



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Revisión sistemática del uso de adsorbentes no-convencionales
para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Espinoza Vasquez Juan Alberto (ORCID: 0000-0003-4938-794X)

Zuñiga Morales Patricia Marlene (ORCID: 0000-0001-7047-1623)

ASESOR:

Dr. Sernaqué Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi esposo e hijos.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la universidad Universidad César Vallejo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de la generación y contaminación de Hidrocarburos	4
Figura 2. Procedimiento de recolección de información.....	18
Figura 3. Promedio de adsorbentes no convencionales más utilizados.....	24
Figura 4. Promedio de adsorbentes de hidrocarburos en medio hídrico.....	27

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes de los tratamientos no-convencionales	10
Tabla 2. Categorización apriorística.....	16
Tabla 3. Adsorbentes no convencionales	21
Tabla 4. Modelo de adsorción	25

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la influencia de los adsorbentes no-convencionales en el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, así como identificar el adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, determinar el mejor modelo de adsorción para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos y analizar la capacidad de adsorción de los tratamientos no-convencionales.

Para lo cual se empleó la búsqueda y recolección de literaturas; de donde pasaron a un proceso de inclusión y exclusión, quedando añadidos al estudio 20 artículos científicos; donde los datos obtenidos fueron; el adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos de acuerdo al 70% de los autores son las bacterias, donde 14 de los estudios están enfocados en diversos tipos de bacterias como medio de adsorción de hidrocarburos, así también el 30% emplea plantas, el mejor modelo de adsorción para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, de acuerdo al 47% de los investigadores se interpreta correctamente por el modelo cinético de primer orden y el 35% en segundo orden; mientras que en orden cero se encuentran el 18%. Por último, la capacidad de adsorción de los tratamientos no-convencionales señala que el porcentaje de adsorción de hidrocarburos empleando tratamientos no convencionales se encuentra en un promedio de 80 al 100%.

Palabras clave: Contaminación, agua, hidrocarburos, diésel, adsorbentes no convencionales, residuos de materia orgánica.

ABSTRACT

The aim of this research was to analyse the influence of non-conventional adsorbents in the treatment of water contaminated with hydrocarbons, as well as to identify the most studied non-conventional adsorbents for the treatment of water contaminated with hydrocarbons, to determine the best adsorption model for the treatment of water contaminated with hydrocarbons and to analyse the adsorption capacity of non-conventional treatments.

To this end, a literature search and collection process was used, from which they went through a process of inclusion and exclusion, and 20 scientific articles were added to the study, where the data obtained were; the most studied non-conventional adsorbents for the treatment of water contaminated with hydrocarbons according to 70% of the authors are bacteria, where 14 of the studies are focused on various types of bacteria as a means of adsorption of hydrocarbons, as well as 30% use plants, the best adsorption model for the treatment of water contaminated with hydrocarbons, according to 47% of the researchers is correctly interpreted by the kinetic model of first order and 35% in second order; while in zero order are 18%. Finally, the adsorption capacity of the non-conventional treatments indicates that the percentage of hydrocarbon adsorption using non-conventional treatments is on average between 80 and 100%.

Keywords: Pollution, water, hydrocarbons, diesel, non-conventional adsorbents, organic matter residues.

I. INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son un tipo de sustancias tóxicas persistentes, que se han detectado con frecuencia en medios ambientales, como el suelo y agua (Zhang et al., 2019, p.1). Son una gran clase de contaminantes orgánicos cancerígenos bien conocidos con dos o más anillos de benceno que proceden de procesos de combustión incompletos (Saburouh et al., 2020, p.2).

Las concentraciones de los compuestos derivados del petróleo como los ácidos nafténicos (NA) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) al liberarse en el agua presentan peligros de contaminación acuática, debido a que las concentraciones de estos contaminantes pueden verse afectadas tanto por el tipo de aceite como por la química del agua (Monaghan et al., 2021, p.1).

Dado que los HAP carecen de grupos funcionales, se encuentran entre los indicadores orgánicos más estables; en consecuencia, en América del sur los indicadores orgánicos y su distribución en núcleos de sedimentos han permitido registrar con precisión la entrada histórica de estos contaminantes en los sistemas estuarinos (Pietzsch et al., 2010, p.1). En el norte de la Amazonia peruana las actividades de extracción de petróleo han generado un conflicto socio ambiental de larga data entre empresas petroleras, autoridades gubernamentales y comunidades indígenas, por la descarga de aguas producidas que contienen altas cantidades de metales pesados e hidrocarburos (Yusta et al., 2017, p.3).

Estos hidrocarburos son contaminantes muy cruciales debido a su carácter cancerígeno, teratogénico, genotóxico y persistente, viéndose asociado a una mayor incidencia de diversos tipos de cáncer (como el cáncer de boca, pulmón, estómago y vejiga) y otras enfermedades (como enfermedades del corazón enfermedades cardíacas y asma) (Rengarajan et al., 2015).

Ante lo anteriormente dicho, se han elaborado diversas técnicas y métodos de para su eliminación, como la precipitación química, adsorción, procedimiento de separación de membrana, degradación biológica, oxidación química y extracción con disolventes (Do Doung D. 1998, p.2).

El tratamiento por adsorción ofrece un enfoque sencillo para la eliminación de los contaminantes orgánicos del medio acuático, para la eliminación por adsorción de los HAPs del agua (Salehi M. et al., 2019, p.2).

De esta manera, mencionamos los adsorbentes no-convencionales; estos son materiales alternos (biopolímeros o partes de plantas), que no necesariamente deben recibir un tratamiento previo para activarse; por el contrario, su activación mejora su capacidad de adsorción (Valladares et al., 2017, p.1).

Es por las razones expuestas que se formuló el problema general: ¿De qué manera influyen los adsorbentes no-convencionales en el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos? y como problemas específicos se tiene: ¿Cuál es el adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos?, ¿Cuál es el mejor modelo de adsorción para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos? Y ¿Qué capacidad de adsorción tendrán los tratamientos no-convencionales?

De igual manera, se presenta el objetivo general: Analizar la influencia de los adsorbentes no-convencionales en el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, y como objetivos específicos se tiene: Identificar el adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, Determinar el mejor modelo de adsorción para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos y Analizar la capacidad de adsorción de los tratamientos no-convencionales.

El presente informe de investigación teóricamente porque busca recopilar información de diversos investigadores a nivel internacional acerca del uso de adsorbentes no-convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, con el fin de servir como fuente para futuros investigadores que deseen ahondar en el tema con una información actualizada.

II. MARCO TEÓRICO

El origen de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se derivan principalmente de la combustión incompleta de combustibles fósiles (Zambianchi et al., 2017, p.2). También son derivados de material orgánico, del petróleo y de acuerdo a su origen se clasifican en: biogénico, petrogénico y pirogénico (Saburouh Nazanin et al., 2020, p.3). Presentan dos o más anillos de benceno que proceden de procesos de combustión incompletas y su distribución en el medio ambiente ha generado que muchos investigadores estudien sus fuentes (Saburouh et al., 2020, p.2).

Sin embargo, los hidrocarburos del petróleo son los principales contaminantes ambientales en suelos, agua dulce, agua de mar y sedimentos, que puede ocurrir durante la extracción, refinería, transporte y almacenamiento de petróleo, causando un impacto negativo en los ecosistemas (Macaya et al., 2019, p.1). Por ello es considerado uno de los contaminantes orgánicos persistentes (COP) más ampliamente distribuidos en los medios ambientales (Sun et al., 2021, p.2).

En las últimas décadas, compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) se han comúnmente observado en ambientes acuáticos; siendo diversas investigaciones quienes han encontrado presencia de este contaminante en diversos sistemas acuáticos como los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, aguas subterráneas, aguas superficiales o agua de mar (Grandclément et al., 2017, p.1). En América, entre los años 1992 y 2011 en el medio acuático como ríos y arroyos se encontraron niveles sobrepasados (Kroes J. et al., 2020, p.1).

La industria de procesamiento de hidrocarburos contribuye de forma significativa a la contaminación medioambiental causada por accidentes durante el procesamiento del petróleo en las fases previas, intermedias y posteriores (Iman et al., 2019, p.1).

La contaminación del agua y la falta de acceso al agua potable son problemas generales problemas mundiales que se derivan de la expansión de las actividades industriales y agrícolas (Wang et al., 2019, p.1). En ambientes acuáticos, las

concentraciones de PAHs varían ampliamente de 0.03 ng / L (agua de mar; Mar del Sureste de Japón, Japón) a 8,310,000 ng / L (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas, Siloé, Sudáfrica). Además, se ha informado que la bioacumulación de $\Sigma 16\text{PAH}$ en peces varía de 11,2 ng / L (*Cynoscion guatucupa*, Sudáfrica) a 4207.5 ng / L (*Saurida undosquamis*, Egipto) (Mojiri et al., 2019, p.1).

En países como Sundarbans, se evaluó la distribución de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en las aguas superficiales y los sedimentos en cinco regiones; siendo la concentración total de HAP excedido en el valor del rango de efectos: bajo y los valores recomendados del rango de efectos: mediana, lo que implica que los HAP podrían afectar adversamente la biota de los Sundarbans (Balu et al., 2020, p.1). De igual manera en Brasil los sedimentos de los manglares se encuentran contaminados en niveles de contaminación bajos a moderados con presencia de hidrocarburos alifáticos (AH) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (Araújo et al., 2020, p.1).

Mientras que, gran parte de la zona portuaria en Montevideo (Uruguay) se encuentra afectado por los contaminantes de hidrocarburos y metales pesados; alcanzando las concentraciones totales de PAH entre 1,56 y 90,44 $\mu\text{g g}^{-1}$; provocando efectos biológicos adversos (Scotchman Lain C., 2016, p.1).

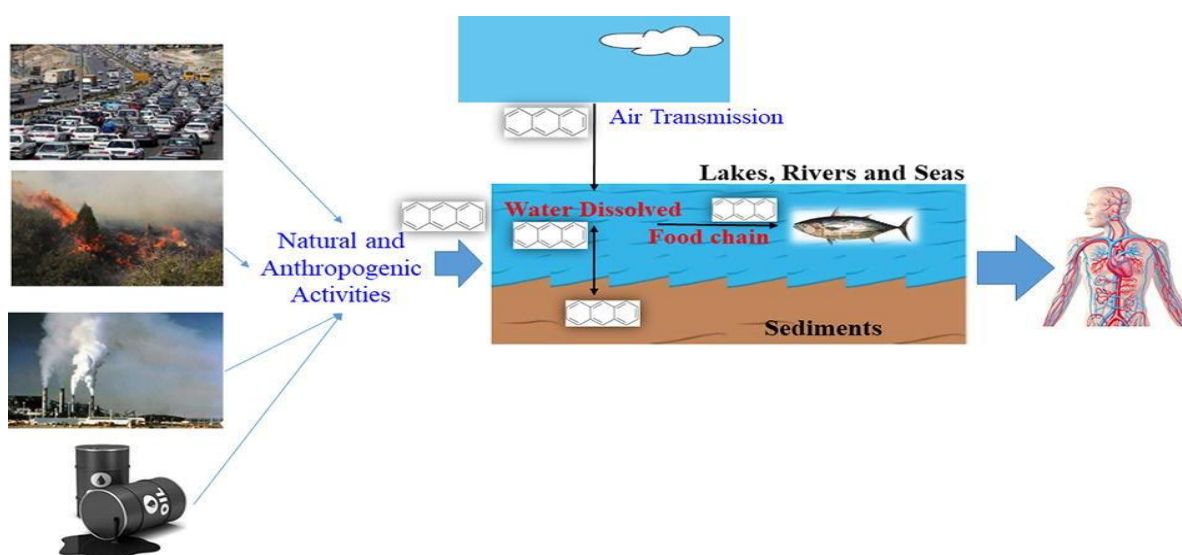


Figura 1. Proceso de la generación y contaminación de Hidrocarburos

Fuente: Mojiri et al., (2019)

Así también en la amazonia peruana existe contaminación por hidrocarburos petrogénicos en suelos y sedimentos fluviales por la acción de las actividades de la industria petrolera, proveniente de descargas voluntarias o derrames accidentales (Colomer et al., 2016, p.1).

De acuerdo con la Figura N°1 se puede observar las fuentes de generación del HAP; graficando las fuentes naturales y antropogénicas, así como su ingreso al recurso agua hasta llegar al ser humano. De acuerdo con Wang et al., (2017, p.1) las principales fuentes de HAP son la quema de biomasa, la combustión de carbón y las emisiones de vehículos de motor.

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son tóxicos contaminantes ambientales omnipresentes, por lo que constituyen un riesgo importante para los seres humanos (Ficheux et al., 2012, p.2), son conocidos por ser los componentes asociados con potenciales efectos carcinógenos, teratogénicos y mutagénicos en animales acuáticos y humanos (Kong et al., 2010, p.1)

Además. su eliminación en las aguas contaminadas es esencial, ya que estas sustancias químicas pueden tener graves efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana (Salehi et al., 2019, p.1). Siendo motivo de gran preocupación debido a su importante riesgo para la salud y sus efectos adversos para humanos y animales (Sun et al., 2021, p.1). También en el aire los HAP son una preocupación creciente debido a su carcinogenicidad y mutagenicidad (Kim et al., 2013, p.1).

En la investigación de Liu et al., (2021, p.1) se estudiaron en china los efectos causados por los derivados de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) en la salud; encontrando la coexistencia de HAP, HAP clorados (Cl-HAP), HAP bromados (HAP-Br) y HAP oxigenado (HAPO) en el agua de grifo; calculando que los valores de riesgo de cáncer incrementan por la cantidad de compuestos presentes. De acuerdo con Ambade et al., (2021, p.2) el riesgo incremental de cáncer de por vida para niños y adultos debido a la ingestión de agua superficial con HAP oscila entre ND y $4,25 \times 10^{-5}$ y ND a $7,21 \times 10^{-5}$, respectivamente.

Los vertidos de petróleo en el medio marino provocan la meteorización del petróleo vertido y la formación de bolas de alquitrán que acaban acercándose a la costa y contaminando otros recursos (Fingas M., 2015, p.2).

La creciente preocupación por el medio ambiente, especialmente tras varios peligrosos de los hidrocarburos por el petróleo en las últimas décadas, renovó la atención por el desarrollo de técnicas de limpieza (Yu et al., 2011, p.2).

Por ello existen diversas técnicas para eliminar contaminantes como hidrocarburos del medio acuático, siendo, los adsorbentes no-convencionales (biopolímeros o partes de plantas) materiales alternos, los cuales no reciben un tratamiento previo para su activación, pero si este es activado presenta mejores resultados de adsorción (Valladares et al., 2017, p.1). Las tecnologías innovadoras, económicas, renovables y respetuosas con el medio con las tecnologías de intercambio iónico, coprecipitación, adsorción, separación por membranas, oxidación, procesos bioquímicos.etc. se investigan para fomentar el tratamiento de aguas contaminadas, pero entre ellas está la tecnología de adsorción que se considera un enfoque prometedor debido a su ruta corta (Solangi et al., 2021).

El proceso de adsorción es una tecnología efectiva y de bajo costo si se utiliza el adsorbente adecuado, además de ser la técnica más utilizada y eficaz para el tratamiento de aguas residuales contaminadas por compuestos tóxicos, ya sean orgánicos o inorgánicos (Nas B. et al., 2020, p.7).

La capacidad de adsorción (o carga) es la cantidad de adsorbato absorbido por el adsorbente por unidad de masa (o volumen) del adsorbente (Mokhatab S. y Poe W., 2012, p.2). La capacidad de adsorción de un adsorbente para la eliminación está influenciada en gran medida por las limitaciones de agua como los iones aniónicos y catiónicos (Mu M. y Wang A., 2016, p.1).

La ecuación muestra que tanto el tipo de solvente como el tipo de carbón afectan el desempeño y de acuerdo con Hassan Ahmed A. et al., (2021, p.1) la capacidad de absorción se calcula a partir de la siguiente ecuación (Ecuación N°1):

$$W = \rho W_0 \exp \left[\frac{BT^2}{1} \left(\log \frac{p_s}{p} \right)^2 \right] \dots\dots\dots \text{(Ecuación N°1)}$$

Dónde:

W: Capacidad de adsorción por unidad de peso de carbono

P: Densidad del solvente

Wo: Volumen total de espacio de adsorción

B: Constante de microporosidad del carbono

T: Temperatura

B: Coeficiente de afinidad del vapor de disolvente por el carbono

Ps: Presión de vapor saturada de disolvente a temperatura T

Entre las diversas tecnologías de tratamiento de agua disponibles, la adsorción se considera por su conveniencia, flexibilidad y simplicidad de diseño, facilidad de operación e insensibilidad a los contaminantes. de funcionamiento e insensibilidad a los contaminantes tóxicos (Wang Ya et al., 2016, p.1).

La adsorción se refiere a la acumulación de una sustancia en la interfaz entre dos fases, como la de sólido y gas o la de sólido y líquido. líquido. Generalmente, la sustancia reunida en la interfaz se denomina "adsorbato" y el sólido sobre el que se produce la adsorción se conoce como "adsorbente" (Kuppusamy Saranya et al., 2016, p.1). Si el método de La bondad o maldad del método de adsorción depende en gran medida del adsorbente, por lo que los adsorbentes de bajo coste y alto rendimiento son el objetivo final que persiguen muchos investigadores (Militao Iarin M. et al., 2021, p.3).

En los últimos años, una variedad de adsorbentes naturales utilizados para tratar las aguas residuales de los tintes ha recibido de la gente, como la cáscara de arroz, la cáscara de pomelo, la cáscara de trigo de trigo, bagazo de caña de azúcar, hongos y levaduras, serrín de pino, quitosano, cáscara de coco, mazorca de maíz, raíces de vetiver (Guaya Diana et al., 2021, p.1). Cabe destacar que muchos

adsorbentes naturales son materiales de desecho que tienen poco o ningún valor económico e incluso presentan un problema de eliminación, por lo que el desarrollo de esos adsorbentes es beneficioso para reducir el coste del tratamiento de las aguas residuales y proteger nuestro medio ambiente (Kwikima M. et al., 2021, p.).

Dicho ello, los tratamientos no convencionales o también llamados tratamientos verdes, bioadsorbentes o blandos se generan a partir de los materiales de desecho; los cuales pueden ser: desperdicios de frutas, verduras y plantas (Pathak et al., 2016, p.1)

Entre las diversas técnicas se encuentran los tratamientos biológicos, los cuales son menos intensivos en energía en comparación con otros y pueden considerarse más beneficiosos económicamente, sin embargo, la cinética de biodegradación de los contaminantes petrolíferos suele ser lenta y, en algunos casos, varios de estos contaminantes son tóxicos para los microorganismos o recalcitrantes a la biodegradación (Salehi et al., 2019, p.2). También La bioestimulación con fertilizantes inorgánicos y la bioaumentación con hidrocarburos utilizando bacterias autóctonas se emplean como opciones de recuperación de aguas contaminadas con estos hidrocarburos (Popat Amishi et al., 2019, p.4).

Entre estos métodos, la biorremediación es una destacada técnica de limpieza de la contaminación por hidrocarburos, empleando parte de organismos vivos que se puede dividir en in situ (en el lugar contaminado) y ex situ (en otro lugar que la zona contaminada) (He Xiwei et al., 2020, p.231), y un tipo de biorremediación es la fitorremediación; esta técnica se refiere a la utilización de micro o macroalgas para la limpieza de contaminantes de aguas residuales, suelos contaminados y CO₂ del aire contaminado (Wei Cong et al., 2020, p.2).

Así también, el carbón activado a base de carbón es el adsorbente más comúnmente adsorbente más utilizado para la eliminación de colorantes debido a su alta área superficial y capacidad de adsorción (Ewis D. y Hameed B., 2021, p.2). Existe un creciente interés en la búsqueda de alternativas para los adsorbentes a base de carbón ya que estos se derivan de fuentes no renovables y son relativamente caro (Jin Eunji et al., 2020, p.2).

El uso de carbono orgánico como adsorbente es ventajoso, ya que suele derivarse de recursos renovables como la biomasa, que está disponible en abundancia tras los procesos industriales como residuos, subproductos y desechos y, por lo tanto, son comparativamente baratos (Dong Zhene t al., 2021, p.1).

La pared celular de las microalgas proporciona sitios de unión como los grupos hidroxilo y carboxilo para varios colorantes básicos que existen como cationes en solución acuosa y como el modo de captación es extracelular, los grupos funcionales de la pared celular juegan un papel importante en sistema de adsorción (Samadi Akbar et al., 2021, p.2). También, la utilización de la biomasa de las macroalgas como adsorbente ha sido ampliamente reportada (Mukkanti Veera B. y Tembhurkar A., 2021, p.3).

De acuerdo a lo expuesto; se detallan los antecedentes con referencia a los investigadores que emplean tratamientos no convencionales (Ver tabla N°1).

Tabla 1. Antecedentes de los tratamientos no-convencionales

TRATAMIENTO	Materia prima emplear	País	Metodología	Resultados	AUTOR
Biodegradación	Alga verde (<i>Chlorella vulgaris</i>)	Venezuela	La microalga se trató con concentraciones de aceite crudo / agua de 10 y 20 g / l en dos períodos experimentales (7 y 14 días).	Remediación del ~94% de los compuestos ligeros y ~ 88% de los pesados en 14 días.	Khalor et al., 2017
bioadsorbentes	Residuos de las cáscaras de frutas y verduras (FVP): -Granada, la piña, la sandía -El ajo -El guisante verde -El gandul	India	Las cáscaras se lavaron con agua bidestilada (DDW) y se secaron a 70°C y 2°C en un horno de aire caliente hasta obtener un peso constante. A continuación, el producto seco se molió y se tamizó. Para los estudios de caracterización se utilizaron FVP en polvo con un tamaño de partícula de 0,106-0,90 mm.	Las propiedades superficiales de los PVF indican que sean un biosorbente adecuado.	Pathak et al., 2016
Remediación	Desecho de las fibras de coco	-	Para la remediación de aceite en agua salina. Pretratamientos químicos convencionales	Las fibras tratadas con PIL poseían más poros y contenido hidrófobo que las fibras de coco	Maia et al., 2021

			(mercerización / acetilación) y el tratamiento innovador (utilizando PIL)	mercerizadas / acetiladas, lo que indica la eficacia de la sorción. La sorción promedio de la fibra PIL [2-HEA] [Ac] fue de $1,40 \pm 0,06$ g / gy la de la fibra mercerizada / acetilada fue de $1,32 \pm 0,12$ g / g.	
Bioadsorbentes	Desechos de frutas	-	La utilización de desechos de frutas para el desarrollo de BA ha recibido una gran atención debido a su bajo costo, rico en biocelulosa y abundancia.	La utilización de residuos de frutas puede salvar la brecha del nexo entre agua, energía y alimento.	Solangi et al., 2021
Adsorción	Partículas de bagazo de caña de azúcar	Venezuela	En una columna de lecho fijo, empacada con partículas de bagazo de caña de azúcar, previamente hidrofobadas por el surfactante no iónico Span 80 (monooleato de sorbitán, HLB 4,3) para cambiar la mojabilidad del lecho. Mediante un diseño multifactorial se analizó el efecto de la concentración inicial del contaminante, el	Eficiencias de remoción de hidrocarburos superiores al 90%, con valores máximos de 574 mg de hidrocarburo/g de lecho y 430 min.	Rincones et al., 2016

			caudal de alimentación y la altura del lecho sobre la capacidad de adsorción y el tiempo de operación de la columna.		
Biosorbente	Bagazo de caña de azúcar	Cuba	El bagazo natural fue sometido a las operaciones: secado, molienda y tamizado para obtener una biomasa uniforme	Se logra con la utilización del biosorbente evaluado (BN): grasas, aceites (98,5%) e hidrocarburos totales (94,8%). Lo anterior evidencia que el bagazo de caña evaluado tiene potencialidades como sorbente para remoción de hidrocarburos en agua, utilizando columnas de lecho fijo.	Nodal et al., 2014.
Sorbente de hidrocarburos con Biopolímero natural	Plumas de pollo	México	Se realizaron pruebas descritas por la norma ASTM F-276: "Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents". Estas pruebas fueron escaladas para un	La mejor capacidad de retención se obtuvo para el petróleo con 20.5 g/g sorbente, seguido por el diesel con 9.6 g/g sorbente y finalmente la	Salazar et al., 2012.

			sistema experimental más reducido.	gasolina con 6.2 g/g sorbente.	
Biosorción	Frutas y verduras	EE.UU		Los resultados de los numerosos estudios sobre la eficiencia de los adsorbentes de estos residuos biológicos demuestran que, aparte de sus amplias disponibilidades están dotadas de una rápida cinética y apreciables capacidades de adsorción.	Patel S., 2012.
Biosorción	Bagazo de la caña de azúcar	Cuba	El trabajo experimental consiste en la determinación de la caída de presión, Δp , que se produce a través de un lecho fijo de partículas de un determinado diámetro, d_p , y que ocupan un volumen que es determinado por su altura L , para diferentes valores del flujo de gas dado por el valor G . Con estos valores es	Los estudios sobre la caracterización del bagazo deben continuarse a fin de buscar una mayor precisión en los resultados y determinar la influencia que tiene la medula contenida en la fibra, así como la temperatura de los gases	Alarcón et al., 2006.

			posible determinar los valores de los coeficientes a y b en la ecuación 1 y que constituyen el intercepto y la pendiente de una línea recta.	sobre las magnitudes estudiadas.	
Absorbente	Bagazo	Cuba	Preparación de 30 kg de material absorbente base seca, mediante tratamiento químico del bagazo, el cual fue secado previamente por 72 h a temperatura ambiente, sometido a tratamiento con hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno.	La capacidad de sorción promedio obtenida para el material bagazo modificado por tratamiento químico se considera aceptable comparado con algunos de los productos comerciales conocidos.	Díaz et al., 2018.

Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente informe de investigación es de tipo aplicada, de acuerdo con Ulin et al., (2005, p.5), este tipo de investigación busca obtener conocimientos enfocándose en una realidad problemática, basándose en los hallazgos obtenidos por los investigadores. Quiere decir la investigación se va a enfocar en un hecho o tema en específico (Herrera et al., 2015, p.5). Es por ello que la investigación es de tipo aplicada, ya que busca analizar la influencia de los adsorbentes no-convencionales en el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos realizando la comparación de las metodologías de diversos investigadores a nivel nacional e internacional.

Así mismo el diseño es narrativo de tópico; la investigación narrativa tiene como eje de su análisis a la experiencia humana, más específicamente "la investigación narrativa está dirigida al entendimiento y al hacer sentido de la experiencia" (Blanco M., 2011, p.4). De acuerdo con el investigador la investigación tópica surge dentro de la investigación a partir de la formulación de los llamados objetivos generales que son una inversión de las preguntas de investigación en términos de finalidades, como de los específicos, que desglosan y operacionalizan los primeros (Herrera et al., 2015, pp. 5,6) y se fundamenta en la investigación debido a que se busca procesar asuntos, para esclarecerlos, contando todo lo que obtuvieron los investigadores para llegar al resultado.

3.2. Categorías, subcategoría y matriz de categorización apriorística

Para el desarrollo de una revisión sistemática, uno de los procesos más importantes es la distribución de los temas a tratar a partir de la organización y recopilación de la información (Herrera, J., Guevara, G. y Munster. H., 2015, p.125). es por ello que se plantean las categorías y sub categorías provenientes de los objetivos específicos; siendo en la presente investigación planteadas 3 categorías Adsorbente no convencional, Modelo de adsorción y Capacidad de adsorción y 2 sub categorías por cada una de ellas; tal como se muestra en la Tabla N°2.

Tabla 2. Categorización apriorística

Objetivo Especifico	Problemas Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
Identificar el adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos.	¿Cuál es el adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos?	Adsorbente no convencional (Pathak et al., 2016, p.1)	-Adsorción a base de biopolimeros -Adsorción a base de plantas -Adsorción a base de hongos (Partovinia Ali y Rasekh B., 2018, p.2)	De acuerdo a los autores que lo utilizan	De acuerdo al método de activación
Determinar el mejor modelo de adsorción para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos.	¿Cuál es el mejor modelo de adsorción para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos?	Modelo de adsorción (Valladares et al., 2017, p.1)	-Ecuación cinética primer orden - Ecuación cinética segundo orden (Guo X. y Wang J., 2019, p.4)	De acuerdo al equilibrio encontrado	De acuerdo al modelo al que se ajuste
Analizar la capacidad de adsorción de los tratamientos no-convencionales.	¿Qué capacidad de adsorción tendrán los tratamientos no-convencionales?	Capacidad de adsorción (Valladares et al., 2017, p.1)	-Capacidad máxima -Capacidad media -Capacidad mínima (Olkis Christopher et al., 2021, p.2)	De acuerdo al porcentaje de adsorción	De acuerdo al tiempo empleado

Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

Se le concede gran importancia en esta etapa de la investigación, a la construcción del escenario de investigación. “Entendemos por escenario de investigación la fundación de aquel espacio social orientado a lograr la implicación de los participantes en la investigación (Herrera et al., 2015, p.4).

Por tal motivo; el escenario de estudio del presente informe de investigación no cuenta con un escenario físico al ser una revisión sistemática, se presenta ante ello a los escenarios en los cuales los investigadores llevaron a cabo el estudio; siendo encontrado a los artículos científicos realizados a nacional e internacional acerca del uso de adsorbentes no - convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos.

3.4. Participantes

Los participantes en el presente trabajo de investigación son los artículos de revistas indizadas obtenidas de la base de datos de: ScienceDirect, Scielo; las cuales nos permiten obtener información confiable acerca de la influencia de los adsorbentes no-convencionales en el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos.

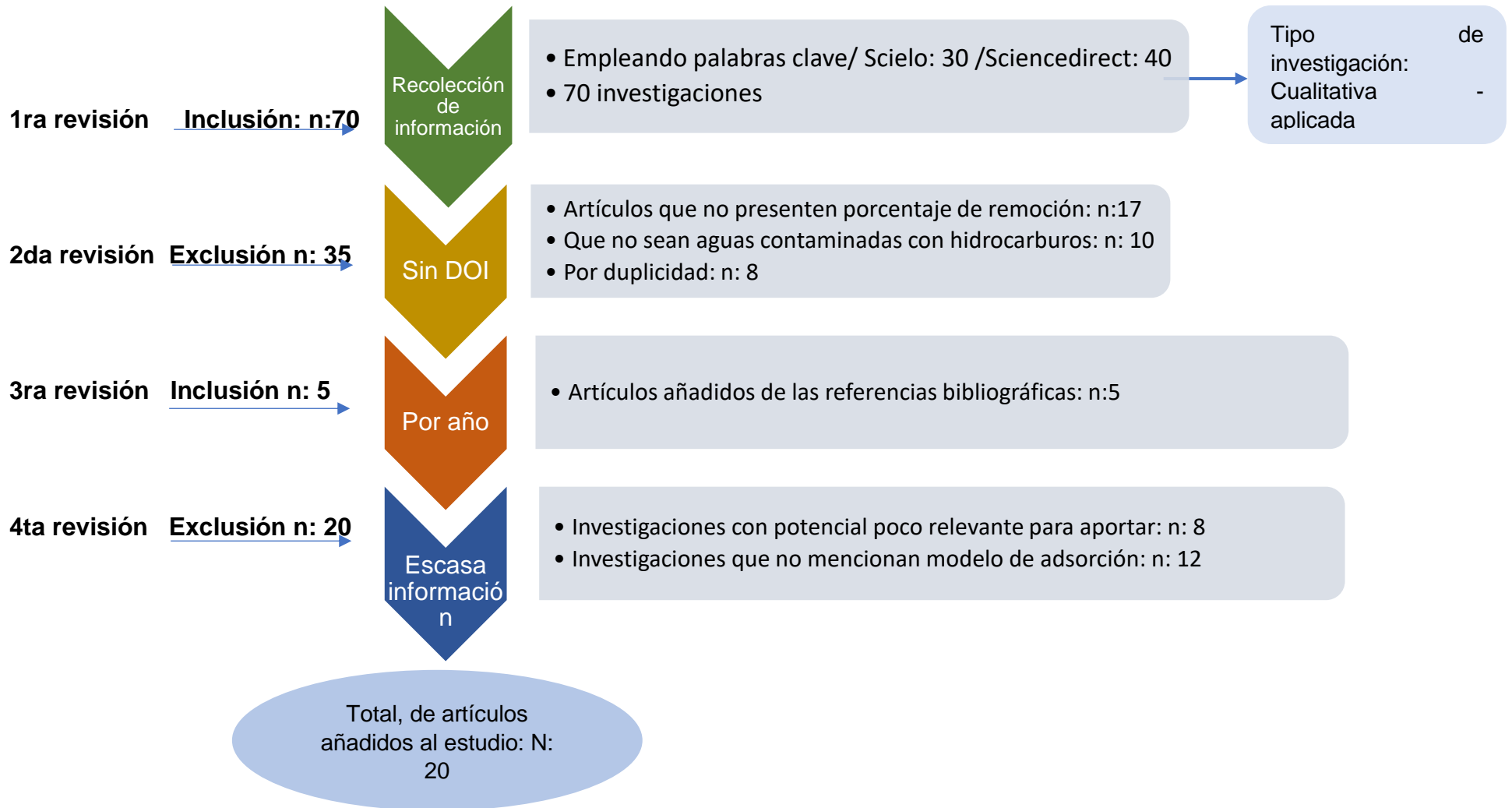
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de investigación empleada ha sido el análisis documental el cual es un grupo de operaciones intelectuales que indagan y representan documentos de forma unificada sistemática (Dulzaides y Molina, 2004, p. 2).

En nuestra investigación que es narrativa de tópico se ha empleado la técnica de análisis documental para el cual se utilizó la ficha de análisis de contenido (Ver anexo N°1); instrumento en el cual se detallan los datos relevantes de las investigaciones utilizadas que posibilitaron el análisis de las categorías y subcategorías de nuestra investigación, en ella se detallan datos del autor como: Nombres, año, página, DOI, y datos de la investigación como objetivos, metodología, resultados.

3.6. Procedimientos

Figura 2. Procedimiento de recolección de información



3.7. Rigor científico

El presente trabajo de investigación cuenta con 4 criterios los cuales respaldan el rigor científico y validez del presente trabajo, brindando su veracidad.

- ✓ **Transferencia:** Hace referencia a la información planteada por una investigación para ser comparadas con otras investigaciones y teniendo en cuenta también la capacidad de confirmación y los conceptos de hallazgos y resultados establecidos, los cuales son neutrales y se pueden determinar cómo razonables y justos (Johansson 1994, pág. 179) y es demostrado Y es demostrado al aplicar diferentes investigaciones ya realizadas, en las cuales se emplea la comparación de diferentes autores.
- ✓ **Credibilidad:** Se refiere a la coherencia entre la relación de la investigación con la realidad y es obtenida mediante los métodos (Varela y Vives, 2016, p.4); y es demostrado en las investigaciones obtenidas, ya que, son extraídas de fuentes confiables donde las bases de datos son acreditadas.
- ✓ **Dependencia:** Hace que mediante la información de la descripción detallada del trabajo se pueda entender el método utilizado y la efectividad (Varela y Vives, 2016, p.4) y es empleada en la comparación que se realizará mediante los diversos investigadores que emplean adsorbentes no-convencionales para determinar la importancia de ellas.
- ✓ **Confirmabilidad:** Este tipo de criterio busca asegurar que los hallazgos obtenidos sean los resultados reales obtenidos por los informantes más que por los autores (Noreña et al., 2012, p. 267); y es presentado en el presente trabajo empleando las descripciones de las metodologías de cada investigación utilizada donde las descripciones teóricas brindan el aporte al presente tema.

3.8. Método de análisis de información

El método de análisis de datos con enfoque cualitativo, se realiza usando el método de categorización, en la que el problema, objetivo, teoría y metodología describen el tema a investigar (Barbosa, Barbosa y Rodriguez, 2013, p. 85).

Para lo cual en el presente trabajo de investigación se el análisis se realizó empleando las categorías de acuerdo a los tres objetivos específicos; siendo las categorías:

- ✓ Adsorbente no convencional
- ✓ Modelo de adsorción
- ✓ Capacidad de adsorción

y como sub gaterías de cada uno se determinó a: Biosorbente, Biorremediación; Langmuir, Frenluich y Capacidad máxima, Capacidad mínima; todo ellos detallados en la Tabla N° 2.

3.9. Aspectos éticos

La calidad del trabajo de investigación se fundamenta en la aplicación de los aspectos éticos en relación a los autores, donde cada uno de los utilizados fueron debidamente citado detallando nombres, año y página en la cual se extrajo la información con la referencia estilo ISO 690-2; de acuerdo al Código de Ética de la universidad Cesar Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La bioadsorción es un proceso que permite la captación activa o pasiva de contaminantes, debido a la propiedad que diversas biomazas vivas o muertas poseen para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por diferentes mecanismos (Silva Jesie C. et al., 2018, p.2). Debido a ello, la aplicación de materiales de bajo costo obtenidos a partir de diferentes biomazas provenientes de la flora microbiana como algas y residuos agroindustriales ha sido investigada para reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de contaminantes, tales como los hidrocarburos (Chávez Lizárraga G. et al., 2018, p.1). Dicho ello se busca identificar el adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos; mostrando los resultados en la tabla N°3.

Tabla 3. Adsorbentes no convencionales

PROCESO	Tipo de adsorbente	Resultados	AUTOR
Biodegradación	Alga verde (<i>Chlorella vulgaris</i>)	Remediación del ~94% de los compuestos ligeros y ~ 88% de los pesados en 14 días.	Khalor et al., 2017
Bioadsorbentes	Residuos de las cáscaras de frutas y verduras (FVP): -Granada, la piña, la sandía -El ajo -El guisante verde -El gandul	Las propiedades superficiales de los PVF indican que sean un biosorbente adecuado.	Pathak et al., 2016
Remediación	Desecho de las fibras de coco	Las fibras tratadas con PIL poseían más poros y contenido hidrófobo que las fibras de coco mercerizadas / acetiladas, lo que indica la eficacia de la sorción. La sorción promedio de la fibra PIL [2-HEA] [Ac] fue de $1,40 \pm 0,06$ g / gy la de	Maia et al., 2021

			la fibra mercerizada / acetilada fue de 1,32 ± 0,12 g / g.	
Bioadsorbentes	Desechos de frutas	de	La utilización de residuos de frutas puede salvar la brecha del nexo entre agua, energía y alimento.	Solangi et al., 2021
Adsorción	Partículas de bagazo de caña de azúcar	de	Eficiencias de remoción de hidrocarburos superiores al 90%, con valores máximos de 574 mg de hidrocarburo/g de lecho y 430 min.	Rincones et al., 2016
Biosorbente	Bagazo de caña de azúcar		Se logra con la utilización del biosorbente evaluado (BN): grasas, aceites (98,5%) e hidrocarburos totales (94,8%). Lo anterior evidencia que el bagazo de caña evaluado tiene potencialidades como sorbente para remoción de hidrocarburos en agua, utilizando columnas de lecho fijo.	Nodal et al., 2014
Adsorción y biodegradación	Bacterias degradantes <i>Pseudomonas</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Ochrobactrum</i> y <i>Stenotrophomonas</i> + carbón de residuos secos		Degradación de bacterias en agua y por biocarbon fueron 93,95% y 41,86%, respectivamente, significativamente más altas que las de las células inmovilizadas en carbón vegetal (69,60%, 22,78%) y células libres (64,79%, 19,49%) (P <0,01).	Lou Liping et al., 2019
Biodegradación y Bioaumentación	Bacterias biodegradantes del petróleo, con bacterias productoras de biosurfactantes	del	Degradación del diésel por bioaumentación fue de 71,86% en 45 días, superando el 38% al sin bioaumentación	Shi Ke et al., 2020
Biosorción	Bagazo de la caña de azúcar		Los estudios sobre la caracterización del bagazo deben continuarse a fin de	Alarcón et al., 2016

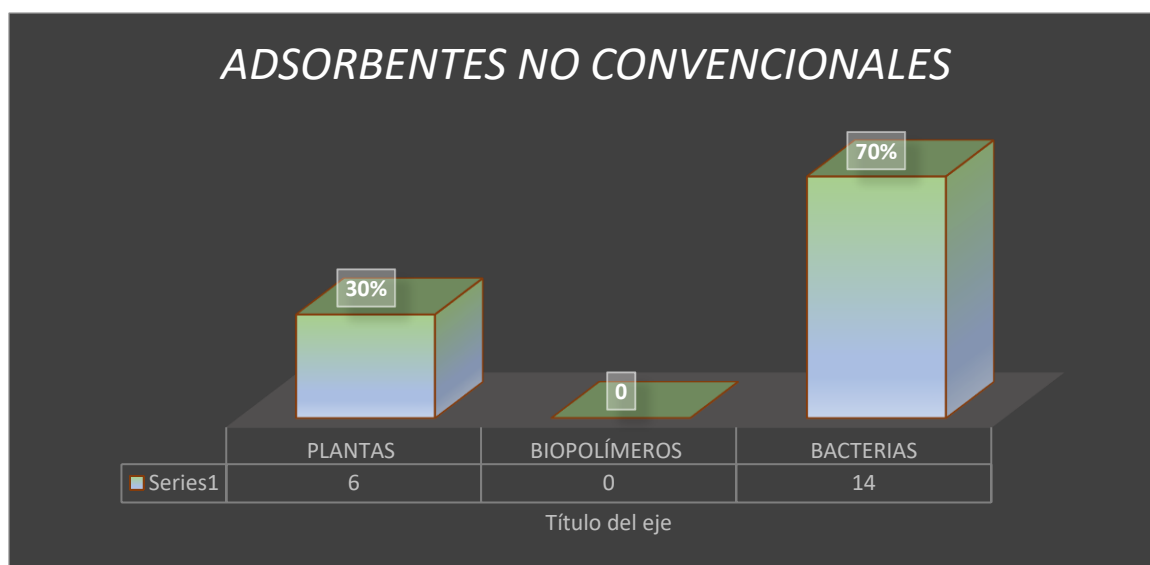
			buscar una mayor precisión en los resultados y determinar la influencia que tiene la medula contenida en la fibra, así como la temperatura de los gases sobre las magnitudes estudiadas.	
Absorción	Bagazo		La capacidad de sorción promedio obtenida para el material bagazo modificado por tratamiento químico se considera aceptable comparado con algunos de los productos comerciales conocidos.	Díaz et al., 2018
Adsorción mediante tecnología de inmovilización	Bacterias		A las 3 h, la proporción de diesel adsorbido por bacterias de degradación del petróleo inmovilizadas alcanzó más del 90%	Fu Xin ge et al., 2021
Biorremediación	Bacterias		Cepas de bacterias que degradan el aceite, eliminó casi cero aceite inmediatamente, pero se eliminó entre un 80% y un 90% después de 24 a 48 h.	Alabresm Amjed et al., 2018
Adsorción y biodegradación simultáneas (SAB)	Bacterias <i>Acinetobacter venetianus</i>		Las bacterias degradaron (> 80%) de gasoil y aceite diesel (94%)	Chen Yuan et al., 2016
Biodegradación	Bacterias inmovilizadas + Cascaras de maní		Degradación de diésel en un 69,94%	Fu Xinge et al., 2020
Biodegradación	Agente microbiano inmovilizado		La tasa de degradación del diésel en 5 días alcanzó 74,04%.	Fu Xinge et al., 2021
Biodegradación	Bacterias <i>Pseudomonas</i>		La tasa de degradación del diesel fue del 69,57% en 5 días	Fu Xinge et al., 2019
Biodegradación	<i>Micrococcus sp.</i>		Degradación del ftalato de di-n-butilo en un 87%	Hu J. Yang Q., 2016
Biodegradación	Consortio bacterias	de	El consorcio autoinmovilizado degradó más del 85% del	Kumar A. et al., 2019

			total de hidrocarburos después de 10 días de incubación.	
Biodegradación	Consortio bacterias	de	La tasa de degradación era del 51% en 5 días	Li Nana et al., 2021
Adsorción y biodegradación	<i>Alcaligenes</i> cepa	<i>sp.</i>	Aproximadamente el 85% de la eficiencia de remoción promedio total durante 52 días.	Li Qingyun et al., 2019

Elaboración propia

De acuerdo a la comparación de 20 literaturas se tiene que los autores emplean en un 70% a las bacterias como adsorbente para la remoción de hidrocarburos en medio hídrico. Tal como se observa en el gráfico N°2, respecto a la tabla N°3, 14 de los estudios están enfocados en diversos tipos de bacterias como medio de adsorción de hidrocarburos, así también el 30% emplea plantas.

Figura 3. Promedio de adsorbentes no convencionales más utilizados



Elaboración propia

Esto es debido a que el diesel se adsorbe a la superficie de las bacterias inmovilizadas de degradación del petróleo a través de enlaces de hidrógeno y luego se biodegradan (Partovinia Ali y Rasekh B., 2018, p.3).

Los resultados obtenidos son corroborados por Lou Liping et al., 2019, quien emplea *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Ochrobactrum* y *Stenotrophomonas* como

bacterias biodegradadoras de diésel en el agua. Ello también lo respalda, Shi Ke et al., 2020, quien utiliza bacterias biodegradantes del petróleo diésel, con bacterias productoras de biosurfactantes.

Así también lo indica, Fu Xin ge et al., 2021, Alabresm Amjed et al., 2018, Chen Yuan et al., 2016, Fu Xinge et al., 2020, Fu Xinge et al., 2021, Fu Xinge et al., 2019, Hu J. Yang Q., 2016, Kumar A. et al., 2019, Li Nana et al., 2021 y Li Qingyun et al., 2019.

Así también, esta afirmación es corroborada por Fu Xin-Ge et al., (2021, p.1) quien señala en los resultados de su investigación que las bacterias de degradación del petróleo inmovilizadas tienen muchos agujeros para que las bacterias adsorban.

Tang Liping et al., (2019, p.1) afirma que la adsorción de diésel por bacterias inmovilizadas de degradación del petróleo es un proceso espontáneo, endotérmico y de aumento de entropía y es uno de los procesos no convenciales al cual se le está prestando mayor atención.

La velocidad de reacción puede predecir la velocidad de la reacción que se aproxima al estado de equilibrio o cuasi equilibrio, y la constante de velocidad experimental y el orden de reacción pueden obtenerse para revelar el mecanismo de reacción (Gonzáles Fernández L. et al., 2021, p.124). Los datos de concentración residual de hidrocarburos en diferentes momentos se ajustaron a la ecuación de tasa exponencial que muestra la tabla N°4.

Tabla 4. Modelo de adsorción

Modelo de adsorción	K	R²	Cantidad de veces
Orden cero	1000, mg · L ⁻¹ · d ⁻¹	0,97	Pathak et al., 2016, Solangi et al., 2021, Rincones et al., 2016
Primer orden	0,1947, d ⁻¹	0,98	Khalor et al., 2017, Nodal et al., 2014, Shi Ke et al., 2020, Alarcón et al., 2016, Fu Xinge et al., 2019, Hu J. Yang Q., 2016.

Segundo orden	0,00004, mg ⁻¹ · L · d ⁻¹	0,99	Maia et al., 2021, Nodal et al., 2014, Lou Liping et al., 2019, Díaz et al., 2018, Fu Xin ge et al., 2021, Kumar A. et al., 2019, Li Nana et al., 2021, Li Qingyun et al., 2019.
---------------	---	------	--

Elaboración propia

De acuerdo al 47% de los investigadores el uso de adsorbentes no- convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos fueron interpretada correctamente por el modelo cinético de primer orden y el 35% en segundo orden; mientras que en orden cero se encuentran el 18%.

La degradación del diésel por bacterias inmovilizadas a la reacción de segundo orden, donde los coeficientes de correlación R² son 0,99 y el valor K es 0,00004 mg⁻¹ · L · d⁻¹. Por tanto, la velocidad de reacción se correlacionó positivamente con el cuadrado de la concentración de diésel (Pi Yongrui et al., 2019, p.1). De manera similar, la degradación de TPH en la investigación de Onwosi Chukwudi O. et al., (2017, p.5) se ajustó a la ecuación cinética de segundo orden. Al igual que esta afirmación Wang Ya et al., (2016, p.1) señala que los resultados en su investigación mostraron que el proceso de adsorción estaba bien descrito por el modelo cinético de pseudo-segundo orden.

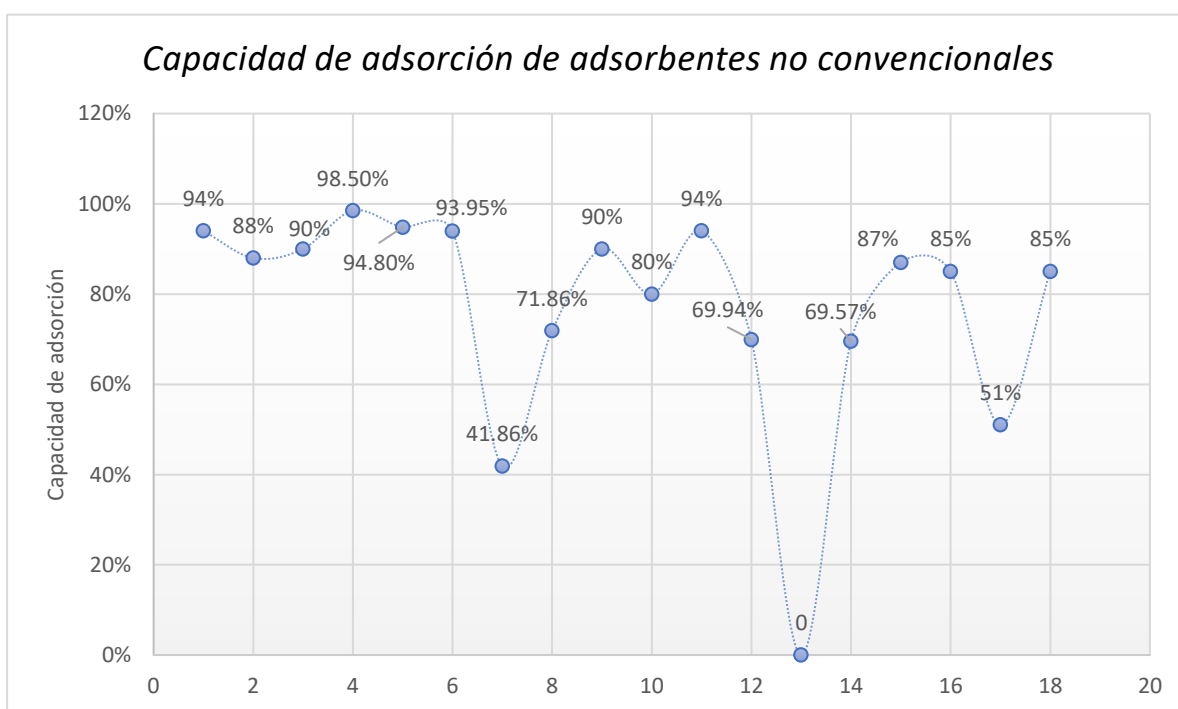
Fu Xin ge et al., 2021 afirma que la tasa de adsorción de diésel de las bacterias inmovilizadas estuvo de acuerdo con el modelo cinético de pseudo segundo orden; afirmación que es refutada por Shi Ke et al., (2018, p.1) indicando que algunos estudiosos encontraron que la cinética de degradación de bacterias inmovilizado sp. concuerda con un modelo cinético de primer orden.

Pero también, otros estudiosos han encontrado diferentes procesos de degradación de los hidrocarburos del petróleo. Xue Jianliang et al., (2019, p.4) investigó la cinética de degradación de las microesferas de paja, donde los resultados ilustran que la degradación del hidrocarburo de petróleo por microesferas de paja corresponde a la ecuación de Monod.

Así también, Nodal et al., 2014 señala que los resultados obtenidos en los estudios de equilibrio de sorción fueron ajustados utilizando los modelos de adsorción de primer y segundo orden.

Estos resultados de acuerdo con Hu J. y Yang Q., (2016, p.8) se deben a que los microorganismos pueden regular sus propias características fisiológicas y bioquímicas con diferentes sistemas ambientales. Esta condición imposibilita la obtención de una ecuación cinética unificada para la degradación de los contaminantes de hidrocarburos de petróleo por microorganismos (Kumar A. et al., 2019, p.9). Por tanto, en estos estudios se muestran diferentes modelos cinéticos.

Figura 4. Promedio de adsorbentes de hidrocarburos en medio hídrico



Elaboración propia

De acuerdo a los resultados obtenidos en el gráfico 3 respecto a la tabla N°3, se tiene que el porcentaje de adsorción de hidrocarburos empleando tratamientos no convencionales se encuentra en un promedio 80 al 100%.

Los resultados obtenidos son corroborados por Lou Liping et al., 2019 en la tabla 3, quien señala que la degradación de bacterias en agua y por biocarbón empleando plantas secas fueron de 93,95% y 41,86%, respectivamente, donde la aplicación de bacterias presenta una remoción significativamente más alta que las

de las células inmovilizadas en carbón vegetal (69,60%, 22,78%) y células libres (64,79%, 19,49%) ($P < 0,01$).

Así también una alta capacidad para la remediación de los hidrocarburos del petróleo crudo (~ 94% de los compuestos ligeros y ~ 88% de los pesados en 14 días) presento Khalor Aadel X. et al., (2017, p.1)

Así también, de acuerdo con Moreira et al. (2013) informó que la eliminación de ~89% del total de hidrocarburos de petróleo del entorno contaminado tardó ~90 días. Esto se debe a que las plantas necesitan tiempo para adaptarse al sedimento contaminado para alcanzar su máxima eficiencia (Moreira et al., 2016).

La fitorremediación con microalgas también es eficiente y encontrado entre los adsorbentes no convencionales en la degradación del petróleo, pero es un proceso que implica una progresión continua durante un período de tiempo; es así que Kalhor et al. (2017, p.3) utilizó *Chlorella vulgaris* para la degradación de petróleo crudo e informó que tardó 14 días en degradar el 82% de los compuestos pesados del petróleo. Este tiempo de degradación puede ser mayor porque el petróleo en algunas concentraciones puede inhibir a los microorganismos y reducir su metabolismo (Kalhor et al., 2017).

Por lo tanto, el uso in situ del biosorbente con residuos de materia orgánica es rápido, especialmente en comparación con otras técnicas, lo que minimiza otros problemas que podrían estar asociados con la eliminación del petróleo contaminante en el medio acuático (García Cruz N. et al., 2019, p.3).

De igual manera, se logra la mayor remoción del hidrocarburo con una eficiencia promedio de 92% por Rincones et al., 2016 similar al valor reportado en otras investigaciones. Tal afirmación también es apoyada por Nodal et al., 2014 quien concluye que el biosorbente no convencional evaluado es efectivo en la remoción de los indicadores de la contaminación: grasas, aceites (98,5%) e hidrocarburos totales (94,8%).

V. CONCLUSIONES

- El adsorbentes no-convencionales más estudiado para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos de acuerdo al 70% de los autores son las bacterias, donde 14 de los estudios están enfocados en diversos tipos de bacterias como medio de adsorción de hidrocarburos, así también el 30% emplea plantas.
- El mejor modelo de adsorción para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos, de acuerdo al 47% de los investigadores se interpreta correctamente por el modelo cinético de primer orden y el 35% en segundo orden; mientras que en orden cero se encuentran el 18%; ello debido a que el uso in situ del biosorbente con bacterias y residuos de materia orgánica es rápido, especialmente en comparación con otras técnicas, lo que minimiza otros problemas que podrían estar asociados con la eliminación del petróleo contaminante en el medio acuático.
- La capacidad de adsorción de los tratamientos no-convencionales señala que el porcentaje de adsorción de hidrocarburos empleando tratamientos no convencionales se encuentra en un promedio de 80 al 100%. Por ello se ha demostrado que la adsorción es un método eficaz y más aun siendo aplicado con un adsorbentes no-convencionales.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear mayores estudios en adsorbentes no-convencionales para el tratamiento de aguas contaminadas con hidrocarburos; ya que en la búsqueda de información se observó una clara escasez de documentos enfocados o con relación a los adsorbentes no convencionales enfocados en la eliminación de diversos hidrocarburos en medio acuoso.
- Se recomienda realizar nuevas técnicas y poco conocidas empleando diversos materiales con eficiencias prometedoras en procesos de adsorción; con la finalidad de presentar un tratamiento amigable con el ambiente, reduciendo costos energéticos, económico y sostenible.

REFERENCIAS

1. ALABRESM, Amjed, et al. A novel method for the synergistic remediation of oil-water mixtures using nanoparticles and oil-degrading bacteria. *Science of the Total environment*, 2018, vol. 630, p. 1292-1297. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.277>
2. ALARCÓN, Guillermo A. Roca, et al. Caracterización del bagazo de la caña de azúcar. [En línea]. Parte I Características Físicas. *Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural*, 2016, p. 1-10. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en:
3. AMBADE, Balram, et al. Toxicity and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in surface water, sediments and groundwater vulnerability in Damodar River Basin. [En línea]. *Groundwater for Sustainable Development*, 2021, vol. 13, p. 100553. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2021.100553>
4. ARAÚJO, Michelle Passos, et al. Assessment of brazilian mangroves hydrocarbon contamination from a latitudinal perspective. [En línea]. *Marine pollution bulletin*, 2020, vol. 150, p. 110673. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110673>
5. BALU, Saranya, et al. Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination in the Sundarbans, the world's largest tidal mangrove forest and indigenous microbial mixed biofilm-based removal of the contaminants. [En línea]. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 266, p. 115270. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115270>
6. BAUSSANT, T., et al. Enzymatic and cellular responses in relation to body burden of PAHs in bivalve molluscs: a case study with chronic levels of North Sea and Barents Sea dispersed oil. [En línea]. *Marine Pollution Bulletin*, 2009, vol. 58, no 12, p. 1796-1807. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021].
7. BLANCO, Mercedes. Investigación narrativa: una forma de generación de conocimientos. [En línea]. *Argumentos (México, DF)*, 2011, vol. 24, no 67, p. 135-156. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. ISSN 0187-5795

8. BOLADE, Oladotun P., et al. Remediation and optimization of petroleum hydrocarbons degradation in contaminated water using alkaline activated persulphate. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, vol. 9, no 4, p. 105801. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105801>
9. BOVING, Thomas B.; ZHANG, Wei. Removal of aqueous-phase polynuclear aromatic hydrocarbons using aspen wood fibers. [En línea]. *Chemosphere*, 2004, vol. 54, no 7, p. 831-839. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2003.07.007>
10. CHÁVEZ-LIZÁRRAGA, Georgina Aurelia. Nanotecnología una alternativa para el tratamiento de aguas residuales: Avances, Ventajas y Desventajas. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2018, vol. 9, no 1, p. 52-61.
11. CHEN, Yuan, et al. Simultaneous adsorption and biodegradation (SAB) of diesel oil using immobilized *Acinetobacter venetianus* on porous material. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 289, p. 463-470. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.01.010>
12. COLOMER-VENTURA, Ferran, et al. Oil pollution in soils and sediments from the Northern Peruvian Amazon. [En línea]. *Science of the total environment*, 2016. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2012.03.15110.1016/j.scitotenv.2017.07.208>
13. DIAS, Joana M., et al. Waste materials for activated carbon preparation and its use in aqueous-phase treatment: a review. [En línea]. *Journal of environmental management*, 2007, vol. 85, no 4, p. 833-846. Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.07.031>
14. DÍAZ-DÍAZ, Miguel Ángel, et al. Material absorbente para recogida de hidrocarburos en derrames en aguas y suelos. [En línea]. *Revista Cubana de Química*, 2018, vol. 30, no 2, p. 289-298. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. ISSN 2224-5421
15. DO, Duong D. *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics (With CD Containing Computer Matlab Programs)*. [En línea]. World Scientific, 1998. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021].

16. DONG, Zhen, et al. Recent Progress in Environmental Applications of Functional Adsorbent Prepared by Radiation techniques: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, p. 126887. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126887>
17. Dulzaides M. y Molina A. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *ACIMED* [en línea]. 2004, 12(2), p.2 [fecha de consulta: 02 de junio del 2020]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011
18. EWIS, Dina; HAMEED, B. H. A review on microwave-assisted synthesis of adsorbents and its application in the removal of water pollutants. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 41, p. 102006. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102006>
19. FICHEUX, A. S.; SIBIRIL, Y.; PARENT-MASSIN, D. Co-exposure of *Fusarium* mycotoxins: in vitro myelotoxicity assessment on human hematopoietic progenitors. [En línea]. *Toxicol*, 2012, vol. 60, no 6, p. 1171-1179. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2012.03.151>
20. FINGAS, Merv. Oil and petroleum evaporation. [En línea]. *Handbook of oil spill science and technology*, 2015, vol. 2, no 3, p. 205-223. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781118989982>
21. FU, Xinge, et al. Study on the preparation conditions and degradation performance of an efficient immobilized microbial agent for marine oil pollution. *Environmental Technology*, 2021, p. 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2021.1877362>
22. FU, Xin-Ge, et al. Systematic Adsorption Process of Petroleum Hydrocarbon by Immobilised Petroleum-degradation Bacteria System in Degradation Pathways. *Petroleum Science*, 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.petsci.2021.09.009>
23. FU, Xinge, et al. Systematic degradation mechanism and pathways analysis of the immobilized bacteria: permeability and biodegradation, kinetic and

- molecular simulation. *Environmental Science and Ecotechnology*, 2020, vol. 2, p. 100028. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ese.2020.100028>
24. FU, Xinge, et al. Degradation potential of petroleum hydrocarbon-degrading bacteria immobilized on different carriers in marine environment. *Petroleum Science and Technology*, 2019, vol. 37, no 12, p. 1417-1424. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10916466.2019.1587465>
25. GARCÍA-CRUZ, N. U., et al. Diesel uptake by an indigenous microbial consortium isolated from sediments of the Southern Gulf of Mexico: Emulsion characterisation. *Environmental Pollution*, 2019, vol. 250, p. 849-855. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.109>
26. GOMES, Pattiyage IA; ASAEDA, Takashi. Phycoremediation of Chromium (VI) by *Nitella* and impact of calcium encrustation. [En línea]. *Journal of hazardous materials*, 2009, vol. 166, no 2-3, p. 1332-1338. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.12.055>
27. GUAYA, Diana, et al. Iron-doped natural clays: Low-cost inorganic adsorbents for phosphate recovering from simulated urban treated wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 2021, vol. 43, p. 102274. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102274>
28. GUO, Xuan; WANG, Jianlong. Comparison of linearization methods for modeling the Langmuir adsorption isotherm. *Journal of Molecular Liquids*, 2019, vol. 296, p. 111850. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111850>
29. GRANDCLÉMENT, Camille, et al. From the conventional biological wastewater treatment to hybrid processes, the evaluation of organic micropollutant removal: a review. [En línea]. *Water research*, 2017, vol. 111, p. 297-317. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.005>
30. HASSAN, Ahmed A., et al. Performance investigation of a solar-powered adsorption-based trigeneration system for cooling, electricity, and domestic hot water production. *Applied Thermal Engineering*, 2021, p. 117553. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117553>

31. HE, Xiwei, et al. Nonylphenol ethoxylates biodegradation increases estrogenicity of textile wastewater in biological treatment systems. *Water Research*, 2020, vol. 184, p. 116137. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116137>
32. HERRERA RODRÍGUEZ, José Ignacio; GUEVARA FERNÁNDEZ, Geycell Emma; MUNSTER DE LA ROSA, Harold. Los diseños y estrategias para los estudios cualitativos. [En línea]. Un acercamiento teórico-metodológico. *Gaceta Médica Espirituana*, 2015, vol. 17, no 2, p. 120-134. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. ISSN 1608-8921
33. HU, Jun; YANG, Qi. Microbial degradation of di-n-butyl phthalate by *Micrococcus* sp. immobilized with polyvinyl alcohol. *Desalination and Water Treatment*, 2016, vol. 56, no 9, p. 2457-2463. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.963151>
34. IMAM, Arfin, et al. Analytical approaches used in monitoring the bioremediation of hydrocarbons in petroleum-contaminated soil and sludge. [En línea]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2019, vol. 118, p. 50-64. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2019.05.023>
35. JIN, Eunji, et al. Metal-organic frameworks as advanced adsorbents for pharmaceutical and personal care products. *Coordination Chemistry Reviews*, 2020, vol. 425, p. 213526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2020.213526>
36. JOHANSSON, E., 1994. Scientific Rigour in Qualitative Research — Examples From a Study of Women ' s Health in Family Practice. , no. July. [En línea]. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/fampra/11.2.176>
37. KALHOR, Aadel Xaaldi, et al. Potential of the green alga *Chlorella vulgaris* for biodegradation of crude oil hydrocarbons. [En línea]. *Marine pollution bulletin*, 2017, vol. 123, no 1-2, p. 286-290. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.045>
38. KIM, Ki-Hyun, et al. A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects. [En línea]. *Environment international*,

- 2013, vol. 60, p. 71-80. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.07.019>
39. KONG, Qingxia; ZHU, Lizhong; SHEN, Xueyou. The toxicity of naphthalene to marine *Chlorella vulgaris* under different nutrient conditions. [En línea]. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, vol. 178, no 1-3, p. 282-286. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.01.074>
40. KROES, J. A., et al. Prediction of response to biological treatment with monoclonal antibodies in severe asthma. *Biochemical pharmacology*, 2020, vol. 179, p. 113978. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.113978>
41. KUMAR, A. Ganesh, et al. Biodegradation of crude oil using self-immobilized hydrocarbonoclastic deep sea bacterial consortium. *Marine pollution bulletin*, 2019, vol. 146, p. 741-750. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.006>
42. KUPPUSAMY, Saranya, et al. Potential of *Melaleuca diosmifolia* as a novel, non-conventional and low-cost coagulating adsorbent for removing both cationic and anionic dyes. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2016, vol. 37, p. 198-207. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2016.03.021>
43. KWIKIMA, Muhajir Mussa; MATEO, Said; CHEBUDE, Yonas. Potentials of Agricultural wastes as the ultimate alternative adsorbent for Cadmium removal from wastewater. A review. *Scientific African*, 2021, p. e00934. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00934>
44. Lázaro Adrián González-Fernández, Nahum Andrés Medellín-Castillo, Raúl Ocampo-Pérez, Héctor Hernández-Mendoza, María Selene Berber-Mendoza, Cristóbal Aldama-Aguilera. Equilibrium and kinetic modelling of triclosan adsorption on Single-Walled Carbon Nanotubes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Available online 20 September 2021, 106382. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106382>
45. LI, Qingyun, et al. Synergic effect of adsorption and biodegradation enhance cyanide removal by immobilized *Alcaligenes* sp. strain DN25. *Journal of*

- hazardous materials, 2019, vol. 364, p. 367-375. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.007>
46. LI, Nana, et al. Preparation, optimization and reusability of immobilized petroleum-degrading bacteria. *Environmental technology*, 2021, vol. 42, no 16, p. 2478-2488. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1703826>
47. LIU, Quanzhen, et al. Occurrence, health risk assessment and regional impact of parent, halogenated and oxygenated polycyclic aromatic hydrocarbons in tap water. [En línea]. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 413, p. 125360. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125360>
48. LOU, Liping, et al. Adsorption and degradation in the removal of nonylphenol from water by cells immobilized on biochar. *Chemosphere*, 2019, vol. 228, p. 676-684. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.151>
49. Macaya, C. C., Durán, R. E., Hernández, L., Rodríguez-Castro, L., Barra-Sanhueza, B., Dorochesi, F., & Seeger, M. [En línea]. *Bioremediation of Petroleum. Reference Module in Life Sciences*. (2019). [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.20810-8>
50. MAIA CARDOSO, Célia Karina, et al. Remediation of petroleum contaminated saline water using value-added adsorbents derived from waste coconut fibres. [En línea]. *Chemosphere*, 2021, vol. 279, p. 130562. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130562>
51. MALLICK, Nirupama, et al. Green microalga *Chlorella vulgaris* as a potential feedstock for biodiesel. [En línea]. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 2012, vol. 87, no 1, p. 137-145. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jctb.2694>
52. MILITAO, Iarin Medeiros, et al. Removing PFAS from aquatic systems using natural and renewable material-based adsorbents: A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, p. 105271. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105271>

53. MONAGHAN, Joseph, et al. Direct mass spectrometric analysis of naphthenic acids and polycyclic aromatic hydrocarbons in waters impacted by diluted bitumen and conventional crude oil. [En línea]. Science of The Total Environment, 2021, vol. 765, p. 144206. [Fecha de consulta: 22 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144206>
54. MOJIRI, Amin, et al. Comprehensive review of polycyclic aromatic hydrocarbons in water sources, their effects and treatments. [En línea]. Science of the total environment, 2019, vol. 696, p. 133971. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133971>
55. MU, Bin; WANG, Aiqin. Adsorption of dyes onto palygorskite and its composites: a review. [En línea]. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2016, vol. 4, no 1, p. 1274-1294. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.01.036>
56. MUKKANTI, Veera Brahmam; TEMBHURKAR, A. R. Defluoridation of water using adsorbent derived from the Labeo rohita (rohu) fish scales waste: Optimization, isotherms, kinetics, and thermodynamic study. Sustainable Chemistry and Pharmacy, 2021, vol. 23, p. 100520. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100520>
57. MUNIZ, Pablo, et al. Assessment of contamination by heavy metals and petroleum hydrocarbons in sediments of Montevideo Harbour (Uruguay). [En línea]. Environment International, 2004, vol. 29, no 8, p. 1019-1028. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(03\)00096-5](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00096-5)
58. MOKHATAB, Saeid; POE, William A. Handbook of natural gas transmission and processing. [En línea]. Gulf professional publishing, 2012. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815817-3.00009-5>
59. NAS, B., et al. Occurrence, loadings and removal of EU-priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in wastewater and sludge by advanced biological treatment, stabilization pond and constructed wetland. Journal of environmental management, 2020, vol. 268, p. 110580. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110580>

60. NODAL, Pastora de la Concepción Martínez, et al. Caracterización y evaluación del bagazo de caña de azúcar como biosorbente de hidrocarburos. [En línea]. *Afinidad*, 2014, vol. 71, no 565. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021].
61. Noreña Peña, Ana [et al.]. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Revista Aquichan* [en línea]. 2012, vol. 12, n.o. 3. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4322420>
62. OLKIS, Christopher, et al. Solar powered adsorption desalination for Northern and Southern Europe. *Energy*, 2021, vol. 232, p. 120942. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120942>
63. ONWOSI, Chukwudi O., et al. Bioremediation of diesel-contaminated soil by composting with locally generated bulking agents. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 2017, vol. 26, no 4, p. 438-456. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15320383.2017.1348337>
64. ORTIZ-SALINAS, R.; CRAM, S.; SOMMER, I. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en suelos de la llanura aluvial baja del estado de Tabasco, México. [En línea]. *Universidad y ciencia*, 2012, vol. 28, no 2, p. 131-144. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. ISSN 0186-2979
65. PARK, June-Soo; WADE, Terry L.; SWEET, Stephen. Atmospheric distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons and deposition to Galveston Bay, Texas, USA. [En línea]. *Atmospheric Environment*, 2001, vol. 35, no 19, p. 3241-3249. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00080-2](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00080-2)
66. PARTOVINIA, Ali; RASEKH, Behnam. Review of the immobilized microbial cell systems for bioremediation of petroleum hydrocarbons polluted environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2018, vol. 48, no 1, p. 1-38. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1439652>
67. PATEL, Seema. Potential of fruit and vegetable wastes as novel biosorbents: summarizing the recent studies. [En línea]. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 2012, vol. 11, no 4, p. 365-380. [Fecha de

- consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007 / s11157-012-9297-4>
68. PATHAK, Pranav D.; MANDAVGANE, Sachin A.; KULKARNI, Bhaskar D. Characterizing fruit and vegetable peels as bioadsorbents. [En línea]. Current Science, 2016, p. 2114-2123. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.18520/cs/v110/i11/2114-2123>
69. PI, Yongrui, et al. Microbial degradation of four dispersed crude oils by Rhodococcus sp. evaluated using carbon stable isotope analysis. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 2019, vol. 94, no 6, p. 1800-1807. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jctb.5945>
70. PIETZSCH, Raphael; PATCHINEELAM, Sambasiva R.; TORRES, João PM. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments from a subtropical estuary in Brazil. [En línea]. Marine Chemistry, 2010, vol. 118, no 1-2, p. 56-66. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.03.017>
71. POPAT, Amishi, et al. Mixed industrial wastewater treatment by combined electrochemical advanced oxidation and biological processes. Chemosphere, 2019, vol. 237, p. 124419. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124419>
72. RENGARAJAN, Thamaraiselvan, et al. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer. [En línea]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2015, vol. 5, no 3, p. 182-189. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(15\)30003-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(15)30003-4)
73. RINCONES POYER, Félix, et al. Adsorción de hidrocarburos de petróleo en agua mediante una columna empacada con bagazo de caña de azúcar. [En línea]. Saber, 2016, vol. 27, no 3, p. 441-453. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. ISSN 2343-6468.
74. SABUROUH, Nazanin; JABBARI, Ali; PARASTAR, Hadi. An innovative chemometric approach for simultaneous determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in oil-contaminated waters based on dispersive micro-solid phase extraction followed by gas chromatography. [En línea]. Microchemical

- Journal, 2020, vol. 159, p. 105407. [Fecha de consulta: 22 de abril del 2021].
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105407>
75. SABUROUH, Nazanin; JABBARI, Ali; PARASTAR, Hadi. An innovative chemometric approach for simultaneous determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in oil-contaminated waters based on dispersive micro-solid phase extraction followed by gas chromatography. [En línea]. Microchemical Journal, 2020, vol. 159, p. 105407. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021].
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105407>
76. SALAZAR HERNÁNDEZ, Elizabeth, et al. Remoción de hidrocarburos mediante biopolímeros naturales: efecto del tamaño de partícula. [En línea]. REPOSITORIO NACIONAL CONACYT, 2012. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3624>
77. SALEHI, M., et al. Treatment of normal hydrocarbons contaminated water by combined microalgae–Photocatalytic nanoparticles system. [En línea]. Journal of environmental management, 2019, vol. 243, p. 116-126. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.131>
78. SAMADI, Akbar, et al. Polyaniline-based adsorbents for aqueous pollutants removal: A review. Chemical Engineering Journal, 2021, p. 129425. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129425>
79. SCOTCHMAN, Iain C. Shale gas and fracking: exploration for unconventional hydrocarbons. Proceedings of the Geologists' Association, 2016, vol. 127, no 5, p. 535-551. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2016.09.001>
80. SHI, Ke, et al. Study on the degradation performance and bacterial community of bioaugmentation in petroleum-pollution seawater. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2020, vol. 8, no 4, p. 103900. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103900>
81. SILVA, Jesie C., et al. Mejora de las propiedades adsorptivas de biomateriales mediante modificaciones químicas en la eliminación de antibióticos. Revista de la Sociedad Química del Perú, 2018, vol. 84, no 2, p. 183-196. Disponible en: ISSN 1810-634X


82. SOLANGI, Nadeem Hussain, et al. Development of fruit waste derived bio-adsorbents for wastewater treatment: A review. [En línea]. Journal of Hazardous Materials, 2021, p. 125848. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125848>
83. STONE, Wesley W.; GILLIOM, Robert J.; RYBERG, Karen R. Pesticides in US streams and rivers: occurrence and trends during 1992–2011. [En línea]. 2014. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/es5025367>
84. SUN, Kailun, et al. A review of human and animals exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons: Health risk and adverse effects, photo-induced toxicity and regulating effect of microplastics. [En línea]. Science of The Total Environment, 2021, p. 145403. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145403>
85. TANG, Liping, et al. Investigation of the mechanical response of a deep-water drilling riser to ocean currents and waves. Advances in Mechanical Engineering, 2019, vol. 11, no 1, p. 1687814018818334. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1687814018818334>
86. VALLADARES-CISNEROS, María Guadalupe, et al. Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. [En línea]. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2017, vol. 16, no 31, p. 55-73. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a3>
87. WANG, Jingzhi, et al. Concentrations, sources and health effects of parent, oxygenated-and nitrated-polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in middle-school air in Xi'an, China. [En línea]. Atmospheric Research, 2017, vol. 192, p. 1-10. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.03.006>
88. WANG, Juan, et al. Size effect of polystyrene microplastics on sorption of phenanthrene and nitrobenzene. [En línea]. Ecotoxicology and environmental safety, 2019, vol. 173, p. 331-338. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.037>
89. WANG, Ya, et al. Application of longan shell as non-conventional low-cost adsorbent for the removal of cationic dye from aqueous solution.

- Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2016, vol. 159, p. 254-261. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.01.042>
90. WEI, Cong, et al. Selection of optimum biological treatment for coking wastewater using analytic hierarchy process. Science of The Total Environment, 2020, vol. 742, p. 140400. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140400>
91. WYPYCH, George. Handbook of solvents. [En línea]. ChemTec Publishing, 2001. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-1-895198-65-2.50013-2>
92. XU, Yaohui; LU, Mang. Bioremediation of crude oil-contaminated soil: comparison of different biostimulation and bioaugmentation treatments. [En línea]. Journal of hazardous materials, 2010, vol. 183, no 1-3, p. 395-401. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.07.038>
93. XUE, Jianliang, et al. Study on the degradation performance and kinetics of immobilized cells in straw-alginate beads in marine environment. Bioresource technology, 2019, vol. 280, p. 88-94. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.019>
94. YU, X. Z., et al. Enhanced dissipation of PAHs from soil using mycorrhizal ryegrass and PAH-degrading bacteria. [En línea]. Journal of hazardous materials, 2011, vol. 186, no 2-3, p. 1206-1217. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.11.116>
95. YUSTA-GARCÍA, Raúl, et al. Water contamination from oil extraction activities in Northern Peruvian Amazonian rivers. [En línea]. Environmental Pollution, 2017, vol. 225, p. 370-380. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.02.063>
96. ZAMBIANCHI, Massimo, et al. Graphene oxide doped polysulfone membrane adsorbers for the removal of organic contaminants from water. [En línea]. Chemical Engineering Journal, 2017, vol. 326, p. 130-140. [Fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.05.143>

97. ZHANG, Ying, et al. Pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in drinking water of China: Composition, distribution and influencing factors. [En línea]. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2019, vol. 177, p. 108-116. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.03.119>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha de análisis de contenido.

		FICHA DE ANALISIS DE CONTENIDO		
TITULO:				
Datos del autor	Nombres	Año de publicación	DOI	Lugar de publicación
			ISBN	
Tipo de investigación:				
Palabras claves:				
Tipo de adsorbente				
Tipo de técnica:				
Parámetro de medición:				
Objetivos				
Resultados				
Conclusión				

Elaboración propia




Declaratoria de Originalidad de los Autores

Yo (Nosotros), Espinoza Vasquez Juan Alberto, Zuñiga Morales Patricia Marlene estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "Revisión Sistemática del Uso de Adsorbentes No-convencionales para el Tratamiento de Aguas Contaminadas con Hidrocarburos ", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

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

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

Lima 10 de diciembre de 2021

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
Espinoza Vasquez Juan Alberto DNI: 72551490 ORCID: 0000-0003-4938-794	
Zuñiga Morales Patricia Marlene DNI: 10834572 ORCID: 0000-001-7047-1623	