



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Eficiencia de *Cocos nucifera L.* para mitigar hidrocarburos presentes en aguas provenientes del lavado de vehículos”

#### TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

#### AUTORAS:

Céspedes Carrasco, Miryam Elizabeth (orcid.org/0000-0003-2545-8790)

Laines Saavedra, Angie Gillian (orcid.org/0000-0001-9885-8459)

#### ASESOR:

Dr. Ponce Ayala Jose Elias (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

#### LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

#### LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

Dedico primero a Dios por que me ha guiado a lo largo de mi vida, a mis padres Isidoro e Luzlinda que me han impulsado durante mi etapa universitaria y cumplir uno de mis sueños, a mi abuela Rosa, y familia que me impulsado a que este sueño se haga realidad y por último a mis seres queridos que ya no se encuentran en este mundo terrenal, pero sé que están conmigo de forma espiritual.

***Miryam Elizabeth***

Este proyecto de tesis, está hecho con mucho amor y agradecimiento a Dios. A mis padres Hugo e Ysaura, que quienes con su esfuerzo y apoyo han hecho este sueño posible. A mis hermanos Steven y Dánika, que con sus ocurrencias y juegos me hacen sonreír a diario, y a mis abuelitas Julia y Modesta que con su sabiduría han sabido guiarme cuando quería rendirme

***Angie Gillian***

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento por haberme dedicado su tiempo y conocimientos en este proyecto de investigación a los Ingenieros: José Ponce, Michel Gómez, Betty Flores y Pedro Custodio, quienes han sido los principales colaboradores durante el desarrollo de esta tesis, así como para los trabajadores de INIA, quienes han permitido culminar este trabajo de investigación de la mejor manera.

***Miryam Elizabeth***

Agradezco este proyecto por su guía y enseñanza a la Ingeniera Betty Flores, José Ponce, Pedro Custodio y Michel Gómez, docentes de la Universidad César Vallejo - Chiclayo, quienes han sido parte fundamental para culminar satisfactoriamente esta tesis, así como los ingenieros de la Estación Experimental Agraria INIA, Amaru Sevilla y José Chanamé, quienes aportaron también a este estudio.

***Angie Gillian***

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>13</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimiento .....	17
3.6. Método de análisis de datos.....	29
3.7. Aspectos éticos .....	29
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Tratamiento de fibra en malla (F)</i> .....	14
<b>Tabla 2.</b> <i>Tratamiento de cáscara en malla (C)</i> .....	14
<b>Tabla 3.</b> <i>Tratamiento de fibra y cáscara en malla (F + C)</i> .....	15
<b>Tabla 4.</b> <i>1er Tratamiento con fibras durante 1 hora</i> .....	30
<b>Tabla 5.</b> <i>1er Tratamiento con fibras durante 1 día</i> .....	31
<b>Tabla 6.</b> <i>1er Tratamiento con fibras durante 1 semana</i> .....	32
<b>Tabla 7.</b> <i>1er Tratamiento con fibras (general)</i> .....	33
<b>Tabla 8.</b> <i>2do Tratamiento con cáscara durante 1 hora</i> .....	34
<b>Tabla 9.</b> <i>2do Tratamiento con cáscara durante 1 día</i> .....	35
<b>Tabla 10.</b> <i>2do Tratamiento con cáscara durante 1 semana</i> .....	36
<b>Tabla 11.</b> <i>2do Tratamiento con cáscara (general)</i> .....	37
<b>Tabla 12.</b> <i>3er Tratamiento con fibras y cáscara durante 1 hora</i> .....	38
<b>Tabla 13.</b> <i>3er Tratamiento con fibras y cáscaras durante 1 día</i> .....	39
<b>Tabla 14.</b> <i>3er Tratamiento con fibras y cáscaras durante 1 semana</i> .....	40
<b>Tabla 15.</b> <i>3er Tratamiento con fibras y cáscara (general)</i> .....	41
<b>Tabla 16:</b> <i>Comparación de tratamientos</i> .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Cocos nucifera L. ....	8
<i>Figura 02.</i> Fruto Cocos nucifera L.....	8
<i>Figura 03.</i> Fibra de Cocos nucifera L. ....	9
<i>Figura 04.</i> Cáscara de Cocos nucifera L. ....	9
<i>Figura 05.</i> Acumulación de los sedimentos y restos de materia orgánica de origen marino .....	11
<i>Figura 06.</i> Ubicación de INIA.....	18
<i>Figura 07.</i> Pelado y extracción de fibras y cáscaras .....	18
<i>Figura 08.</i> Fibras y cáscaras de Cocos nucifera L. luego de ser reducidas .....	19
<i>Figura 09.</i> Pesado de las fibras.....	19
<i>Figura 10.</i> Pesado de las cáscaras .....	20
<i>Figura 11.</i> Lavado de fibras y cáscaras.....	20
<i>Figura 12.</i> 2do pesado de fibras y cáscaras de Cocos nucifera L. ....	21
<i>Figura 13.</i> Secado de fibras y cáscaras de Cocos nucifera L.....	21
<i>Figura 14.</i> 3er pesado de fibras y cáscaras de Cocos nucifera L.....	22
<i>Figura 15.</i> Molienda de cáscaras de <i>Cocos nucifera L.</i> .....	22
<i>Figura 16.</i> Pesado y tamizado de cáscaras de Cocos nucifera L.....	23
<i>Figura 17.</i> Estructuras de malla para colocar fibras y cáscaras .....	23
<i>Figura 18.</i> Colocación de las muestras de agua en vasos beaker y rotulado.....	24
<i>Figura 19.</i> Toma de pH inicial.....	25

<i>Figura 20.</i> Medición de la cantidad de hidrocarburo presente en cada muestra ..	25
<i>Figura 21 .</i> Estructuras de malla con fibra y cáscara en diversos pesos .....	26
<i>Figura 22.</i> Colocación de estructuras en muestras .....	26
<i>Figura 23 .</i> Muestra patrón .....	27
<i>Figura 24..</i> Muestras post tratamiento de fibra (F) .....	27
<i>Figura 25.</i> Muestras post tratamiento de cáscara (C) .....	28
<i>Figura 26.</i> Muestras post tratamiento de fibra y cáscara (F + C).....	28
<i>Figura 27.</i> Tratamiento de fibras (F) durante 1 hora.....	30
<i>Figura 28.</i> Tratamiento de fibras durante 1 día .....	31
<i>Figura 29.</i> Tratamiento de fibras durante 1 semana.....	32
<i>Figura 30.</i> Tratamiento de fibras en diversas cantidades en el tiempo .....	33
<i>Figura 31.</i> Tratamiento de cáscaras (C) durante 1 hora.....	34
<i>Figura 32.</i> Tratamiento de cáscaras (C) durante 1 día.....	35
<i>Figura 33.</i> Tratamiento de cáscara durante 1 semana.....	36
<i>Figura 34.</i> Tratamiento de diferentes cantidades de cáscara en el tiempo .....	37
<i>Figura 35.</i> Tratamiento de fibra y cáscara (F + C) durante 1 hora.....	38
<i>Figura 36.</i> Tratamiento de fibra y cáscara (F + C) durante 1 día.....	39
<i>Figura 37.</i> Tratamiento de fibra y cáscara (F + C) durante 1 semana .....	40
<i>Figura 38.</i> Tratamiento de diferentes cantidades de fibra y cáscara (F + C) en el tiempo.....	41
<i>Figura 39:</i> Comparación de la eficiencia de los tratamientos .....	43

## RESUMEN

Esta tesis se centra en la mitigación de hidrocarburos en establecimientos del lavado de vehículos, y en la aplicación de una estrategia que mitigue estos contaminantes del agua usada en esta actividad. Como técnica de descontaminación eficaz y económica, hemos empleado las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.*, los cuales han sido extraídas de árboles de palma, ubicadas en la Estación Experimental Agraria Vista Florida del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), posteriormente se llevó al laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo – Chiclayo, para la extracción de fibras y cáscaras y su posterior pre tratamiento. Asimismo, se empleó una malla donde se colocaron ambos materiales de manera independiente y conjunta, para su exposición a un total de 9 muestras. Las aguas a tratar fueron vaciadas a vasos beaker, donde se realizó una medición de hidrocarburos en precipitación con una regla en mm. Donde se observó una disminución significativa de los contaminantes, siendo la cáscara el tratamiento menos eficiente, a diferencia del tratamiento de fibras y cáscaras en conjunto, que tuvo una disminución total del contaminante. Demostrando que los residuos (fibras y cáscaras) de *Cocos nucifera L.* es un tratamiento viable para la disminución de hidrocarburos en aguas.

**Palabras clave:** Agua, Fibras, Cáscaras, *Cocos nucifera L.*, Hidrocarburos

## **ABSTRACT**

This thesis focuses on the mitigation of hydrocarbons in car wash establishments, and on the application of a strategy that mitigates these contaminants from the water used in this activity. As an effective and economic decontamination technique, we have used the fibers and shells of *Cocos nucifera* L., which have been extracted from palm trees, located at the Vista Florida Agrarian Experimental Station of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), later It was taken to the Biotechnology laboratory of the César Vallejo University - Chiclayo, for the extraction of fibers and shells and their subsequent pre-treatment. Likewise, a mesh was used where both materials were placed independently and jointly, for exposure to a total of 9 samples. The water to be treated was emptied into beaker vessels, where a measurement of hydrocarbons in precipitation was made with a ruler in mm. Where a significant decrease in contaminants was observed, with the shell being the least efficient treatment, unlike the treatment of fibers and shells as a whole, which had a total decrease in the contaminant. Demonstrating that the residues (fibers and shells) of *Cocos nucifera* L. is a viable treatment for the reduction of hydrocarbons in water.

**Keywords:** Water, Fibers, Shells, *Cocos nucifera* L., Hydrocarbons

## I. INTRODUCCIÓN

Uno de los recursos más relevantes en la vida humana y de los ecosistemas es el agua, la cual ocupa el 70% de área superficial del planeta Tierra, se distribuye en: océanos, lagos, ríos, suelo y aire, que permite la regulación climatológica. Asimismo, presenta propiedades como solvente, reactivo en procesos metabólicos, y su exposición a diversas temperaturas le permite dar calor o se solidifica cuando se congela. El agua se encuentra en diversos lugares, como en océanos, los cuales ocupan el 97.5%, y cuentan con la mayor cantidad del recurso en el planeta. Solo 2,5% del agua es dulce, de la cual el 80% se presenta en zonas con bajas temperaturas, y se observa en: la nieve, cascos polares y el hielo; lo restante pertenece a las aguas subterráneas donde hay 19% y el 1% final es agua dulce superficial de lagos y humedales fácilmente accesible para el ser humano. (Fernández, 2012)

La fundación AQUAE, (2021) expone que el consumo del agua es vital para el ser humano, la cual permite la digestión, la absorción de ciertos nutrientes que permiten el funcionamiento del cuerpo humano, a través del proceso de circulación de la sangre, etc. El agua cubre muchos aspectos del funcionamiento del cuerpo; por otro lado, su aplicación en actividades cotidianas que realiza el ser humano exige una gran cantidad de agua dulce, siendo un 70% para actividades agrícolas y otro 15% para las actividades domésticas e industriales.

La relevancia de los hidrocarburos en la industria alimentaria, de transporte y el comercio que implican el uso de combustibles, lo que ha permitido el incremento de la economía en el país, ya que forma parte del PBI nacional. La fuente energética con mayor uso en el país ha superado el 50% del consumo y proviene de los diversos GLP (Gas Licuado de Petróleo) y combustibles que pertenecen al grupo de hidrocarburos. Según un estudio de Osinergmin, (2015) Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, institución del Perú.

La generación de hidrocarburos derivados del petróleo son tóxicos en el ámbito ambiental, ya que daña los ecosistemas acuáticos. Estos contaminantes se

clasifican en hidrocarburos de tipo alifáticos o de cadena lineal, los cuales tienen alrededor de 8 y 23 átomos de carbono, mientras que el otro grupo son hidrocarburos policíclicos, los cuales son más tóxicos debido a su potencial teratogénico y cancerígeno. El uso constante de estos compuestos, no se detectan fácilmente en el entorno acuático. (Bonert, Pinto y Estrada, 2006)

Los espacios acuáticos impactados por hidrocarburos se dan en fuentes de almacenamiento, como aguas superficiales y subterráneas. Alterando el olor, color, turbidez y sabor del agua, lo que impide su consumo, ya que, amenaza la salud de cada ser vivo, asimismo, los ecosistemas que están en contacto con estas aguas, pueden sufrir afecciones por los diversos componentes del petróleo. (Prieto y Martínez, 1999)

Los derivados del petróleo son usados en vehículos, los cuales abundan en las zonas urbanas, donde se genera aguas residuales de actividades de lavado y mantenimiento de vehículos, por lo que cuentan con una alta carga de hidrocarburos, provocando problemas en la depuración y el alcantarillado de la ciudad, por lo que se recomienda un pre tratamiento en el mismo establecimiento donde se generan, para la separación de los hidrocarburos y sólidos decantados. Los hidrocarburos tienen diversos tipos, es por ello que se requiere de un análisis específico.

El fruto de *Cocos nucifera L.* está formado por el endospermo que es la parte interna del fruto, o sea, la semilla, la cual es comestible y se emplea en la creación de artículos alimenticios como la leche, el aceite y manteca de coco, así como productos de consumo directo como el coco rallado. Por otro lado, se halla el mesocarpio, el cual envuelve la semilla y tiene característica fibrosa; a partir de aquí se extrae las fibras a través de procesos mecánicos y pueden tener diversas medidas.

El crecimiento de la densidad demográfica y con ello el aumento del urbanismo y transporte, ha conllevado a que los establecimientos del lavado de vehículos sean de prioridad en la ciudad, por lo que es común la eliminación de aguas contaminadas con hidrocarburos, impactando en las redes de alcantarillado, y luego desembocan en el mar, es una problemática muy común en las zonas de desarrollo

urbano. Asimismo, la exposición del ser humano y diversos seres vivos en los ecosistemas frente a estos compuestos suelen ser de alto riesgo, por lo que nos planteamos la siguiente pregunta: ¿Cuál es la eficiencia de *Cocos nucifera L.* para mitigar hidrocarburos presentes en aguas provenientes del lavado de vehículos?

Las fibras y cáscaras del fruto de *Cocos nucifera L.* son comúnmente eliminados, por lo que, empleamos estos residuos como estrategia para la mitigación de hidrocarburos en aguas provenientes de establecimientos del lavado de vehículos. A nivel ambiental, buscamos mitigar este contaminante en las aguas residuales urbanas derivadas de establecimientos del mantenimiento de transportes, evitando también un impacto en el ecosistema marino, donde es el desemboque de estas aguas. Este método se puede aplicar en diversas fuentes de agua y gracias a su bajo costo las fibras y cáscaras del fruto de *Cocos nucifera L.* pueden ser usados a pequeña escala en los mismos establecimientos. En cuanto a la población, se evita su ingesta y exposición a los hidrocarburos, pues su toxicidad puede provocar problemas en la salud.

Ho: No existe una relación funcional y un alto grado de correlación entre la mitigación de hidrocarburos y la acción del fruto de *Cocos nucifera L.* en aguas provenientes del lavado de vehículos.

Hi: Si existe una relación funcional y un alto grado de correlación entre la mitigación de hidrocarburos y la acción del fruto de *Cocos nucifera L.* en aguas provenientes del lavado de vehículos.

Para la realización de esta investigación nos planteamos como objetivo general: Determinar la eficiencia del fruto de *Cocos nucifera L.* para la mitigación de hidrocarburos presentes en aguas provenientes del lavado de vehículos, asimismo, lo estructuramos en los objetivos específicos: Analizar las aguas recolectadas de los establecimientos del lavado de vehículos, Seleccionar las fibras y cáscaras del fruto de *Cocos nucifera L.* para su pre tratamiento y Registrar todo el progreso de la mitigación de hidrocarburos por acción de las fibras y cáscaras de coco.

## II. MARCO TEÓRICO

Para apoyar nuestra hipótesis se recurrió a la búsqueda de estudios internacionales y nacionales con variables similares, las cuales servirían de guía para la realización metodológica de nuestra tesis. Dando inicio por el estudio de:

En el estudio de Zarate et al. (2018) se evaluó la fibra de *Cocos nucifera* para la mitigación de compuestos tóxicos aromáticos que se presentan en derrames de petróleo, aplicados para la biosorción de naftaleno, tolueno y benceno, teniendo muestras de agua con pH de 6 a 9 y con una presencia de Material Orgánico Disuelto (MOD) de 14 mg por cada litro de muestra. Se evaluó la fisisorción de la fibra y se realizó titulaciones con compuestos ácidos para entender el comportamiento del material. Donde se obtuvo biosorciones de 222 mg de benceno, asimismo 96 mg de tolueno y 5,85 mg de naftaleno por cada gramo de fibra empleada, y presenta alta concentración fenólica y cuenta con estructura de lignina, siendo el pH un factor que no influye en la mitigación del contaminante.

Asimismo, Maia et al. (2021) estudiaron las fibras de *Cocos nucifera* pre tratados con líquido iónico prótico (LIP) para poder remediar hidrocarburos en aguas salinas, se realizaron pre tratamientos como la mercerización y la acetilación para su posterior uso. Las fibras de coco mercerizadas tuvieron sorción de 1,32 g por cada gramo de fibra, y la fibra acetilada tuvo sorción de 0,12 g/g, mientras que la fibra tratada con LIP tuvo una eficiencia de sorción de 1,40, siendo el pre tratamiento más ventajoso. Demostrando que cada pre tratamiento suele aportar beneficios para las fibras ya que tienen altas características de hidrofobicidad y eliminación de hidrocarburos.

También, Esfandiar, Suri y McKenzie, (2021) usaron las fibras de coco para la eliminación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) mezclados en aguas pluviales, los hidrocarburos a estudiar estaba el pireno, fenantreno, naftaleno y acenaftileno. La fibra fue evaluada para viabilizar sus características fisicoquímicas, y los datos fueron expresados a través de Isoterma de Freundlich y lineal, es por ello que la tasa de adsorción se dio por transferencia de masa, lo que permitió reconocer la eficiencia de las fibras para la adsorción de (PAH)

De igual modo Madasamy, Ramasubbu y Nambirajan, (2022) consideraron a la fibra de coco como un material adsorbente de derrames de petróleo en ecosistemas marinos y terrestres, debido a su bajo costo y densidad. La humedad de la fibra de coco fue de 4.44%, donde se agregó quitosano para mejorar su capacidad de sorción, es por ello que las fibras mostraron una mejora tras su tratamiento, logrando un porcentaje de 9,87%. Es por ello que se demostró una alta eficiencia de las fibras de coco pre tratadas para la mitigación de derrames de petróleo.

Por añadidura, Mohamad, Ahad y Shahdan, (2022) pusieron a prueba las fibras de coco para la mitigación de aceite vegetal en agua destilada, pues se le va a dar una valorización a estos residuos. Para el desarrollo experimental se prepararon muestras pequeñas con un tamaño de 2 x 2 cm, que fueron secadas a una temperatura de 50°C en un lapso de 24h y se puso a exposición del ambiente para regular su temperatura. Las muestras fueron sumergidas en el agua y aceite, para viabilizar su acción durante 24 horas, de las cuales fueron retiradas y secadas con un paño, para ser secadas en una balanza digital; asimismo, este proceso se reiteró por 28 días, para así poder obtener un peso de cada muestra evaluada. Siendo la fibra de coco muy eficiente para sorción de aceite.

Además (Asadu et al. 2021) usaron la cáscara compuesta del *Cocos nucifera* con alta porosidad para así desaparecer petróleo crudo, por lo que se evaluó, pH, temperatura y tiempo, de modo que se viabilice la sorción de petróleo. Tras el estudio, se vio una gran eficiencia de adsorción a un pH bajo, revelando que la cáscara de coco era estable en temperatura de 432.7 °C; el compuesto demostró ser un buen adsorbente, donde eliminó el 96.4% de petróleo, después de 50 minutos. Con una capacidad de adsorción de 69,89 mg por gramo, posteriormente se eliminó el petróleo con etanol de las fibras y se utilizó posteriormente para un proceso de adsorción y reutilización, demostrando su eficiencia para la mitigación de hidrocarburos, siendo económica y rápida.

Asimismo, Agarry et al. (2020) evaluaron una cáscara de coco tratada en su composición química y térmica para actuar de adsorbente de aceite crudo en aguas de mar, se evaluaron parámetros como la temperatura, el tipo de aceite y factores como concentración inicial del contaminante, la dosis de adsorbente a agregar. La

cáscara de coco fue pre tratada con zinc cloruro y sometido al proceso de pirólisis a temperaturas que fluctúan entre los 400 y 800°C, durante un lapso de 30 y 60 minutos, transformando la cáscara en biochar, producido con anhídrido acético. Demostrando que las fibras de coco tienen características adsorbentes, que permiten la mejora con el proceso de pirólisis, eliminando con ello el aceite crudo, obteniendo una sorción de 16,84g/g del compuesto.

De igual manera, Anwana y Ewemoje, (2021) examinaron las fibras de coco para absorber aceite usado para motores y que son derramados en ecosistemas marinos, aplicando en 3 diversas metodologías: fibra cruda, fibra modificada y fibra reutilizada, por lotes para observar la eficiencia de las fibras como adsorbentes de aceite de motor, donde se expusieron 2 u 8 g de fibra de coco a una muestra contaminada de 320 ml de aceite presente en agua, por 60 minutos. Las muestras que mostraron mayor capacidad de reducción de aceite fueron: la fibra de coco modificada con porcentajes de 61,1% y 44,3% de sorción, seguida por la fibra de coco cruda, donde se observó sorciones de 55,6% y 38,5%, por el contrario, la fibra reciclada tuvo en menor porcentaje de 41,6 y de 26,0%.

También, Osamor y Momoh, (2015) evaluaron la fibra de coco residual para eliminar compuestos como aceite vegetal y también diesel de ecosistemas marinos, aplicando una metodología de adsorción en diversas dosis por lotes expuestas a diversas temperaturas. Tras la realización experimental se obtuvo capacidades de adsorción mayores de 7231 y 6530 mg de aceite y diesel por cada gramo de adsorbente, demostrando que hay una gran capacidad de adsorción de hidrocarburos por fibras de coco, en porcentajes de 22%. Asimismo, uno de los factores que limitaban la capacidad de sorción de las fibras es la elevación de la temperatura, no obstante, si se dan modificaciones a las fibras para hidrofobicidad, hay una mejor mitigación de hidrocarburos en aguas.

Además, Moreira y Seo, (2020) desarrollaron un trabajo con la finalidad de reciclar las fibras de coco, debido a su bajo costo y poco impacto medioambiental. Es por ello que se utilizó el proceso de biosorción para la mitigación de hidrocarburos en zonas acuáticas, por lo que las fibras se prepararon a través de tratamientos como el lavado y secado, y posteriormente se mercerizó con un agente alcalino y se

caracterizó. Entre los contaminantes de estudio estaban la gasolina y el gasóleo, los cuales se midieron en un sistema seco, donde las fibras estarían en contacto directo con los contaminantes y con muestras acuosas, siendo simulación de contaminación. La experimentación demostró que las fibras de coco es un buen sistema para adsorber hidrocarburos, siendo renovable y económico.

Por otro lado, se buscó información relacionada al uso de cáscara de *Cocos nucifera L.* para la limpieza de aguas residuales, donde se encontró que:

Rondón, Castillo y Miranda, (2021) usaron la cáscara de *Cocos nucifera L.* como un filtro de aceites y sólidos suspendidos en aguas de Campo “El salto”, donde se extrajo muestras de agua para el estudio de sus condiciones. Se realizó un proceso de molienda y pulverización de las cáscaras y se seleccionó en tamaños de 1 a 3 mm de las cuales se evaluaría su eficiencia como filtro, donde hubo una mayor filtración en las cáscaras pulverizadas a los 2mm, las cuales extrajeron sólidos de 53 mg/L a 170 mg/L, demostrando eficiencia en un 68.8%, por otro lado, en cuanto a los aceites suspendidos, mostró una eficiencia del 98.5%. Demostrando que la cáscara reducida a los 2mm tiene una gran capacidad de disminución de contaminantes orgánicos en aguas.

Para comprender mejor la investigación, se buscó diversos estudios que fundamenten las palabras clave de acuerdo a los objetivos planteados, de modo que se conociera las variables de estudio y su aplicación posterior a la experimentación, dando hincapié en el estudio de *Cocos nucifera L.* que sería el recurso a aplicar para la mitigación de hidrocarburos presentes en aguas derivadas de establecimientos de lavado de vehículos.

La palma de *Cocos nucifera L.* es perteneciente a la tribu *Cocoseae* y de la subfamilia *Arecoideae*. Se desconoce exactamente donde se originó y domesticó. Su estructura presenta unos tallos con una altura de hasta 20 metros, crecen de manera solitaria, reclinados y con hojas pinnadas. Tiene una inflorescencia interfoliar y cuenta con una ramificación simple y semi-leñosa; con flores unisexuales y con un fruto uniseminado. (Guevara y Jáuregui, 2008)



*Figura 01. Cocos nucifera L.*

Fuente: Elaboración propia

El fruto de *Cocos nucifera L.* tiene forma alargada y redonda, su contenido es una carne fibrosa de color blanco denominada “copra”, que cuando está joven almacena un líquido de consistencia lechosa, la copra está cubierta de una cáscara dura, que, a su vez, está envuelto en una capa de fibras que suelen cubrir la semilla en general, y cuenta con un peso de 2,5 kg. Se le da mayor uso a la copra ya que es comestible y se suele tratar para la extracción de aceite y otros productos, por lo que las otras capas restantes del fruto son residuos que posteriormente son transformados o que en su mayoría son desechados. (NovaAgora, 2023)



*Figura 02. Fruto Cocos nucifera L.*

Fuente: Elaboración propia

Las fibras vegetales son ligamentos que tienen consistencia fibrosa, y dentro de estos ligamentos hay microfibras en grupos con diferente grosor y espesor, presenta una gran proporción de poros lo que le permiten permeabilidad y una gran absorción de agua y tienen un alto contenido de celulosa, que cuenta con una gran proporción de lignina. Dentro del *Cocos nucifera L.* se encuentra la fibra bonote que se divide en 3 tipos como: fibras de estera, fibra de cerda, y por último, fibra para colchones. Las fibras bonote tienen una longitud de 1 mm y son cortas, y sus células tienen un diámetro de 15 micras, también en el caso de ser extraídas tienen un largo de 15 a 35 cm, y pueden llegar a estirarse un 29% de su tamaño normal. Quintero y González, (2006) Otra parte del coco, es su cáscara.



Figura 03. Fibra de *Cocos nucifera L.*

Fuente: Elaboración propia

La cáscara de *Cocos nucifera L.* denominada también endocarpio es aquella de color marrón que tiene mayor dureza y que tiene características similares a la madera, por lo que comúnmente se usa en las actividades artesanales, para combustible debido a su alto contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, o regularmente pasa a ser desechada. (Trujillo y Arias, 2019)



Figura 04. Cáscara de *Cocos nucifera L.*

Fuente: Elaboración propia

El proceso de secado o deshidratación en materiales vegetales, es una de las técnicas más aplicadas para la conservación de alimentos, ya que la reducción de humedad de los productos previene la proliferación de microorganismos y reduce sus reacciones bioquímicas, así como la reducción de peso y volumen. La exposición de ellos a altas temperaturas, altera sus propiedades organolépticas y el valor nutritivo, asimismo entre los cambios más notorios es el color, la textura, densidad, así como su porosidad, características adsorbentes, encogimiento y endurecimiento. La temperatura para el proceso de secado depende de estudios de cinética, ya que temperaturas demasiado elevadas pueden agilizar el proceso, sin embargo, el producto tiende a perder su calidad. (Hincapié et al. 2010), y gran parte de su agua

El agua es un elemento esencial para cada ser humano, por su consumo, y su uso en el desarrollo de diversas actividades que le permiten subsistir como su aseo personal y la limpieza de su entorno, sin embargo, hay actividades con mayor relevancia y por ende, tienen un mayor consumo hídrico como la agricultura, la cual permite el riego de alimentos de origen vegetal y alimentación de animales destinados al consumo del ser humano, asimismo en las industrias, las cuales emplean agua en el funcionamiento de maquinaria y el manejo de ciertas tecnologías. Con el avance de la evolución humana, se han ido creando más actividades, por lo que su demanda es mayor y se pierde grandes cantidades de agua tras su uso y contaminación. (Eco-Intellutions, 2019) y con mayor proporción en las ciudades.

Las ciudades latinoamericanas cuentan con más de 300 millones de pobladores, los cuales generan 225 mil toneladas de residuos en todo el día, según el Banco Mundial. No obstante, solo 5% de estas aguas reciben tratamiento, pues tras su uso son vertidas en cuerpos de agua superficial que posteriormente es consumida, creando así un alto foco infeccioso y riesgoso para la salud de cada habitante, animales y la ecología, muchas de las aguas negras vertidas provienen de uso doméstico e industrial. (Reynolds, 2002)

Las aguas provenientes de la ciudad tienen una alta carga de contaminación, por lo que es común que muchos de sus cuerpos de agua, tengan un impacto negativo notorio. Entre los contaminantes más comunes, dentro de estas aguas son los organismos microscópicos como bacterias, virus o nemátodos; por otro lado, están los metales pesados y la alta concentración de materia orgánica. Las ciudades tras sus actividades eliminan aguas negras que son vertidas en los suelos, y a su vez, funciona como filtro, sin embargo, es recomendable el uso de algún método o tratamiento que permita la reducción de estos contaminantes o que purifiquen el agua. (Ortega y Orellana, 2007). Entre los contaminantes más comunes están los hidrocarburos.

Los hidrocarburos provienen de la materia orgánica de animales y plantas fósiles reservada en sedimentos de rocas, esta materia ha sido transformada por millones de años, debido a los diversos cambios climáticos y geológicos en el planeta, tendiendo a cambiar y a ser almacenados dentro de rocas o en el mar, manteniendo así su composición natural, a diferencia de la materia almacenada en exposiciones aéreas, ya que estas tienden a destruir su materia orgánica, debido al proceso de oxidación. Es por ello, que la preservación de materia orgánica en los hidrocarburos debe contar con las condiciones que favorezcan la sedimentación del compuesto, cuando hay escasez de oxígeno, permite la conservación de la materia orgánica inicial. Los lugares más adecuados para la sedimentación son las plataformas continentales.

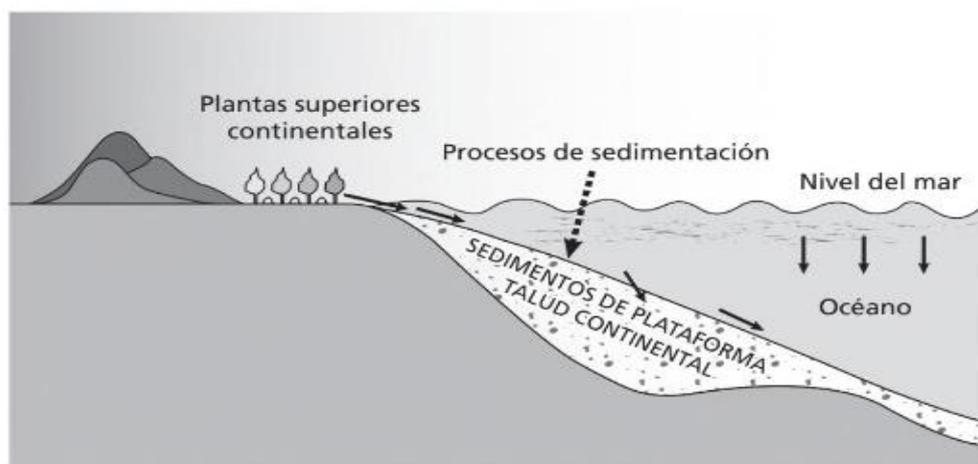


Figura 05. Acumulación de los sedimentos y restos de materia orgánica de origen marino

Fuente: Ortuño, (2009)

El petróleo se deriva de una mezcla heterogénea y de origen natural. Tiene una composición de carbono e hidrógeno, el cual suele derivarse de remanentes fósiles orgánicos que han sido acumulados en diversas partes como el suelo y el mar, y han sido sometidos a diversos procesos que alteran su química y temperatura. Este tipo de compuestos se almacenan en formaciones de piedras con porosidad y que forman parte de zonas petrolíferas o donde se haya gas natural. (MIDAGRI, 2015)

Dentro de los establecimientos del lavado de vehículos se vierten aceites residuales, los cuales son muy contaminantes debido al gran impacto que pueden causar en el entorno, y con mayor frecuencia en las aguas, corrientes hídricas, suelos y redes de alcantarillado, impactando en sus la tierra y las aguas subterráneas. Los lubricantes empleados en los vehículos tienen compuestos como: metales pesados, diversos hidrocarburos aromáticos y solventes de cloro, los cuales tienen alta toxicidad y puede producir cáncer, asimismo su vertimiento perjudica la composición hídrica, volviéndola peligrosa no solo para el ser humano, pues también afecta a los diversos ecosistemas y quienes lo conforman. (Tejada, Quiñones y Fong, 2017)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación realizada es aplicada porque busca métodos que permitan la experiencia para dar sustento a los conocimientos que se han adquirido, y tras la implementación de la práctica se adquiere aún más conocimiento a través de los resultados rigurosos que arroja la investigación y permiten explicar la realidad. (Vargas 2009)

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de biotecnología de la Universidad César Vallejo en la sede de Chiclayo, lo que nos permitió la manipulación de la variable independiente (Capacidad de adsorción de fibra y cáscara de *Cocos nucifera L.*) para la extracción de remanentes y observar su acción e influencia en la variable dependiente (Mitigación de hidrocarburos en de agua), de manera que se pueda probar el planteado de hipótesis.

#### **Diseño de investigación**

Se realizó una investigación de diseño experimental y de sub tipo cuasi experimental, ya que según Cabezas, Andrade y Torres, (2018) este diseño no sigue una metodología experimental igual, pues no es considerado factible, se caracteriza por modificar o alterar la variable independiente, para obtener un resultado distinto en la variable dependiente, es por ello que se basa en grupos aleatorios o controlados.

A través de la guía de antecedentes con variables similares, se empleó una metodología similar a los diversos estudios encontrados, ya que la experimentación se desarrolló con metodologías similares a la de artículos científicos.

**Tabla 1. Tratamiento de fibra en malla (F)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>
T0	Grupo de control	0g
T1	Fibra de <i>Cocos nucifera</i> L. (F)	5 g
T1	Fibra de <i>Cocos nucifera</i> L. (F)	10 g
T1	Fibra de <i>Cocos nucifera</i> L. (F)	15 g

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2. Tratamiento de cáscara en malla (C)**

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Peso</b>
T0	Grupo de control	0g
T2	Cáscara de <i>Cocos nucifera</i> L. (C)	20 g
T2	Cáscara de <i>Cocos nucifera</i> L. (C)	30 g
T2	Cáscara de <i>Cocos nucifera</i> L. (C)	40 g

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3. Tratamiento de fibra y cáscara en malla (F + C)**

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Dosis</b>
T0	Grupo de control	0g
T3	Fibra de <i>Cocos nucifera</i> L. + Cáscara de <i>Cocos nucifera</i> L. (F + C)	5 g + 5 g
T3	Fibra de <i>Cocos nucifera</i> L. + Cáscara de <i>Cocos nucifera</i> L. (F + C)	10 g + 10 g
T3	Fibra de <i>Cocos nucifera</i> L. + Cáscara de <i>Cocos nucifera</i> L. (F + C)	15 g +15 g

Fuente: Elaboración propia

### **Unidad de análisis**

Fruto de *Cocos nucifera* L.

## **3.2. Variables y operacionalización**

### **3.2.1. Variable independiente**

Acción de fibra y cáscara de *Cocos nucifera* L.

### **3.2.2. Variable dependiente**

Mitigación de hidrocarburos en aguas

## **3.3. Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1 Población:**

La población se estableció por los frutos del árbol *Cocos nucifera* L. ubicados en la Estación Experimental Agraria Vista Florida del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), los cuales se pelaron y se extrajo sus fibras y cáscaras para pre tratarlas y someterlas a las muestras de agua contaminada por hidrocarburos. Asimismo, Arias, (2012) determina que la población es aquel conjunto, ya sea, finito o infinito de elementos con

peculiaridades generales, que permitirán la ampliación de las conclusiones en la investigación. Se define que las características se establecen tanto del problema como los objetivos de estudio.

### **3.3.2 Muestra**

La muestra estuvo formada por un 1 kg de fibras y cáscaras de los frutos del árbol *Cocos nucifera L.* para ser pre tratadas. La muestra es un subconjunto derivado de la población que se va a estudiar, recolectando datos, de manera que se pueda definir y delimitar específicamente, tiene que ser característico de la población. Donde el investigador desea encontrar resultados de la muestra se amplíe a la población. Arias, (2012)

### **3.3.3 Muestreo**

Para el desarrollo de la investigación se empleó un muestreo por conveniencia ya que se relaciona con la facilidad para emplear la información recopilada en cuanto a la fibra y cáscara de coco como agentes eficientes para la adsorción de hidrocarburos presentes en aguas provenientes de los servicios de lavado de vehículos. Para Otzen y Manterola, (2017) este método, permite al investigador elegir lo que tiene a su disposición, casos que le sean accesibles, lo que facilita el estudio de sujetos para el investigador.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

#### **3.4.1.1. Técnica observacional**

La técnica fue la observación, de una forma sistemática y lógica que permite registrar visualmente, aquello que se desea conocer, ya que emplea los sentidos para la descripción y análisis desde un punto de vista científico, al objeto o fenómeno de estudio; es necesario que el investigador u observador cuente con conocimientos que permitan el buen manejo del proceso de investigación. (Campos y Lule 2012)

Se dio un seguimiento a través de la observación, donde se describió el proceso de mitigación de hidrocarburos por acción de las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.* dando énfasis en el tiempo de exposición y cantidad de ambas partes frente a las muestras.

#### **3.4.1.2. Instrumento de recolección de datos**

Para el registro de cifras, se empleó una ficha de evaluación donde se fue registrando los diversos hidrocarburos presentes en el agua, así como los tratamientos empleados y la acción de las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.* frente a las muestras de agua contaminada.

### **3.5. Procedimiento**

Se tomaron muestras de agua residual en diversos establecimientos de lavado de vehículos de la ciudad de Chiclayo, las cuales tenían diversos componentes y aceites en precipitación, es por ello que se les aplicó las fibras y cáscaras de coco pre tratadas, las cuales fueron evaluadas de manera independiente y de manera conjunta, distribuyéndose por peso para viabilizar su acción frente a las aguas contaminadas por hidrocarburos. Se empezó evaluando la eficiencia de la fibra en prueba de malla, posteriormente las cáscaras de coco se aplicaron en prueba de jarras, mientras que hubo un tercer tratamiento de cáscaras + fibras, también en prueba de malla. Los tratamientos (T1, T2 y T3) tuvieron un grupo de control (T0) y tres lapsos de tiempo (1 hora, 1 día y 1 semana), donde se observaría la acción de fibra (F), cáscara (C) y fibra + cáscara (F+C) frente a las aguas residuales provenientes de los establecimientos de lavado de vehículos, evaluando su acción en la mitigación de hidrocarburos.

#### **3.5.1. Recolección de *Cocos nucifera L.***

Los frutos se recolectaron dentro de la Estación Experimental Agraria Vista Florida del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - carretera Chiclayo. Los frutos tenían las siguientes características: estado semi secos, y con una cáscara fácil de extraer.



Figura 06. Ubicación de INIA

Fuente: Google Earth

### 3.5.2. Extracción de las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.*

Los cocos fueron pelados manualmente, extrayendo las fibras que fueron cortadas en trozos aproximadamente de 3 cm de longitud, mientras que del endospermo se extrajo las cáscaras que fueron reducidas con mortero, a tamaños de 2 a 3 cm, ya que facilitó su lavado.



Figura 07. Pelado y extracción de fibras y cáscaras

Fuente: Elaboración propia



Figura 08. Fibras y cáscaras de *Cocos nucifera* L. luego de ser reducidas

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.3. 1er Pesado de las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera* L.

Las fibras y cáscaras fueron colocadas en fuentes de 307 y 320 g respectivamente, y se procedió a pesar tanto a las fibras, como a las cáscaras de *Cocos nucifera* L. en una balanza industrial Sartorius, obteniendo resultados de 565 g (Fibras + fuente) y 900 g (cáscaras de coco + fuente), posteriormente se restó el peso de las fuentes, obteniendo resultados de 258 g en sólo fibra y 580 g sólo cáscara.



Figura 09. Pesado de las fibras

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Pesado de las cáscaras

Fuente: Elaboración propia

#### 3.5.4. Lavado de las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.*

A continuación, las fibras y cáscaras de la planta de *Cocos nucifera L.* fueron lavadas con agua potable y por último con agua destilada, dejando un agua de lavado incolora. Es por ello que se realizó una mayor cantidad de lavadas en las fibras a diferencia de las cáscaras.



Figura 11. Lavado de fibras y cáscaras

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.5. 2do Pesado de las fibras y *Cocos nucifera* L.

Las fibras y cáscaras fueron pesadas tras ser lavadas, ya que ambas tienen propiedades adsorbentes, por lo que era necesario pesarlas para medir su humedad, las fibras fueron colocadas en la fuente de 307 g, obteniendo resultados de 600 g, asimismo las cáscaras se pesaron en la fuente de 320 g, obteniendo peso de 849 g, por lo que se eliminó el peso de las fuentes y se obtuvieron pesos de 293 g para fibra y 529 g para cáscara.



Figura 12. 2do pesado de fibras y cáscaras de *Cocos nucifera* L.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.6. Secado de las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera* L.

Las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera* L. fueron sometidas a secado en una estufa Dathan Scientific Oven a una temperatura de 110 °C por 1 hora, para extraer el agua de lavado, dejando secos ambos materiales.



Figura 13. Secado de fibras y cáscaras de *Cocos nucifera* L.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.7. 3er Pesado de las fibras y cáscara de *Cocos nucifera L.*

Ambas fuentes con fibra y cáscara fueron pesadas nuevamente, luego de estar en el proceso de secado, de modo que se evaluara la eliminación de humedad sin perder la calidad de las fibras y las cáscaras, obteniendo pesos de 375 g de fibra + fuente, mientras que se obtuvo un peso de 844 g para cáscara + fuente, por lo que restó el peso de ambas fuentes, quedando pesos de 68 g y 524 g para fibras y cáscaras respectivamente.



Figura 14. 3er pesado de fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.*

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.8. Molienda de cáscara de *Cocos nucifera L.*

Para una mayor eficiencia del tratamiento las cáscaras fueron reducidas con ayuda de una moladora de café, la cual facilitó la reducción de los trozos de cáscaras ya lavados para ser expuestos a las muestras, reduciendo las cáscaras a tamaños de 3 a 4 mm.



Figura 15. Molienda de cáscaras de *Cocos nucifera L.*

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.10. Tamizado de las cáscaras de *Cocos nucifera* L.

Tras haber molido las cáscaras a tamaños más pequeños, se tamizó debido a la presencia de polvo, y se colocó en una pequeña fuente de 55g, teniendo un peso inicial de 251g, y tras eliminar las partículas más pequeñas se obtuvo un peso de 218 g. Restando el peso de la fuente se obtuvo un peso inicial de 196 g de solo cáscara y después del tamizado 163 g, demostrando que se redujo 33 g de polvo.



Figura 16. Pesado y tamizado de cáscaras de *Cocos nucifera* L.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.11. Elaboración de estructuras de malla para el tratamiento

Se empleó una malla de una separación de 5mm para la elaboración de cilindros con diámetro de 6 cm y con una altitud de 10 cm, los cuales servirían para el tratamiento de malla y que permitiría que se adapte al tamaño de los vasos de precipitado a emplear en la experimentación.



Figura 17. Estructuras de malla para colocar fibras y cáscaras

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.12. Colocación de muestras de agua.

El agua residual de diversos establecimientos de lavado de vehículos fue mezclada y posteriormente agregada a vasos de precipitado de 500 ml, donde se llenó hasta los 400 ml, y los vasos fueron rotulados para la experimentación. Se colocaron 3 muestras por cada tratamiento, indicando que (F), sería las muestras donde se trabajaría con solo fibra, (C) para solo cáscara, y (F+C) para fibra y cáscara en conjunto. Asimismo, se usó una muestra patrón, donde se vería la diferencia después de la acción de los tratamientos.



Figura 18. Colocación de las muestras de agua en vasos beaker y rotulado.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.13. Toma de pH

Se tomó el pH de las muestras de agua residual, para observar si los hidrocarburos u otros componentes alteraban el nivel de acidez o alcalinidad en el agua de los establecimientos. Se obtuvo un pH de 6.91.



*Figura 19. Toma de pH inicial*

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.14. Medición de la cantidad de hidrocarburo en precipitación

Se midió la cantidad de hidrocarburo por cada muestra con una regla, recopilando las medidas iniciales, y dando el seguimiento durante los periodos de 1 hora, 1 día y 1 semana.



*Figura 20. Medición de la cantidad de hidrocarburo presente en cada muestra*

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.15. Prueba de malla con fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.*

Se colocó en cada estructura de malla, las fibras y las cáscaras de *Cocos nucifera L.* en diversas cantidades, para observar cual era más eficiente. En el caso de las cáscaras molidas se adicionó una tela de tul en la base de la estructura, que permitiera sostener las cáscaras, y con ello mejore la adsorción del contaminante.

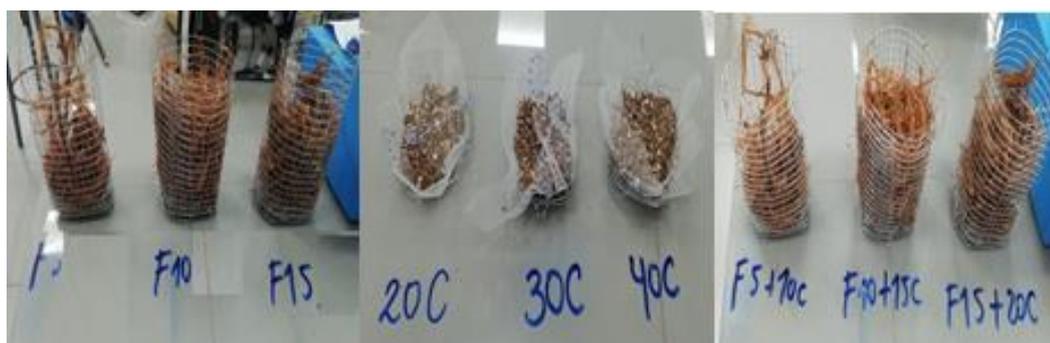


Figura 21 .Estructuras de malla con fibra y cáscara en diversos pesos

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.16. Colocación de las estructuras en las muestras

Se añadió las estructuras llenas de fibras y cáscaras en los vasos beaker, y se realizó un seguimiento de todas las muestras en periodos de 1 hora, 1 día y 1 semana, para evaluar su eficiencia en cuanto a cantidad y tiempo de exposición de las aguas hacia las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.*

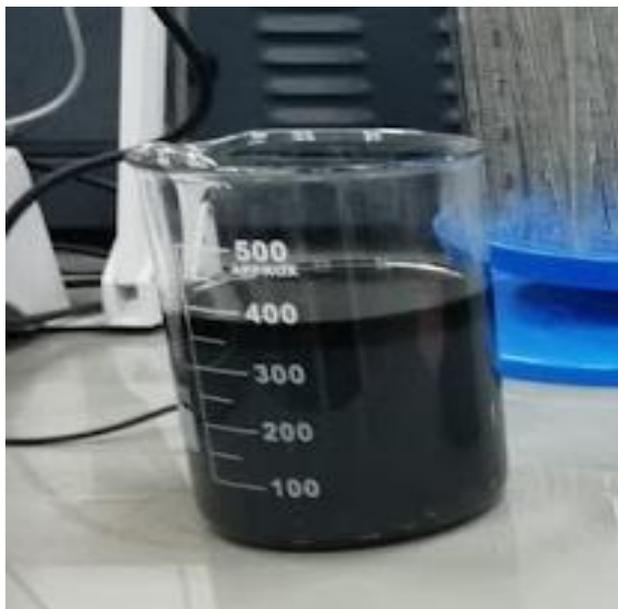


Figura 22. Colocación de estructuras en muestras

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.17. Monitoreo de las aguas durante los diversos tiempos

Se realizó un seguimiento de la acción de las fibras y las cáscaras de *Cocos nucifera L.* en las muestras de aguas provenientes del lavado de vehículos, por lo que se logró observar una disminución de hidrocarburos constante, así como un cambio en el color de las muestras.



*Figura 23 .Muestra patrón*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 24.. Muestras post tratamiento de fibra (F)*

Fuente: Elaboración propia



Figura 25. Muestras post tratamiento de cáscara (C)

Fuente: Elaboración propia

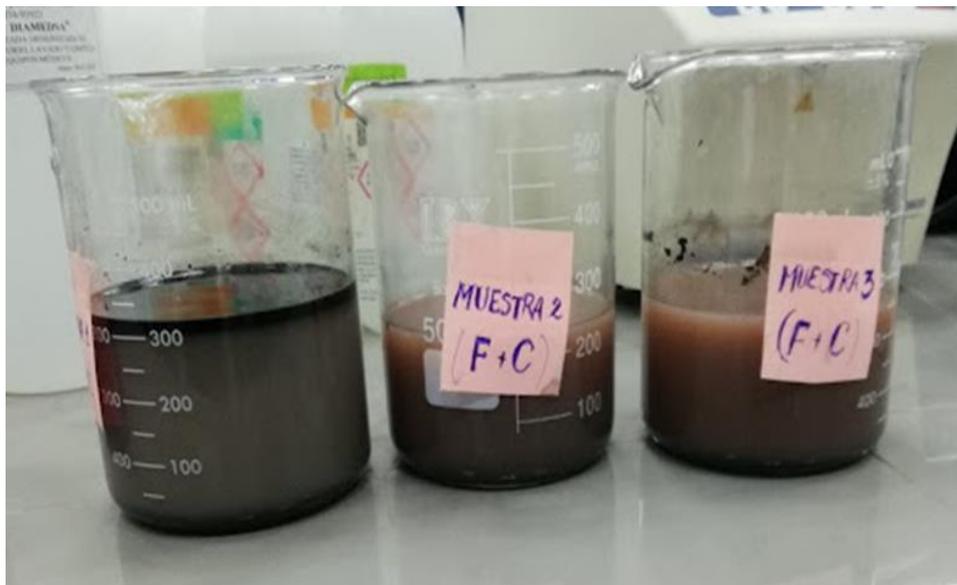


Figura 26. Muestras post tratamiento de fibra y cáscara (F + C)

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los resultados arrojados se anotaron en una ficha de recolección de datos. Que fueron tipeados posteriormente en Excel, donde se realizó la evaluación estadística y gráficas que demostraron la eficiencia de las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.* para mitigar hidrocarburos presentes en aguas provenientes del lavado de vehículo.

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación desarrollada tuvo como objetivo recopilar información original, publicada en diversas revistas científicas, documentos y repositorios que apoyaron nuestra hipótesis. Adjuntamos estudios que tuvieron similitud con nuestra problemática y variables de investigación, respetando su privacidad y autoría. Asimismo, garantizamos que los resultados dados en el desarrollo de esta tesis, fueron veraces, ya que se realizó el seguimiento adecuado del proceso, siguiendo una metodología parecida a los autores consultados, y adaptándola a nuestras posibilidades. Esta investigación contribuye a una problemática común en zonas urbanas, reduciendo el impacto por contaminación con hidrocarburos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Analizar las aguas recolectadas de los establecimientos del lavado de vehículos.

Tabla 4. 1er Tratamiento con fibras durante 1 hora

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T1M0 = 0 g	T1M1 = 5 g	T1M2 = 10 g	T1M3 = 15 g
Hidrocarburo inicial	6 mm	6 mm	7 mm	8 mm
Hidrocarburo reducido	6 mm	2 mm	2 mm	1 mm

Fuente: Elaboración propia

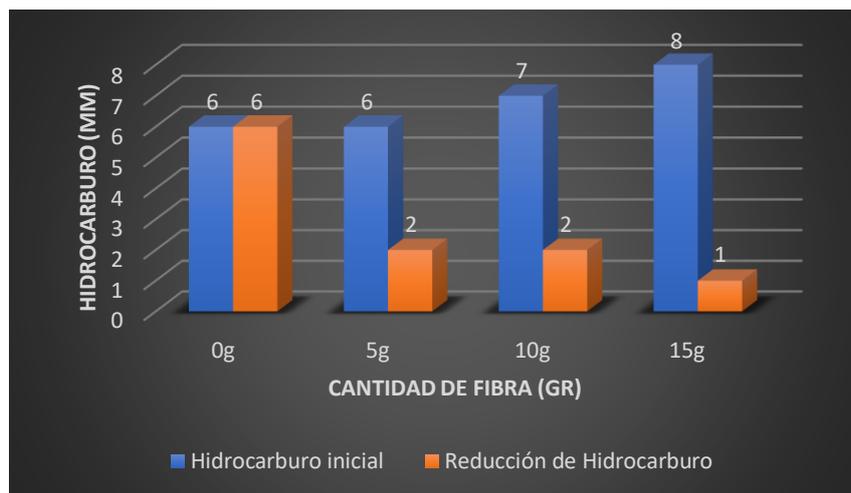


Figura 27. Tratamiento de fibras (F) durante 1 hora

Fuente: Elaboración propia

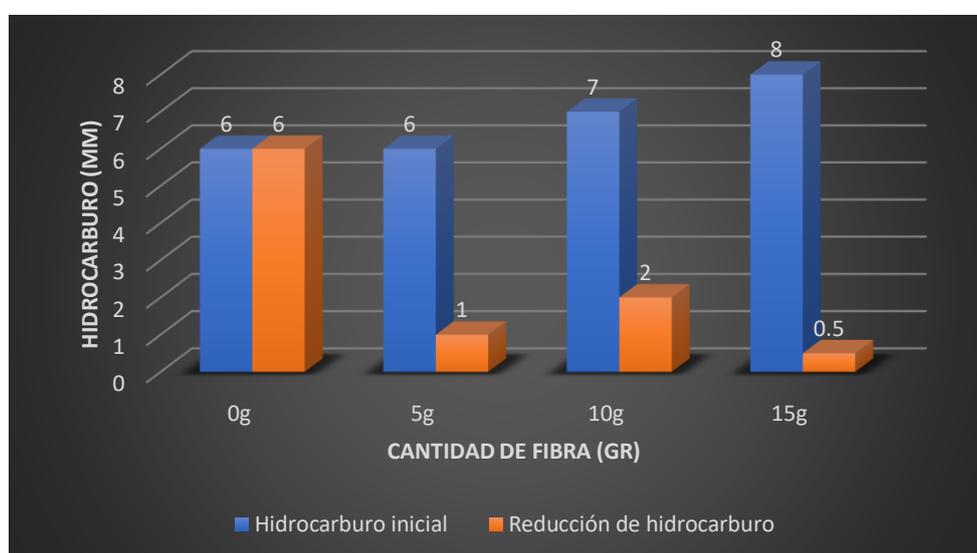
### Interpretación

La figura N° 27 expresa la cantidad de fibras y su influencia en la disminución de hidrocarburos, siendo 15 g el peso más eficiente, ya que la cantidad inicial de hidrocarburo era 8 mm, quedando 1 mm restantes. Mientras que, para los pesos de 10 y 15 gr de fibra, redujo el hidrocarburo a 2 mm.

**Tabla 5. 1er Tratamiento con fibras durante 1 día**

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T1M0 = 0 g	T1M1 = 5 g	T1M2 = 10 g	T1M3 = 15 g
<b>Hidrocarburo inicial</b>	6 mm	6 mm	7 mm	8 mm
<b>Hidrocarburo reducido</b>	6 mm	1 mm	2 mm	0.5 mm

Fuente: Elaboración propia



*Figura 28. Tratamiento de fibras durante 1 día*

Fuente: Elaboración propia

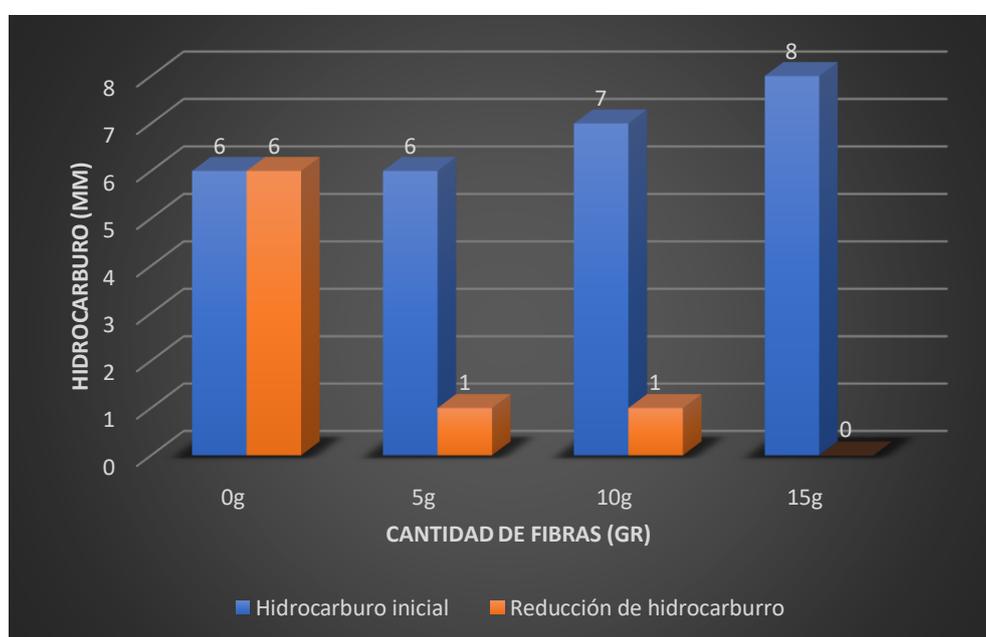
### Interpretación

La presente figura expone una mayor disminución de hidrocarburo durante 1 día, siendo 15 g de fibra, la cantidad que tenía una mayor disminución, dejando 5 mm de hidrocarburos, a diferencia de los 10 g de fibras que tuvo menor reducción, ya que mantuvo la cantidad de hidrocarburo similar a la exposición de 1 hora.

**Tabla 6. 1er Tratamiento con fibras durante 1 semana**

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T1M0 = 0 g	T1M1 = 5 g	T1M2 = 10 g	T1M3 = 15 g
Hidrocarburo inicial	6 mm	6 mm	7 mm	8 mm
Hidrocarburo reducido	6 mm	1 mm	1 mm	0

Fuente: Elaboración propia



**Figura 29. Tratamiento de fibras durante 1 semana**

Fuente: Elaboración propia

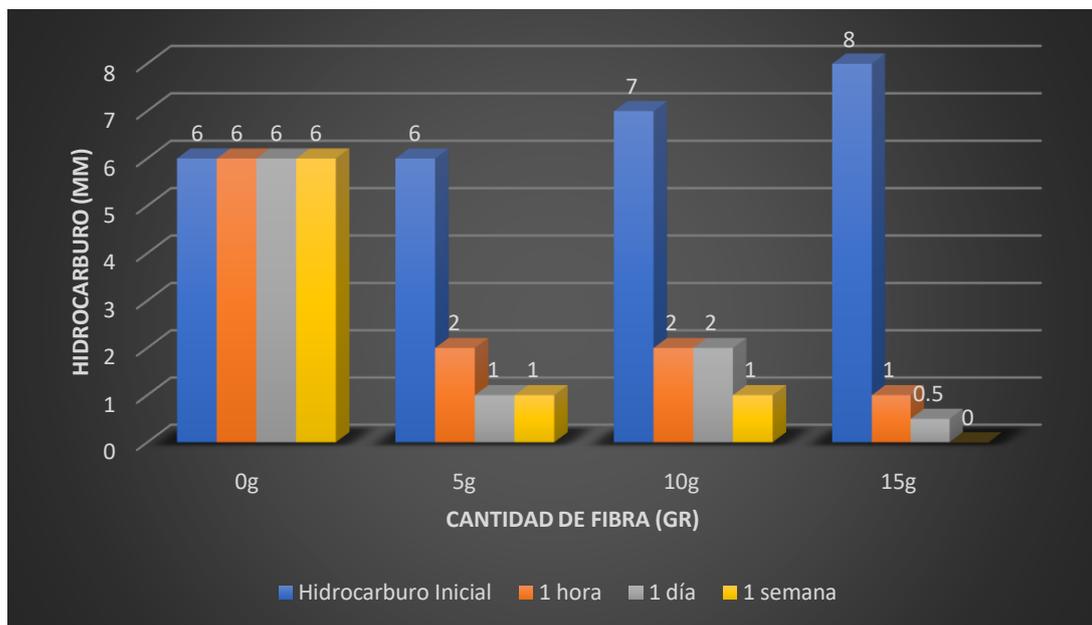
### Interpretación

La figura N° 29 muestra la dosis de 15 g como la más eficiente para la reducción de hidrocarburos, eliminando en su totalidad el compuesto, a diferencia de los pesos de 10 y 15 g que tuvieron una disminución de 1 mm, eliminando el hidrocarburo casi completo.

**Tabla 7. 1er Tratamiento con fibras (general)**

Tiempos	T1M0 = 0 g	T1M1 = 5 g	T1M2 = 10 g	T1M3 = 15 g
inicial	6 mm	6 mm	7 mm	8 mm
1 hora	6 mm	2 mm	2 mm	1 mm
1 día	6 mm	1 mm	2 mm	0.5 mm
1 semana	6 mm	1 mm	1 mm	0

Fuente: Elaboración propia



*Figura 30. Tratamiento de fibras en diversas cantidades en el tiempo*

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

La figura N° 30 representa el tratamiento de fibras y la disminución de hidrocarburos presentes en aguas provenientes del lavado de vehículos, donde se realizó un monitoreo en diversos tiempos. Dando como resultado que la cantidad de 15 g de fibras fue más eficiente en la mitigación de hidrocarburos, reduciendo el compuesto en su totalidad, y demostrando que tanto la cantidad de las fibras como el tiempo son variables que permiten un mejor tratamiento.

## 4.2 Seleccionar las fibras y cáscaras del fruto de *Cocos nucifera L.* para su pre tratamiento

Tabla 8. 2do Tratamiento con cáscaras durante 1 hora

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T2M0 = 0 g	T2M1 = 20 g	T2M2 = 30 g	T2M3 = 40 g
Hidrocarburo inicial	6 mm	8 mm	6 mm	11 mm
Hidrocarburo reducido	6 mm	5 mm	4 mm	8 mm

Fuente: Elaboración propia

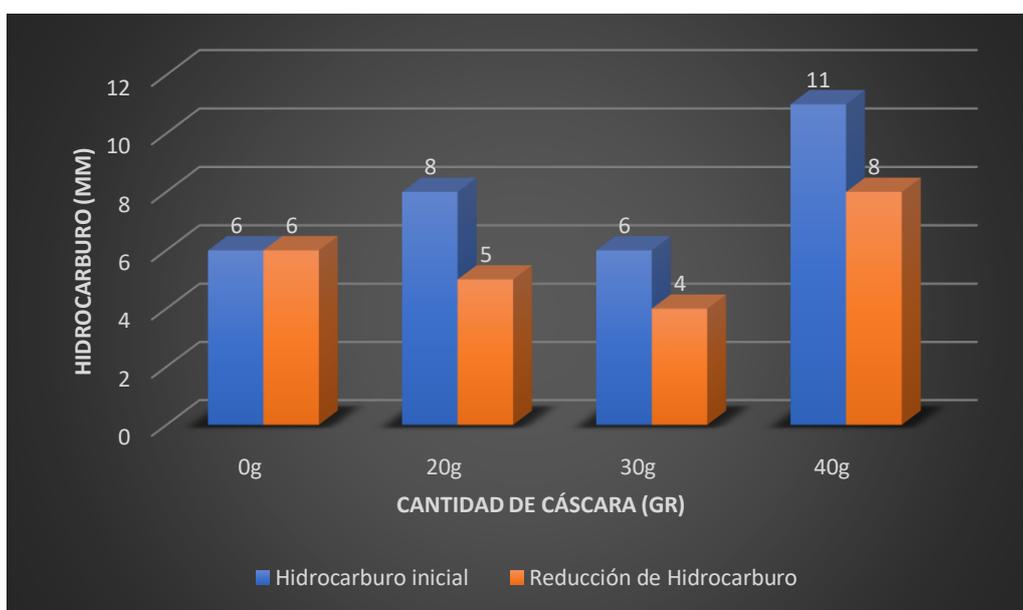


Figura 31. Tratamiento de cáscaras (C) durante 1 hora

Fuente: Elaboración propia

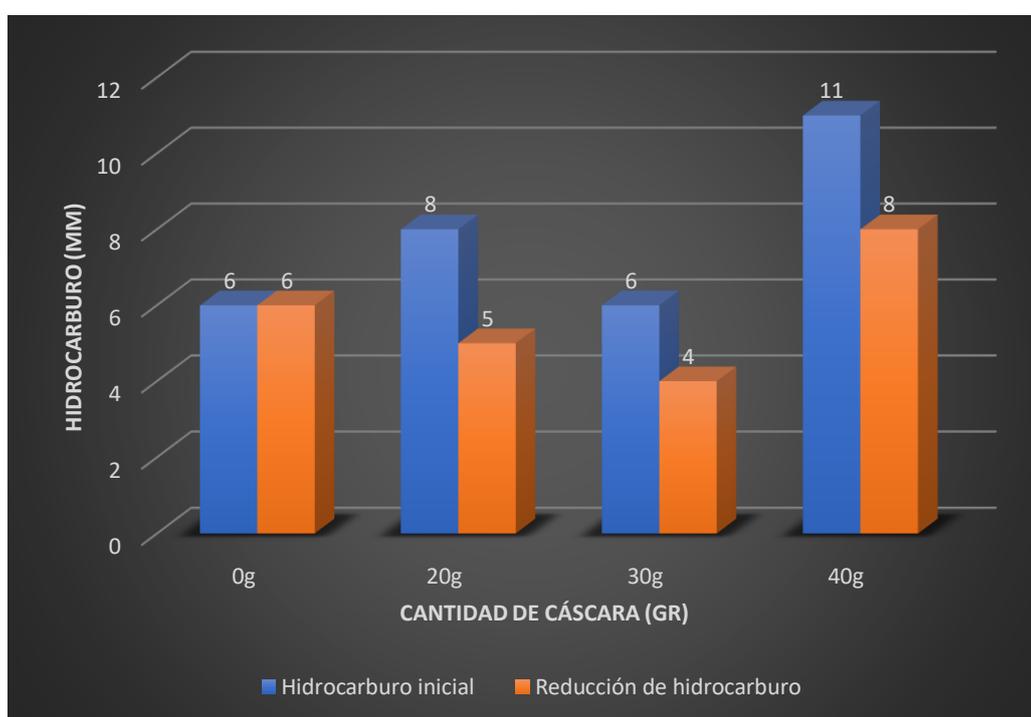
### Interpretación

En la figura N°31 el tratamiento de cáscara tuvo un cambio no tan notorio en todas las muestras, ya que la cantidad del contaminante era similar a la cantidad inicial, sin embargo, los 40 g dieron una mayor disminución en comparación a las demás cantidades.

**Tabla 9. 2do Tratamiento con cáscaras durante 1 día**

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T2M0 = 0g	T2M1 = 20 g	T2M2 = 30 g	T2M3 = 40 g
Hidrocarburo inicial	6 mm	8 mm	6 mm	11 mm
Hidrocarburo reducido	6 mm	5 mm	4 mm	8 mm

Fuente: Elaboración propia



*Figura 32. Tratamiento de cáscaras (C) durante 1 día*

Fuente: Elaboración propia

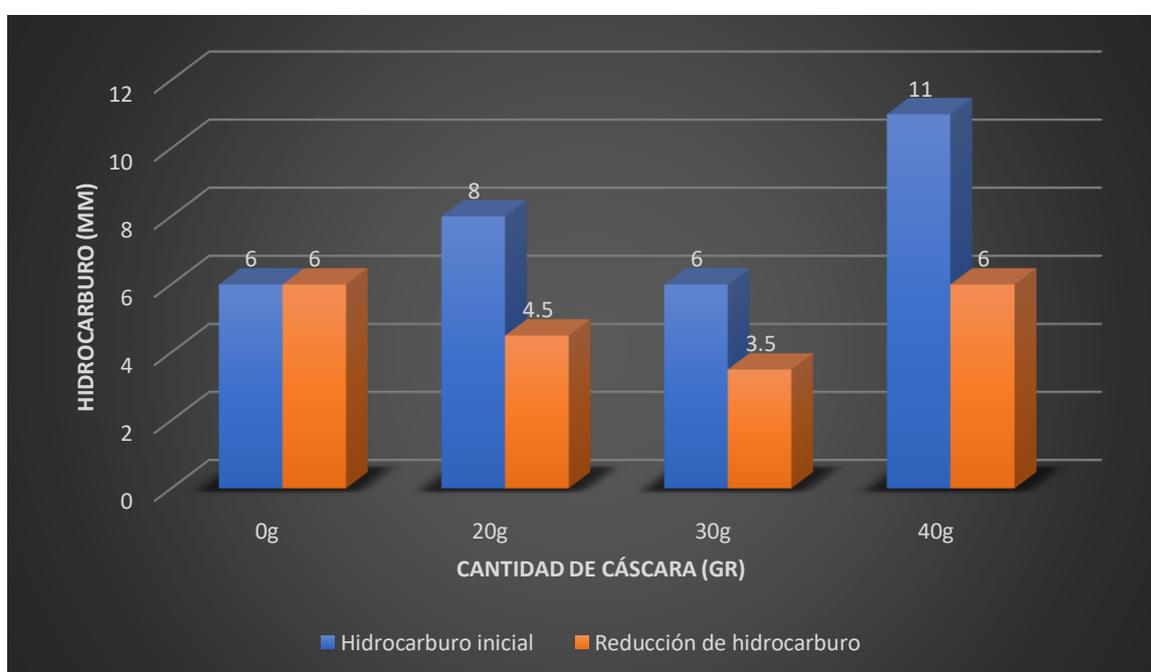
### Interpretación

La figura N° 32, muestra la exposición de las cáscaras en un día, donde no hubo un cambio significativo, en comparación con la exposición de cáscaras en una hora, de modo que la cantidad de los hidrocarburos en las muestras se mantuvo igual durante ambos tiempos.

**Tabla 10. 2do Tratamiento con cáscara durante 1 semana**

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T2M0 = 0g	T2M1 = 20 g	T2M2 = 30 g	T2M3 = 40 g
Hidrocarburo inicial	6 mm	8 mm	6 mm	11 mm
Hidrocarburo reducido	6 mm	4.5 mm	3.5 mm	6 mm

Fuente: Elaboración propia



*Figura 33. Tratamiento de cáscara durante 1 semana*

Fuente: Elaboración propia

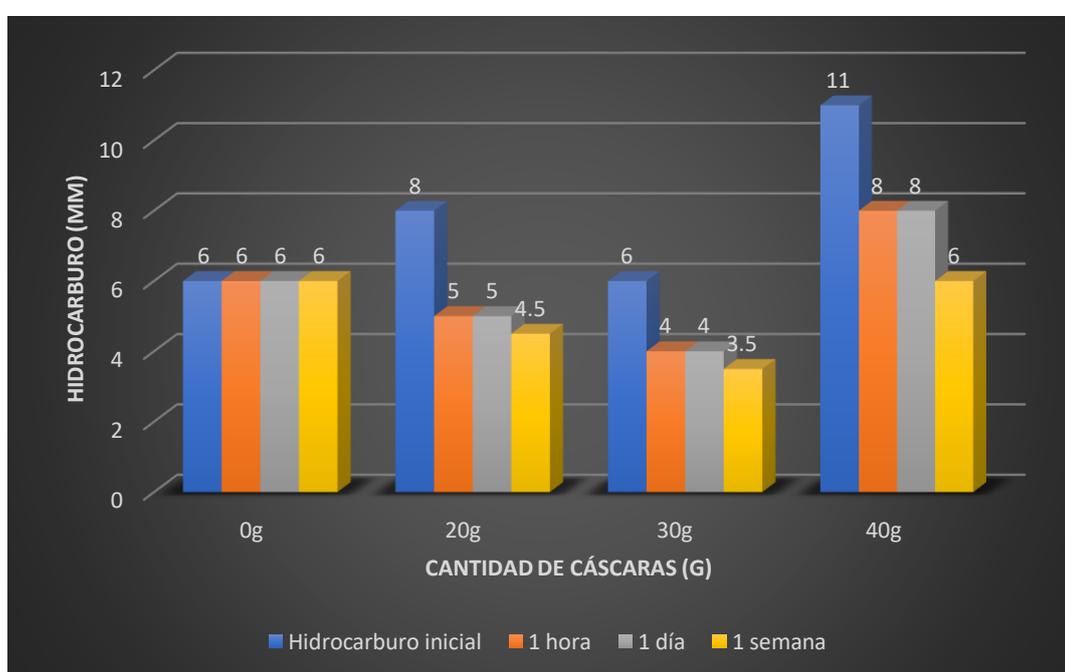
### Interpretación

En la figura N°33 se logró una disminución no tan significativa, siendo la cantidad de 40 g de cáscara la más eficiente, ya que obtuvo una disminución de 5 mm, a comparación de las demás cantidades de cáscara, demostrando que mayor cantidad de cáscara, la disminución del hidrocarburo es mayor.

**Tabla 11. 2do Tratamiento con cáscara (general)**

Tiempos	T2M0 = 0 g	T2M1 = 20 g	T2M2 = 30 g	T2M3 = 40 g
inicial	6 mm	8 mm	6 mm	11 mm
1 hora	6 mm	5 mm	4 mm	8 mm
1 día	6 mm	5 mm	4 mm	8 mm
1 semana	6 mm	4.5 mm	3.5 mm	6 mm

Fuente: Elaboración propia



*Figura 34. Tratamiento de diferentes cantidades de cáscara en el tiempo*

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

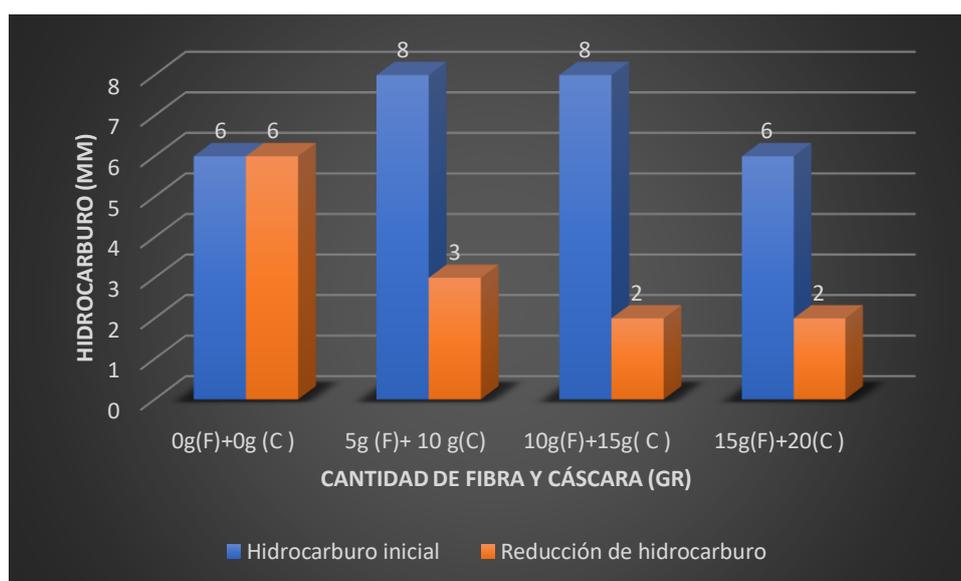
En la figura N° 34 el tratamiento de la cáscara tuvo una eficiencia significativa en las cantidades de 40 g en el tiempo de 1 semana, demostrando que hay una mayor disminución de hidrocarburo en la cantidad de 40 g en 1 semana, siendo la cantidad y el tiempo variables que influyen en un mejor tratamiento.

**4.3 Registrar todo el progreso de la mitigación de hidrocarburos por acción de las fibras y cáscaras de coco.**

**Tabla 12. 3er Tratamiento con fibras y cáscara durante 1 hora**

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T3M0 = 0g (F)+0g (C)	T3M1 = 5g (F)+10g (C)	T3M2 = 10g (F)+15g (C)	T3M3 = 15g (F)+20 (C)
<b>Hidrocarburo inicial</b>	6 mm	8 mm	8 mm	6 mm
<b>Hidrocarburo reducido</b>	6 mm	3 mm	2 mm	2 mm

Fuente: Elaboración propia



**Figura 35. Tratamiento de fibra y cáscara (F + C) durante 1 hora**

Fuente: Elaboración propia

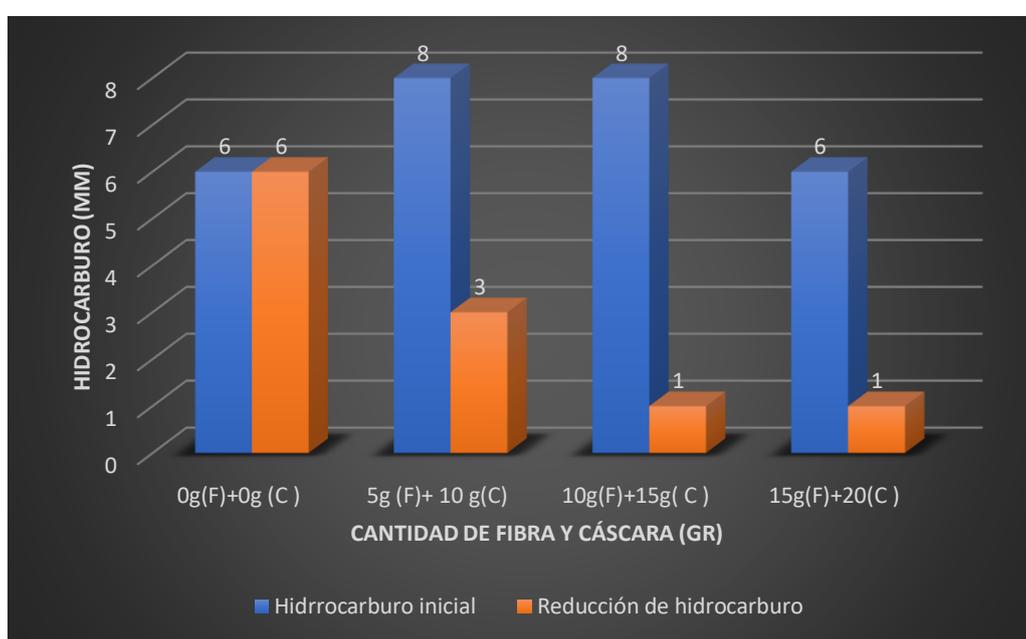
**Interpretación**

La figura N° 35 representa la eficiencia de la acción de fibras y cáscaras en conjunto, demostrando que, en una hora, hay una disminución a 2 mm en las muestras de 10 y 15 g de fibra y 15 y 20 g de cáscara respectivamente.

**Tabla 13. 3er Tratamiento con fibras y cáscaras durante 1 día**

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T3M0 = 0g (F)+0g (C)	T3M1 = 5g (F)+ 10 g(C)	T3M2 = 10g (F)+15g (C)	T3M3 = 15g (F)+20g (C)
Hidrocarburo inicial	6 mm	8 mm	8 mm	6 mm
Hidrocarburo reducido	6 mm	3 mm	1 mm	1 mm

Fuente: Elaboración propia



**Figura 36. Tratamiento de fibra y cáscara (F + C) durante 1 día**

Fuente: Elaboración propia

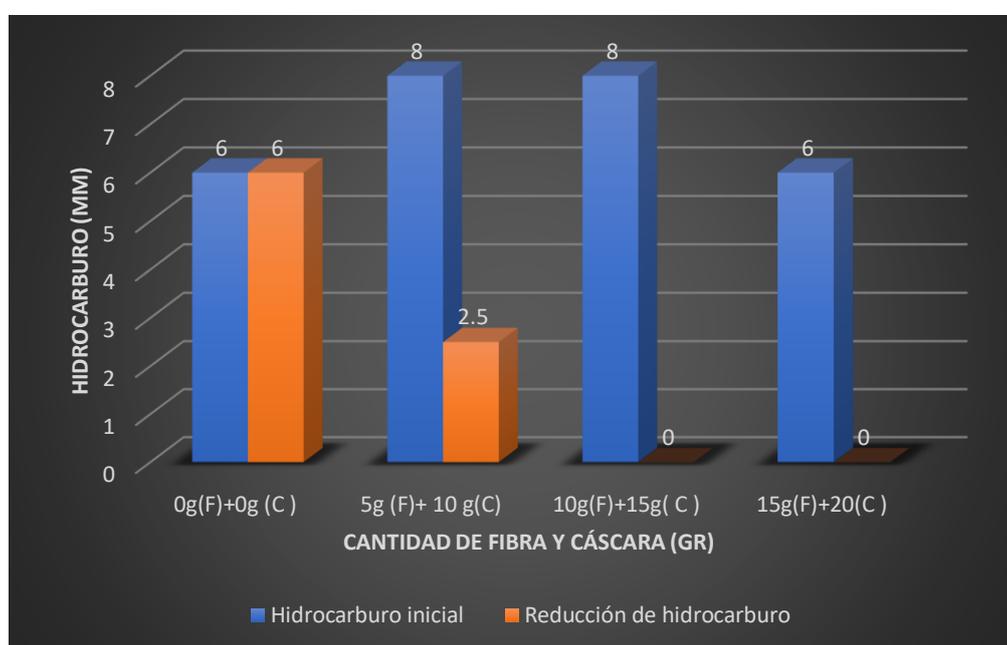
### Interpretación

El tratamiento de 1 día lo representa la figura N° 36, donde se muestra la disminución de hidrocarburos a 1 mm, en la 2da y 3ra muestra, las cuales tienen cantidades de 10 g de Fibra y 15 g de cáscara, así como la cantidad de 15g de fibra y 20 g de cáscara respectivamente, a diferencia de la 1era muestra, que tiene menor cantidad de fibra y cáscara, disminuyó el hidrocarburo a 3 mm.

**Tabla 14. 3er Tratamiento con fibras y cáscaras durante 1 semana**

Cantidad de hidrocarburo/ Tratamiento	T3M0 = 0g (F)+0g (C)	T3M1 = 5g (F)+ 10 g (C)	T3M2 = 10g (F)+15g (C)	T3M3 = 15g (F)+20g (C)
Hidrocarburo inicial	6 mm	8 mm	8 mm	6 mm
Hidrocarburo reducido	6 mm	2.5 mm	0	0

Fuente: Elaboración propia



**Figura 37. Tratamiento de fibra y cáscara (F + C) durante 1 semana**

Fuente: Elaboración propia

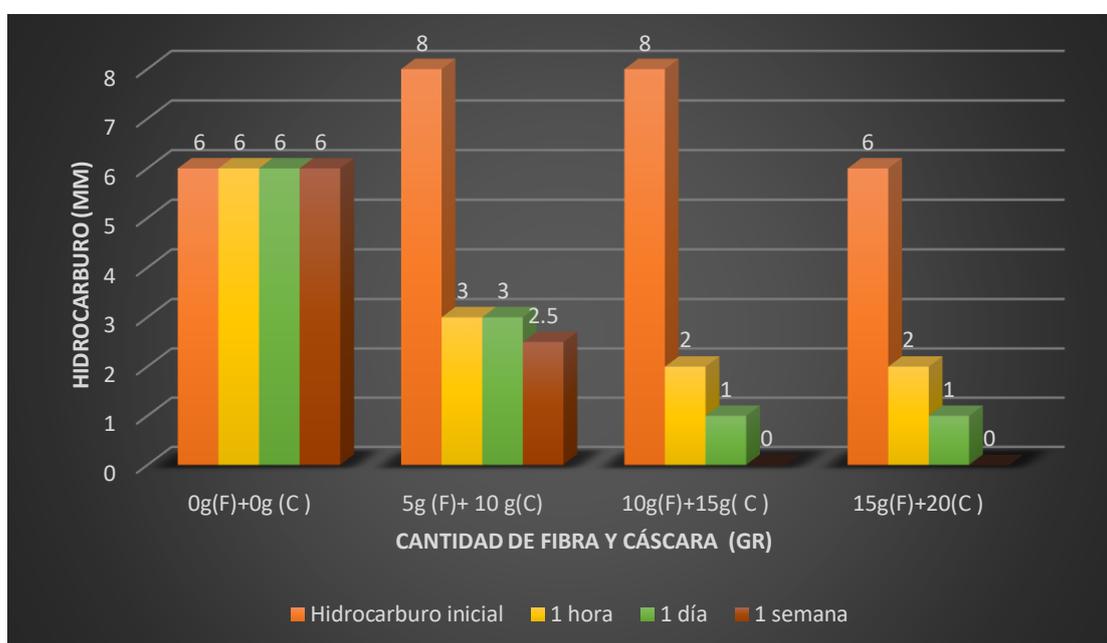
### Interpretación

La figura N°37 representa una disminución total del hidrocarburo en la muestra 2 y 3, demostrando que a mayor cantidad de fibras y cáscaras; hay una mayor disminución de hidrocarburos, así como el tiempo de exposición del material y su acción frente al contaminante, ya que en una semana se observó una reducción mayor en ambas muestras.

**Tabla 15. 3er Tratamiento con fibras y cáscaras (general)**

Tiempos	T3M0 = 0g (F)+0g (C)	T3M1 = 5 g (F) + 10g (C)	T3M2 = 10g (F)+15g (C)	T3M3 = 15g (F)+20g(C)
<b>Inicial</b>	6 mm	8 mm	8 mm	6 mm
<b>1 hora</b>	6 mm	3 mm	2 mm	2 mm
<b>1 día</b>	6 mm	3 mm	1 mm	1 mm
<b>1 semana</b>	6 mm	2.5 mm	0	0

Fuente: Elaboración propia



*Figura 38. Tratamiento de diferentes cantidades de fibra y cáscara (F + C) en el tiempo*

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación

La figura N° 38 representa las diversas cantidades de fibras y cáscaras en diversos tiempos, siendo las cantidades de 10 g de fibras y 15g de cáscara, así como la cantidad de 15 g de fibra y 20g de cáscara, los tratamientos más eficientes para la disminución de hidrocarburos, debido a la eliminación del compuesto, así como el tiempo de exposición de fibras y cáscaras en conjunto, siendo una semana el tiempo idóneo para la mitigación del contaminante en su totalidad.

**Tabla 16: Comparación de tratamientos**

Tiempos	TRATAMIENTO CON FIBRAS (F)				TRATAMIENTO CON CÁSCARAS (C)				TRATAMIENTO CON FIBRAS Y CÁSCARAS (F +C)			
	T1M0 = 0 g	T1M1 = 5 g	T1M2 = 10 g	T1M3 =15 g	T2M0 = 0 g	T2M1 = 20 g	T2M2 = 30 g	T2M3 = 40 g	T3M0 = 0g (F)+0g (C)	T3M1 = 5g (F)+10g (C)	T3M2 = 10g (F)+15g (C)	T3M3 = 15g (F)+20g (C)
<b>inicial</b>	6 mm	6 mm	7 mm	8 mm	6 mm	8 mm	6 mm	11 mm	6 mm	8 mm	8 mm	6 mm
<b>1 hora</b>	6 mm	2 mm	2 mm	1 mm	6 mm	5 mm	4 mm	8 mm	6 mm	3 mm	2 mm	2 mm
<b>1 día</b>	6 mm	1 mm	2 mm	0.5 mm	6 mm	5 mm	4 mm	8 mm	6 mm	3 mm	1 mm	1 mm
<b>1 semana</b>	6 mm	1 mm	1 mm	0	6 mm	4.5 mm	3.5 mm	6 mm	6 mm	2.5 mm	0	1 mm

Fuente: Elaboración propia

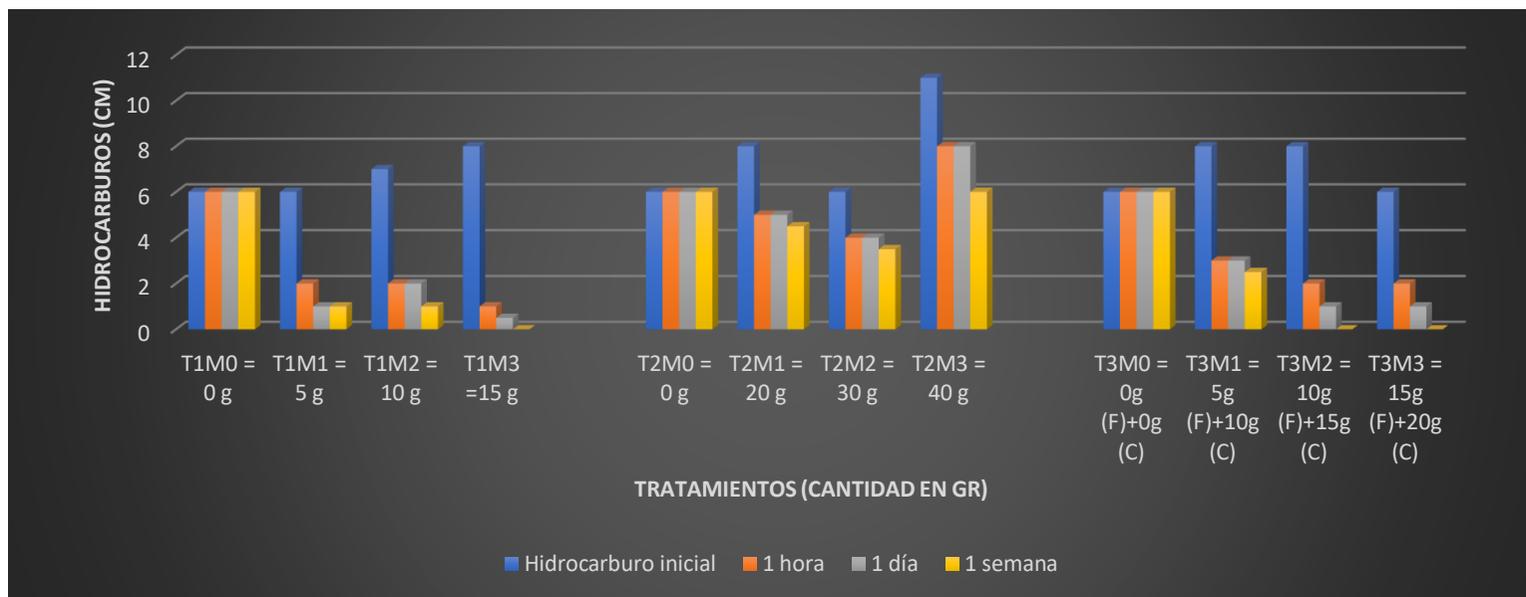


Figura 39: Comparación de la eficiencia de los tratamientos

Fuente: Elaboración propia

### Interpretación:

La figura N° 39 muestra los tres tratamientos realizados, de modo que se comparó y se observó el tratamiento con mayor reducción de hidrocarburos. Siendo el tratamiento de cáscaras el que tuvo una menor eficiencia, ya que la reducción fue mínima en todas las muestras por cantidad y tiempo. El tratamiento que resultó ser medianamente eficiente fue el de fibras y cáscara, en conjunto que demostró una reducción total del hidrocarburo en la muestra 2y 3, influyendo tanto la cantidad como el tiempo. Y por último el tratamiento con mayor eficiencia fue el de fibras, ya que se eliminó el hidrocarburo en su totalidad en la muestra 3.

## V. DISCUSIÓN

- En el estudio de Maia et al. (2021) se estudió las fibras de coco pre tratadas con Líquido Iónico Prótico (LIP) y mercerizado; y Agarry et al. (2020), también modificó las fibras con zinc cloruro, los cuales demandan el uso de compuestos químicos para darle una mayor capacidad de adsorción a las fibras, mientras que en nuestro estudio realizamos un pre tratamiento simple de lavado y secado a estufa, debido a que es un procedimiento más natural, evitando también un impacto negativo en el medio ambiente.
- Madasamy, Ramasubbu y Nambirajan, (2022); Zarate et al. (2018) evaluaron la eficiencia de fibras de coco y en el estudio de (Asadu et al. 2021) se evaluó su cáscara como medio adsorbente de hidrocarburos puros, derramados en ecosistemas marinos, ya que la fibra también presenta eficiencia para la reducción del contaminante en el mar, por el contrario, nuestro estudio se enfoca en problemáticas urbanas de hidrocarburos generados en establecimientos del lavado de vehículos, los cuales abarcan hidrocarburos de origen desconocido, por lo que aún no se ha evaluado que derivados de petróleo están presentes en estas aguas.
- Por último, Anwana y Ewemoje, (2021), pusieron a prueba las fibras en hidrocarburos usados en motores, los cuales eran derramados en el mar. Se usó fibras crudas, pre tratadas y después de su uso, siendo las fibras pre tratadas las que tuvieron una mayor disminución de estos contaminantes, a diferencia de las otras fibras. Asimismo, dentro de nuestra investigación, también se observó una eliminación total de los hidrocarburos tras haber pre tratado la fibra en un proceso simple, por lo que es considerada como un material hidrófobo.

- Todos los estudios expusieron su estudio a la eficiencia de las fibras y cáscaras a través de un análisis más específico, demostrando que ambos materiales, ya sea en estado natural, o pre tratamientos, es un agente adsorbente que permite la eliminación de hidrocarburos en diversos cuerpos de agua, sin necesidad de llevar un control de pH y temperatura.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se analizaron las aguas recolectadas de establecimientos del lavado de vehículos, las cuales tuvieron 6.9 de pH inicial, dejando ver, que la contaminación con estos compuestos no tenía un pH que podría impactar de manera negativa en el ecosistema, asimismo, tras su exposición de fibras y cáscaras, el pH cambió a 7.3, demostrando que influyen en la regulación de pH.
2. Las cáscaras tuvieron menos cantidad de lavadas a diferencia de las fibras, debido a que el agua de lavado presentaba cierta turbidez. Por otro lado, el proceso de secado fue único en cuanto a las cáscaras, a diferencia de las fibras que cierta parte podía contener humedad, recurriendo a pasarlas por la estufa por segunda vez. Las cáscaras tienen una mayor capacidad de adsorción de hidrocarburos al ser reducidas a tamaños menores, ya que también actúa como un buen agente adsorbente.
3. Tanto las fibras y cáscaras disminuyeron el hidrocarburo, siendo la cáscara el material de menor capacidad de adsorción. En cuanto al tratamiento de fibras, se observó una mayor disminución del contaminante en menos tiempo, y la reducción fue mayor conforme pasaba el tiempo. Asimismo, el tratamiento con mayor mitigación fue el de fibras y cáscaras en conjunto, donde hubo una eliminación total de hidrocarburo en dos muestras.
4. Tanto la cantidad de fibras y cáscaras, como el tiempo son variables que se evalúan, ya que, a mayor cantidad de ambos materiales, la mitigación del contaminante es más eficiente, asimismo, hay una mayor eliminación del contaminante si los materiales son expuestos más tiempo en las muestras, evitando así el goteo del contaminante, tras extraer las mallas que lo sostienen. Ambos materiales en conjunto tienen una mayor eficiencia de mitigación, ya que permiten la eliminación total del contaminante de las muestras.

5. Por otro lado, las muestras revelaron un cambio de color con el paso del tiempo, y se observó un color marrón en el caso de las fibras, debido a que las fibras tienen un color característico tras ser lavadas o ser expuestas al agua, sin embargo, en el caso de las cáscaras también se observó un ligero cambio en la turbidez de las muestras de agua, volviéndolas más plomas, demostrando que las fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.* son un agente que cambia la turbidez del agua.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a futuros investigadores que desean aplicar este método. Dar un lavado correcto de las fibras, dejando el agua de lavado incolora, para evitar cambios en el color de las aguas a tratar.
2. Se recomienda a profesionales en el uso de laboratorio, amplificar el estudio, aplicando el uso de equipos avanzados que analicen la composición de las fibras y las cáscaras, verificando que compuesto permite la adsorción de hidrocarburos presentes en aguas contaminadas, ya sea a pequeña y gran escala.
3. También recomendamos a futuros ingenieros ambientales que desean abarcar el estudio de energías limpias, el uso de fibras y cáscaras de *Cocos nucifera L.* como combustible, ya que ambas tienen componentes que permiten una rápida combustión, adicional a los hidrocarburos adsorbidos.
4. Se recomienda a los trabajadores de los establecimientos del lavado de vehículos, aplicar esta investigación en tiempos más prolongados, consiguiendo una mayor eficiencia de adsorción de hidrocarburos en ambos materiales, y como medida económica y accesible, retirar los hidrocarburos adsorbidos en las fibras, para poder repetir el procedimiento en mayor cantidad de veces, a su vez usar los hidrocarburos en otros fines.

## REFERENCIAS

- AGARRY, S., OGHENEJOBHO, K., OGHENEJOBHO, E., OWABOR, C. y OGUNLEYE, O.,. Adsorptive remediation of crude oil contaminated marine water using chemically and thermally modified coconut (*Cocos nucifera*) husks. *Journal of Environmental Treatment Techniques* [en línea], vol. 8, no. 2, 2020 [consulta: 10 junio 2023]. ISSN 2309-1185. Disponible en: [https://www.jett.dormaj.com/docs/Volume8/Issue%202/html/Adsorptive%20Remediation%20of%20Crude%20Oil%20Contaminated%20Marine%20Water%20Using%20Chemically%20and%20Thermally%20Modified%20Coconut%20\(Cocos%20nucifera\)%20Husks.html](https://www.jett.dormaj.com/docs/Volume8/Issue%202/html/Adsorptive%20Remediation%20of%20Crude%20Oil%20Contaminated%20Marine%20Water%20Using%20Chemically%20and%20Thermally%20Modified%20Coconut%20(Cocos%20nucifera)%20Husks.html)
- ANWANA, E. y EWEMOJE, O., 2021. Oil Sorption Performance of Sorbent Materials Examined Under Static and Dynamic Conditions. *European Journal of Engineering and Technology Research*, vol. 6, no. 5, ISSN 2736-576X. DOI <http://dx.doi.org/10.24018/ejers.2021.6.5.2490>
- AQUAE, 2021. La importancia del agua en los seres vivos. AQUAE Fundacion [en línea]. [consulta: 1 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/importancia-del-agua/>
- ARIAS, F., 2012. El Proyecto de Investigación - Introducción a la metodología científica [en línea]. 6. Caracas: s.n. [consulta: 7 abril 2023]. ISBN 980-07-8529-9. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- ASADU, C., EZEMA, A., ELIJAH, O., INNOCENT, I., ONOGHWARITE, O. y UMEAGUKWU, O., 2021. Development of an adsorbent for the remediation of crude oil polluted water using stearic acid grafted coconut husk (*Cocos nucifera*) composite. *Applied Surface Science Advances*, vol. 6, ISSN 26665239. DOI <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2021.100179>
- BONERT, C., PINTO, L. y ESTRADA, R., 2006. Determinación de hidrocarburos en muestras de agua y sedimentos alrededor de la isla Robinson Crusoe. *Redalyc* [en línea], vol. 29, no. 2, [consulta: 5 abril 2023]. ISSN 0716-2006. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/624/62429202.pdf>

CABEZAS, E., ANDRADE, D. y TORRES, J., 2018. Introducción a la metodología de la investigación científica [en línea]. ESPE. Sangolquí: s.n. [consulta: 18 mayo 2023]. ISBN 978-9942-765-44-4. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>

CAMPOS, G. y LULE, N., 2012. La observación, un método para el estudio de la realidad. Dialnet [en línea], vol. 7, no. 13, [consulta: 18 mayo 2023]. ISSN 1870-6703. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3979972>

ECO-INTELLUTIONS, 2019. Usos e importancia del agua para el ser humano. Eco Intellutions [en línea], [consulta: 25 abril 2023]. Disponible en: <https://ecointell.com.mx/plantas-de-tratamiento-de-agua/usos-e-importancia-del-agua-para-el-ser-humano>

ESFANDIAR, N., SURI, R. y MCKENZIE, E.R., 2021. Simultaneous removal of multiple polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from urban stormwater using low-cost agricultural/industrial byproducts as sorbents. Chemosphere, vol. 274, ISSN 00456535. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129812>

FERNÁNDEZ, A., 2012. El agua: un recurso esencial. Redalyc [en línea], vol. 11, no. 3, [consulta: 31 enero 2023]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

GUEVARA, L. y JÁUREGUI, D., 2008. Anatomía floral de cocos nucifera L. (arecaceae, arecoideae). SciELO [en línea], vol. 31, no. 1, [consulta: 5 abril 2023]. ISSN 0084-5906. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0084-59062008000100004#:~:text=El%20cocotero%20\(Cocos%20nucifera\)%20es,biolog%C3%ADa%20floral%20de%20esta%20especie](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0084-59062008000100004#:~:text=El%20cocotero%20(Cocos%20nucifera)%20es,biolog%C3%ADa%20floral%20de%20esta%20especie)

HINCAPIÉ, G., OMAÑA, M., HINCAPIÉ, C., ARIAS, Z. y VÉLEZ, L., 2010. Efecto de la temperatura de secado sobre las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en la citropulpa. Redalyc [en línea], vol. 7, no. 2, [consulta: 5 abril 2023]. ISSN 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/695/69519014010.pdf>

MADASAMY, S., RAMASUBBU, R. y NAMBIKIRAJAN, N., 2022. Utilization of Reformed Coconut Fiber and Banana Stem Fibre as Green Oil Sorbent. Journal of Natural Fibers, vol. 19, no. 15, ISSN 1544-0478. DOI <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2057385>

MAIA, C.K., MATTEDI, S., LOBATO, A.K. de C.L. y ANDRADE, Í.T., 2021. Remediation of petroleum contaminated saline water using value-added adsorbents derived from waste coconut fibres. Chemosphere, vol. 279, ISSN 00456535. DOI <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130562>

MIDAGRI, 2015. El petróleo. El Datero Agrario [en línea]. [consulta: 6 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/45-sector-agrario/recurso-energetico/339-el-petroleo>

MOHAMAD, M., AHAD, N.A. y SHAHDAN, D., 2022. Comparison on oil and water absorption ability of various natural fiber. Journal of Physics: Conference Series, vol. 2169, no. 1, ISSN 1742-6588. DOI <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2169/1/012021>

MOREIRA, T. y SEO, E., 2020. Caracterização e utilização de fibras de coco como biossorvente na recuperação de corpos hídricos contaminados por derramamento de derivados do petróleo / Characterization and use of coconut fibers as biosorbent in the recovery of water contaminated by spilling oil derivatives. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, vol. 3, no. 4, ISSN 2595573X. DOI <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n4-078>

NOVAAGORA, 2023. COCO, COCOS NUCIFERA / PALMAE. Frutas & Hortalizas [en línea]. [consulta: 7 abril 2023]. Disponible en: [https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Coco.html#:~:text=El%20coco%20\(Cocos%20nucifera%20L,de%20color%20marr%C3%B3n%20y%20peluda](https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Coco.html#:~:text=El%20coco%20(Cocos%20nucifera%20L,de%20color%20marr%C3%B3n%20y%20peluda)

ORTEGA, F. y ORELLANA, R., 2007. El riego con aguas de mala calidad en la agricultura urbana. Aspectos a considerar. II. Aguas residuales urbanas. Redalyc [en línea], vol. 16, no. 3, [consulta: 18 mayo 2023]. ISSN 1010-2760. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/932/93216306.pdf>

OSAMOR, A. y MOMOH, Z., 2015. An Evaluation of the Adsorptive Properties of Coconut Husk for Oil Spill Cleanup. International Conference on Advances in Applied science and Environmental Technology - ASET 2015. S.I.: Institute of Research Engineers and Doctors, pp. 33-37. ISBN 978-1-63248-040-8. DOI <http://dx.doi.org/10.15224/978-1-63248-040-8-38>

OSINERGMIN, 2015. La industria de los hidrocarburos líquidos en el Perú: 20 años de aporte al desarrollo del país [en línea]. Perú. [consulta: 5 abril 2023]. Disponible en:

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf)

OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. International Journal of Morphology, vol. 35, no. 1, ISSN 0717-9502. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

PRIETO, V. y MARTÍNEZ, A., 1999. La contaminación de las aguas por hidrocarburos: un enfoque para abordar su estudio. SciELO [en línea], vol. 37, no. 1, [consulta: 5 abril 2023]. ISSN 0253-1751. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30031999000100003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30031999000100003)

QUINTERO, S. y GONZÁLEZ, L., 2006. Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Redalyc [en línea], no. 20, [consulta: 5 abril 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/852/85202010.pdf>

REYNOLDS, K., 2002. Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica Identificación del Problema. De La llave [en línea], [consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: [https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/documentos\\_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/documentos_nuevos/DeLaLaveSepOct02.pdf)

RONDÓN, A.Y., CASTILLO, L.A. y MIRANDA, J., 2021. Use of the coconut shell (Cocos nucifera) as a filtering medium in the water treatment of El Salto oilfield, Venezuela. Ingeniería y Desarrollo, vol. 38, no. 1, ISSN 01223461. DOI <http://dx.doi.org/10.14482/inde.38.1.628.16>

TEJADA, C.N., QUIÑONES, E. y FONG, W., 2017. Physical-chemical characterization of spent engine oils for its recycling // Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje. *Prospectiva*, vol. 15, no. 2, ISSN 22161368. DOI <https://doi.org/10.15665/rp.v15i2.782>

TRUJILLO, A. y ARIAS, L., 2019. El coco, recurso renovable para el diseño de materiales verdes. *Entre Ciencia e Ingeniería* [en línea], vol. 7, no. 14, [consulta: 7 abril 2023]. ISSN 1909-8367. Disponible en: <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/637>

VARGAS, Z., 2009. LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Redalyc* [en línea], vol. 33, no. 1, [consulta: 4 abril 2023]. ISSN 0379-7082. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

ZARATE, V.H., RODRIGUEZ, M.C., ALATRISTE, F., CHAZARO, L.F. y RANGEL, J.R., 2018. Coconut endocarp and mesocarp as both biosorbents of dissolved hydrocarbons in fuel spills and as a power source when exhausted. *Journal of Environmental Management*, vol. 211, ISSN 03014797. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.041>

## ANEXOS

**Anexo 01.** Tabla de operacionalización de variables o Tabla de categorización.

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
<b>Capacidad de adsorción de la fibra y cáscara de <i>Cocos nucifera L.</i></b>	El coco es un fruto esencial, se utiliza como fuente de alimento y bebida, aceite, fibra, combustible, madera y otros numerosos productos	Se extrae la cascara y la fibra del fruto bruto	Fibras	g	Razón
			Cáscaras	g	Razón
<b>Mitigación de hidrocarburos en aguas</b>	La contaminación de hidrocarburos en agua altera los ecosistemas por una gran cantidad de sustancias tóxicas generadas por diversas actividades.	Establecimientos en donde sus aguas contienen hidrocarburos por la acción del lavado de vehículos	Hidrocarburos	ml	Razón

### Anexo 03. Registro fotográfico



Combustión de las fibras de *Cocos nucifera* L.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Eficiencia de Cocos nucifera L. para mitigar hidrocarburos presentes en aguas provenientes del lavado de vehículos", cuyos autores son LAINES SAAVEDRA ANGIE GILLIAN, CESPEDES CARRASCO MIRYAM ELIZABETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 4.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

CHICLAYO, 21 de Junio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
PONCE AYALA JOSE ELIAS <b>DNI:</b> 16491942 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 22-06- 2023 15:36:38

Código documento Trilce: TRI - 0546826