



**Formulación de estrategia de limpieza de aguas contaminadas por derrames de hidrocarburos ocasionados por empresas petroleras en Colombia**

**Kharen Xiomara García Enciso**

**Profesor Instructor Laura Milena Cala Cristancho**

**Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca**

**Facultad de Administración y Economía**

**Programa de Administración de Empresas Comerciales**

**2023**

**Tabla de contenido**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN</b>  | <b>6</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>                                       | <b>7</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>                                   | <b>8</b>  |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN                             | 9         |
| PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN                             | 10        |
| JUSTIFICACIÓN   | 10        |
| <b>OBJETIVOS</b>                                      | <b>12</b> |
| OBJETIVO GENERAL                                      | 12        |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                 | 12        |
| <b>ESTADO DEL ARTE</b>                                | <b>13</b> |
| MARCO REFERENCIAL                                     | 15        |
| <b>METODOLOGÍA</b>                                    | <b>20</b> |
| ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN                       | 20        |
| DISEÑO MUESTRAL                                       | 20        |
| TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 21        |
| FASES DE INVESTIGACIÓN                                | 22        |
| <i>Fases de investigación</i>                         | 22        |
| <b>DESARROLLO</b>                                     | <b>23</b> |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                 | <b>37</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b>                                   | <b>39</b> |

**Lista de Figuras**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Emergencia de Alaska 1989   | 16 |
| Figura 2. Funcionamiento de las barreras de contención                      | 17 |
| Figura 3. La tecnología de los skimmers                                     | 18 |
| Figura 4. Sistema de barredora marina                                       | 19 |
| Figura 5. Kits de emergencia para derrames de petróleo                      | 19 |
| Figura 6. Pelaje de animal  | 23 |
| Figura 7. Peso de pelaje de animal  | 24 |
| Figura 8. Cabello humano  | 24 |
| Figura 9. Peso de cabello humano  | 25 |
| Figura 10. Elaboración de barreras  | 25 |
| Figura 11. Barrera a base de pelaje de animal                               | 29 |
| Figura 12. Barrera a base de cabello humano                                 | 27 |
| Figura 13. Barrera de base de pelaje de animal y cabello humano             | 27 |
| Figura 14. Las tres barreras  | 28 |
| Figura 15. Vertimiento de agua en recipiente                                | 29 |
| Figura 16. Vertimiento de hidrocarburo en el agua                           | 29 |
| Figura 17. Simulación de derrames de petróleo                               | 30 |
| Figura 18. Absorción de barrera a base de pelaje de animal                  | 30 |
| Figura 19. Resultado de absorción de barrera a base de pelaje de animal     | 31 |
| Figura 20. Absorción de barrera a base de cabello humano                    | 31 |
| Figura 21. Resultado de absorción de barrera a base de cabello humano       | 32 |
| Figura 22. Absorción de barrera a base de pelaje animal y cabello de humano | 33 |

Figura 23. Resultado de absorción de barrera a base de pelaje de animal y cabello humano 33

Figura 24. Remoción de hidrocarburo con barrera a base de pelaje animal y cabello humano 34

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Materiales para realizar simulación

21

## Resumen

Los derrames de hidrocarburos son una problemática que amenaza al medio ambiente y da origen a una serie de impactos negativos, que afectan directamente al ecosistema acuático y trae consecuencias a corto y largo plazo, en el caso de los animales marinos puede llegar a provocar su muerte impidiendo su capacidad para moverse y alimentarse. Esta emergencia también puede producir afectaciones en la salud humana mediante el aire, el agua y los alimentos. Adicional del impacto económico que ocasionan estos eventos tanto a las empresas petroleras con multas muy altas por el daño ocasionado y a las industrias turísticas y pesqueras.

Actualmente en Colombia se manejan los instrumentos tradicionales para limpiar estos derrames, en el caso de la pasada emergencia ocurrida en el 2018 se utilizaron barreras de contención para lograr reprimir el impacto que ésta tragedia estaba causando. Sin embargo el propósito de este proyecto es formular una estrategia de limpieza biodegradable y más económica que estos métodos convencionales. La propuesta consiste en la creación de barreras con tela oleofílica a base de cabello humano y pelaje de animal que a partir de las pruebas realizadas se comprobó que son bastante efectivas para atender estas urgencias.

Se busca crear alianzas con salones de belleza, barberías y peluquerías caninas de Colombia para que aporten con lo que para ellos es un residuo para el planeta puede ser un rescate en este tipo de situaciones. Almacenar este material mediante cilindros de tela oleofílica y estar dispuestos a ser utilizadas en el momento que estos derrames se vuelvan a presentar y saber actuar sobre estas tragedias.

*Palabras claves:* Derrames de hidrocarburo, Emergencia ambiental, Limpieza biodegradable

### **Abstract**

Oil spills are a problem that threatens the environment and gives rise to a series of negative impacts, directly affecting the aquatic ecosystem and bringing short and long term consequences; in the case of marine animals it can even cause their death, preventing their ability to move and feed. This emergency can also affect human health through air, water and food. In addition to the economic impact that these events cause to oil companies with very high fines for the damage caused and to the tourism and fishing industries.

Currently in Colombia, traditional tools are used to clean up these spills, in the case of the last emergency in 2018, containment barriers were used to repress the impact that this tragedy was causing. However, the purpose of this project is to formulate a biodegradable and much more economical cleaning strategy than these usual methods, it consists of the creation of barriers with oleophilic fabric based on human hair and animal fur, which from the tests carried out it was found that they are quite effective to address these emergencies.

It seeks to create alliances with beauty salons, barbershops and dog grooming salons in Colombia to contribute with what for them is a waste for the planet can be a rescue in such situations. To store this material by means of oleophilic cloth cylinders and to be ready to be used in the moment that these spills are presented again and to know how to act on these tragedies.

*Keywords:* Oil spills, Environmental emergency, Biodegradable clean-up, Biodegradable clean-up

## Introducción

La industria petrolera ha sido base fundamental de la economía Colombiana desde hace varias décadas, siendo un campo que presenta una gran cantidad de beneficios para el país, sin embargo, debido al contexto social y político de Colombia y la presencia de grupos al margen de la ley también ha representado una gran problemática por el derrame y vertimiento de hidrocarburos en diferentes fuentes hídricas.

Un claro ejemplo de esto es el oleoducto caño limón - coveñas el cual ha sido objetivo constante de ataques terroristas desde sus inicios, en sus primeros 19 años de operación ocurrieron más de mil ataques, que provocaron el derrame de más de 3 millones de barriles de petróleo crudo que fueron a parar a delicadas cuencas y ecosistemas tropicales (Miranda & Restrepo, 2005).

Acontecimientos como estos y muchos otros, como vertimientos ilegales realizados por algunas empresas a causa del desconocimiento o la falta de control de las autoridades pertinentes, generan gran preocupación en la comunidad protectora del medioambiente, y en las compañías y asociaciones con conciencia ambiental. Debido a que la contaminación por hidrocarburos no es una problemática únicamente Colombiana sino que es un problema recurrente a nivel mundial, se han venido presentando diferentes soluciones o métodos para luchar contra esta, entre las cuales se resaltan medidas de biorremediación y biosorción lo cual según Triano (2019), es un proceso físico-químico y metabólicamente independiente basado en diversos mecanismos en los que se incorporan la absorción, adsorción, intercambio iónico y precipitación, usando materiales naturales.

Uno de estos métodos de biosorción es el uso de las barreras de cabello las cuales permiten absorber un porcentaje considerable de hidrocarburos presentes en fuentes hídricas. En

esta investigación se plantea una estrategia de limpieza utilizando el método citado anteriormente, y la cual puede ser de interés para entes gubernamentales o empresas privadas.

### **Problema de Investigación**

Los derrames de hidrocarburo actualmente son una de las tantas causas de emergencias ambientales, que han provocado alto impacto tanto como de salubridad como afectación a la fauna y flora silvestre, además de esto este grupo de compuestos orgánicos puede estarse consumiendo actualmente dado que la mayor parte de derrames se ocasiona en los recursos hídricos afectando así peces dentro de estas áreas dulces.

La presencia de petróleo en el agua impide la entrada de luz y no permite el proceso de fotosíntesis de algunos seres vivos (plantas) que requieren de la energía para poder desarrollarse mediante este proceso. Además que los componentes de crudo son tan tóxicos que pueden llevar a la muerte a muchos organismos. En este caso las especies marinas y algunas especies de aves son las mayores afectadas. A largo plazo, también llega a provocar daños perjudiciales en el sistema reproductivo y de alimentación en el ecosistema marino.

El derrame más grande en la historia de Colombia se presentó el pasado Marzo del 2018 que llegó a ocasionar la muerte 2.400 especies de animales en el departamento de Santander (Zachos, 2018). Se vieron afectadas especies de árboles y hasta familias que tuvieron que ser desplazadas y otros que tuvieron que ser auxiliados debido a síntomas (vómito, dolor de cabeza y mareo) provocados por el derrame. Sin embargo, estos no son los únicos síntomas que se pueden presentar también se puede ver afectado el sistema respiratorio, la piel a través de erupciones, cansancio y enfermedades sin diagnóstico aparente. Los derrames petrolíferos no solo afectan a la flora y fauna del medio ambiente, sino también a las tierras cultivables y a la pesca, asegura Zachos (2018).

Es así cómo se genera la idea de crear una alternativa que logre reducir y limpiar estas quebradas y ríos que han sido contaminadas con este hidrocarburo (petróleo) y que esta problemática mencionada con anterioridad se reduzca y a su vez el uso común de este vertimiento no atente contra fauna y flora y no se vuelva un peligro inminente dentro de la sociedad.

### **Pregunta de Investigación**

¿Qué mecanismo de limpieza contribuiría a la minimización del impacto ambiental que generan los derrames de hidrocarburos causados por empresas petroleras en Colombia en fuentes de agua?

### **Justificación**

Mediante esta investigación se quiere contribuir a una solución inmediata para los derrames de hidrocarburos que generan catastróficos daños medioambientales y afectan a los recursos hidrobiológicos, brindando una alternativa ecológica y eficiente que permita rescatar los cuerpos de agua y mantener la preservación de la flora y la fauna en el ecosistema marino. Para ello se plantea una propuesta a través del cabello humano y el pelaje animal ya que es un producto natural, económico y renovable que contiene componentes que permiten el beneficio a la tierra y la nutrición para las plantas, además cabe señalar que tiene otra ventaja sobre los materiales tradicionales utilizados para la limpieza de estos derrames: es biodegradable.

Existen diferentes historias sobre el descubrimiento de esta solución, según LA NACION (2022) el peluquero Phil McCroy notó en la emergencia de Alaska que el pelo de una nutria estaba impregnado de petróleo y decidió realizar un experimento casero utilizando una media velada de su esposa y cabello humano que había cortado a sus clientes, comprobando que esta combinación absorbía por completo el carburante derramado en el agua de su bañera. Por otro

lado, Mattia Carenini en *Conexión Con El Tiempo* (2022) afirma que dicho peluquero se encontraba realizando un lavado de cabello a uno de sus clientes al escuchar la noticia del derrame en Alaska y notando como el pelo de la persona acumulaba grasa se le ocurrió la idea de utilizar cabello humano para remover estos derrames del agua.

Tanto el cabello humano como el pelaje de animal contienen keratina y a través de los poros de ésta se adhiere el petróleo permitiendo su impregnación.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Plantear un método de limpieza ecológico que permita la mitigación de la contaminación de los derrames de hidrocarburo en aguas en Colombia.

### **Objetivos Específicos**

1. Desarrollar un método de recolección y tratamiento de cabello en salones de belleza y peluquerías caninas.
2. Realizar pruebas de eficacia mediante experimentos que permitan evaluar la capacidad del cabello humano y pelaje animal para absorber y atrapar hidrocarburos en condiciones de derrame en aguas.
3. Generar una propuesta de implementación del método de limpieza de derrames de hidrocarburo a partir del cabello humano y pelaje de caninos.

### **Estado del arte**

Pagnucco y Phillips (2018) afirman que las barreras son consideradas una "primera línea de defensa" empleada para minimizar los impactos ambientales que producen los derrames de petróleo. Realizaron un experimento en el mesocosmos oceánico, donde ponían a prueba la eficacia en la absorción de hidrocarburo del cabello humano con otros sorbentes naturales (subproductos de algodón, celulosa reciclada) y barreras hechas con polipropileno sintético. Donde se reveló que el cabello era el mejor elemento para absorber este crudo sin embargo observaron la flotabilidad de este era menor con respecto a los demás.

Rodríguez F. (2018) tenía como objetivo la evaluación del proceso de impregnación a través de la cáscara de huevo y el cabello humano como una posible solución de disminución de los aceites minerales y grasas en el Río Los Guayos. Realizó un diagnóstico total determinando la concentración de aceites y grasas, la temperatura, la cantidad de sustrato, la velocidad de agitación y el tiempo de contacto sustrato- solución. Donde el autor concluyó que el cabello humano proporcionó mejores resultados que la cáscara de huevo estando en las mismas condiciones, con un 74,80%.

Ifelebuegu et al. (2015) realizaron una investigación para evaluar la capacidad como absorbente de derrames de petróleo del cabello humano por su tipo (A, B y C). Llevaron a cabo la recolección de los materiales necesarios para el estudio, emplearon aceite vegetal (Sainsbury, Reino Unido), petróleo crudo (Bonny Light, Nigeria) y combustible diésel (Esso, Reino Unido), mientras el cabello humano pertenecía a una peluquería local. Los resultados del experimento concluyen que el cabello tipo C (origen africano) tuvo la mayor absorción de crudo, seguido tipo A (origen asiático) y finalizando el tipo B (origen europeo). Sin embargo, todos los tipos de cabello mostraron más afinidad por el aceite vegetal que por el petróleo y combustible diesel.

Tsamo et al. (2023) investigaron el potencial del uso del cabello para la eliminación de aceites usados de motor y vegetales en el agua, para el experimento recolectaron aceite de motor de una estación de servicio y aceite vegetal del mercado local, y en este caso utilizaron pelo de vaca. Los resultados de esta investigación arrojaron que el 100% del aceite se eliminó con 0,5 g de pelo de ganado en 10 minutos por cada tipo de aceite.

Por otra parte, Mora y Ricaurte (2020) realizaron un estudio de la viabilidad y los costos de las barreras absorbentes naturales contra los derrames de hidrocarburos. Crearon tres barreras, la primera construida con residuos de cabello humano, la segunda con residuos de pelo canino y la tercera con material de las dos primeras barreras. Concluyeron a partir de las pruebas fisicoquímicas que la barrera que presentó mejores resultados fue la del cabello humano con el pelaje de animal.

Triano (2019), a partir de una investigación realizada aseguró que existen varios materiales naturales que sirven de biosorbentes de petróleo y sus derivados. Llevó a cabo el experimento mediante plumas de pollo donde lo puso a prueba en gasolina y petróleo. Finalmente resultó efectivo ya que el material cumplió con la absorción del hidrocarburo en el agua.

Salinas Rocha (2022) como se citó en Fuentes y Gutiérrez (2023), mediante una investigación determinó que la absorción de aceites y grasas obtuvo un mejor resultado con el pelaje animal que con el cabello humano. El autor realizó la combinación de ambos materiales en las que se logró un resultado del 50.23%, 58.15% y 50.29% en tiempo de exposición de 30 minutos.

Azaña y Roman (2019) como se citó en Fuentes y Gutierrez (2023), en su proyecto realizaron un estudio del uso de almohadillas de plumas de pollo para la descontaminación de un

muelle, donde se evidenció una mejora en la turbidez del agua y el color se redujo mínimamente, esto quiere decir que este material tiene la capacidad de limpieza en aguas contaminadas.

El-Nafaty et al. (2013) buscaban eliminar el componente oleoso del agua desechada que se generaba en la producción de crudo utilizando cáscara de plátano, esta agua desechada quedaba con un alto contenido de petróleo disuelto. Para lograr su objetivo los autores secaron, redujeron el tamaño y caracterizaron las cáscaras de plátano para posteriormente producir biosorbentes a partir de estas, los resultados del estudio mostraron que la cáscara puede utilizarse en la eliminación de petróleo proporcionando una eliminación casi completa al utilizar 267 mg por litro de agua desechada durante 35 minutos en una concentración inicial de petróleo de hasta 194 mg/L

### **Marco Referencial**

El control de los derrames de hidrocarburos se ha convertido en un verdadero reto en todo el mundo, debido al impacto y efectos perjudiciales que este causa al medio ambiente y a la vida marina. Cada derrame presentado ha impulsado a la investigación y al desarrollo de técnicas de limpieza que cada vez sean más efectivas.

Una de las emergencias de crudo más conocidas en la historia del mundo es la de Alaska del pasado marzo de 1989, donde 40,8 millones de litros de petróleo se derramaron en el agua (Romero, 2016), casi la totalidad de lo que cargaba este barco, tuvo un impacto significativo en la vida marina y el ecosistema circundante, lo que llevó a una mayor conciencia sobre los métodos de limpieza y prevención.

**Figura 1.**

*Emergencia de Alaska 1989*



Fuente: Tomado de SINC CIENCIA CONTADA EN ESPAÑOL, Rodríguez, 2014,  
<https://www.agenciasinc.es/Reportajes/Alaska-se-tino-de-negro-hace-un-cuarto-de-siglo>

Algunas de las técnicas utilizadas para la limpieza de hidrocarburos en entornos acuáticos son:

**Las barreras de contención.** Este método según Geosoluciones de Ingeniería SAS. (2023), son una de las estrategias iniciales para controlar derrames de petróleo en el agua consiste en la colocación de barreras flotantes y absorbentes para contener y limitar la propagación del derrame. Su función principal es evitar la expansión del hidrocarburo dentro del cuerpo de agua, son utilizadas para rodear y aislar el petróleo, permitiendo que sea recogido y luego recuperado en las orillas del agua mediante skimmers u otras herramientas manuales como baldes. Esta herramienta funciona para los diferentes tipos de cuerpos de agua: lagos, lagunas, ríos, quebradas, canales, etc.

**Figura 2.**

*Funcionamiento de las barreras de contención*



Fuente: Tomado de Poseidón,

<https://importadoraposeidon.cl/producto/boa-absorvente-petroleo-20-cms-x-3-mts/>

LA EPA (2023) define **los skimmers** como dispositivos utilizados para recuperar petróleo derramado en el agua, separándolo de la superficie y recolectándolo para su posterior eliminación o procesamiento. Su eficiencia depende en gran medida de las condiciones del mar, aguas más turbulentas o agitadas presentan una menor eficiencia en la remoción de petróleo. Existen tres tipos de skimmer y cada uno de ellos tiene sus limitaciones y beneficios, estos tipos son: skimmers de vertedero, skimmers oleofílicos y skimmers de succión. Estos dispositivos han sido utilizados en una variedad de derrames de petróleo a lo largo de los años.

**Figura 3.**

*La tecnología de los skimmers*



Fuente: Tomado de 20 minutos, Holgado, 2022,

<https://www.20minutos.es/tecnologia/actualidad/asi-funciona-un-skimmer-el-articulo-anti-vertidos-que-gibraltar-est-a-usando-para-solucionar-la-fuga-de-fueloil-5047185/>

**Los MOS Sweeper** según Lamor (2023) es uno de los sistemas más recientes e innovadores que permite recoger y limpiar a través de múltiples barreras de contención y pueden ser usados desde una sola embarcación, ya sean buques pesqueros, de guardacostas, de reserva, entre otros. Es de fácil operación y se centra en guiar y contener el derrame, su implementación es ágil permitiendo una respuesta inmediata a la emergencia, además tiene mejoras en su manipulación y transporte. Si este sistema se junta con un skimmer realizaría un proceso completo de recuperación de crudo.

**Figura 4.**

*Sistema de barredora marina*



Fuente: Tomado de Corena, 2016,  
<https://www.corena.com.ec/equipment/sweep-skimmer-mos-15/>

**Los absorbentes marinos** son un instrumento indispensable en los métodos de limpieza de derrames y son utilizados generalmente cuando la emergencia es de pequeño volumen. Se caracterizan por su eficacia a la hora de actuar. Existen absorbentes que se usan únicamente para la retención de hidrocarburos y estos repelen el agua (Markleen, 2022).

**Figura 5.**

*Kits de emergencia para derrames de petróleo*



Fuente: Tomado de Markleen,  
<https://markleen.com/es/soluciones-derrames/absorbentes-spill-kits-marinos/>

### **Metodología**

La investigación es de naturaleza aplicada, basada en la implementación y aplicación de conocimientos teóricos para la resolución de problemas prácticos Murillo Torrecilla et al. (2007) como se citó en Fuentes y Gutierrez (2023).

#### **Enfoque y tipo de investigación**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo basado en los resultados que se obtengan a través del tipo experimental.

#### **Diseño Muestral**

La muestra del material queratinoso se recolectó bajo el sistema de colaboración comunitaria, tras explicar el objetivo de la investigación y generar interés alrededor del tema, el cabello humano se obtuvo del Salón de Belleza y Peluquería JenWish y la Barbería Old School y el pelaje de animal de la Veterinaria y Spa Canino Zoolo Macotas y de la Veterinaria Puppy House ubicados en la localidad de Fontibón. Con la cantidad obtenida de un día de producción se obtuvo una muestra representativa.

#### ***Población y muestra***

La población fue conformada por 200 ml de agua lluvia que fue contaminada por 50 ml de aceites de hidrocarburos lubricantes por cada experimento, es decir un total de 600 ml de agua lluvia y 150 ml de aceites de hidrocarburos lubricantes. En cuanto al recurso ecológico empleado para este experimento se logró recolectar 63 gramos de cabello humano y 62 gramos de pelaje animal.

#### ***Preparación de la muestra***

El material se encontraba en óptimas condiciones (limpio) para proceder a construir las barreras en tela oleofílica que permitirán la absorción del hidrocarburo.

### ***Variables***

En esta investigación se tuvieron en cuenta dos variables, la dependiente e independiente. En el caso de la variable independiente se encuentra el cabello humano y el pelaje animal, haciendo referencia al residuo que queda al sumergir las barreras en la simulación del derrame realizado. Mientras que en la variable dependiente se mide a través de la eficiencia que tuvo la barrera en la absorción del aceite de hidrocarburo en los cuerpos de agua de la simulación.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de información**

Para este plan de mejora se utilizó como recurso ecológico cabello humano y pelaje de animal que es un gran absorbente de hidrocarburo por la presencia de keratina, también se usó una tela spandex que al ser de microfibra es liviana y permite la absorción del vertimiento:

***Tabla 1. Materiales para realizar simulación***

| <b>CANTIDAD</b> | <b>ELEMENTO</b>        |
|-----------------|------------------------|
| 200 ml          | Agua                   |
| 50 ml           | Aceite                 |
| 1               | Par de guantes         |
| 1               | Tapabocas              |
| 1               | Retazo de tela spandex |
| 63 g            | Cabello Humano         |
| 62 g            | Pelaje de animal       |

Fuente: Noticias de Tabasco  
<https://www.youtube.com/watch?v=zLx4FECfDhI>

### Fases de investigación

**Fase 1.** *Método de recolección y tratamiento de cabello en salones de belleza y peluquerías caninas.*

Se estableció un diálogo con la estilista del Salón de Belleza y Peluquería JenWish, los barberos de la Barbería Old School y los veterinarios de la Veterinaria y Spa Canino Zoolo Macotas y de la Veterinaria y Peluquería Canina Puppy House, para exponerles el uso adicional que se le puede dar a este material que ellos desechan y poder contar con el apoyo a esta alternativa planteada, ellos se animaron a patrocinar con este recurso y así poder llevar a cabo esta estrategia de biorremediación medioambiental.

**Fase 2.** *Experimentos para evaluar el cabello humano y pelaje animal para absorber y atrapar hidrocarburos en condiciones de derrame en aguas.*

Los experimentos se realizaron con 200 ml de agua lluvia y 50 ml de aceite de hidrocarburo, con el fin de evaluar la absorción que tienen los recursos (cabello humano y pelaje de animal) con este compuesto químico.

**Fase 3.** *Propuesta de implementación del método de limpieza de derrames de hidrocarburo a partir del cabello humano y pelaje de caninos.*

A partir de los resultados que se obtuvieron con los experimentos de las barreras, se planteará una propuesta junto con las diferentes veterinarias, salones de belleza y peluquerías de todo el país a las empresas petroleras en Colombia para atender estas emergencias cuando se presenten.

## Desarrollo

### 1. Método para obtener pelo

Se logró obtener 63 gramos de cabello humano y 62 gramos de pelaje animal, muestra de un día de producción de cada uno de los establecimientos con los que se creó la alianza.

#### Figura 6.

*Pelaje de animal*



Fuente: Propia

Como se observa en la figura 6 esta muestra pertenece al pelaje animal obtenido, correspondiente a los perros y gatos que fueron previamente bañados en el Spa y la Peluquería canina que nos aportó el modelo para este experimento.

**Figura 7.**

*Peso de pelaje de animal*



Fuente: Propia

Como se observa en la figura 7, mediante una báscula se procedió a pesar la muestra alcanzada que equivale a 62 gramos de pelaje animal, para realizar la distribución y tratamiento del pelaje para la creación de barreras.

**Figura 8.**

*Cabello humano*



Fuente: Propia

En la figura 8 se observa la muestra del cabello humano, al igual que el pelaje de animal

es un mechón que fue previamente lavado antes de cortarlo y secado para su tratamiento.

**Figura 9.**

*Peso de cabello humano*



Fuente: Propia

En la figura 9 se observa el peso del cabello humano mediante la báscula y que corresponde a 63 gramos.

**Figura 10.**

*Elaboración de barreras*



Fuente: Propia

En la figura 10 se realiza la separación de material para proceder a armar las barreras,

tanto el cabello como el pelaje viene en óptimas condiciones ya que al cortarlo se encuentra limpio y esto permitirá la mayor absorción.

**Figura 11.**

*Barrera a base de pelaje de animal*



Fuente: Propia

En la figura 11 se observa la barrera que fue hecha de pelaje de animal con un peso estimado de 38,7 gramos, el pelaje animal es hidrófobo es decir contiene sustancias que no le permiten mezclarse con el agua, la repelen, y esto facilita la absorción del petróleo, confirma Afp (2023).

**Figura 12.**

*Barrera a base de cabello humano*



Fuente: Propia

En la figura 12 se observa la barrera a base de cabello humano con un peso estimado de 39,3; el cabello humano contiene proteínas capilares que en su gran mayoría son queratina y estas son las que ayudan a la impregnación del hidrocarburo.

**Figura 13.**

*Barrera a base de pelaje de animal y cabello humano*



Fuente: Propia

En la figura 13 se observa la barrera a base de las dos materias primas recogidas (cabello humano y pelaje de animal) con un peso estimado de 46,8. De la cual se esperan mejores resultados a la hora de absorber el hidrocarburo ya que la mezcla de los componentes que contienen cada uno de los dos permitirá una mejor solución.

**Figura 14.**

*Las tres barreras*



Fuente: Propia

En la figura 14 se observan las tres barreras, cada una de ellas explicadas anteriormente, a la izquierda de la imagen se observa la barrera de cabello humano, en el medio la de cabello humano y pelaje de animal y la de la derecha a base de pelaje de animal.

## **2. Resultados experimentales**

En la figura 15 se observa el trasvase del agua al recipiente para realizar esta simulación con una cantidad de 200 ml de agua.

**Figura 15.**

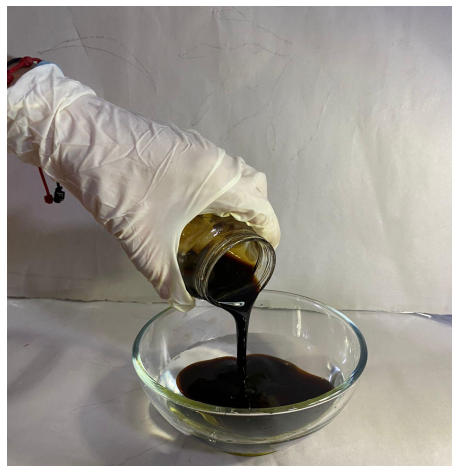
*Vertimiento de agua en recipiente*



Fuente: Propia

**Figura 16.**

*Vertimiento de aceite de hidrocarburo en el agua*



Fuente: Propia

En la figura 16 se observa la simulación de la contaminación, se usó 50 ml de aceite de hidrocarburo, compuesto por químicos que son derivados principalmente de la destilación del

petróleo crudo, señala la Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (2017).

**Figura 17.**

*Simulación de derrame de petróleo*

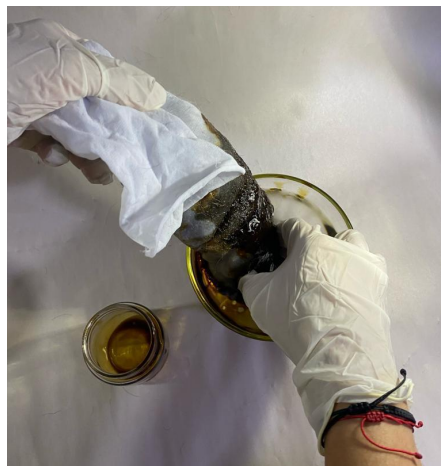


Fuente: Propia

En esta figura 17 se observa el vertimiento de aceite motor usado en el agua, lo cual simula un vertimiento de petróleo en un acuífero, evento que implica fuertes consecuencias en la calidad del agua y en las especies de flora y fauna que rodean dicho acuífero y subsisten del mismo.

**Figura 18.**

*Absorción de barrera a base de pelaje animal*



Fuente: Propia

En la figura 18 se observa como la barrera creada a base de pelaje animal empieza el proceso de absorción del aceite, lo cual simula la absorción de todas esas grasas y aceites presentes en el suelo principalmente por el derrame de hidrocarburos.

**Figura 19.**

*Resultado de absorción de barrera a base de pelaje de animal*

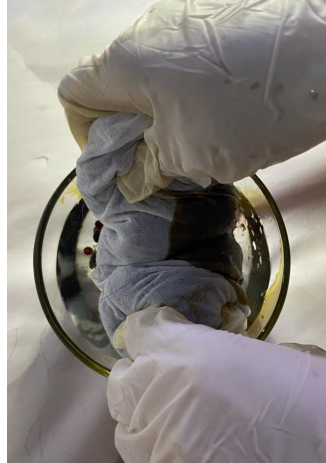


Fuente: Propia

En la figura 19 se presenta el resultado final luego de verter el aceite y tratar el agua con la barrera de pelaje animal, se alcanzan a distinguir pequeños residuos, sin embargo, es un gran avance y un gran cambio comparado con el impacto ocasionado en el momento del derrame o vertimiento.

**Figura 20.**

*Absorción de barrera a base de cabello humano*



Fuente: Propia

En la figura 20 se realiza el mismo procedimiento que en la figura 18, en este caso utilizando únicamente cabello de procedencia humana, para así entender mejor las diferencias en el mecanismo de filtración del agua utilizando diferentes tipos de cabello.

**Figura 21.**

*Resultado de absorción de barrera a base de cabello humano*



Fuente: Propia

En esta figura 21 se presenta el resultado final luego de realizar el proceso de tratado del agua utilizando cabello humano, en este caso se observan menos residuos que en la figura 19, lo cual da indicios de que el cabello humano puede llegar a ser mucho más eficiente en la remoción de los hidrocarburos que el cabello animal.

**Figura 22.**

*Absorción de barrera a base de pelaje animal y cabello de humano*



Fuente: Propia

En la figura 22 se repite el proceso realizado anteriormente con el cabello humano y el cabello animal, sin embargo, en este caso se usan ambos tipos de cabello en iguales proporciones para formar la barrera. El propósito de este es unificar ambos materiales y entender si es más o menos beneficioso el uso del cabello combinado comparado con los resultados obtenidos anteriormente.

**Figura 23.**

*Resultado de absorción de barrera a base de pelaje de animal y cabello humano*



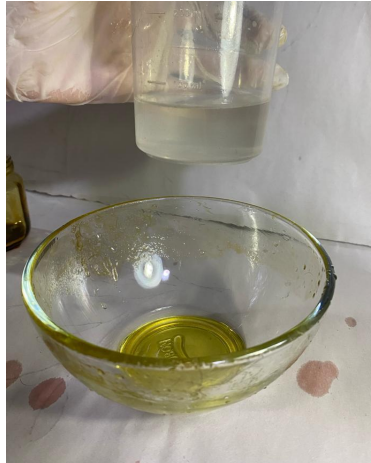
Fuente: Propia

En la figura 23 se observa que el plan cumple con lo esperado, la barrera a base de

cabello humano y pelaje animal es un material soluble que permite la absorción de este aceite. Desde el primer paso estas barreras tienen la capacidad de absorber un 96% del hidrocarburo derramado en el agua, aseguran los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tabasco en Azteca noticias (2015).

**Figura 24.**

*Remoción de hidrocarburo con barrera a base de pelaje animal y cabello humano*



Fuente: Propia

Como se evidencia en la figura 24 en el caso de la barrera a base de cabello humano y pelaje de animal a simple vista se observa un mayor porcentaje de remoción e impregnación del hidrocarburo, ya que el agua tratada se ve más limpia y con menos residuos que en el caso de las barreras individuales hechas a base de cabello humano únicamente y pelaje de animal solamente, donde si se observan pequeñas manchas residuales del hidrocarburo.

### **3. Propuesta de implementación**

Teniendo en cuenta el estudio realizado mediante la simulación y los resultados obtenidos por este experimento, esta estrategia busca brindar una solución a las empresas petroleras que poseen preocupaciones por derrames de hidrocarburo, la contaminación de aguas y los impactos

negativos en la economía de la industria que estas emergencias ocasionan. Resaltando que es un material biodegradable, de bajo costo y ahorrador para el presupuesto de la compañía. Además de su fácil manipulación para la creación de herramientas que permitirán la limpieza de estas emergencias.

Basados en lo anterior y teniendo en cuenta que según lo plantea Aragón y Ortiz (2016), las situaciones medioambientales son asuntos de relevancia en la responsabilidad social de las empresas, esto hace fundamental contar con una estrategia ambiental que permita anticiparse a problemáticas futuras de manera voluntaria y adelantándose a futuras regulaciones gubernamentales, se propone el siguiente paso a paso:

Paso 1: Capacitar e informar al personal de la empresa y a la junta directiva sobre el funcionamiento del mecanismo de limpieza, aquí se deben hacer énfasis en los múltiples beneficios tanto medioambientales como sociales y económicos que puede obtener la empresa al implementar el mecanismo, concientizar sobre la posibilidad de recibir beneficios y apoyos por parte del gobierno local y nacional al ser una empresa con responsabilidad medioambiental.

Paso 2: Reunirse con los encargados del área medioambiental de la empresa, para ajustar la estrategia a sus necesidades y capacidades, y además plantear un cronograma de actividades adecuado.

Paso 3: Buscar las alianzas con los centros de belleza, barberías y spa de animales, en este paso es fundamental la colaboración comunitaria e informarlos sobre la importancia de cuidar las fuentes hídricas para así motivar a las personas a aportar el cabello necesario para llevar a cabo el método de limpieza, en la medida de lo posible se puede informar a través de redes sociales y medios de comunicación sobre la puesta en marcha del proyecto para así tener un mayor alcance y una mayor acogida y colaboración social.

Paso 4: Al obtener el cabello se procede a la creación de las barreras, este proceso lo puede realizar personal de la empresa o buscar un agente externo que se encargue de la fabricación de las barreras, esto dependiendo de las posibilidades económicas y de personal que tenga la empresa, así mismo se puede buscar asesoramiento por parte de empresas u organizaciones internacionales que tengan más experiencia en la fabricación y uso de dichas barreras.

Paso 5: Al finalizar todo el proceso de fabricación de las barreras estas pueden ser almacenadas y distribuidas a puntos estratégicos dentro de las empresas o los oleoductos para su uso posterior, ya sea en procesos de limpiezas cotidianas de aguas residuales de la empresa o para emergencias y derrames imprevistos. Es necesario aclarar que el personal encargado del uso de estos mecanismos debe ser previamente capacitado.

Paso 6: Por último es fundamental entender y tener presentes las posibles disposiciones finales de los tapetes o barreras de cabello después de su uso, se ha hablado acerca la posibilidad de su reuso escurriendo el petróleo y demás aceites, sin embargo según lo propone la organización Matter of Trust (s.f) los residuos finales pueden ser incinerados para la producción de energía, debido a que estos residuos son principalmente cabello e hidrocarburos, se generan pocas cenizas, dicha incineración debe realizarse en ambientes controlados y cerrados, que permitan el aprovechamiento de la energía generada y que logré retener las partículas y toxinas que se generen. Actualmente se están estudiando mejores prácticas para la disposición final de estas barreras.

### **Conclusiones y Recomendaciones**

Durante el desarrollo de esta investigación se logró comprobar que las barreras de cabello pueden usarse como una fuente de remoción de hidrocarburos de los acuíferos contaminados, así mismo se observa que en este caso experimental en específico el cabello humano y la combinación de cabello humano y animal son los métodos donde se obtiene un mayor porcentaje de remoción, sin embargo, se recomienda hacer un análisis de laboratorio mucho más preciso que permita estudiar la variabilidad de la remoción de hidrocarburos y el mejoramiento de la calidad del agua usando cabello de diferentes tipos (lacio, rizado, etc.) y procedencias (humano, animal).

En adición, se logró concluir que es posible crear un sistema de recolección eficiente de cabello a través de la colaboración comunitaria; los centros de belleza y cuidado del cabello, así como los spa de mascotas, pueden llegar a ser un gran aliado para la fabricación de las barreras de cabello, así mismo se descubre que al generar conciencia en la comunidad y explicar el funcionamiento de este método de limpieza, aumenta el interés y el apoyo para estos procesos, por lo cual se recomienda la socialización y difusión de la problemática y su solución para un mayor alcance y mejor funcionamiento del método.

Por último, es viable la creación de una estrategia que formule un plan de limpieza de aguas contaminadas por hidrocarburos y dicha estrategia puede presentarse a empresas petroleras o corporaciones ambientales para su incorporación en diferentes acuíferos contaminados en el país, así mismo el trabajo conjunto entre empresas privadas, el gobierno nacional y la comunidad en general es de vital importancia para un funcionamiento idóneo del plan de limpieza y el mejoramiento de la calidad del agua. Se recomienda complementar la estrategia con otros métodos de limpieza como los Skimmers para un mejor resultado final.

### Bibliografía

- Afp. (2023, 8 octubre). Alfombras de pelo para limpiar derrame de petróleo en Lago de Venezuela. *Once Noticias*.  
<https://oncenoticias.digital/ciencia/alfombras-de-pelo-limpiar-derrame-de-petroleo-en-lago-de-venezuela/291842/#:~:text=El%20pelo%20es%20hidrof%C3%B3lico%2C%20una%20vezes%20su%20peso%20en%20petr%C3%B3leo.>
- Agencia Catalana de seguridad Alimentaria. (2017). Los hidrocarburos de aceites minerales. *gencat*.  
<https://acsa.gencat.cat/es/actualitat/bulletins/acsa-brief/els-hidrocarburs-dolis-minerals.-marc-abril-2017/index.html#:~:text=Los%20hidrocarburos%20de%20aceites%20minerals%2C%20denominados%20MOH%2C%20son%20compuestos%20qu%C3%ADmicos,mezclas%20complejas%20de%20hidrocarburos%20que>
- Aragón Correa, J. A., & Ortiz de Mandojana, N. (2016). Environmental strategy. En *Palgrave Macmillan UK eBooks* (pp. 1-6). [https://doi.org/10.1057/978-1-349-94848-2\\_477-1](https://doi.org/10.1057/978-1-349-94848-2_477-1)
- Azteca Noticias. (2015, 11 agosto). *Crean barrera de cabello humano contra derrames de petróleo* | Noticias de Tabasco [Vídeo]. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=zLx4FECfDhI>
- Conexión Con El Tiempo. (2022, 28 noviembre). *Tu cabello puede limpiar un derrame de petróleo* | The Weather Channel en español [Vídeo]. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=DYmkDaPr080>
- El-Nafaty, U. A., Muhammad, I. M., & Abdulsalam, S. (2013). Biosorption and kinetic studies on oil removal from produced water using banana peel. *Civil and Environmental Research*, 3(7), 125-136.

EPA. (2023, 6 septiembre). *Skimmers*. US EPA.

<https://www.epa.gov/emergency-response/skimmers>

Fuentes, L. Y., & Gutierrez, R. S. (2023). *Eficiencia en la adsorción de hidrocarburos de aceites lubricantes mediante bagazo de quinua en cuerpos de agua a nivel de laboratorio*.

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/112066>

Geosoluciones de Ingeniería SAS. (2023). Recomendaciones prácticas en el uso de barreras de contención de derrames. *es.linkedin.com*.

<https://es.linkedin.com/pulse/recomendaciones-pr%C3%A1cticas-en-el-uso-de-barreras->

Holgado, R. (2022, 1 septiembre). Así funciona un skimmer, el artilugio antivertidos que Gibraltar está usando para solucionar la fuga de Fueloil. *20bits*.

<https://www.20minutos.es/tecnologia/actualidad/asi-funciona-un-skimmer-el-articulo-anti-vertidos-que-gibraltar-esta-usando-para-solucionar-la-fuga-de-fueloil-5047185/>

Ifelebuegu, A. O., Anh Nguyen, T. V., Ukotije-Ikwut, P., & Momoh, Z. (2015). Liquid-phase sorption characteristics of human hair as a natural oil spill sorbent. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(2), 938–943.

<https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.02.015>

Insider Español. (2022, 22 octubre). *¿Por qué las empresas no usan tapetes de cabello para limpiar el petróleo? | Basura del mundo* [Video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=79QhHg1CxDc>

Lamor. (2023, 28 junio). *High-speed sweeper MOS systems*.

<https://www.lamor.com/technology/environmental-preparedness/oil-skimming-systems/high-speed-sweeper-mos-systems#:~:text=The%20Lamor%20and%20Egersund%20Group,speeds%20up%20to%204.5%20knots.>

LA NACION. (2022, 15 julio). Cómo un peluquero encontró un arma efectiva y ecológica para frenar los derrames de petróleo: el pelo humano. *LA NACION*.

<https://www.lanacion.com.ar/tecnologia/como-un-peluquero-encontro-un-arma-efectiva-y-ecologica-para-frenar-los-derrames-de-petroleo-el-pelo-nid15072022/>

Markleen. (2022, 3 noviembre). *Absorbentes* | Markleen.

<https://markleen.com/es/soluciones-derrames-absorbentes/>

Matter of Trust. (s. f.). *Donate – Hair, fur and fiber – FAQ*.

<https://matteroftrust.org/donate-hair-fur-and-fiber-faq/>

Miranda, D., & Restrepo, R. (2005). Los derrames de petróleo en ecosistemas tropicales – impactos, consecuencias y prevención. la experiencia de Colombia. IOSC International Oil Spill Conference Proceedings, 5. <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2005-1-571>

Mora Luna, D. L., & Ricaurte Gómez, D. A. (2020). Estudio de viabilidad técnica y análisis de costos de las barreras absorbentes naturales contra derrames de hidrocarburos en cuerpos de aguas naturales. Retrieved from

[https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1201](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1201)

Pagnucco, R., & Phillips, M. L. (2018). Comparative effectiveness of natural by-products and synthetic sorbents in oil spill booms. *Journal of Environmental Management*, 225, 10–16.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.07.094>

Rodríguez, E. (2014, 24 marzo). Alaska se tiñó de negro hace un cuarto de siglo. *Sinc*.

<https://www.agenciasinc.es/Reportajes/Alaska-se-tino-de-negro-hace-un-cuarto-de-siglo>

Rodríguez F., M. E. (2018). *Proceso de biosorción a través de materiales de origen orgánico como alternativa para disminuir el contenido de aceites minerales presentes en las aguas*

*del río los guayos, municipio los Guayos, Estado Carabobo* [Trabajo de grado].

Universidad de Carabobo. <http://mriuc.bc.uc.edu.ve/handle/123456789/6207>

Romero, S. (2016). ¿Cómo ocurrió el desastre de Exxon Valdez? *Muy Interesante*.

<https://www.muyinteresante.es/naturaleza/13707.html>

Triano G., M. Y. (2019, 9 abril). Remoción de hidrocarburos mediante materiales queratinosos de acuerdo con el Protocolo ASTM F 726-99.

<https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/5195>

Tsamo, C., Adjia Henriette Zangue, Essam Ewane Herbaud, & Tracy, S. (2023). Investigating the potential of using tannery process solid hair waste for spent engine and vegetable oils removal from water and toxicity assessment using maize. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100412–100412.

<https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100412>

Zachos, E. (2018, 4 abril). Colombia: Derrame de petróleo mata a más de 2400 animales.

*National Geographic*.

<https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2018/04/colombia-derrame-de-petroleo-mata-a-mas-de-2400-animales#:~:text=Adem%C3%A1s%20de%20los%20s%C3%ADntomas%20que>