103% de petróleo del agua contaminada.

Según Espinoza y Hernández (2020) en su investigación propusieron el uso de aserrín como material adsorbente en derrames de hidrocarburos ya que afectan a las distintas especies de flora y fauna del agua teniendo como objetivo la identificar el potencial que tiene este material; para este tratamiento se usó una concentración de aserrín de 10 g a 50 g en una muestra de agua contaminada de 400 ml con intervalos de tiempo ; dando como resultado una remoción de 71% de hidrocarburo empleando 50 g con un tiempo de exposición de 2 h y 30 min.

Según Calderón y Fanarraga (2020) la contaminación por derrames de hidrocarburos altera el ecosistema de las especies acuáticas y por el cual el carbón activado (CA) ha sido muy eficaz como adsorbente de contaminantes por ende su investigación se realizó buscando información en las siguientes plataformas de información como: Scopus, Web of Science, Science Direct, Proquest, Ebsco y Scielo dando como resultados y conclusiones que el carbón activado a base de fibra de coco como adsorbente tiene una eficiencia del 55% al 100%, por lo que se finalizó concluyendo

que el carbón activado es eficiente para la adsorción de hidrocarburos y al mismo tiempo amigable con el ambiente .

Aruhuanca (2019) en su estudio determina la capacidad de adsorción que tiene el carbón activado a partir de biopolímeros naturales como la queratina y celulosa que para ello uso agua de mar de la playa La Punta que se encuentra en Callao y al mismo tiempo petróleo de la Refinería la Pampilla, posteriormente recolecto plumas de pollo y cascara de coco para luego realizar pruebas para observar con que cantidad se trabajaría para la utilización de la experimentación se realizó 3 tratamientos con distintos gramos de pluma de pollo así mismo con la cascara de coco en distintas cantidades; finalmente se obtuvo como resultado que con 8 g de cáscara de coco fue adsorbido el hidrocarburo en un 99.91% y con respecto a las plumas de pollo fue una adsorción del 94.66%; por lo que se concluye que el carbón activado de biopolímeros naturales es eficiente para la adsorción de hidrocarburos.

Según Peng y Chiu (2020) el biopolímero natural como la celulosa que se usa para la producción de distintos alimentos, productos farmacéuticos, para la fabricación de papel por ello siendo de bajo costo y sin presencia de químicos sirve en el tratamiento de aguas residuales en la industria del petróleo, estos materiales se puede usar como adsorbentes y así mismo destacan los estudios en lo siguiente como la limpieza de derrame de petróleo así también para el uso de adsorbente de metales pesados.

Según Esteban (2019) en su proyecto de investigación, obtuvo resultados de eficiencia hasta del 78% en la adsorción de hidrocarburos mediante la aplicación de mangas adsorbentes de celulosa de bagazo de caña de azúcar en las aguas del puerto del Callao; por lo que se resalta la importancia de utilizar este material logrando evidenciar su potencial uso (ESTEBAN Mascco, y otros, 2019).

Por otro lado, en la investigación desarrollada por Domínguez (2017) sobre el uso de plumas de pollo y aserrín como material adsorbente de hidrocarburos, se logró evidenciar una eficiencia del 68% de remoción de diésel presente en el mar del Callao deduciendo así una opción como método de adsorción de hidrocarburos de bajo coste y fácil accesibilidad de sus materiales (DOMINGUEZ Mora, 2017).

Lo descrito por Kong (2021) en relación a la evaluación de métodos de recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas, se concluyó que los métodos sorbentes y mecánico son los más eficaces dentro de la base de datos recolectadas y analizadas en plataformas indexadas. Asimismo concluye que el método mecánico de proceso fisicoquímico es el más eficaz y dentro del método sorbente, el más eficaz es el proceso químico y menos eficaz el proceso biológico (KONG Montoya, 2021).

Según Espino (2018), la capacidad de adsorbentes naturales constituidas en su investigación por el cabello humano y plumas de pollos, significaron un 4.78 y 3.22 veces su peso. Por lo tanto este tipo de materiales que son abundantes y de coste mínimo representan un tecnología efectiva para la adsorción de hidrocarburos como es el petróleo y a pequeña escala (ESPINO Mejia, 2018).

según Ángela (2017) el uso de residuo de bagazo de caña de azúcar así mismo la planta de estropajo nos ayuda a mitigar efectos negativos en el ambiente ya que sirve como adsorbente para derrames de petróleo por lo cual en este proyecto se valoraron las características de estos adsorbentes dando por resultado que el bagazo de caña adsorbe la capa de crudo 10.9 g por gramo de adsorbente con un contacto de 45 min en una capa de 2mm y la planta de estropajo adsorbe 8.70 por gramos de adsorbente teniendo un tiempo de 30 min de contacto en 3mm de capa de crudo

El agua, cubre más del 70 % de la superficie del planeta, es un compuesto que tiene características únicas que la hacen esencial como fuente y soporte de vida, además que es un importante regulador del clima; el agua no se mantiene en un solo lugar ya que debido a sus propiedades puede pasar a otro estado como sólido, líquido y gaseoso; al cual se le conoce como ciclo hidrológico y por ende se moviliza en distintas velocidades y rutas, así mismo se distribuyen de forma desigual generando distintas zonas ecológicas debido a algunas variables como la temperatura, la altitud en la que se encuentre (FRENANDEZ, 2013). Es así que el agua se convierte en un recurso muy importante que se necesita preservar, ya que cada vez se torna más escaso debido a la sobrepoblación causando una enorme demanda de este recurso así mismo en las

actividades industriales, mineras, etc.; trayendo consigo serios problemas de contaminación. (RISPOLI, 2011)

El agua para el uso doméstico es la más estricta en cuanto a la calidad ya que tiene consecuencias en la salud por lo tanto no solo depende de la cantidad ya que según la OMS (organización mundial de la salud) la cuarta parte de las camas están ocupadas por enfermos debido a la insalubridad del agua. (GASTAÑA, 2018)

Desde un punto de vista eco sistémico, el agua es el componente fundamental de todo ser vivo ya que comprende entre el 70% y 80% del organismo siendo así indispensable para la proliferación de vida en cualquier lugar en el ancho y basto del universo.

Es por ello que constituye parte intrínseca de cualquier proceso biológico en nuestro planeta, necesarios para la proliferación, crecimiento y reproducción de las especies, así mismo juega un papel importante al ser un hábitat para especies acuáticas y sub acuáticas.

El 70% de la superficie terrestre está cubierta de agua líquida y, de ella, alrededor del 96% corresponde al agua salada que compone los océanos. Cerca del 69% del restante 30% es el agua congelada de los polos. Solo entre un 1% y un 4% corresponde al vapor de agua presente en la atmósfera. (Fundacion AQUAE, 2017)

Los cuerpos de agua naturales constituyen, en muchos casos, la fuente directa de consumo humano y en otros, a través de un tratamiento previo. Asimismo desde hace más de una década, se estableció el agua potable como un derecho, exactamente el 28 de julio de 2010 la Asamblea General de las Naciones Unidas la declara como tal.

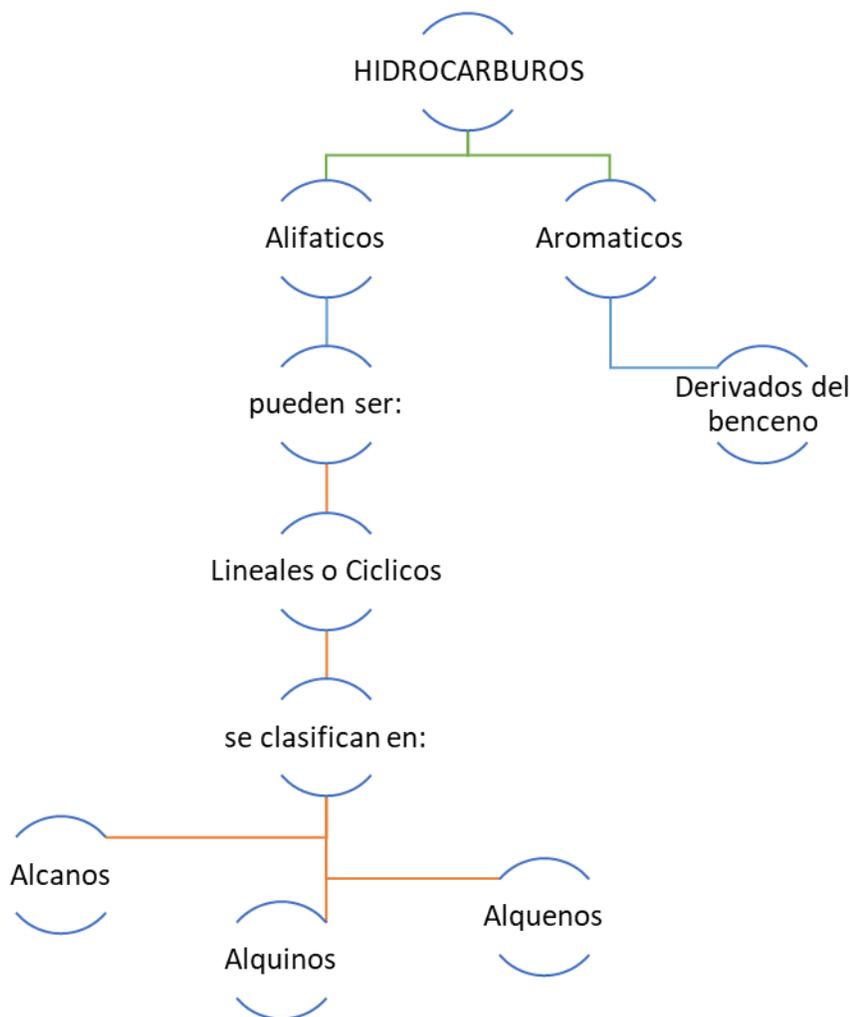
Actualmente existe, a nivel mundial, una gran preocupación por el agua, no solo por su escasez en algunas regiones, sino también por los constantes procesos de contaminación, principalmente en los llamados países desarrollados (GOMES dos Santos, y otros, 2015).

Por otro lado los hidrocarburos, compuestos formados por carbono e hidrogeno, así mismo son compuestos básicos de la química orgánica, son una fuente importante para la producción de energía así como también como recurso para la fabricación de

diversos materiales estos compuestos se pueden encontrar de forma líquida, gaseoso y sólido. (Secretaría de Energía, 2015)

Las fuente de estos compuestos son el petróleo, el gas natural y el carbón debido a esto surge la industria petroquímica que se basa en la fabricación de los apoyos de la tecnología actual; la energía que hoy en día es utilizada procede en su mayor parte del 70% de la combustión de estos compuestos.

Figura 1 Clasificación de Hidrocarburos



Fuente: Elaboración propia.

Estos compuestos son clasificados en dos clases de los cuales son: hidrocarburos alifáticos y los hidrocarburos aromáticos. (ABD MANAN, y otros, 2019 págs. 1701-1705). Dentro de los hidrocarburos alifáticos se encuentran los alcanos, alquenos y alquinos, así mismo; los alcanos solo poseen enlaces simples, los alquenos poseen enlaces dobles y los alquinos poseen enlace triple el cual hace que sea mucho más reactiva; sin embargo los hidrocarburos aromáticos estas unidas al núcleo del benceno, sus derivaciones están compuestas por una o más estructuras y pueden considerarse derivados del benceno, la fuentes de estos compuestos aromáticos son mediante la destilación de la hulla y una serie de proceso petroquímicos, la importancia de estos se ha elevado ya que en la actualidad son utilizados para pinturas, caucho sintético, pinturas, pesticidas detergentes etc. (Ingeoexpert, 2020)

Los hidrocarburos aromáticos pueden llegar a causar efectos agudos y crónicos en la salud como el benceno que penetra por medio de la inhalación el cual el 1% es eliminado por medio de la orina , el 10 a 50% en la expiración de aire y el resto es metabolizado por el hígado, así mismo pueden llegar a provocar pérdida de conciencia y depresión respiratoria incluso en la exposición de compuestos clorados causan hepatotoxicidad, esta exposición se encuentran también en el ambiente debido a la combustión de la fuente de energía de los medios de transporte (ZUBIZARRETA, y otros, 2018)

Contaminación, viene a ser la introducción de agentes a un entorno, afectándolo y así mismo provocando que este no sea apto para su uso, siendo así una de las preocupaciones de la humanidad actualmente, ya que este afecta la salud y el bienestar de uno mismo, mayormente la contaminación es de origen antropogénica. Las actividades de diferentes sectores también suman la contaminación por la falta de una adecuada planeación sin tener los impactos ambientales. Ante esta preocupación se descubrió el gran papel de los microorganismos como degradadores de contaminantes, estos en general son imperceptibles, ellos toman a los contaminantes como fuente de energía y en lo mejor de los casos pueden convertir en una fuente esencial para el ambiente. (GUANG-HUI, y otros, 2022). Posteriormente debemos tener conocimiento que la contaminación es una consecuencia inevitable de nuestra

forma de vida y de consumo por lo tanto debemos ser sensatos de la responsabilidad que tenemos cada uno en este planeta (DOMINGUEZ, 2015)

En las últimas décadas las enfermedades han ido incrementando siendo relacionados a la contaminación que pueden estar en el agua y aire, las actividades antropogénica están ocasionando cambios al ambiente haciendo que los principales contaminantes de aire sea el material particulado (PM 2.5) y en el agua los contaminantes son los vertidos de diferentes fuentes que se encuentran directamente en los ríos. (GONZALES, y otros, 2014). El medio ambiente puede llegar a perjudicar la salud a través de la relación entre el aire contaminado, a la exposición de sustancias peligrosas, al ruido, al consumo de agua no apta para su consumo transmitiendo diversos padecimientos en la salud. (ZOLEZZI, 2017). La contaminación por petróleo ha sido destacada como uno de los principales problemas ambientales de los últimos 30 años (OLIVEIRA Maia, y otros, 2020).

Los productos químicos peligrosos como el benceno, el tolueno, el etilbenceno y el xileno, que existen naturalmente en el petróleo crudo y la gasolina, pueden transferirse fácilmente a las aguas superficiales y subterráneas (LEILI, y otros, 2021). Estos contaminantes orgánicos peligrosos, que contienen dos o más anillos de benceno fusionados, generalmente se caracterizan por una baja solubilidad, baja presión de vapor y altos puntos de fusión y ebullición (GUTIERREZ URBANO, y otros, 2021).

Adsorción, este proceso es la adhesión de una capa de iones moléculas o átomos, este proceso es utilizada en tratamiento de agua se aplica materiales obtenidos a partir de diferentes biomásas evitando así la generación de lodos químicos, por ello se le considera un proceso alternativo para remoción de contaminantes. En la actualidad hay una preocupación debido al aumento de índices de contaminación ya que este compromete al bienestar de plantas y animales así como también llega a afectar a la salud de los individuos mediante la acumulación en el cuerpo debido a la cadena trófica. (TEJADA, 2015)

Existen dos clases de adsorbentes los cuales son:

Los adsorbentes convencionales deben recibir un tratamiento para activarse, son de materiales naturales o sintéticos como el carbono, las arcillas, las membranas etc.; después de usarse estos materiales tienen la característica de poder ser regenerados; en cambio los adsorbentes no-convencionales son materiales alternativos como por ejemplo tenemos las partes de plantas; estos precisamente no reciben un tratamiento para activarse. Los adsorbentes no-convencionales llegan a ser los residuos de empresas agroindustriales, de la industria alimenticia y especies vegetales. Este proceso de adsorción ha llegado ser muy prometedor para la eliminación de contaminantes por ser de mejor calidad y viable además de ser más sencillo, ya que los otros métodos para tratamientos suelen requerir una inversión más alta y complicada hasta poder llegar a ser imposible su procedimiento; por ende la superficie de los materiales de adsorción deben tener una relación con la consistencia en los resultados. (VALLADARES, y otros, 2016)

En general se identifican dos tipos básicos de adsorción: la adsorción física, o fisicadsorción y la adsorción química, o quimicadsorción. La diferencia entre ellas radica en el tipo de interacciones entre el adsorbente y el adsorbido. En la adsorción física las interacciones predominantes son de tipo van der Waals, mientras que en la adsorción química las interacciones semejan enlaces químicos. (TALANQUER, 1997)

Revisión sistémica, debido a la innovación de nuevos artículos y publicaciones se desarrollaron las revisiones sistémicas que son la recopilación de información dando resúmenes claros para ser evaluados críticamente la efectividad de tratamientos, resultados, diagnósticos. La elaboración de una revisión sistémica empieza por el planteamiento de una pregunta, seguido de la búsqueda de datos para luego seleccionar los artículos para realizar la extracción de datos para así finalmente hacer un análisis estadístico y así establecer la efectividad de los datos recopilados (MORENO, y otros, 2018)

Puede realizarse de dos formas: cuantitativa o cualitativa, lo cual proyectan ser rigurosas, informativas, exhaustivas, explícitas; por lo tanto este tipo de revisión en

énfasis para el ámbito académico como herramienta para la práctica profesional. (VIDAL, y otros, 2015)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se enmarcó como una revisión sistémica, por lo tanto está basada en el enfoque cualitativo. El tipo de investigación derivada del proyecto es la Aplicada, debido a que se aplicara el conocimiento teórico previo recabado de información digital formal, comprobada y verídica sobre una situación específica. (Sabino, 2006)

El diseño de la investigación es el Narrativo, justificada en la aplicación cronológica de hechos históricos que son la base de un proceso continuo de creación e innovación de tecnologías para la remoción de hidrocarburos; los mismos que se ensamblan en una narrativa general.

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización

Las categorías y subcategorías son para guiar la investigación en tal sentido nos permita recolectar información para ser utilizadas en la investigación.

En el primer objetivo se ha considerado como categoría los tipos de métodos adsorción y subcategorías la adsorción convencional y adsorción no convencional. Según el segundo objetivo se estableció como categoría las ventajas de métodos de adsorción y subcategorías a la reutilización y el costo. Por último, en el tercer objetivo se planteó como categoría los métodos de absorción más eficientes y subcategorías a la capacidad de adsorción y tiempo de adsorción. (Ver Anexo 1).

3.3. Escenario de estudio

Para el desarrollo de la investigación, el escenario de estudio se plasmó sobre diversos artículos y proyectos relacionados al tema; los mismos que han sido recuperados mediante la utilización de plataformas de búsquedas tales REDALYC, SCIELO, SCIENCE DIRECT y DIALNET

3.4. Participantes

Los participantes considerados dentro de la presente investigación son cada uno de los artículos y proyectos escogidos por criterios de inclusión presentes dentro de las plataformas con base de datos indexadas.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Análisis de documentos

Instrumentos de recolección de datos: Páginas web, revistas científicas virtuales, repositorio virtual de proyectos de pregrado y posgrado, artículos científicos, fichas de investigación.

3.6. Procedimiento

En todo trabajo de investigación existe un procedimiento para desarrollarlo, éste viene a ser los pasos o fases a seguir, y para la presente investigación se persiguió tres pasos: la obtención de información por medio de los buscadores, selección de artículos mediante criterios de inclusión y exclusión, y análisis de resultados.

Como criterio de inclusión se fundamentó principalmente en base de datos relacionados directamente con los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua, sin distinguir localización del estudio o idioma.

Los criterios de exclusión dentro de la recolección de datos incluidos son: publicación con 7 años como máximo de antigüedad, datos indexados y línea de investigación.

Figura 2 Procedimiento de revisión sistémica.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1 Juicios de inclusión y exclusión.

Clase de documento	Fuente	Documento referido	Palabras clave	Cantidad	Juicio de inclusión	Juicio de exclusión
Artículos científicos	Revistas	Adsorción de hidrocarburos	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburos • Adsorción • Agua / recurso hídrico • Contaminación por hidrocarburos • Adsorción de hidrocarburos 	14	Artículos de fuentes confiables dentro de una antigüedad menor a 7 años	Artículos de fuentes no confiables dentro de una antigüedad mayor a 7 años
Tesis	Repositorio	Adsorción de hidrocarburos	Adsorción de hidrocarburos	5	Tesis de fuentes confiables dentro de una antigüedad menor a 7 años	Tesis de fuentes confiables dentro de una antigüedad mayor a 7 años

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Rigor científico

El rigor científico en la presente revisión sistemática está dado por las reconstrucciones teóricas y por la búsqueda de coherencia entre las interpretaciones. Para ello se empleó 4 aspectos fundamentales: la credibilidad, transferibilidad, la confirmación y la consistencia de los datos indexados recopilados (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

La credibilidad o validez, es aquella que refleja la realidad del conocimiento técnico-científico y dentro de un proceso reiterado de comparación y reconfirmación de los conceptos o conocimientos adquiridos durante una investigación.

Transferibilidad o aplicabilidad, es un aspecto que permite hacer un traslado de resultados hacia otros contextos de estudios y que de tal modo consiente comparar investigaciones.

Fiabilidad o confirmación, que resulta de aplicar repetidamente una determinada técnica a un mismo objetivo y que, por tanto, se logre siempre el mismo resultado; logrando confirmar la veracidad de los resultados.

Dependencia o consistencia lógica, enfocada en la neutralidad del análisis y la interpretación de la información, la cual se logra cuando en otras investigaciones se logran a los mismos hallazgos.

3.8. Método de análisis de datos

Para el presente trabajo de investigación se utilizó el método de análisis de datos de Fichas de análisis de contenido; y para su aplicación se listó los datos obtenidos de los artículos seleccionados en una hoja de cálculo del Microsoft Excel. Asimismo se realizó la clasificación y ordenado de la información recabada, obteniendo datos relacionado al título, autor, tipo de método, tipo de hidrocarburo, tipo de adsorbente, tipo de proceso, lugar de aplicación y material utilizado.

3.9. Aspectos éticos

En el inmerso del desarrollo del actual estudio se consideró como condición primordial, la ética. Es así como toda información con derechos de autor utilizada en el presente trabajo de investigación y con fines académicos, es citada mediante el Estilo ISO 690. Por otro lado, dicha información es extraída mediante plataformas oficiales de búsqueda, los cuales son una base de datos confiable y legal.

La propiedad intelectual del presente trabajo de investigación está garantizada, debido a su originalidad y sustentada por el software Turnitin y a lo dictaminado en la Resolución rectoral N°0216-2020/UCV, código de ética y a la guía de elaboración de investigación y tesis aprobada por la Resolución vicerrectoral N° 011-2020.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha evidenciado la proliferación de investigaciones experimentales relacionadas a la adsorción de hidrocarburos utilizando materias de bajo costo y ambientalmente responsable tales como bagazo de caña de azúcar, cascara de coco, plumas de pollo, cuernos de animales y bacterias.

El método de adsorción es utilizado para el tratamiento de contaminantes, por ende muchos residuos han sido explorados como material adsorbentes así mismo es necesario estudiar su rapidez y evaluar la capacidad adsorbente, este proceso es muy eficiente además de poseer ventajas lo que significa que es un muy efectivo para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua (FIGUEROA, y otros, 2014).

4.1. Tipos de métodos de adsorción más estudiados

La adsorción es, de entre diversos métodos, uno de los popularmente aceptados por su versatilidad, conveniencia, sencillez, siendo el carbono activado el adsorbente “ideal” para eliminar diversos contaminantes presentes en agua. Por la alta capacidad de adsorción de materia orgánica, el carbono

activado es el material adsorbente mayormente utilizado, por lo que es considerado un adsorbente convencional. (VALLADARES, y otros, 2016)

Por otro lado, los adsorbentes no convencionales son aquellos adsorbentes que no eran usados regularmente pero que se han desarrollado para procesos de adsorción debido a una necesidad. La mayoría se obtiene a partir de materiales económicos que se encuentren altamente disponibles localmente. Otras veces se desarrollan a partir de desechos, que normalmente habrían sido un problema para el medio ambiente en términos de contaminación. En tal sentido, también se han utilizado biomasa de algas, hongos y bacterias. (SOLEIDAD Romano, 2020)

Analizando los 10 estudios de los artículos científicos donde se utilizan los materiales adsorbentes mencionados anteriormente, se presentan y comparan en el siguiente gráfico, agrupados en convencionales y no convencionales:

Tabla 2: Adsorción convención y no convencional

AUTOR	TIPO	ADSORVENTE
Salas y Ventura (2020)	No convencional	biomasa de cascós y cuernos de caprinos
Barrientos y Gonzales (2019)	No convencional	la lana de oveja de la raza assaf
Espinoza y Hernández (2020)	No convencional	aserrín
Según Calderón y Fanarraga (2020)	convencional	carbón activado de cascara de coco
Aruhuanca (2019)	Convencional	carbón activado cascara de coco y plumas de pollo
Peng y Chiu (2020)	No convencional	la celulosa
Esteban (2019)	No convencional	mangas adsorbentes de celulosa de bagazo de caña de azúcar

Domínguez (2017)	No convencional	plumas de pollo y aserrín
Espino (2018)	No convencional	cabello humano y plumas de pollos
Ángela (2017)	No convencional	bagazo de caña de azúcar y la planta de estropajo

Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Tipos de materiales utilizados como adsorbente



Fuente: Elaboración propia

Los Adsorbentes convencionales están constituidos primordialmente por carbono activado, alúmina activada, arenas y zeolitas. Estos adsorbentes tienen que ser anticipadamente tratados y, una vez utilizados, deben restaurarse para poder recobrar sus propiedades y características. Estos materiales funcionan como adsorbentes porque pueden establecer interacciones intermoleculares débiles con el adsorbato (contaminante); estas interacciones son fuerzas de atracción electrostáticas o de tipo van der Waals, que conducen a una fisisorción sobre la superficie del material adsorbente. Los elevados costos de estos materiales en los métodos convencionales limitan su aplicación o son incosteables en un tratamiento para países de escasos recursos. (VALLADARES, y otros, 2016)

Los adsorbentes no-convencionales (verdes o bioadsorbentes) surgen del aprovechamiento de los materiales de desecho que provienen de la industria alimentaria y agrícola; estos son desechos de fruta, vegetales y plantas. Tal como se aprecia en la figura 3, en los últimos años ha existido un mayor desarrollo e investigaciones de los métodos no convencionales obteniéndose un 80% del total de la base de datos recolectada, frente al 20 % de métodos convencionales utilizadas, por lo que se resuelve que en los últimos años se utiliza en mayor medida los métodos no convencionales.

4.2. Ventajas de métodos de adsorción

Las ventajas relacionadas al uso de adsorbentes convencionales y no convencionales están relacionados a su reutilización después del uso dado para extraer hidrocarburos y el costo necesario para producir el material adsorbente. Estos se han direccionado hacia un enfoque ambiental, tomando en cuenta el impacto ambiental adicional que podría provocar el material adsorbente de hidrocarburos. (JIMENEZ Jimenez , y otros, 2012)

Tabla 3 Ventajas de los métodos de adsorción

		Reutilización	Costo	
No convencionales	Biomasa de cascós y cuernos de caprinos	Baja	BAJO	(JIMENEZ Jimenez , y otros, 2012)
	La lana de oveja de la raza assaf	Baja	BAJO	
	Aserrín	Baja	BAJO	
	La celulosa	Baja		
	Mangas adsorbentes de celulosa de bagazo de caña de azúcar	Baja	BAJO	
	Plumas de pollo y aserrín	Baja	BAJO	
	Cabello humano y plumas de pollos	Baja	BAJO	
	Bagazo de caña de azúcar y la planta de estropajo	Baja	BAJO	

Convencionales	Carbón activado de cascara de coco	ALTA	ALTA	
	Carbón activado cascara de coco y plumas de pollo	ALTA	ALTA	
	Sintéticos (poliméricos orgánicos)	ALTA	ALTO	

Fuente: Elaboración propia.

Según los métodos analizados en la presente investigación, los materiales utilizados en los métodos convencionales, después de usarse como adsorbente de hidrocarburo pueden volver a utilizarse para dicha función siendo lo contrario para los métodos no convencionales que por lo general resulta difícil volver a utilizar el material adsorbato. Asimismo en cuanto al costo tenemos que es ventajoso usar métodos no convencionales ya que a menudo son materiales naturalmente abundantes o ampliamente disponibles como producto de desperdicios industriales, y por el otro lado tenemos el alto costo de producción de los llamados métodos convencionales; esto es respaldado por Jiménez en su investigación (JIMENEZ Jimenez , y otros, 2012).

Así mismo de acuerdo con Iturria (2018) La técnica de adsorción es el cambio de fase del contaminante, ya que éste no desaparece, sólo pasa del líquido a un sólido por lo que existen dos alternativas o se emplean formas de regenerar este material adsorbente o se realiza todo el protocolo para su correcta disposición en lugares aptos para esta acción, ambas opciones conllevan un costo extra a considerar.

4.3 Métodos de adsorción más eficientes

Los métodos de adsorción más eficientes se han relacionado al porcentaje de eficiencia que presenta cada material ya sea del tipo convencional como no convencional integrada en su capacidad de retener cierta cantidad de

hidrocarburos en un determinado tiempo donde se obtiene el mayor porcentaje posible. (JIMENEZ Jimenez , y otros, 2012)

Tabla 4 Resultados de eficiencia de adsorbentes

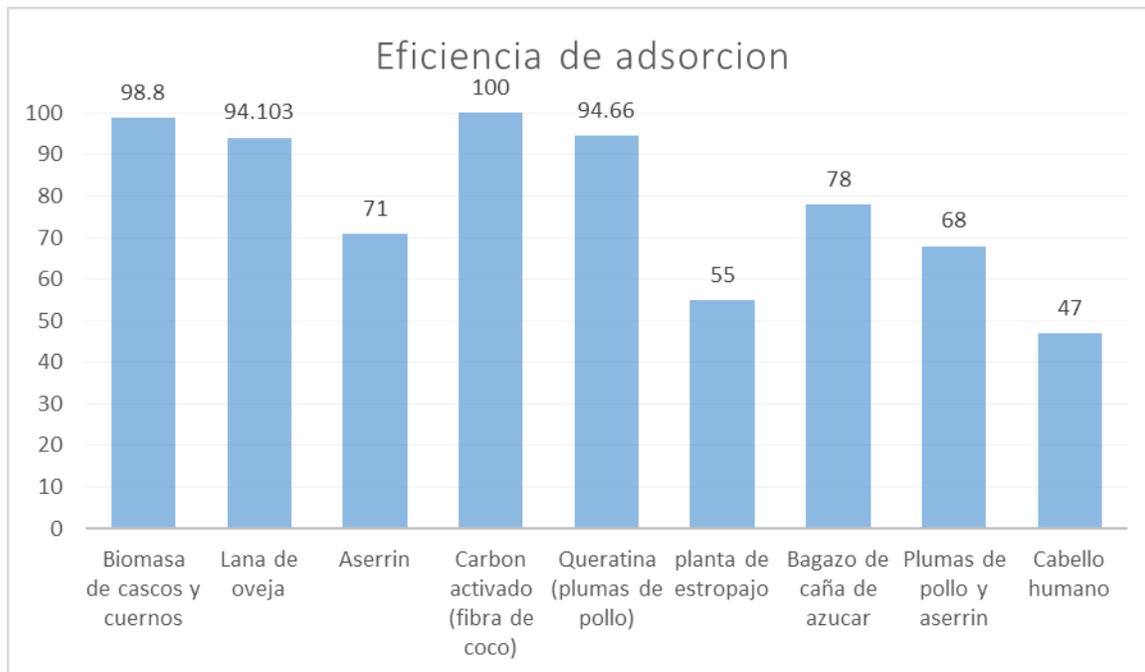
AUTOR	TIPO	ADSORVENTE	RESULTADO
Salas y Ventura (2020)	No convencional	biomasa de cascotes y cuernos de caprinos	De 30 L de agua dulce removió el 98.80% de la muestra contaminada
Barrientos y Gonzales (2019)	No convencional	la lana de oveja de la raza assaf	De 20 L de agua y 6 L de petróleo, con 120 g de lana con exposición de 2 min y 30 s retuvo de 94.103% de petróleo
Espinoza y Hernández (2020)	No convencional	aserrín	De 400 ml de agua contaminada se removió 71% empleando 50g con un tiempo de 150 min
Según Calderón y Fanarraga (2020)	convencional	carbón activado de cascara de coco	el carbón activado a base de fibra de coco como adsorbente tiene una eficiencia del 55% al 100%
Aruhuanca (2019)	Convencional	carbón activado cascara de coco y plumas de pollo	8 g de cáscara de coco fue adsorbido el hidrocarburo en un 99.91% y las plumas de pollo una adsorción del 94.66%
Peng y Chiu (2020)	No convencional	la celulosa	se puede usar como adsorbentes y así mismo destacan los estudios para la limpieza de derrame de petróleo

Esteban (2019)	No convencional	mangas adsorbentes de celulosa de bagazo de caña de azúcar	eficiencia hasta del 78% en la adsorción de hidrocarburos
Domínguez (2017)	No convencional	plumas de pollo y aserrín	eficiencia del 68% de remoción de bajo coste y fácil accesibilidad de sus materiales
Espino (2018)	No convencional	cabello humano y plumas de pollos	Significaron un 4.78 y 3.22 veces su peso. Por lo tanto este tipo de materiales son abundantes y de coste mínimo
Ángela (2017)	No convencional	bagazo de caña de azúcar y la planta de estropajo	el bagazo de caña adsorbe la capa de crudo 10.9 g por gramo de adsorbente con un contacto de 45 min en una capa de 2mm y la planta de estropajo adsorbe 8.70 por gramos de adsorbente teniendo un tiempo de 30 min de contacto en 3mm de capa de crudo

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo se presenta la tabla comparativa de resultados en la adsorción de hidrocarburos entre los distintos materiales utilizados establecidos en el grafico 3, resultando en la eficiencia del material.

Figura 4 Gráfico comparativo de eficiencia de adsorbentes



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 Resumen de eficiencia de adsorbentes

TIPO DE MÉTODO DE ADSORCIÓN	ADSORVENTE	CAPACIDAD ADSORVENTE	TIEMPO DE ADSORCIÓN
CONVENCIONAL	carbón activado de cáscara de coco	55% al 100%	1min 20 s
	carbón activado de plumas de pollo	94.66%	1 min y 20 s
	biomasa de cascos y cuernos de caprinos	98.80%	24 hr
	lana de oveja assaf	94.103%	2 min y 30 s
	aserrín	71%	2 h y 30 min

NO CONVENCIONAL	plumas de pollo	94.66%	1m 50s
	mangas adsorbentes de celulosa de bagazo de caña de azúcar	78%	45 min
	cabello humano	47%	45 min
	planta de estropajo	55%	30 min

Fuente: Elaboración propia.

Los adsorbentes naturales son materiales lignocelulósicos en los cuales la pared celular está conformada esencialmente de celulosa, hemicelulosas y lignina, debido a sus características y grupos funcionales presentan hidrofobicidad y oleofilicidad; así mismo la celulosa posee grupos hidroxílicos que forman puentes de hidrógeno, lo que le concede una elevada polaridad y por lo tanto afinidad con compuestos polares. (CASTILLO, 2017)

Tal como se aprecia en el gráfico 4 comparativo de la eficiencia de los distintos materiales adsorbentes y el cual se respalda en la investigación realizada por Jiménez (JIMENEZ Jimenez , y otros, 2012) y (VALLADARES, y otros, 2016) donde los métodos convencionales son altamente eficaces logrando retener hasta el 100 % y por los no convencionales varía según el material a usar hasta el 98.8% de eficiencia del material.

Esto se debe a que la capacidad de adsorción se considera generalmente como proporcional al área superficial específica (es la proporción del área superficial total que está disponible para la adsorción). Por ende el total de poros, tamaño y forma determinan esta capacidad que poseen cada uno de los materiales de adsorbentes; y en el caso del carbón activado, cuanto más finamente dividido y más porosos sean, mayor será el rendimiento esperado de adsorción por unidad de peso de adsorbente. (URES, y otros, 2014).

Los componentes con una menor porosidad y área específica de adsorción como es el caso de los adsorbentes no convencionales, generan una menor eficiencia al momento de retener hidrocarburos. (URES, y otros, 2014)

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los dos métodos de adsorción establecidos (convencional y no convencional), el más estudiado en las investigaciones sobre adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua es el no convencional, los cuales utilizan materiales adsorbentes económicos y con alto potencial de capacidad adsorbente tanto de origen animal como vegetal. Es así que se obtuvo un total de 8 investigaciones que utilizan métodos no convencionales de las 10 investigaciones recabadas para el presente estudio, el cual significa el 80 %.
- Las ventajas de los métodos de adsorción no convencionales está relacionado a su bajo costo de elaboración y su accesibilidad, asimismo este tipo de método tiene una alta capacidad de reutilización debido al material utilizado como lo son las plumas de pollo, cascos de caprinos, aserrín, lana de oveja, cabello humano, planta de estropajo y bagazo de caña de azúcar. Por otro lado las ventajas de los métodos convencionales es su alta eficiencia y capacidad adsorbente de los materiales usados tales como el carbón activado.
- El método más eficiente de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua es el método convencional el cual tiene una capacidad adsorbente del 55% al 100% dependiendo del tipo de material logrando ser el más aplicado por distintas compañías a lo largo del planeta.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar mayores investigaciones con materiales del método no convencional, con el afán de enfocarlas en obtener una mayor porosidad del material y por ende una mayor superficie de contacto que permita mejorar la capacidad adsorbente y eficiencia.
- Se recomienda optimizar los procesos de producción de métodos convencionales para reducir su costo de producción y mejorar la aplicación de estos métodos con alta eficiencia, además de investigar más a fondo formas de reusar y la capacidad de biodegradación de estos materiales del método convencional.

REFERENCIAS

ABD MANAN, Teh sabariah, y otros. 2019. Step by step procedures: Degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in potable water using photo-Fenton oxidation process. s.l. : MethodsX, 2019. Vol. 6.

ALVAREZ Risco, Aldo. 2020. Justificación de la investigación. Lima : Universidad de Lima, 2020.

BARRIENTOS, Nilda y GONZALES, Rosmery. 2019. Uso de lana de oveja raza Assaf para la retención de hidrocarburos en cuerpos de agua. Lima : s.n., 2019.

BOALIANG, Peng, y otros. 2020. Cellulose-based materials in wastewater treatment of petroleum industry. s.l. : Green Energy & Environment, 2020. Vol. 5, 1.

CALDERON , Wilma y FANARRAGA, Gianella. 2020. Revisión sistemática y meta-análisis sobre el uso de carbón activado para adsorción de hidrocarburos en aguas contaminadas. Lima : s.n., 2020.

CASTILLO, Angela. 2017. ADSORBENTES NATURALES EN LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO ADVERSO CAUSADO POR DERRAMES DE CRUDO EN FUENTES HÍDRICAS. Bogota : s.n., 2017.

DOMINGUEZ Mora, Patricia Esther. 2017. *Eficiencia del uso de plumas de pollo y aserrín para la remoción de diésel en el mar del Callao - 2017.* Universidad Cesar Vallejo, Callao : 2017.

DOMINGUEZ, Maria. 2015. La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. Caldas : s.n., 2015. Vol. 10, 1.

EL-NAGGAR, Naglaa, y otros. 2018. Detection of polycyclic aromatic hydrocarbons along Alexandria's coastal water, Egyptian Mediterranean Sea. s.l. : The Egyptian Journal of Aquatic Research, 2018. Vol. 44, 1.

ESPERANZA, Angela. 2017. ADSORBENTES NATURALES EN LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO ADVERSO CAUSADO POR DERRAMES DE CRUDO EN FUENTES HÍDRICAS. Bogota : s.n., 2017.

ESPINO Mejia, Anamaria Cecilia. 2018. *Uso de adsorbentes naturales (cabello humano y plumas de pollo) para reducir el petróleo en cuerpos de agua sintética.* Universidad Cesar Vallejo, s.l. : 2018.

ESPINOZA , Deivis y HERNANDEZ, Jose. 2020. Potencial de absorción del aserrín mediante variación de tiempo y peso, para incrementar la remoción de hidrocarburos en cuerpos de agua. Chiclayo : s.n., 2020.

ESTEBAN Mascco, Dhervy Mariel y INGA Berrospi, Brighite del Rocio Katherine. 2019. *Remoción de hidrocarburos por manga adsorbente de celulosa de bagazo de*

caña de azúcar (Saccharum officinarum) en las aguas del puerto del Callao. Universidad Cesar Vallejo, Callao : 2019.

FIGUEROA, Danilo, MORENO, Anderson y HORMAZA, Angelina. 2014. Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos. Medellín : s.n., 2014. Vol. 14, 26.

FRENADEZ, Alicia. 2013. El agua: un recurso esencial. BUENOS AIRES : QUIMICA VIVA, 2013. Vol. 11, 3.

Fundacion AQUAE. ¿Qué es el agua? Tipos, composición y funciones. [En línea] <https://www.fundacionaquae.org/wiki/que-es-el-agua/>.

GASTAÑA, María. 2018. Agua, saneamiento y salud. 2018. Vol. 35, 2.

GOMES dos Santos, Elba, SANCHEZ de Alsina, Odelsia Leonor y HONORATO da Silva, Flávio Luiz. 2015. Desempenho de biomassas na adsorção de hidrocarbonetos leves em efluentes aquosos. 2015.

GONZALES, Gustavo, y otros. 2014. Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana. Lima : s.n., 2014. Vol. 31, 3.

GUANG-HUI, Yuan, y otros. 2022. Evolution of nC16H34-water–mineral systems in thermal capsules and geological implications for deeply-buried hydrocarbon reservoirs. s.l. : Geoscience Frontiers, 2022. Vol. 13, 2.

GUTIERREZ URBANO, Isabel, y otros. 2021. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in conventional drinking water treatment processes. s.l. : Journal of Contaminant Hydrology, 2021. Vol. 243.

Ingeoexpert. 2020. Ingeoexpert. [En línea] 16 de octubre de 2020. <https://ingeoexpert.com/2020/10/16/hidrocarburos-caracteristicas-y-clasificacion/>.

ITURRIA, Sergio. 2018. UTILIZACIÓN DE UN ADSORBENTE DE BAJO COSTO PARA LA ADSORCIÓN DE COBRE. Concepcion : s.n., 2018.

JIMENEZ Jimenez , Ariel Enrique y COVA Cantillo, Luis Eduardo. 2012. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE SORBENTES EN LA REMEDIACIÓN DE AGUAS MARINAS CONTAMINADAS POR DERRAMES DE CRUDO. Cartagena de Indias, Colombia : s.n., 2012.

KONG Montoya, Tanler Ruben. 2021. *Evaluación de los métodos de recuperación de hidrocarburos vertidos en las superficies marinas.* Universidad Cesar Vallejo, s.l. : 2021.

LEILI, Mohamadi, y otros. 2021. Nanostructured MgO-enhanced catalytic ozonation of petrochemical wastewater. s.l. : Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 2021. Vol. 60, 6.

Mariela, ARUHUANCA. 2019. “EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DE BIOPOLÍMEROS NATURALES, EN LA ADSORCIÓN DE PETRÓLEO EN AGUA DE MAR A NIVEL LABORATORIO CALLAO-2018”. Lima : s.n., 2019.

MIRJANI, Marzieh, SOLEIMANI, Mohsen y SALARI, Vahid. 2021. Toxicity assessment of total petroleum hydrocarbons in aquatic environments using the bioluminescent bacterium *Aliivibrio fischeri*. s.l. : Ecotoxicology and Environmental Safety, 2021. Vol. 207.

MORA, David y RICAURTE, Diego. 2020. Estudio de viabilidad técnica y análisis de costos de las barreras absorbentes naturales contra derrames de hidrocarburos en cuerpos de aguas naturales. Bogota : s.n., 2020.

MORENO, Begoña y MUÑOZ, Maximiliano. 2018. Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. Santiago : s.n., 2018. Vol. 11, 3.

National Geographic. 2019. Las propiedades que hacen que el agua sea tan especial. [En línea] 22 de 03 de 2019. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/propiedades-que-hacen-que-agua-sea-tan-especial_14052.

OLIVEIRA Maia, André Luis, DE LIMA Leite, Ricardo Henrique y GOMES dos Santos, Francisco Klebson . 2020. Resíduo agrícola de bagaço de caju como adsorvente na remoção de tolueno da mistura. Pombal : Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, 2020. Vol. 15, 2. ISSN-e.

ORDOÑEZ, Alejandra. 2017. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DE LA PAPA PARA LA REMOCION DE METALES PESADOS EN AGUAS CONTAMINADAS. Cuenca : s.n., 2017.

PENG, Baoliang y CHIU, Tamc. 2020. Cellulose-based materials in wastewater treatment of petroleum industry. 2020. Vol. 5.

PetroPeru. 2017. Historia del Petroleo. [En línea] 2017. <https://museo.petroperu.com.pe/historia-del-petroleo/>.

RISPOLI, Juan. 2011. Mirando sobre y bajo el agua. 2011.

Sabino, Carlos. 2006. [En línea] 2006.

SALAS , Denisse y VENTURA, Gianfranco. 2020. Remoción de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) en aguas dulces mediante biomasa animal de cascos y cuerno de caprinos 2020. . 2020.

Secretaría de Energía. 2015. gobierno de mexico. [En línea] julio de 2015. <https://www.gob.mx/sener/articulos/que-son-los-hidrocarburos>.

SHAW, David y BLANCHARD, Arny. 2021. Aromatic hydrocarbon data in sediments from Port Valdez, Alaska. s.l. : Data in Brief, 2021. Vol. 39.

SOLEDAD Romano, Melisa. 2020. Remoción de metales pesados de efluentes líquidos industriales utilizando residuos de biomasa como bioadsorbentes e inmovilización en matrices cerámicas. Concepción, Uruguay : s.n., 2020.

TALANQUER, Iván. 1997. [En línea] 1997.
<http://revistas.unam.mx/index.php/req/article/view/66595/58495>.

TEJADA, Candelaria. 2015. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. Cartagena : Tecnológicas, 2015. Vol. 18, 34, págs. 109 - 123.

TELLEZ, Jose. 2008. ABSORCIÓN DE PETRÓLEO CRUDO, DIESEL Y ACEITE AUTOMOTRIZ GASTADO POR RESIDUOS LIGNOCELULÓSICOS Y SU APLICACIÓN COMO SISTEMA DE DISPOSICIÓN DE HIDROCARBUROS. Atizapan : s.n., 2008.

URES, Pablo, JACOME, Alfredo y SUAREZ, Joaquin. 2014. ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVO. Coruña : s.n., 2014.

VALLADARES, Maria, y otros. 2016. Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables. Medellín : s.n., 2016.

VIDAL, Maria, ORAMAS, Jehova y BORROTO, Radamez. 2015. Revisiones sistemáticas. Habana : s.n., 2015. Vol. 29, 1.

ZDARTA, Agata, SMULEK, Wojciech y KACZOREK, Ewa. 2020. Multilevel changes in bacterial properties on long-term exposure to hydrocarbons and impact of these cells on fresh-water communities. s.l. : Science of the Total Environment, 2020. Vol. 729.

ZOLEZZI, Alberto. 2017. Salud y medio ambiente en el Perú actual. Lima : s.n., 2017. Vol. 34, 2.

ZUBIZARRETA, Aroa, y otros. 2018. Revisión de la literatura sobre efectos nocivos de la exposición laboral a hidrocarburos en trabajadores en ambiente externo. Madrid : s.n., 2018. Vol. 64, 252.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN APRIORÍSTICA

Ámbito temático	Problema de investigación	Problemas Específicos	Objetivo General	Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría
Métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua: Revisión sistémica	¿Cuáles son los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?	¿Cuáles son los métodos más estudiados para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?	Determinar los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua	Identificar los métodos más estudiados para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua	Tipos de métodos adsorción	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorción convencional • Adsorción no convencional
		¿Cuáles son las ventajas que tiene los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?		Determinar las ventajas que tiene los métodos de adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua	Ventajas de métodos de adsorción	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilización • Costo
		PE3: ¿cuáles son los métodos más eficientes para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua?		Analizar los métodos más eficientes para la adsorción de hidrocarburos en cuerpos de agua.	Métodos de adsorción más eficientes	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de adsorción • Tiempo de adsorción