



**Comparative study of commercial adsorbents versus Ananas
comosus fiber for crude oil spills in water**

**Estudio comparativo de adsorbentes comerciales versus
fibra de Ananas comosus para derrames de petróleo crudo
en agua**

Para citar este trabajo:

Falconi Mamarandy, C. G. (2025). Comparative study of commercial adsorbents versus ananas comosus fiber for crude oil spills in water. Educational Regent Multidisciplinary Journal, 2(3), 1-15. <https://doi.org/10.63969/ztfv2x47>

Autores:

Cristina Gabriela Falconi Mamarandy
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Chimborazo - Ecuador
cristina.falconi@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-1666-5389>

Autor de Correspondencia: Cristina Gabriela Falconi Mamarandy,
cristina.falconi@esPOCH.edu.ec

RECIBIDO: 23-Mayo-2025

ACEPTADO: 06-Junio-2025

PUBLICADO 20-Junio-2025



Resumen

Este estudio se basa en evaluar y comparar materiales adsorbentes comerciales u orgánicos para los derrames de petróleo crudo en agua. Se evalúa como adsorbentes dos materiales comerciales ecuatorianos (pañales adsorbentes de la marca Uniclean y adsorbente orgánico de la marca Ecotreat) y la fibra de Ananas comosus donde se realiza un tratamiento químico con etanol al 96%; para determinar la capacidad de adsorción se ejecuta una simulación de derrame de petróleo usando 20 ml de hidrocarburo con 25°API en 200 ml de agua a temperatura ambiente. Se observó que los resultados de la capacidad de adsorción dependen de algunas variables como el peso y gramos usados de cada adsorbente. La fibra del Ananas comosus mostró ser hidrofílica durante la remediación de petróleo crudo en agua, además que solo se usó 5 g de la fibra en comparación de los adsorbentes comerciales, en donde se usó 10 g del adsorbente orgánico Ecotreat y 1 pañal adsorbente de la marca Uniclean de 25 g. Se encontró que la fibra de Ananas comosus tiene una capacidad adsorbente igual o superior a los materiales comerciales al cual fue comparado.

Palabras clave: petróleo crudo, adsorbentes, Ananas comosus, materiales comerciales.

Abstract

This study is based on evaluating and comparing commercial or organic adsorbent materials for crude oil spills in water. Two Ecuadorian commercial materials (Uniclean adsorbent cloths and Ecotreat organic adsorbent) and Ananas comosus fiber are evaluated as adsorbents, where a chemical treatment with 96% ethanol is performed; to determine the adsorption capacity, an oil spill simulation is carried out using 20 ml of hydrocarbon with 25° API in 200 ml of water at room temperature. It was observed that the results of the adsorption capacity depend on some variables such as the weight and grams used of each adsorbent. The Ananas comosus fiber was shown to be hydrophilic during the remediation of crude oil in water, and only 5 g of the fiber was used compared to the commercial adsorbents, where 10 g of Ecotreat organic adsorbent and 1 Uniclean adsorbent diaper of 25 g were used. It was found that the Ananas comosus fiber has an adsorbent capacity equal or superior to the commercial materials to which it was compared.

Keywords: crude oil, adsorbents, Ananas comosus, commercial materials.

1. Introducción

Ecuador, un país reconocido por su actividad petrolera en Latinoamérica cuyas zonas de mayor extracción es el noroeste del país, Amazonia ecuatoriana. Al ser un método económico importante para el país enfrenta graves desafíos ambientales como la contaminación causada por derrames de petróleo y sus derivados, afectando al ambiente y a los humanos cercanos a las zonas de extracción petrolera(1). Un caso es el 07 de abril del 2020, la ruptura del oleoducto de petróleo generó un desastre socio económico, donde el derrame se extendió por los ríos Coca y Napo, afectando a 27.000 indígenas de la zona ya que estos ríos son su principal fuente de agua y alimento (2). Esto se debe a distintos factores como por ejemplo ruptura de sistemas oleoductos, tuberías de transporte, daño de válvula, entre otros; el motivo puede ser por efectos ambientales uno de ellos derrumbes, erosión del suelo, deslaves por las constantes lluvias, fragilidad del suelo, entre otros(3). Teniendo en cuenta los factores mencionados junto con la refinación de petróleo crudo, se estima una pérdida de 2.320 barriles anuales en el Ecuador, los cuales se adhieren al medio ambiente(4); esto provoca contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, además del suelo(5). Para tratar los derrames de petróleo en agua y suelo existen diversos métodos, equipos u materiales que pueden usarse para la remediación de este, como el uso de skimmers, barreras de contención, la aplicación de espumas químicas, adsorbentes sintéticos,



detergentes, uso de dispersantes, etc (6). Normalmente estos tratamientos son de alto costo como para cubrir derrames de petróleo de alta magnitud, además que su disposición final se vuelve un problema adicional(7). En nuestro país hay poca información de materiales orgánicos usados como adsorbentes de petróleo, pues no se ha encontrado datos experimentales que sustenten estudio(8). A diferencia de los materiales sintéticos usados para la remediación de los derrames de petróleo; el material adsorbente orgánico presenta mejores propiedades de adsorción, se ha recapitulado diversas investigaciones extranjeras donde usan estos materiales a base de bagazo de caña de azúcar, bagazo de café, cascara de coco, plátano y arroz(9,10); los cuales adsorben hidrocarburos en agua y suelo teniendo en cuenta el uso de cada uno. Ante esta realidad, surge la necesidad de investigar métodos para reducir los hidrocarburos presentes en el agua y determinar su capacidad de adsorción para realizar una comparación con materiales adsorbentes comerciales e identificar su eficiencia(11). Con la presente investigación se plantea realizar una fibra de Ananas comosus para la remediación de petróleo crudo en agua como un potente biomaterial adsorbente, adaptándolo a las propiedades de los materiales ya mencionados modificándolo para mejorar su adsorción y funcionalidad de manera industrial siendo una alternativa eco-amigable para nuestro país.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación es de tipo cuasiexperimental , ya que se busca manipular la variable independiente

Materiales adsorbentes por evaluar

Se trabajo con dos materiales comerciales ecuatorianos: paños adsorbentes de la marca Uniclean 17" x 19" y adsorbente orgánico Ecotreat 1.5 kg; los cuales se compararon frente la fibra de Ananas comosus.

Simulación de derrame de petróleo

Para determinar la capacidad de adsorción de cada uno de los materiales adsorbente se realizó una simulación de derrame de petróleo usando 200 ml de agua con 20 ml de petróleo crudo(12).

Tabla 1. Propiedades físicas del petróleo crudo utilizado por los adsorbentes.

	Hidrocarburo
Gravedad API	25°
Viscosidad (40°C)	330
Densidad (g/ml)	0,899
Punto de combustión	210°C
Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) mg/kg	539405,78

Procedimiento experimental

Para la obtención del material adsorbente se realiza la recolección de cinco coronas de piña en los mercados de Riobamba, teniendo en cuenta el tamaño y que no se encuentre en descomposición. Cada una de las coronas de piña pesa alrededor de 235,9 gramos completa.



Ilustración 1. Recolección de *Ananas comosus* (corona de piña)

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 2. Peso de *Ananas comosus* (corona de piña)

Realizado por: Cristina Falconi (2024)

Posteriormente se lleva al laboratorio donde se deshoja y lava con agua destilada eliminando impurezas y microorganismos vivos en ella, después se aplasta con un mortero la hoja de la corona de piña de abajo hacia arriba o viceversa hasta que se pueda notar las fibras de este. Finalmente se retiran los rastros de color verde de la corona de piña con un cepillo de dientes o rastrillo de pescado para después lavar con agua destilada.



Ilustración 3. Retirar las hojas de la corona de piña.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 4. Lavado de las hojas de corona de piña con agua destilada.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 5. Uso del mortero para aplastar las hojas de la corona de piña.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 6. Uso del rastrillo para retirar la fibra de Ananas comosus.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 7. Fibra Ananas comosus extraída.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)

Para la modificación química del material adsorbente a base de la corona de piña se parte de la fibra extraída y lavada; la cual se le lleva a un agitador magnético por 30 minutos hasta observar el cambio de coloración de la fibra de un color verde intenso (propio de la corona de piña) hasta un verde claro, posteriormente, sacar la fibra y se secar con leves toques usando papel de cocina mientras se le pone en una recipiente de papel periódico café para meter en la estufa por dos días (48 horas) a 45°C; tener en cuenta que la estufa debe contar con un ventilador.



Ilustración 8. Fibra en agitador magnético por 30 minutos.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 9. La fibra en la estufa por 48 horas a 45°C.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Transcurrido las 48 horas, pasar la fibra por etanol al 96% como mínimo 10 minutos hasta ver un cambio coloración de verde claro a blanco, después retirar y secar la fibra; finalmente poner la fibra en la estufa por 4 horas, una vez transcurrido este periodo se retira.



Ilustración 10. La fibra por etanol al 96% por 10 minutos.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 10 . Cambio de coloración de verde claro a blanco.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 11. La fibra en la estufa por 4 horas.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)



Ilustración 12. Fibra de *Ananas comosus*.

Realizado por: Cristina Falconi (2024)

Caracterización de la fibra de *Ananas comosus*

Se analizó los grupos funcionales pertenecientes a la fibra con ayuda de Espectroscopia Infrarroja FT-IR, la morfología con Microscopio Óptico y Cromatografía de Capa Fina para determinar la existencia de clorofila.

Capacidad de adsorción

La capacidad de adsorción del petróleo crudo en agua usando los tres materiales adsorbentes fue evaluada con el protocolo canadiense “Oil Spill Sorbents: Testing Protocol and Certification Listing Program”(13), el cual determina la masa del petróleo adsorbido por gramo del material adsorbente por cien mediante la siguiente ecuación:

$$C_1 = \frac{m_f - m_i}{m_i} * 100 \quad (1)$$

C_1 = Capacidad de adsorción.

m_f = Masa del material impregnado

m_i = Masa del material seco

La capacidad de adsorción se determinó de forma estática(14), se dejó el material adsorbente en contacto con el petróleo crudo en agua por 10 minutos sin perturbaciones ni movimiento además a temperatura ambiente.

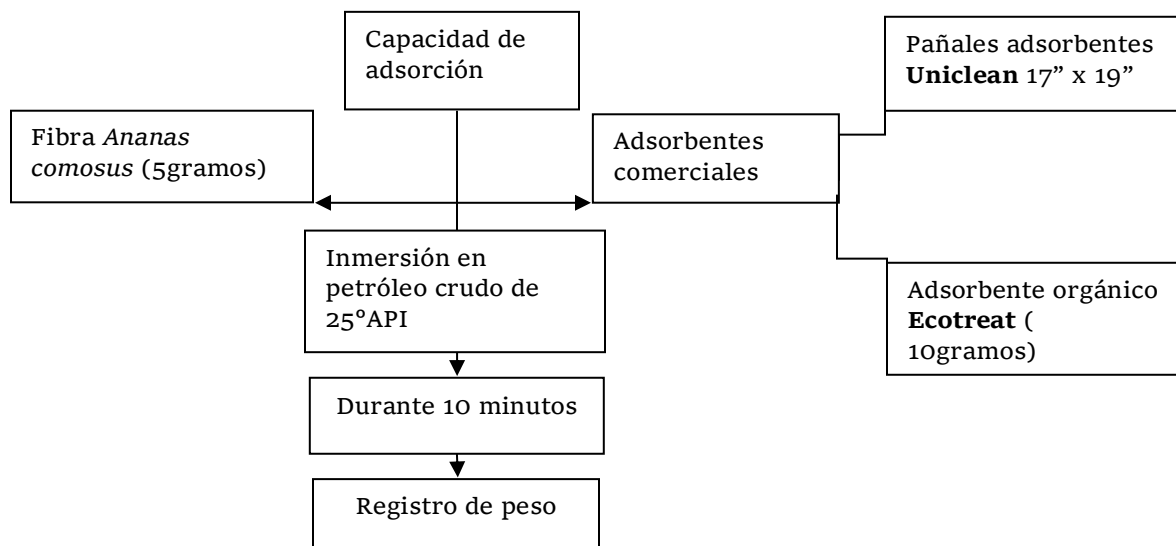


Figura. 1. Metodología utilizada para determinar la capacidad de adsorción.

Realizado por: Cristina Falconi. 2024

3. Resultados y Análisis

Caracterización

Análisis de espectroscopia FT-IR

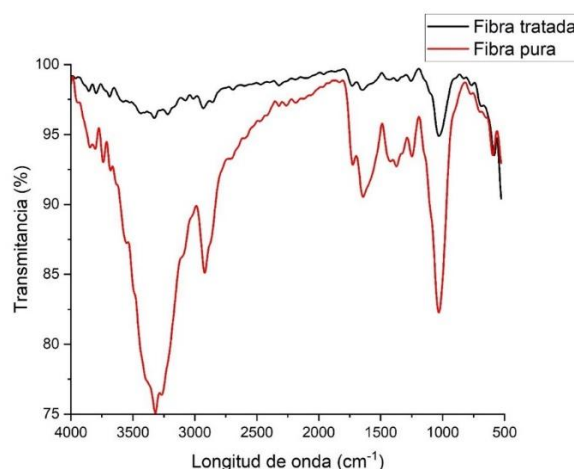


Figura 1. Espectro infrarrojo de la fibra pura y tratada

Realizado por: Cristina Falconi. 2024

El espectroscópico FT-IR reveló la presencia de diversos grupos funcionales en la fibra de *Ananas comosus* como aminas, grupos alifáticos, cetonas, alquenos, alcoholes, ácidos carboxílicos, anhídridos y grupos aromáticos. Se presume la existencia de clorofila debido a la similitud con los grupos cetónicos presentes en la molécula. Tras el tratamiento con etanol al 96% se observa la eliminación de clorofila, evidenciada por la ausencia de las vibraciones de estiramiento de los grupos cetónicos; la fibra de *Ananas comosus* presenta grupos funcionales similares a la celulosa como aminas, grupos metilo, carbonilos, alcanos, alcoholes primarios y grupos aromáticos.

Cromatografía en capa fina.

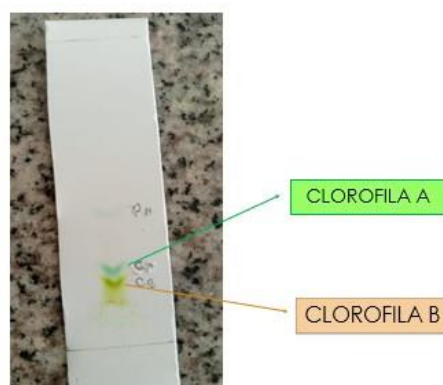


Figura 2. Cromatografía en capa fina de la fibra de *Ananas comosus* (corona de piña).

Realizado por: Cristina Falconi, 2024.

Empleando la cromatografía en capa fina, se logró extraer y separar la clorofila de la fibra del *Ananas comosus* en dos tipos: clorofila A siendo un verde azulado y clorofila B con un color verde marrón, estas se separaron en función a su polaridad, como se muestra en la Figura 2.

Microscopio Óptico.

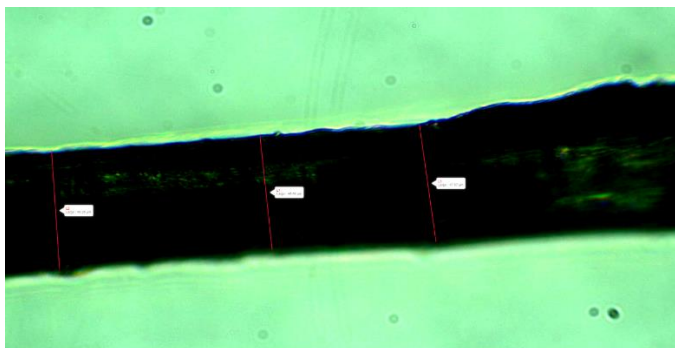


Figura 3. Microscopio Óptico de la fibra de *Ananas comosus* tratada con etanol al 96%.

Realizado por: Cristina Falconi, 2024.

La fibra del *Ananas comosus* tratada con etanol al 96%, es más rugosa con mayor presencia de poros, su estructura es menos ordenada observando mayor presencia de espacios vacíos; se observa las longitudes de la fibra tratada siendo las siguientes: L1: 46,62 μm , L2: 48,25 μm y L3: 47,57 μm ; calculando un promedio de 47,48 μm , esto nos dice que es homogénea.

Capacidad de adsorción

Para determinar capacidad de adsorción usando la fibra de *Ananas Comosus* para los derrames de petróleo en agua; se empieza con la ecuación 1, donde la masa final (fibra impregnada) menos la masa inicial (fibra) sobre la masa inicial (fibra) por cien nos da el porcentaje de la capacidad de adsorción.

Tabla 1. Resultados de la capacidad de adsorción de la fibra de *Ananas comosus*

Abreviaturas	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Capacidad de adsorción (%)
M1	10,031	15,239	80,32
M2	10,060	15,466	80,57
M3	10,066	14,823	81,68
M4	5,676	9,005	83,14
M5	5,593	8,537	83,24
M6	5,592	8,004	85,21

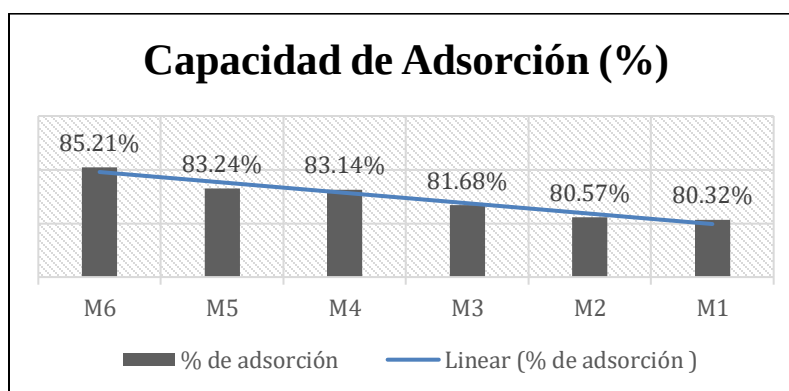


Figura 4. Porcentaje de la capacidad de adsorción de la fibra de *Ananas Comosus*.

Realizado por: Cristina Falconi, 2024.



En base a los porcentajes de la capacidad de adsorción obtenidos, se interpreta que la eficiencia de la fibra para adsorber contaminantes está relacionada con su peso inicial. En otras palabras, cuanto mayor es el porcentaje de adsorción, menor es el peso inicial de la fibra; sugiere que es más eficiente en la retención de contaminantes. Como lo muestra en la Tabla 2, M6 con un peso inicial de 5,592 gramos y un peso final de 8,004 adsorbe un 85,21% de petróleo en agua en comparación a las muestras M1, M2 y M3, las cuales tienen un peso inicial mayor a 10 con un peso final de 15 y variando, solo se obtiene un porcentaje menor de adsorción; se logra evidenciar que los de origen natural alcanzan una mayor eficiencia en cuanto al tratamiento de este parámetro.

Tabla 3. Capacidad de adsorción de la fibra de *Ananas comosus* con adsorbentes comerciales.

Adsorbentes	Abreviaturas	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Capacidad de adsorción (%)
Fibra <i>Ananas comosus</i>	M1	5,031	9,239	95,32
Pañales adsorbentes Uniclean 17" x 19"	M2	10,429	15,466	98,57
Adsorbente orgánico Ecotreat	M3	10,658	14,823	94,02

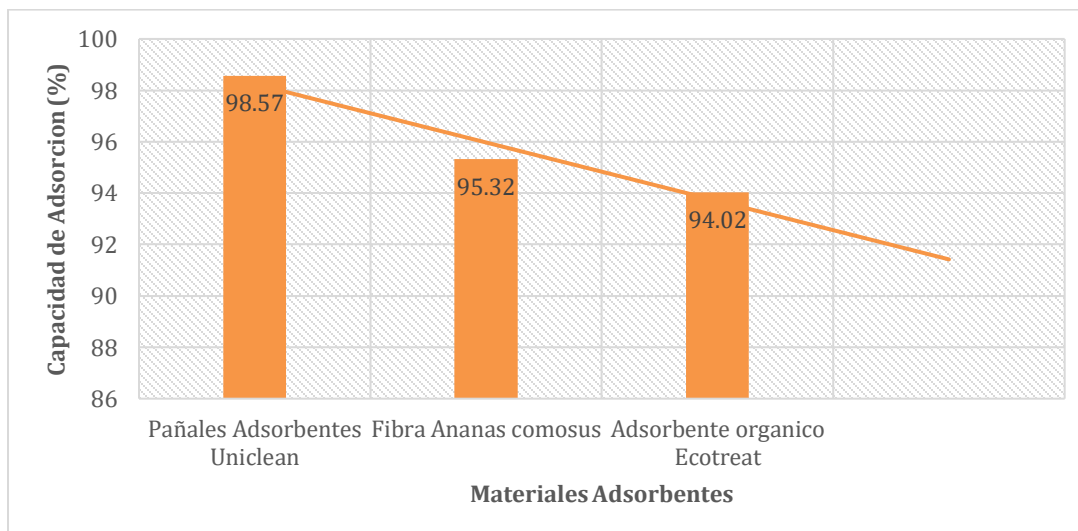


Figura 5. Porcentaje de la capacidad de adsorción de la fibra de *Ananas Comosus* VS adsorbentes comerciales.

Realizado por: Cristina Falconi, 2024.

Comparando la capacidad adsorbente de los materiales comerciales y la fibra *Ananas comosus*, se determina que los pañales adsorbentes Uniclean 17" x 19" presenta mayor capacidad de adsorción con un 98,57% seguido de la fibra *Ananas comosus* con 95,32%, por último, el adsorbente orgánico Ecotreat con un 94,02%. Nos indica que la fibra *Ananas comosus* es biodegradable lo que la convierte en una alternativa para la remediación de derrames de petróleo en agua, presentando un valor muy cercano a la capacidad de adsorción con los materiales comerciales.



4. Discusión

Los derrames de petróleo al medio ambiente son una preocupación mundial, debido a los diseños defectuosos de los buques de transporte y a errores humanos(15). Durante los últimos 25 años, el Ecuador, ha registrado alrededor de 1983 derrames de petróleo en la región amazónica(16). Los métodos usados para la remediación en derrames de petróleo se clasifican en físicos/mecánicos, químicos y biológicos(17). La formación de un adsorbente de petróleo crudo usando residuos orgánicos como el Ananas comosus (corona de piña) es el foco de esta investigación, en donde este material será apto de adsorber hidrocarburos en grandes cantidades que se encuentren dispersos en el agua.

Se realizó algunos ensayos para determinar las características del petróleo crudo, la primera es la gravedad API con 25° bajo la norma ASTM D287(18) siendo petróleo ligero teniendo menor cantidad de azufre, seguido de la viscosidad con 330 a 40°C, luego la densidad con 0,899 g/ml, también el punto de ebullición con 210°C, finalmente, Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) obteniendo 539405,78 mg/kg bajo la norma TNRCC Rev.03,2001(19) lo que nos dice que es rico en hidrocarburos.

Para realizar el material adsorbente, se empieza retirando las hojas de la corona de piña, estas deben ser lavadas con agua destilada y secadas a temperatura ambiente; se extrae la fibra golpeando las hojas de la corona de piña con un mazo en una superficie plana y dura, luego con la ayuda de una espátula se retira la capa verdosa que cubre la hoja, por último, se retira la fibra de forma manual(20). Para mejorar la capacidad de adsorción se realizó un lavado con etanol al 96% durante 10 minutos para posteriormente secarla en una estufa a 40 °C por 24 horas, con el fin de retirar la clorofila presente en la fibra, esto se debe a que se eliminan los enlaces hidrogeno entre los grupos cetonas de la clorofila y los grupos polares de la superficie de la fibra las cuales debilitan las interacciones intermoleculares entre ellas(21); una vez finalizado este proceso durante la adsorción se van formando enlaces no covalentes y enlaces iónicos entre las moléculas del petróleo y la superficie de la fibra, existiendo interacciones dipolo-dipolo y enlaces π (22).

Los resultados de este estudio revelan que la fibra de Ananas Comosus contiene grupos funcionales como aminas primarias, alcanos, cetonas, alquenos, alcoholes, ácidos carboxílicos y anhídridos(23), por el análisis FT-IR mostrando que hay presencia de clorofila en la fibra para ello a su vez se realizó una cromatografía de capa fina que permite separar los componentes del material adsorbente, mostrando que hay presencia de clorofila a y b(24); estas son eliminadas al estar en contacto con el etanol. El microscopio óptico nos muestra la morfología de la fibra siendo más rugosa y con mayor presencia de poros(25). También se observa que la eficiencia de la fibra está relacionada con su peso inicial, siendo más eficiente a medida que este disminuye. Los adsorbentes de origen natural demuestran una mayor eficacia en la eliminación de petróleo en agua que al ser comparados con adsorbentes comerciales, la fibra se encuentra dentro del rango de estos(26). Obteniendo un porcentaje de adsorción mayor con 95,32%, en contraste al adsorbente orgánico Ecotreat con un 94,02%, mientras que los pañales adsorbentes Uniclean 17" x 19" presenta mayor capacidad de adsorción que la fibra con un 98,57%.

5. Conclusión

Los derrames de petróleo en agua o suelo son un problema grave en la región amazónica del Ecuador. Este estudio comparativo propone una solución utilizando una fibra de Ananas comosus como un material adsorbente para la eliminación de petróleo crudo en agua. Se ha demostrado que esta fibra tiene una alta capacidad de adsorción con 95,32%, comparable a los adsorbentes comerciales como los paños adsorbentes Uniclean 17" x 19" y adsorbente orgánico Ecotreat, presenta la ventaja de ser un material sostenible y económico.



La fibra de Ananas comosus presenta características ideales para la capacidad de adsorción, es rica en grupos funcionales que atraen moléculas de petróleo, la morfología es rugosa y porosa la cual aumenta la superficie de contacto. Además, su procedimiento es sencillo ya que no requiere químicos agresivos para mejorar su capacidad de adsorción. Los resultados de este estudio sugieren que la fibra Ananas comosus tiene un gran potencial para la remediación de derrames de petróleo en agua, se observa que la eficiencia de la fibra está relacionada con su peso inicial, siendo más eficiente a medida que este disminuye.

Referencias Bibliográficas

González M, España Jenny, Almeida Alexandra. Impacto de los derrames de Petróleo en la Amazonía ecuatoriana. Acciones Ecológicas [Internet]. 2021 [citado 10 julio 2024]. 7: 1-15 Disponible: <https://accionecologica.org/wp-content/uploads/Impacto-de-los-derrames-de-Petro%CC%81leo-en-la-Amazoni%CC%81a-Ecuadorian>

Paz Antonio. Derrame de Petróleo en la Amazonía Ecuatoriana. Revista Biodiversidad [Internet]. 2022 [citado 10 Julio 2024]. 1-18. Disponible: <https://www.biodiversidadla.org/Documentos/La-Amazonia-ecuatoriana-ha-perdido-mas-de-623-mil-hectareas-en-dos-decadas>

Cortes-Llerena C. Técnicas para mejorar el transporte de crudos pesados por oleoductos. [tesis de grado] Quito: EPN 2017 Disponible: [TÉCNICAS PARA MEJORAR EL TRANSPORTE DE CRUDOS PESADOS POR OLEODUCTOS.pdf \(epn.edu.ec\)](https://repositorio.epn.edu.ec/handle/123456789/12345)

Portal La Noticia a Fondo [Página principal en Internet] Ecuavisa Rojas E. DW. 2022. [actualizado en julio de 2024; acceso 10 julio 2024] [1 pantalla] Disponible: [Derrames de petróleo en Ecuador: un mal crónico - DW - 31/01/2022](https://www.ecuavisa.com/2022/07/10/derrames-de-petroleo-en-ecuador-un-mal-cronico-dw-31-01-2022/)

Portal La Noticia a Fondo [Página principal en internet] Ecuavisa. Rojas G. 2022. [actualizado en julio de 2024; acceso 10 de julio 2024] [1 pantalla] Disponible: [Una década de derrames petroleros en Ecuador: el 80% en manos del Estado \(ecuavisa.com\)](https://www.ecuavisa.com/2022/07/10/una-decada-de-derrames-petroleros-en-ecuador-el-80-en-manos-del-estado/)

Marín-Allende MJ, Romero-Guzmán ET, Ramírez-García JJ, Reyes-Gutiérrez LR. Chromium(VI) removal from aqueous medium by maize cane and agave bagasse biomasses. Particulate Science and Technology. [Internet] 2017[citado 11 de julio 2024]; 2;35(6):704-11. Disponible: <https://www.researchgate.net/publication/341323010>

Vergara I., Pizarro F. Manual Control de Derrames de Petróleo. 1981 nov. Chile 478-482 Disponible: <https://hdl.handle.net/11362/18742>

Mayorga HS, Rivera JL. Environmental Risks for Oil Spills in Northeastern Ecuador using GIS: Response Times and Vulnerable Areas. Rev Politéc [Internet]. 2017 [citado 14 julio 2024]; 41: 7-14. Disponible en http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292018000300007&lng=es&nrm=iso

Behnood R, Anvaripour B, Jaafarzade N, Fard H, Farasati M. Application of Natural Sorbents in Crude Oil Adsorption. Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology (IJOGST) [Internet]. 2013 [citado 14 julio 2024]; 2: 1-11 Disponible en: https://ijogst.put.ac.ir/article_4792.html

Doshi B, Repo E, Heiskanen JP, Sirviö JA, Sillanpää M. Sodium salt of oleoyl carboxymethyl chitosan: A sustainable adsorbent in the oil spill treatment. J Clean Prod. [Intenet]. 2018 Jan 1 [citado 14 de julio 2024] 170:339-50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.163>

Salinas, Pablo. Producción de harina de plumas de pollo y su utilización como un absorbente de hidrocarburos en agua dulce. [Tesis] Sangolquí ESPE; 2010 Disponible <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2631>



Castillo-Velandia A. Adsorbentes naturales en la mitigación del impacto adverso causado por derrames de crudo en fuentes hídricas. [Tesis] Bogotá Universidad Libre 2017. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11185#:~:text=El%20uso%20del%20bagazo%20de%20la%20ca%C3%B1a%20de,residuos%20naturales%20se%20asegura%20cierto%20grado%20de%20biodegradabilidad.>

Cooper D, Gausemel I.. Oil Spill Sorbents: Testing Protocol and Certification Listing Program. IOSC Proceedings [Internet] 1993 [citado 14 de julio de 2024] 1: 549-551. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/iosc/article/1993/1/549/198842/OIL-SPILL-SORBENTS-TESTING-PROTOCOL-AND>

Angarita-Daza F. Borra de café como material adsorbente para la remoción de cromo (III). [Internet] Bogotá 2013 [citado 15 de Julio de 2024] Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11292>

Pallewatta S, Samarasekara SM, Rajapaksha AU, Vithanage M. Oil spill remediation by biochar derived from bio-energy industries with a pilot-scale approach during the X-Press Pearl maritime disaster. Mar Pollut Bull. [Internet] 2023 [citado 15 de julio de 2024] 189:114813. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X23002448>

Juicio Crudo [Página principal en internet], Ecuador: Petroecuador; 2015 [actualizada en junio de 2015; acceso 18 julio 2024]. 1 Disponible en: <https://www.juiciocrudo.com/articulo/petroecuador-25-anos-con-un-deplorable-record-ambiental/4409>

Doshi B, Repo E, Heiskanen JP, Sirviö JA, Sillanpää M. Sodium salt of oleoyl carboxymethyl chitosan: A sustainable adsorbent in the oil spill treatment. Journal of Cleaner Production [Internet]. 2018 [citado 22 Julio 2024]; 170:339-350. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.163>

ASTM International. Método de Prueba Estándar para Gravedad API del Petróleo y Productos de Petróleo (Método del Hidrómetro) [Página principal en Internet], Atlanta: 2012 [actualizada en febrero de 2023; acceso 15 julio 2024].1 Disponible en: <https://www.astm.org/d0287-22.html>

Servicio de Acreditación Ecuatoriano SAE. Corporación de Laboratorios Ambientales del Ecuador. CORPLABEC S.A. [Internet], Ecuador: 2017 [actualizada en febrero de 2024; acceso 16 Julio 2024]. Disponible en: www.acreditacion.gob.ec

Pruna L, Velasco F, Chachapoya F, Paredes C. Elaboración de la fibra de cabuya en tejido plano como matriz de refuerzo para la construcción de un retrovisor. Ingenius. [Internet]. 2020 [citado 14 julio 2024]; 24:81-6. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7594837>

Avilés A. Química del carbono [Internet]. Barquisimeto: Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado; 2018 [actualizado 12 Enero 2024; citado 14 julio 2024]. Disponible en: https://es.scribd.com/document/468550622/QUIMICA-DEL-CARBONO-2018?doc_id=468550622&download=true&order=642297275

Boyd R. Química Orgánica.Vol. 1. 2ed. Boston, Massachusetts: Pearson;1983.

Mata M.M., Guerrero C.I., Rojas M., Delgado R.J., González C.A., Sánchez V., et al. Componentes Principales mediante Espectroscopia FTIR como Técnica de Caracterización Innovadora durante la Diferenciación de Células Madre Pluripotentes a Células Pancreáticas. Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica [Internet]. 2017 [citado 17 Julio 2024]; 38: 225-234,.



Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO188-95322017000100225&lng=es&nrm=iso>. <https://doi.org/10.17488/rmib.38.1.17>.

Carolyn-Ivonne AA. Cromatografía de capa fina y columna. 2016

Merino Gloria, Cedillo Lilia, Silva Francisco, Muñoz Andrés A., Castañeda E. Análisis morfológico de biopelículas de *Candida albicans* producidas en diferentes condiciones de pH y temperatura analizadas por microscopía óptica y de fuerza atómica. Rev. Mex. Mic. [Internet]. 2011 [citado 11 Julio 2024]; 33: 1-8. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=SO187-31802011000100002&lng=es&nrm=iso

Ortiz Diana, Andrade Fabio, Rodríguez Gerardo, Montenegro Luis Carlo. Biomateriales sorbentes para la limpieza de derrames de hidrocarburos en suelos y cuerpos de agua. Revista Ingeniería e Investigación [Internet]. 2006 [citado 21 julio 2024]; 06:20-27. Disponible en: <http://scielo.org.co/pdf/iei/v26n2/v26n2a03>

Conflicto de Intereses: Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses relacionados con este estudio y que todos los procedimientos seguidos cumplen con los estándares éticos establecidos por la revista. Asimismo, confirman que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra publicación.