



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Huaranga Solorzano, Viviana Maribel (orcid.org/0000-0002-6133-6136)

Mamani Zuta, Yadira Bell (orcid.org/0000-0001-5195-1779)

ASESOR:

MSc. Huerta Chombo, German Luis (orcid.org/0000-0002-6211-4578)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

El trabajo elaborado está dedicado a Dios, quien nos ha dado fortaleza y nos ayuda a perseguir nuestros sueños y alcanzar nuestras metas.

A nuestras madres por darnos su apoyo en todo momento y por darnos afecto en el instante que más lo necesitábamos, por estar a nuestro lado en este largo recorrido y ser nuestra inspiración constante.

A nosotras mismas por no rendirnos en este largo recorrido, siendo ejemplo de fortaleza y empeño en lo que todo nos proponemos lo podemos lograr.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a Dios, que con su fuente de sabiduría y gracia nos ayudó a la búsqueda de conocimiento y por consiguiente la finalización de esta tesis.

En segundo lugar, a nuestras madres, ya que su apoyo constante y amor incondicional han sido los pilares más fundamentales de nuestra vida, brindándonos la fuerza e inspiración necesaria para cumplir cada objetivo propuesto.

En tercer lugar, nos gustaría agradecer a todos los docentes que nos brindaron su apoyo incondicional y sabiduría a lo largo de nuestra investigación, y queremos dar mención principal a nuestro asesor, Huerta Chambo German Luis asesoramiento constante nos ayudó en todo este largo proceso, sus aportes, sugerencias y correcciones han mejorado significativamente la excelencia y profundidad de esta investigación, e igualmente agradecer a la docente Zavaleta García Karla Estefany por su orientación experta y valiosas aportaciones durante el desarrollo de esta investigación y el apoyo constante que nos brindó para el éxito de esta investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023", cuyos autores son HUARANGA SOLORZANO VIVIANA MARIBEL, MAMANI ZUTA YADIRA BELL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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.

TRUJILLO, 26 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS DNI: 04206862 ORCID: 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 14-12- 2023 20:52:50

Código documento Trilce: TRI - 0666036

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HUARANGA SOLORZANO VIVIANA MARIBEL, MAMANI ZUTA YADIRA BELL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
HUARANGA SOLORZANO VIVIANA MARIBEL DNI: 75881238 ORCID: 0000-0002-6133-6136	Firmado electrónicamente por: VHUARANGAS el 23-12-2023 13:03:18
MAMANI ZUTA YADIRA BELL DNI: 72193338 ORCID: 0000-0001-5195-1779	Firmado electrónicamente por: YMAMANIZU el 23-12-2023 13:06:37

Código documento Trilce: INV - 1431372

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE AUTORES.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimientos.....	13
3.6. Método de análisis de datos	17
3.7. Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES	36
VII. RECOMENDACIONES	37
VIII. REFERENCIAS.....	38
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis físico - químico de las aguas residuales de los lavaderos vehiculares.	18
Tabla 2. Prueba T Student – Concentración de Aceites y Grasas.	19
Tabla 3. Análisis de las características de la queratina a base de astas de caprino.	22
Tabla 4. Prueba de Kruskal Wallis – Características de Aceites y Grasas.....	22
Tabla 5. Niveles de dosis de queratina de astas de caprino.	24
Tabla 6. Prueba de Kruskal Wallis – Niveles de dosis de queratina de astas de caprino.	26
Tabla 7. Eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares.	26
Tabla 8. Prueba de hipótesis de Kruskal Wallis – Eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación de recolección de muestras de agua residual.	14
Figura 2. Análisis comparativo de concentración de aceites y grasas con los valores máximos admisible.	18
Figura 3. Procedimiento de la elaboración del biomaterial de queratina.	22
Figura 4. Porcentajes de remoción de los niveles de queratina de astas de caprino	25
Figura 5. Porcentajes de la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares.	28

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023. Para ello, se recolectó muestras de aguas residuales de tres lavaderos vehiculares, las cuales fueron analizadas con parámetros de concentración de aceites y grasas y parámetros adicionales de turbidez, pH, temperatura, OD, asimismo se recolectó astas de caprino, las cuales fueron utilizadas para la obtención de queratina, para luego ser distribuidas niveles de dosificación de 20, 25 y 30 g y analizadas con tiempos de contacto de 10, 15 y 20 min para la remoción de aceites y grasas. Los resultados obtenidos luego de la comparación de los niveles de dosificación fueron que la dosis de 30 g tuvo una mayor remoción de aceites y grasas de 300,42 mg/L, en un tiempo de contacto de 20 min. Asimismo, se logró identificar que el porcentaje de remoción que tiene el biomaterial de queratina es entre un 5% y 10% cada 5 minutos. Se concluyó que el uso del biomaterial a base de queratina se puede lograr adsorber con remoción máxima de 73 %.

Palabras clave: Queratina de astas de caprino, biomaterial de queratina, remoción, aceites y grasas, aguas residuales.

ABSTRACT

This study had as a main aim to determine the efficacy of goat-horn keratin for the removal of oils and grease from wastewater from car-washes in Trujillo, 2023. For this purpose, wastewater samples were collected from three car-washes, which were analyzed with parameters of oil and grease concentration and additional parameters of turbidity, pH, temperature, DO (Dissolved Oxygen), as well as goat-horns, which were used to obtain keratin. They were then distributed at dosage levels of 20, 25 and 30 grammes and analyzed with contact times of 10, 15 and 20 minutes for the removal of oils and grease. The results obtained after the comparison of the dosage levels were that the 30 gramme dose had a higher oil and grease removal, of 300.42 mg/L, in a contact time of 20 minutes. It was also identified that the removal percentage of the keratin biomaterial is between 5% and 10% every 5 minutes. It was concluded that the use of the keratin-based biomaterial can achieve adsorption with a maximum removal of 73 %.

Keywords: Goat-horn keratin, keratin biomaterial, removal, oils and fats, wastewater.

I. INTRODUCCIÓN

Las últimas décadas han sido testigos del rápido desarrollo de variedades de sectores que generaron una inmensa cantidad de aguas residuales aceitosas, dado que no podemos evitar que se generen volúmenes de aguas (Chuanliang et al, 2021, p. 2). En el Perú se generan alrededor de 2.217.946 m^3 de aguas residuales por día, las cuales 32% de ellas son tratadas (Castaño et al., 2023, p. 19). Hoy en día las fuentes municipales y también no municipales tienen recursos potentes para la producción de aguas residuales aceitosas (Yeit Haan et al, 2023, p.10). Uno de las industrias importantes son los lavaderos vehiculares, con potencial generador de aguas residuales, debido al gran crecimiento de demanda de vehículos, debido a que, durante el año 2019 en el Perú, se vendieron 168 647 vehículos, existiendo un aumento de 1.7 % en relación al año 2018 (Asociación Automotriz del Perú, 2019, p. 2). Provocando como consecuencias un crecimiento exponencial de lavaderos vehiculares (Ganiyu, Vieira, Tossi y Martínez, 2018, p. 999).

El sector de lavaderos vehiculares emplea aproximadamente 150 L de agua para limpiar un auto, mientras que lavar camiones y autobuses, puede requerir entre 400 y 600 L de agua, dependiendo del tamaño, nivel de suciedad y mecanismo que utilice el lavadero vehicular (Monney, Amponsah y Buamah, 2020, p. 1). La actividad de lavado de vehículos produce aguas residuales que contienen una diversidad de contaminantes, incluyendo compuestos orgánicos, inorgánicos y biológicos. Estos contaminantes ingresan al agua a través del uso de productos de limpieza como desengrasantes y los detergentes, limpiadores ácidos/alcalinos, brillos y ceras. Durante el proceso de lavado, se generan partículas en suspensión; podemos encontrar arena, aceites, grasas, residuos de gasolina, sales, metales, tensioactivos aniónicos y materia orgánica, los cuales son eliminados junto con el agua residual (Espinoza et al, 2023, p. 3).

La mayoría estas aguas residuales son vertidas, sin un tratamiento adecuado y liberadas directamente en el sistema de alcantarillado y a menudo presentan niveles inaceptables de acidez, temperatura, turbidez y aceites y grasa, a niveles que con frecuencia superan LMP establecidos por las autoridades reguladoras para las aguas residuales (Davarnjad, Sarvmeili, Sabzehei, 2020, p. 3). Como

consecuencia puede producir efectos peligrosos al ambiente, cargas pesadas en los sistemas municipales y problemas en la infraestructura, redes y plantas de tratamiento de agua residual (Talebzadeh et al, 2021, p. 2). Asimismo, puede afectar los recursos y el funcionamiento ecológico, poner en peligro los sistemas acuíferos de aguas superficiales y subterráneas, provocando graves daños a la salud (Chuanliang et al., 2021, p. 2).

En la ciudad de Lima se generan aproximadamente 1 202 286 m³ procedentes de aguas residuales que se dan por día que se vierten a la red de alcantarillado, pero sólo el 20,5 % de estas son tratadas (Castaño et al, 2023, p. 19), dicho porcentaje no solo ocurre en Lima, si no como en la provincia de Trujillo, donde existen negocios que contribuyen al vertimiento de aguas no tratadas. Un caso en particular es el de lavaderos vehiculares en donde la mayoría carece de sistemas de tratamiento adecuado para la reducción de aceites y grasas. Esto implica que no cumplen con requisitos legales, superando los valores máximos permitidos para los efluentes, lo que va en contra del DS N° 010-2019-VIVIENDA. Por lo tanto, es imperativo buscar alternativas para mejorar el tratamiento de estas aguas residuales antes de su descarga al alcantarillado urbano (Davarnejad et al, 2020, p. 3), por lo que se mostró aquí una alternativa de solución, mediante la aplicación de un adsorbente elaborado como biomaterial de astas de caprino.

Siendo así, la presente investigación se elaboró pensando en la disminución del impacto ambiental que genera dicha empresa, se formuló el siguiente problema general ¿Cuál es la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023?; como problemas específicos ¿Cuál es la concentración de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023? asimismo ¿Cuál es el desarrollo del biomaterial de queratina de astas de caprino para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023? y ¿Cuáles son los niveles de dosis de biomaterial de queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023?

Debido a lo antes mencionado, la investigación se justifica por su aporte en la introducción de una forma de tratamiento para la remoción de aceites y grasas en aguas residuales de lavaderos vehiculares, siendo así planteando un método

adaptable en las rejillas de las trampas de grasa de las empresas. Si bien es cierto existen distintos métodos para su eliminación como tratamientos electroquímicos, electro oxidación, proceso electro-Fenton, filtración por membrana, entre otros, estos métodos suelen implicar costos elevados (Moazzem et al, 2020, p. 2). Sin embargo, con el método de absorción, se logra una minimización de costos, siendo una alternativa más viable al emplear astas de caprino, consideradas desechos de mataderos. Esta biomasa posee características como una alta superficie interna porosa que facilita la captura de diversas moléculas. Además, la elaboración de este subproducto puede lograr minimizar impactos negativos a la población y proteger la flora y fauna (Moreno y Gomez, 2018).

Es por ello que, ante esta problemática, se planteó como objetivo general, Determinar la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023. Asimismo, como objetivos específicos se propuso: analizar la concentración de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023, desarrollar biomaterial de queratina de astas de caprino para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023 y analizar los niveles de dosis de biomaterial de queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023.

Finalmente, en cuanto a nuestra hipótesis general, se plantea que la queratina de astas de caprino tienen relación directa con la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023, como hipótesis específicas se planteó que existe diferencia significativa en la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de lavaderos vehiculares, asimismo existen diferencias en el desarrollo del biomaterial de queratina de astas de caprino para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares y existen diferencias significativas en la remoción de aceites y grasas en aguas residuales de lavaderos vehiculares utilizando distintos niveles de dosis de biomaterial de queratina de astas de caprino.

II. MARCO TEÓRICO

Según Salini, Madhu y Pawels (2022, p. 2445), en su estudio realizaron muestreos de aguas residuales de una estación de lavado de vehículos en la ciudad de Kochi, Kerala, con el fin de realizar una caracterización de varios parámetros. Se recogieron dos muestras (10 litros cada una) las cuales fueron mezcladas. Su caracterización, dio como resultados un pH 6, turbiedad 53,7 mg/L, aceite y grasa 25,6 mg/L, dichos resultados constataron la necesidad de un tratamiento, por lo que se trató dichas aguas con el proceso Fenton, haciéndolas aptas para el reciclaje.

Según Priya y Jeyanthi (2023, p. 4), en su estudio analizó características fisicoquímicas de agua de lavado de automóviles, los cuales fueron recolectados de tres estaciones de servicio de automóviles locales en Coimbatore, India. Las muestras recolectadas se almacenaron en recipientes de polietileno y se almacenaron en el congelador mantenido a 4 °C, obteniendo como resultado para las 3 muestras recolectadas un pH de rango 5,89 - 8,75, una temperatura de 28–30°C, DQO 320-1019 mg/L, aceite y Grasa 180–200 mg/L, turbidez 118–380(NTU), dichas aguas fueron tratadas con electrocoagulación.

Según Reeta et al, (2020, p. 200), en su estudio, se evaluaron los impactos de las aguas residuales del lavado de vehículos en la calidad de las aguas superficiales. Empleando el análisis fisicoquímico y de macroinvertebrados bentónicos. Los resultados de los análisis fisicoquímicos de 6 muestras revelaron un pH de 8,83, temperatura de 15,20 °C, oxígeno disuelto de 5,53 mg/L, turbidez de 88,19 NTU, y aceites y grasas de 1394,81 mg/L.

Según Ahmed y Zainab (2021, p. 4), en su investigación buscó analizar el contenido orgánico SDS y aceite y grasa. Se recogieron muestras de aguas residuales de lavado de autos en la ciudad de Tikrit. Los parámetros de las aguas residuales del lavado de autos son BACALO a un valor promedio de 825 mg/L, Aceite y grasa a un 100 mg/l, pH a un 7,5 - 7,8. Para su bio tratamiento se desarrolló un sistema MFC, que logró remover los SDS y por consiguiente los aceites y grasas.

Según Rakesh Mohini y Rohan (2023, p. 22), en su estudio para la remoción de aceites y grasas en las aguas residuales realizó una metodología de extracción con solventes orgánicos. La concentración de aceites y grasas en las muestras de

aguas residuales varió desde de 240 mg/L hasta 612 mg/L con un valor promedio de 455,89 mg/L.

Según Chang et al, (2020, p. 12), en su investigación extrajeron queratina a partir de desechos de lana, mediante espectroscopia infrarroja, teniendo como producto final esponjas que tuvieron exitosamente una capacidad de adsorción del colorante azul de metileno (MB) un 263,16 mg/g. El tratamiento de los residuos de lana con la extracción de queratina, demostró ser un buen biomaterial que aumenta el valor de la lana que pueden ayudar a decolorar las aguas residuales de tintes.

Según Jinzhi et al, (2021, p. 23), en su investigación hicieron una comparación entre la adsorción de la queratina en el pelo de vaca y carbón activado para la adsorción del colorante DB, para la extracción de queratina que se extrajo del pelo de vaca se dio mediante carbonización y activación con KOH, la queratina purificada fue eficaz para la adsorción del colorante DB, con una capacidad de adsorción de 50 g/L en una solución del colorante de 1477 mg/g, y el carbón obtuvo un 928 mg/g, siendo la queratina con más estabilidad en un 1500 mg/g.

Según Nadeeka et al, (2020, p. 27), en su investigación utilizaron lana merina para obtener un biomaterial en proteína de queratina para la eliminación eficiente de residuos de tintes peligrosos del agua. Para la extracción se utilizó el método de hidrólisis para la desnaturalización de las células de la cutícula que recubre las fibras de la lana, esto con el fin de adsorber del colorante cancerígeno rodamina B en presencia de ácido acético, teniendo una remoción de 95 % con una capacidad máxima de 294 mg/g.

Según Orjuela y Zaritzky (2023, p.18), en su investigación desarrollaron esponjas a base de queratina de residuos avícola para la sorción de hidrocarburos, mediante sulfitolisis con sulfito de sodio, las esponjas obtuvieron una retención de un 78%, cuyo proceso incluyó etapas de diálisis y liofilización.

Segun Hussain, Zeeshan y Saima (2020, p. 5), en su investigación se utilizaron lana de la industria del cuero para extraer queratina mediante un método de síntesis verde ligeramente modificado utilizando urea y L-cisteína. en su investigación se realizó unas mediciones de porosidad, densidad e hinchazón, dando como

resultado la capacidad de retención de líquidos de la esponja de queratina 417,6%, la esponja de queratina mostró un 66,6 % de macroporosidad y una capacidad de retención de agua de 3 ml/g. Por otro lado, el diámetro de poro de la esponja de queratina preparada fue de aproximadamente 3,83 nm y el volumen de poro es de aproximadamente 0,003 cc/g. El área superficial de la esponja es de aproximadamente $5,521 \text{ m}^2/\text{g}$.

Según Barrientos et al, (2022, p. 18) en su investigación se utilizó lana de oveja de Assaf por poseer queratina donde lograron eliminar hidrocarburos presentes aguas contaminadas por aceite, la lana lo convirtieron en almohadillas con diferentes dosis de 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160 g y se trabajó empleando el pH y tiempo de contacto. Los resultados de la lana mostraron que se logró una bioretención máxima de 94.10% hidrocarburos a una dosis de 120 g y un tiempo de contacto de 150 s.

Según Salas y Ventura (2020, p. 37), se utilizó biomasa animal, específicamente cascos y cuernos de caprino, ricos en queratina, para la remoción de hidrocarburos en aguas contaminadas. Cuyos estudios iniciales fueron de pH y turbidez, seguidas por la aplicación de la técnica de remoción. Se evaluaron la eficacia midiendo nuevamente estos parámetros. La concentración de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) se calculó mediante el método de fraccionamiento de aceites y grasas, revelando que la concentración óptima de biomasa que fue de 10 g. Este enfoque logró una destacada remoción del 98.80% de la muestra contaminada.

Según Salinas (2022, p.10), en su estudio para la adsorción de aceites y grasas, se utilizó cabello humano, pelo de animal y ambos. Se utilizaron muestras de efluentes vehiculares del parque automotor, con 500 g de cabello humano, 500 g de pelo de animal y una mezcla de ambos en cada caso, repitiendo el proceso tres veces con un tiempo de contacto de 24 h en cada ocasión. Los resultados indicaron que el pelo de animal exhibió la mayor eficiencia de adsorción, con un porcentaje del 58.15% ($2.85 \mu\text{m/g}$). En contraste, la combinación de ambos adsorbentes naturales mostró una absorción más baja, alcanzando un 50.29% ($1,17 \mu\text{m/g}$). Por último, el cabello humano demostró la menor adsorción, con un 40.23% ($1,49 \mu\text{m/g}$).

Según Cornelius, Adjia, Essam y Shu (2023, p. 6), en su investigación, se evaluó la eficiencia de los desechos de pelo de ganado como adsorbente para la eliminación de aceites utilizados en motores y aceites vegetales de aguas residuales. Los resultados indicaron que para el aceite de motor usado, la eficiencia de eliminación aumentó del 37% con 0,05 g de adsorbente al 41% con 0,1 g, alcanzando el 96% con 0,2 g y 0,3 g, y finalmente alcanzó el 100% con 0,5 g de adsorbente. Y para el aceite vegetal, la eficiencia de eliminación aumentó del 39% con 0,05 g de adsorbente al 47% con 0,1 g, al 57% con 0,2 g, al 68% con 0,3 g y, finalmente, al 100% con 0,5 g de adsorbente.

Según Varsha y Monhanan (2023, p. 547) en su estudio se analizó la adsorción de cabello humano y carbón activado para la remoción de aceites y grasa de aguas residuales de centros de servicios de automóviles. Los resultados del estudio mostraron que 24 g de cabello humano lograban eliminar el 76% de aceites y grasas, en un tiempo de contacto de 60 min, asimismo con 40 g de carbón activado se removieron solo un 50% en un tiempo de 80 min.

Según Mohamed et al, (2017, p. 77), en su estudio se centró en la eliminación de aceites derivados de petróleo, mediante fibras de lana de oveja para el tratamiento de aguas residuales oleosas mediante sistemas estáticos y dinámicos. En la evaluación se aplicó distintas dosis de adsorbente de 0,2; 0,5; 0.75 y 1.0 g, en una cantidad de sorbente de 100 ml, la cual contenía 9,06 g de aceite usado, así se obtuvo como resultado una máxima adsorción con una dosis de 1g, removiendo un 98,12% de aceite, con una capacidad de 8,89 g/g.

Según Castañeda et al, (2023, p. 22) en su estudio investigo la eficiencia de las esponjas de quitosano elaborada a base de cangrejo para la reducción de aceites y grasas provenientes de un establecimiento de automotriz, esta elaboración se llevó a cabo mediante la desmineralización, desproteínización y desacetilación química. Las esponjas fueron elaboradas con dosis de 5, 10 y 15 mg/L, obteniendo eliminaciones de aceites y grasas del 75,26% con la mayor concentración utilizada.

En Perú, el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA es la regulación que establece los Valores Máximos Admisibles (VMA). Esta normativa está destinada a supervisar las concentraciones y los parámetros físico-químicos aplicables a

usuarios no domésticos (UND) que desarrollan actividades comerciales e industriales, con el fin de controlar las descargas de efluentes en la red de drenaje.

El análisis de la presente investigación se basó en las siguientes teorías:

Los biorresiduos, o biomasa, son sustancias biodegradables que se utilizan para crear sorbentes económicos con una mayor capacidad de adsorción, destinados a tareas de limpieza (Doshi, Sillanpaa y Kalliola, 2018, p. 263).

Un sorbente es un material que se puede utilizar para recuperar líquidos mediante absorción, adsorción o ambas. Se clasifica de diferentes tipos de adsorbentes: el tipo I presenta mayor largo y ancho en comparación con su espesor; tipo II se refiere a materiales particulados no consolidados que no pueden ser manipulados; el tipo III se define como adsorbentes cerrados, como almohadas o barreras; y el tipo IV presenta una estructura abierta que permite la intrusión de aceites de alta viscosidad y otros compuestos viscosos (Simón et al, 2020, p. 2).

La adsorción ocurre cuando la superficie de un sólido entra en contacto con un fluido, algunas moléculas del fluido se adhieren a la superficie del sólido debido a la interacción de dos fuerzas opuestas: una atracción hacia la superficie del sólido y otra de repulsión (Castro, 2022, p. 5). Estos materiales, conocidos como oleófilos, tienen la capacidad de adsorber sustancias como hidrocarburos, aceites y grasas (Bhardwaj y Bhaskarwar, 2018, p. 1759). La eficacia de un material depende de características, como alta capacidad de sorción, porosidad, oleofobicidad, reutilización, densidad de agua, biodegradabilidad y disponibilidad (Simón et al, 2020, p. 2).

La dosificación adecuada es esencial para lograr una eliminación efectiva. Esto se debe a que cuando se emplea una cantidad excesiva de adsorbente en un volumen determinado de muestra y se mantiene constante el tiempo de contacto, se reduce la eficacia del proceso de elución (Nazzatul, Maggundha y Sharifah, 2020, p. 6).

La temperatura influye en la cantidad de oxígeno disponible para las actividades biológicas. A temperaturas más bajas, la disponibilidad de oxígeno es mayor. En contraste, el aumento de la temperatura reduce la viscosidad del medio y facilita la sedimentación de partículas presentes (Stazi, Annesini, Tomei, 2022, p. 5).

El valor del pH indica cual es el nivel de acidez o de alcalinidad presente en una solución, evidenciando la concentración alta o baja de iones de hidrógeno presentes (Chávez, Ignacio, Moreno, 2019, p. 4).

La porosidad en un biomaterial ayuda a facilitar la formación ósea y la integración con el tejido circundante, facilita el crecimiento celular y la formación ósea (García, Sánchez, Jiménez et al, 2023, p. 4)

La humedad hace referencia a la existencia de vapor de agua en materiales, y se cuantifica como la cantidad de agua en forma de vapor presente en una masa determinada, se expresa la humedad atmosférica en forma de relativa (Sessini, Arrieta, Fernández, 2018, p.7).

Oxígeno Disuelto se establece como la concentración actual (mg/L), hace referencia al nivel de oxígeno presente en el agua a una temperatura determinada, cuya unidad de medida es mg/L que representa miligramos por litro (Qingzhuoma et al, 2023, p.10).

La turbidez se relaciona especialmente con la presencia de diversos contaminantes en el agua, como sólidos suspendidos, materia orgánica, agentes patógenos. Al aumentar la concentración de estas sustancias, el agua adquiere una tonalidad más intensa y se vuelve progresivamente más opaca y turbia (Lei et al, 2021, p. 24).

La flotabilidad hace referencia a la capacidad inherente que posee un objeto para mantenerse en la superficie del agua, contrarrestando su propensión natural a cien debido a la gravedad (Wang et al, 2023, p.5).

La densidad es una propiedad física de la materia, está en relación entre la masa del objeto y el espacio que ocupa, la densidad de los biomateriales desempeña un papel crucial para analizar en profundidad tanto su estructura como sus características fundamentales (Pulidori et al, 2023, p. 8).

Los biomateriales obtenidos a base de queratina tienen la capacidad de sorción de diferentes contaminantes, incluidos el crudo y el aceite, mediante la combinación de mecanismos de sorción físicos donde el contaminante se ubica en los poros o en la superficie del material y químicos donde se presenta una interacción con los grupos funcionales de la queratina (Orjuela y Zaritzky, 2023, p.3).

La queratina se puede encontrar en escamas, cabello, uñas, plumas, pezuñas, garras, mandíbulas y cuernos, siendo una proteína estructural de células ectodérmicas. Su dureza se atribuye a los enlaces de disulfuro. Su extracción puede realizarse mediante hidrólisis y desnaturalización. En la desnaturalización, la composición de aminoácidos y el peso molecular se mantienen, permitiendo la formación de materiales como películas y esponjas de queratina. En contraste, la hidrólisis produce una mezcla de bajo peso molecular utilizada como relleno en diversos materiales poliméricos (Hussain, Zeeshan y Saima, 2020, p. 5)

La composición de la queratina lo componen variedad de aminoácidos, destacando la glicina, la cistina y la cisteína. Se clasifica en dos tipos principales: α -queratina y β -queratina. La α -queratina, reconocida por su resistencia debido a los puentes de disulfuro, está presente en la lana, el cabello, las uñas y la piel, así como en tejidos resistentes de proteínas como plumas, cuernos y cascos (Quintero, Huertas, Ortega, 2017, p. 84).

Las aguas residuales generadas durante el lavado de autos tienen presencia de aceites, grasas y metales pesados como lo son el plomo, mercurio, cadmio y cromo. Estos contaminantes provienen de productos como aceites de motor, lubricantes y detergentes utilizados en el proceso de limpieza (Tajuddin, 2020, p.5). Este tipo de contaminación resulta perjudicial tanto para la vida marina como para la salud humana (Montero et al, 2023, p. 5).

La presencia de aceites y grasas en el alcantarillado es una fuente de contaminación. Estos compuestos, al solidificarse en las alcantarillas, pueden obstruir el flujo de aguas residuales, causando bloqueos, la formación de depósitos de grasas en las paredes de las alcantarillas reduce progresivamente su capacidad, generando obstrucciones y problemas en el flujo (Ahmad et al, 2023, p. 3).

La remoción de aceites y grasas se centra en la separación o eliminación de los residuos contaminantes similares que se acumulan en el vehículo, como en el motor, chasis u otras partes exteriores, para su remoción se utilizan productos y técnicas como desengrasantes automotrices y máquinas de lavado a presión (Grita, Wazniak, 2023, p. 9).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de diseño de investigación se consideró aplicada cuando su propósito de la investigación buscó obtener nueva información, y también cuando está relacionada con encontrar respuestas y soluciones a problemas (Calderón, Alzamora, 2018, p. 74).

Por lo tanto, el diseño de investigación fue aplicada ya que el proyecto de investigación diseñará una técnica de bajo costo y además eficiente que buscó solucionar el problema de la contaminación de aguas por petróleo.

3.1.2. Diseño de la investigación

Un diseño experimental hace referencia a una prueba cuantitativa con la relación causal de una variable con otra, de modo que la representación de la variable independiente sea un tratamiento, condición, factor o intervención que manipulo y/o controló el investigador, para así corroborar el efecto sobre la variable independiente (Arias y Covino, 2021, p. 5).

Este proyecto de investigación llevó a cabo una investigación cuantitativa de tipo experimental, ya que involucró la manipulación de la variable independiente que son las astas de caprino, para poder observar su efecto en la variable dependiente que es remoción de aceites y grasas, asimismo los datos recolectados del experimento nos proporcionaron evidencia para respaldar o refutar la hipótesis.

El tipo de diseño experimental puro hace referencia a un tipo de experimento que evaluó efectos de intervenciones preventivas o correctivas. Aquí se pueden realizar experimentos de laboratorio y de campo. En el primer caso se consigue un control más estricto del impacto, en el segundo se realizan en situaciones reales y naturales (Arias y Covino, 2021, p. 5).

Por lo que tanto nuestra investigación fue experimental pura debido a que se llevó a cabo en un entorno de laboratorio controlado, con la manipulación directa de la variable independiente que es astas de caprino y la observación y medición de la variable dependiente remoción de aceites y grasas, asimismo se buscó establecer

una relación causal entre estas variables, en este caso se aplicaron técnicas para poder ver la eficiencia en la remoción de los aceites y grasas.

3.2. Variables y operacionalización

La dosis de queratina de astas de caprino se consideró como variable independiente, mientras que la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares se consideró como variable dependiente.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población para la presente investigación estuvo comprendida por las aguas residuales contaminadas con aceites y grasas provenientes de empresas de lavaderos vehiculares de Trujillo.

3.3.2 Muestra

La muestra fue recolectada de 3 lavaderos vehiculares, siendo esta una muestra no probabilística, puesto que esta fue seleccionada por el criterio del investigador; por lo tanto, se tomaron como muestra 1 L de aguas residuales de cada uno de los puntos con aceites y grasas provenientes de lavaderos vehiculares Trujillo.

3.3.3. Muestreo

Para el estudio se ha tomado en cuenta los 3 lavaderos vehiculares ubicados en el sector Natasha Alta, con ubicaciones en Av. América Oeste con Av. Antenor Orrego.

Estos lavaderos, según la información proporcionada por los propietarios, comparten características similares, están especializados en el lavado de vehículos (autos motos, camionetas), estiman que utiliza entre 70 y 90 litros de agua por vehículo lavado, aunque esta cantidad puede variar según el tamaño y estado del vehículo, cada lavadero cuenta con 3 a 4 trabajadores, y los establecimientos tienen capacidades de 200 m^2 - 300 m^2 .

3.3.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis fue de 1 L por frasco para medir los parámetros de aceites y grasas, además como parámetros complementarios fueron medidos pH, OD, turbidez, temperatura, los cuales se obtuvieron en la toma de muestra de las aguas residuales con aceites y grasas provenientes de los diferentes lavaderos de Trujillo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron en esta investigación fueron la observación.

Se mencionó que la técnica de observación hacía referencia a una técnica que proporcionaba una enorme cantidad de datos para capturar y analizar; un enfoque para ayudar con la recopilación de información asociadas al fenómeno de interés (Barrett y Twycross, 2018, p. 63). La recopilación de información para el presente proyecto se realizó mediante el uso de la técnica de observación, por lo que se identificó la problemática abordada existente. Por otra parte, para el trabajo que se llevó a cabo a nivel laboratorio, se empleó la observación experimental, lo que permitió acceder a elaborar datos en condiciones relativamente controladas, especialmente de la manipulación de las variables independientes.

Los instrumentos de recolección de datos fueron fichas de registro diseñadas de acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación, adjuntados como anexos 2, anexo 3, anexo 4, anexo 5, anexo 6 y se describieron de la siguiente manera:

3.5. Procedimientos

Fase 1: Obtención de insumos

Para la recolección de muestras de aguas residuales se escogieron en 3 servicios de lavaderos vehiculares de Trujillo, donde se tomó 3 Litro de cada lavadero, dándonos así un total de 9 litros de agua residual con aceites y grasas, los cuales fueron debidamente cerrados y etiquetados.

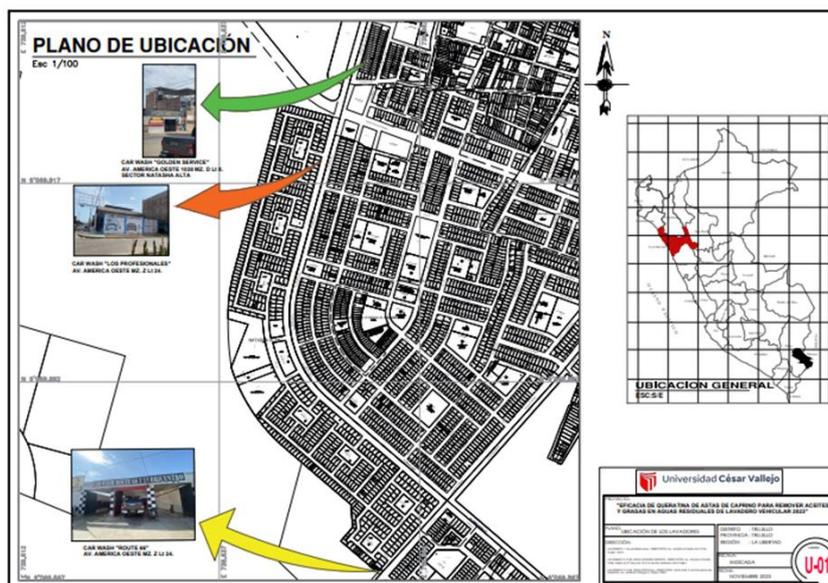


Figura 1. Plano de ubicación de recolección de muestras de agua residual.

Además, para la recolección de astas de caprino, se extrajeron del camal ubicado en el Porvenir, donde se requirió de 5 kg, los cuales fueron aproximadamente 40 astas.

Fase 2: Preparación de las harinas de astas

La preparación de la muestra se guió por una serie de procesos, los cuales fueron fundamentales para una correcta adsorción de aceites y grasas, todo ello establecido por Tokuma (2019, p. 174).

Lavado

Una vez se obtuvo las astas de caprino, el material se transfirió a un contenedor de plástico, el cual presentaba un volumen considerable de agua, para que a continuación sea añadido el cloro para el lavado. Esta operación de lavado se generó manualmente con agitaciones ocasionales cuyo objetivo fue de remover impurezas y obtener un producto limpio, libre de suciedades adheridas al material. Además, se dejaron reposar durante 24 horas. Seguidamente, se enjuagaron nuevamente con agua para eliminar el cloro residual y se pusieron a secar al sol.

Secado

Una vez limpia la muestra, las astas se esterilizaron en el auto clave DATHAN SCIENTIFIC a una temperatura de 121 °C y una presión de 120 kPa durante 5 horas. Para obtener una muestra fácilmente triturable se puso a 30 °C en la estufa THERMO SCIENTIFIC durante 72 horas (Mduduzi Khumalo et al.2020)

Molienda

Para minimizar el tamaño de las astas, se utilizó un mortero manual que nos ayudó a lograr reducir el volumen de las astas.

Tamizado

La clasificación del tamaño de la muestra se llevó a cabo mediante una serie de tamices con granulometría de 0.25 mm. Estos materiales fueron almacenados en bolsas herméticas correctamente etiquetadas y se guardaron libres de luz y humedad.

Preparación de las soluciones

Se preparó 1 L de solución de sulfuro de sodio 0,5 M en un matraz de 1 litro por separado como agente reductor. Se pesaron 25 g de astas de caprino molidas y se añadió a la solución de sulfuro de sodio. La solución se calentó a la temperatura de 30 °C, el pH se mantuvo en medio básico entre 10-13 y la solución se agitó, con ayuda de un agitador magnético DLab, continuamente durante 6 h. Luego la solución se filtró y se centrifugó a 5000 rpm durante 60 min.

El líquido sobrenadante se recogió cuidadosamente y luego se filtró usando papel de filtro grado 1 de 110 mm para dejarlo libre de partículas.

Preparación del precipitado

Se disolvieron 175 g de sulfato de amonio en 250 ml de agua desionizada. La solución se agitó hasta que todas las partículas de sulfato de amonio se disolvieron y se filtraron para dejarla libre de partículas.

Precipitación de proteínas naturales (queratina)

La solución filtrada recogida anteriormente se colocó en un vaso precipitado y se agitó continuamente. Se añadió lentamente gota a gota el precipitado filtrado. Los dos componentes estaban en una proporción de 1:1.

Purificación de queratina

Las partículas sólidas se recogieron y se añadieron a 20 ml de agua desionizada y se agitaron. La solución se centrifugó a 5000 rpm durante 6 min y se recogieron las partículas sólidas. Se filtro y para finalizar se liofilizó.

Desarrollo del biomaterial a base de queratina:

Para convertir la solución de queratina en biomaterial de queratina; las soluciones filtradas se almacenaron a -40 °C por 48 h y se liofilizaron en un equipo Heto Modelo FD 4. La queratina obtenida se almaceno en cajas de Petri cerradas a 4 °C hasta el momento de su caracterización.

Determinación de la capacidad de adsorción de astas de caprino

La metodología que se empleó para establecer la capacidad de retención es una adaptación de la norma ASTM F726-99: Standard Test Method for Sorbent Performance of Adsorbents en su apartado Oil Adsorption Short Test. (Norma ASTM F726 - 1999).

Se realizaron ensayos de laboratorio para evaluar la adsorción de aceites y grasas en el agua contaminada. Se trabajó con una dosis de 10 g, 15 g y 20 g de astas de caprino

Dichos biomateriales de queratina de diferentes tamaños fueron seleccionados y se sumergieron en 1 L por frasco, los cuales se obtuvieron en la toma de muestra de las aguas residuales con aceites y grasas provenientes de los diferentes autolavados

El mismo procedimiento se realizó por separado para cada tipo de biomaterial de queratina de diferentes niveles de dosificación, una vez completado, se tabularon los resultados.

Esta operación se repitió 3 veces. La capacidad de retención será calculada mediante la siguiente fórmula.

$$Cs = \frac{m_t - m_0}{m_0}$$

Donde:

Cs = Capacidad de sorción.

mt = Masa del material impregnado (después del tiempo de contacto) (g)

mo = Masa del material sorbente seco (g)

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de datos, se emplearon técnicas de estadística, mediante la utilización del programa estadístico BM SPSS Statistics 25, con la utilización de pruebas de Kruskal Wallis y T Student, con el fin de poder verificar la hipótesis general y las hipótesis específicas. Además, para presentar los resultados, se utilizó el programa Microsoft Excel. Los datos fueron organizados en tablas y se generaron gráficos para una mayor comprensión de los resultados obtenidos.

3.7. Aspectos éticos

En la elaboración de este proyecto de investigación, se siguió la Guía proporcionada por la Universidad César Vallejo como referencia y orientación. Para fundamentar las teorías relacionadas con el tema, se citaron tanto a autores nacionales como internacionales, respetando los derechos de autor y la autenticidad de las fuentes mencionadas. Este proceso se llevó a cabo teniendo en cuenta la normativa internacional ISO 690 de documentación y referencias bibliográficas. De esta manera, se enriqueció el proyecto con información científica de relevancia que complementó y respaldó adecuadamente las investigaciones realizadas en este trabajo.

IV. RESULTADOS

4.1. Concentración de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares

Se realizó una toma de muestra de las aguas residuales en tres lavaderos vehiculares, asimismo se analizó sus parámetros de concentración de aceites y grasas, y como parámetros adicionales turbidez, pH, temperatura, OD, estos análisis proporcionaron datos sobre la calidad del agua residual en relación con estos parámetros medidos. Cabe destacar, que se seleccionó un lavadero vehicular, el cual presentaba mayor concentración de aceites y grasas, con el fin de comparar posteriormente la relación de las variables de investigación

Tabla 1: *Análisis físico - químico de las aguas residuales de los lavaderos vehiculares.*

Lavaderos	pH	OD (mg/L)	Turbidez (NTU)	Temperatura (°C)	Aceites y grasas (mg/L)
Lavadero 1	8,44	2,34	214,00	20,80	378,80
Lavadero 2	8,18	2,00	342,00	18,80	411,90
Lavadero 3	8,23	2,32	178,40	20,10	393,70

Fuente: Elaboración Propia

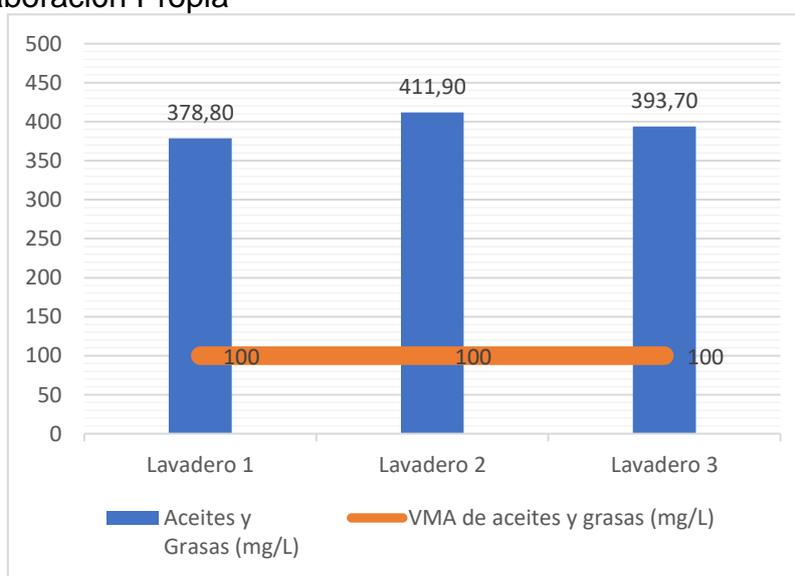


Figura 2. Análisis comparativo de concentración de aceites y grasas con los valores máximos admisibles.

Según los datos de la Tabla 1, podemos analizar que el lavadero 1 contiene 308,80 mg/L de aceites y grasas, asimismo, el lavadero 2 contiene 411,90 mg/L de aceites y grasas y lavaderos 3 393,70 mg/L de aceites y grasas, siendo el lavadero 2 el lavadero con mayor cantidad de aceites y grasas por lo que fue seleccionado para el análisis de remoción. Además, en la Figura 1. Se destaca que el lavadero 2 excede 3 veces por encima del Valor Máximo Admisible (El Peruano, 2019, p. 25).

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y se encontró que los datos presentan una distribución normal, con un $p = 0,890$. Por lo que se optó por realizar la prueba paramétrica T Student para evaluar si las medias de concentraciones de aceites y grasas son diferentes

H0: No existe diferencia significativa de concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de lavaderos vehiculares

H1: Existe diferencia significativa de concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de lavaderos vehiculares

Tabla 2. Prueba T Student – Concentración de Aceites y Grasas.

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0						
95% de intervalo de confianza de la diferencia						
	I	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medidas	Inferior	Superior
Aceites y Grasas (mg/L)	41,250	2	0,001	3,948,000	353,619	435,981

Fuente: elaboración propia, IBM SPSS Statistics 25.

Según los resultados prestados en la Tabla 2, se observa que estadísticamente existe diferencia significativa ($p = 0.001$) de concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023. Por lo tanto, para

evaluar la eficacia de la remoción de aceites y grasas utilizando queratina de astas de caprino se optó por seleccionar la muestra del lavadero 2, ya que presentó mayor concentración de aceites y grasas 411,78 mg/L, a fin de ser más exigentes en la evaluación de la eficacia de remoción de dicho contaminante.

4.2. Elaboración de biomaterial de queratina de astas de caprino

Para la extracción de queratina se realizó mediante el uso de agentes reductores que disminuyeron la estabilidad de las fibras de queratina que se encontraron en forma sólida en las astas de caprino. Estos reactivos lograron romper los enlaces disulfuro, los puentes de hidrógeno y los enlaces salinos de las fibras de queratina para disolverlos en una solución proteica.

La queratina se extrajo químicamente a escala de laboratorio utilizando sulfuro de sodio como agente reductor. La extracción se realizó mediante diferentes procedimientos. Se recogieron las astas de caprino, se pretrataron, se trituraron, se disolvieron usando una concentración de sulfuro de sodio, se separaron y finalmente se purificaron.

Recolección y pretratamiento de los residuos de las astas de caprino.

Se recogieron las astas de caprino del camal del ubicado en el porvenir, las astas recolectadas se remojaron en agua con cloro durante 24 horas para limpiarlas de manchas, aceite y grasas, microorganismos. Luego se lavaron con agua y se secaron, posteriormente se esterilizaron en el auto clave a una temperatura de 121 °C a una presión de 120 kPa durante 5 horas, para obtener una muestra fácilmente triturable a 30 °C durante 72 horas en la secadora.

Las astas secas se trituraron utilizaron un mortero y posteriormente tamizados a un tamaño de 0,25 mm.

Se pesaron 25 g de astas de caprino y fueron disueltos en 1 L de solución de sulfuro de sodio a 0,5 M. La solución se calentó a 30 °C, con un pH de 10 – 13 y se agitó continuamente durante 6 h, la solución se filtró y se centrifugó a 5000 rpm durante 60 min. El líquido sobrenadante se recogió y luego se filtró usando papel filtro grado 1 de 110 mm para dejarlo libre de partículas.

Para la preparación del precipitado se disolvieron 175 g de sulfato de amonio a 250 ml de agua desionizada, la solución se agitó hasta que este disuelto y se filtraron para dejarla libre de partículas.

Posteriormente la solución filtrada recogida anteriormente se colocó en un vaso precipitado y se agitó continuamente. Se añadió lentamente gota a gota un precipitado filtrado. Los dos componentes estaban en una proporción de 1:1.

La solución se centrifugó a 5000 rpm durante 10 min y se recogieron las partículas sólidas. Los líquidos sobrenadantes se recogieron y se repitió el paso de la preparación del precipitado.

Para la purificación de queratina las partículas sólidas se recogieron y se añadieron a 20 mL de agua desionizada y se agitaron, luego se centrifugó a 5000 rpm durante 15 min y se recogieron las partículas sólidas. Finalmente se filtró y se liofilizó, logrando así el biomaterial de queratina, los cuales fueron separados por gramos de 20 g, 25 g, 30g y respectivamente almacenadas.

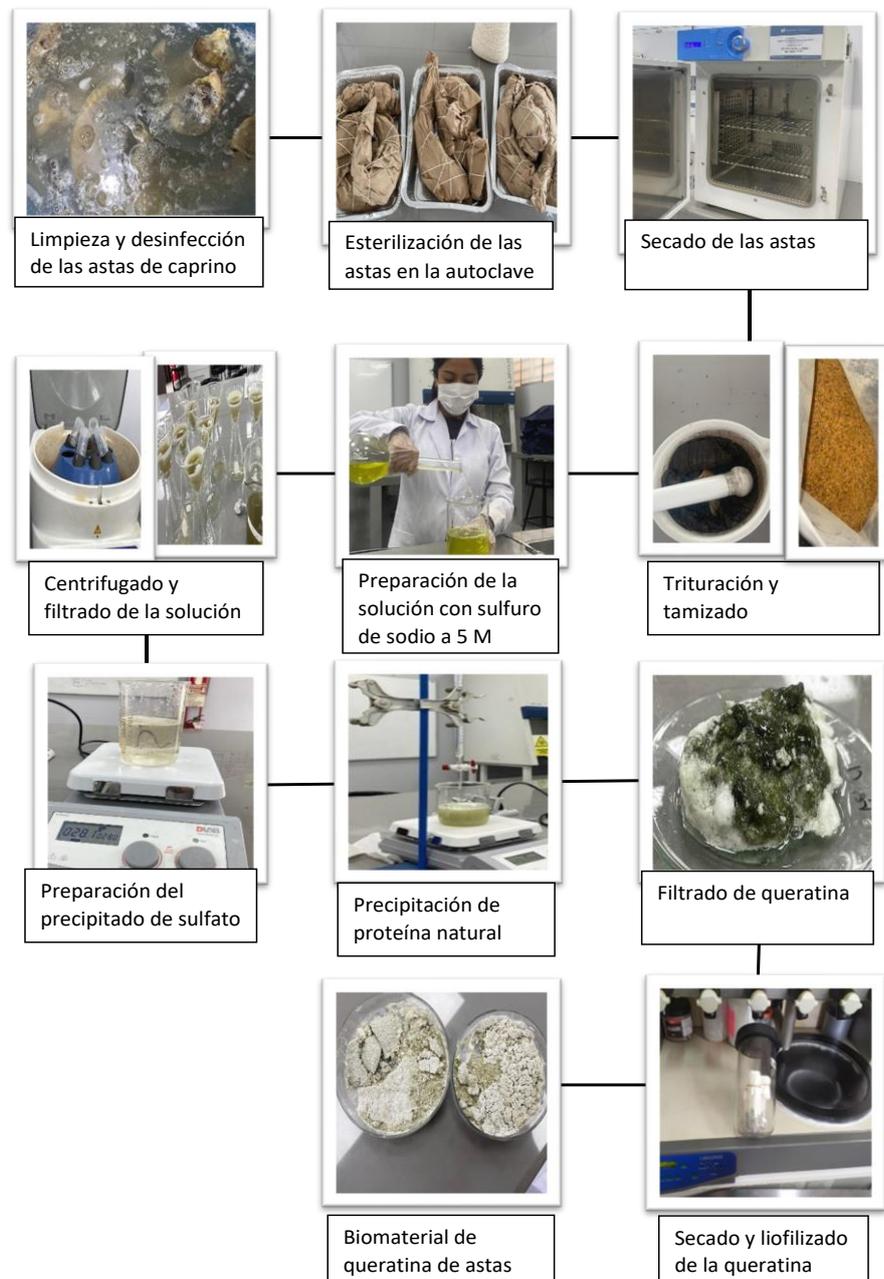


Figura 3. Procedimiento de la elaboración del biomaterial de queratina.

Tabla 3. Análisis de las características de la queratina a base de astas de caprino.

Queratina	Humedad (%)	Flotabilidad	Densidad (g/mL)
20g	191.43	100%	0.71
25 g	188.26	100%	0.71
30 g	179.26	100%	0.71

Fuente: elaboración propia.

Según los datos de la Tabla 3, podemos analizar que los valores obtenidos de las características del biomaterial de queratina son similares, esto se puede deber a que los tres materiales pertenecieron a un solo producto.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y como resultado se encontró que los datos presentan una distribución normal, con un $p = 0,468$. Por lo que se optó por realizar la prueba paramétrica de T Student.

H0: No existe diferencias en el desarrollo del biomaterial de queratina de astas de caprino para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares

H1: Existe diferencias en el desarrollo del biomaterial de queratina de astas de caprino para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares

Tabla 4. Prueba T Student – Biomaterial de queratina de astas de caprino.

Prueba para una muestra						
Valor de prueba = 0						
95% de intervalo de confianza de la diferencia						
	I	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medidas	Inferior	Superior
Humedad (%)	51,531	2	0,000	186,2733	170,720	201,827

Fuente: elaboración propia, IBM SPSS Statistics 25.

Según los resultados presentados en la Tabla 4 se observa que estadísticamente se acepta la hipótesis nula, lo que permite demostrar que no existe diferencias en el desarrollo del biomaterial de queratina de astas de caprino para la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares estadísticamente significativas ($p = 0,000$), ya que el biomaterial queratina de astas de caprino no contiene diferencias en los porcentajes de humedad, flotabilidad y densidad, lo que concluye que el desarrollo del biomaterial de queratina obtiene los mismos resultados en cada elaboración.

4.3. Niveles de dosis de queratina en la remoción de aceites y grasas

Se establecieron tres niveles de dosificación de 20 g, 25 g y 30 g de queratina para la remoción de aceites y grasas, estos fueron analizados en un tiempo de contacto de 10 min, 15 min, 20 min, con tres repeticiones para disminución del margen de error. Se halló la capacidad de retención siguiendo con la norma ASTM F726-99.

Tabla 5. Niveles de dosis de queratina de astas de caprino.

Queratina	Tiempo (min)	Repeticiones	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Remoción(mg/L)
20g	10	R1	411,90	265,53	146,37
		R2	411,90	269,70	142,20
		R3	411,90	270,51	141,39
	15	R1	411,90	219,61	192,29
		R2	411,90	226,64	185,26
		R3	411,90	229,70	182,20
	20	R1	411,90	202,34	209,56
		R2	411,90	208,30	203,60
		R3	411,90	201,36	210,54
25g	10	R1	411,90	241,84	170,06
		R2	411,90	250,45	161,45
		R3	411,90	248,27	163,63
	15	R1	411,90	200,59	211,31
		R2	411,90	210,17	201,73
		R3	411,90	207,67	204,23
	20	R1	411,90	170,38	241,52
		R2	411,90	177,57	234,33
		R3	411,90	176,32	235,58
30g	10	R1	411,90	174,28	237,62
		R2	411,90	181,12	230,78
		R3	411,90	201,68	210,22
	15	R1	411,90	133,48	278,42

	R2	411,90	135,76	276,14
	R3	411,90	159,75	252,15
	R1	411,90	103,21	308,69
20	R2	411,90	118,11	293,79
	R3	411,90	113,13	298,77

Fuente: elaboración propia.

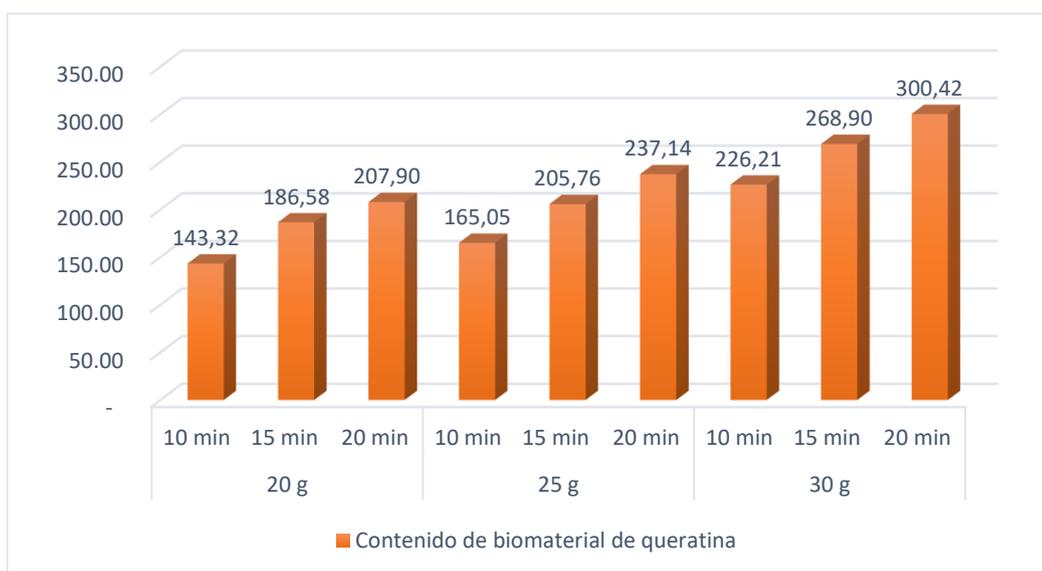


Figura 4. Porcentajes de remoción de los niveles de queratina de astas de caprino

En la Tabla 5 se puede observar que el mejor nivel de queratina de astas de caprino fue de 30 gr ya que tuvo una remoción de 300,42 mg/L lo que quiere decir que removió un 73% en un tiempo de contacto de 20 min. Además, en la Figura 4. se puede apreciar que el biomaterial de queratina adsorbe de 20 mg/L a 45 mg/L por cada 5 minutos que transcurre, por lo que podemos inferir que la dosificación es directamente proporcional a la remoción de aceites y grasas.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y como resultado se encontró que los datos presentan una distribución normal, con un $p = 0,002$. Por lo que se optó por realizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

H0: No existe diferencias en la remoción de aceites y grasas utilizando distintos niveles de dosificación de biomaterial de queratina de astas de caprino

H1: Existen diferencias significativas en la remoción de aceites y grasas en aguas residuales de lavaderos vehiculares utilizando distintos niveles de dosis de biomaterial de queratina de astas de caprino.

Tabla 6. *Prueba de Kruskal Wallis – Niveles de dosis de queratina de astas de caprino.*

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Remoción (mg/L) es la misma entre las categorías de Queratina	Prueba de Kruskal - Wallis para muestras independientes	,001	Rechazar la hipótesis nula.

Fuente: elaboración propia, IBM SPSS Statistics 25.

Según los resultados prestados en la tabla 6, se observan que estadísticamente se rechaza la hipótesis nula, lo que permite demostrar que existe diferencias en la remoción de aceites y grasas estadísticamente significativas ($p=0,001$) utilizando niveles de dosis de 20 g, 25 g, 30 g de queratina de astas de caprino para concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023, por lo que es diferente usar diferentes dosis de queratina de astas de caprino ya que se obtendrán diferentes concentraciones en la remoción

4.4. Determinar la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares

Para lograr la determinación de la eficiencia se utilizó como variable independiente la queratina de astas de caprino para ver cómo influye en la remoción de aceites y grasas de lavaderos vehicular, por lo que dicha variable fue estudiada en relación a la dosificación, además con un tiempo de contacto de 10 min, 15 min, 20 min. Se hayo la capacidad de retención siguiendo con la norma ASTM F726-99.

Tabla 7. *Eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares.*

Queratina	Tiempo (min)	Repeticiones	Inicial (mg/L)	Final (mg/L)	Remoción (mg/L)	Remoción (%)
20g	10	R1	411,90	265,53	146,37	36%
		R2	411,90	269,70	142,20	35%
		R3	411,90	270,51	141,39	34%
	15	R1	411,90	219,61	192,29	47%
		R2	411,90	226,64	185,26	45%
		R3	411,90	229,70	182,20	44%
	20	R1	411,90	202,34	209,56	51%
		R2	411,90	208,30	203,60	49%
		R3	411,90	201,36	210,54	51%
25g	10	R1	411,90	241,84	170,06	41%
		R2	411,90	250,45	161,45	39%
		R3	411,90	248,27	163,63	40%
	15	R1	411,90	200,59	211,31	51%
		R2	411,90	210,17	201,73	49%
		R3	411,90	207,67	204,23	50%
	20	R1	411,90	170,38	241,52	59%
		R2	411,90	177,57	234,33	57%
		R3	411,90	176,32	235,58	57%
30g	10	R1	411,90	174,28	237,62	58%
		R2	411,90	181,12	230,78	56%
		R3	411,90	201,68	210,22	51%
	15	R1	411,90	133,48	278,42	68%
		R2	411,90	135,76	276,14	67%
		R3	411,90	159,75	252,15	61%
	20	R1	411,90	103,21	308,69	75%
		R2	411,90	118,11	293,79	71%
		R3	411,90	113,13	298,77	73%

Fuente: Elaboración Propia

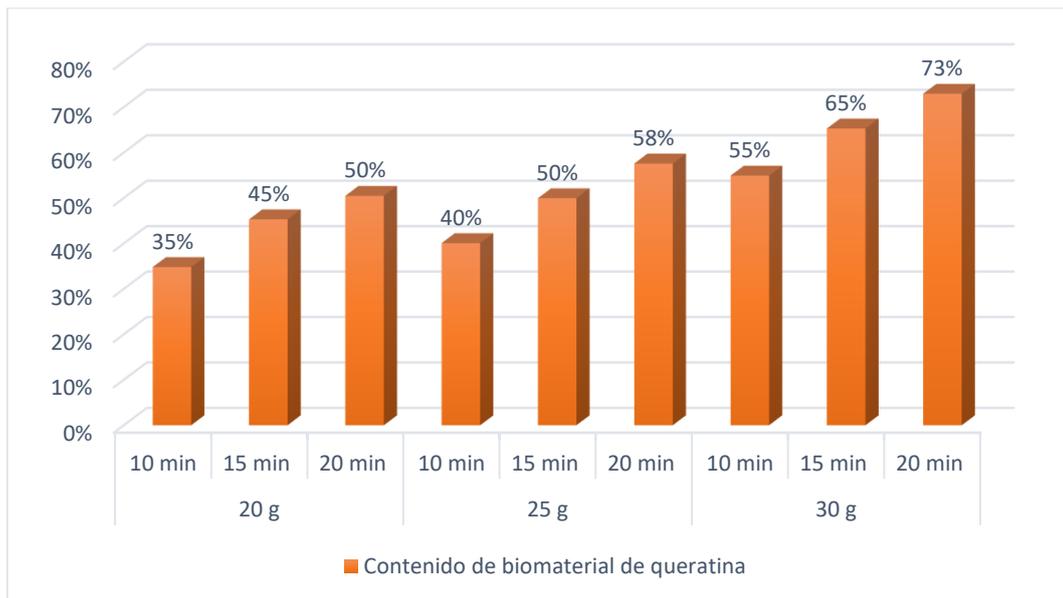


Figura 5. Porcentajes de la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares.

En la Tabla 7 se puede observar que la mayor eficiencia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas fue del biomaterial que contenía 30 g de queratina, teniendo porcentaje de remoción desde 50% hasta 73% de remoción de aceites y grasas. Además, en la Figura x. se puede apreciar que el porcentaje de remoción que adsorbe el biomaterial de queratina es entre un 5% - 10% cada 5 minutos.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y como resultado se encontró que los datos presentan una distribución normal, con un $p = 0,002$. Por lo que se optó por realizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

H0: No existe eficacia en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares utilizando queratina de astas de caprino

H1: Existe eficacia en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares utilizando queratina de astas de caprino

Tabla 8. Prueba de hipótesis de Kruskal Wallis – Eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas.

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Remoción (%) es la misma entre las categorías de Queratina	Prueba de Kruskal - Wallis para muestras independientes	,001	Rechazar la hipótesis nula.

Fuente: Elaboración propia, IBM SPSS Statistics 25

Según los resultados prestados en la tabla 8, se observa que estadísticamente se rechaza la hipótesis nula, lo que permite demostrar que existe eficacia en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares estadísticamente significativas ($p= 0,001$) utilizando queratina de astas de caprino, por lo que utilizar este material puede ser una alternativa de solución para remediar aguas residuales de lavaderos vehiculares.

V. DISCUSIÓN

Según los resultados presentes en la investigación, se observó que las aguas contaminadas de lavaderos vehiculares tienen una cantidad significativa de ($p = 0.001$) con concentración de aceites y grasas de 411.90 mg/l, además se analizaron parámetros adicionales un pH.18, OD 2 mg/L, turbidez 342 NTU, temperatura 18.80°. Estos resultados fueron contrastados por Salini, Madhu y Pawels (2022, p. 2445), donde en su estudio la concentración de aceites y grasas fue de 230.8 mg/L, además se analizaron pH de 6.9, turbidez de 53,7 NTU, SST 98 mg/L, esto fue analizado en el distrito de Ernakulam, India. Asimismo, Priya y Jeyanthi (2023, p. 4), en su estudio analizado en Tamil Nadu, India, se tomó como muestra 0,8 L cuyos resultados en aceites y grasas fue 180 – 200 mg/L, Por otro lado, según Rakesh Mohini y Rohan (2023, p. 22), en su estudio recolectaron aguas residuales de la ciudad Selaqui, India, teniendo la concentración de aceites y grasas de 1500 MI donde varió desde un mínimo rango de 240 mg/L hasta un rango máximo de 612 mg/l con un valor promedio de 455,89 mg/L. Por lo que podemos indicar que los estudios han demostrado que los lavaderos vehiculares superan el LMP de aceites y grasas, para el caso de India según lo establecido por la Junta de Control de la Contaminación del Estado de Kerala y para nuestro estudio exceden los VMA declarada en el Decreto Supremo N° 010 – 2010 – MINAM. Ambos necesitando un método eficaz de remoción de aceites y grasas, indicándonos entre mayor sea la cantidad de agua, mayor es la cantidad de aceites y grasas existentes.

Según Reeta et al, (2020, p. 200), en su investigación en Bután, se tomó como muestra 10 L de agua residual de autolavados recogidas en puntos vertidos de Olakha donde tuvieron 1394, 81 mg/L de aceites y grasas. Por otro lado, según Ahmed y Zainab (2021, p.4), en su estudio, se tomó 1L de muestras de aguas residuales en la ciudad Tikrit, donde nos mencionan que la cantidad de aceites y grasas encontradas fue de 100 mg/L. Por lo que contrastando con nuestra investigación podemos indicar que existe una variabilidad significativa en las concentraciones de aceites y grasas en aguas contaminadas de lavaderos vehiculares, esto se puede deber a la ubicación geográfica y las condiciones locales, asimismo a las prácticas de gestión de aguas residuales y tecnologías de tratamiento avanzadas o regulaciones ambientales más estrictas en esas regiones en particular.

Según el desarrollo elaborado en nuestra investigación utilizamos una metodología guiada por la investigación de Tokuma (2019, p. 174). donde se empleó astas de caprino para su extracción de queratina se utilizó 0,5 M de sulfuro de sodio para romper los enlaces disulfuro, se pesaron 25 g de astas molidas y se mezclaron en la solución de sulfuro, para la preparación del precipitado se utilizó 175 g de sulfato de amonio para separar los puentes de hidrógenos presentes en la proteína, junto con 250 mL de agua desionizada, para la precipitación de la proteína (queratina) la solución recogida anteriormente se mantuvo agitada y se añadió gota a gota 250 mL de la solución de sulfato de amonio en relación 1:1 con la solución, para finalizar se dializó y se liofilizó. Por otra parte según Orjuela y Zaritzky (2023, p.18), para la extracción de queratina en plumas de aves utilizaron dos metodologías, en la primera utilizaron sulfito de sodio para dividir los enlaces disulfuro, urea para poder destruir los puentes de hidrogeno y dodecilsulfato de sodio (SDS) como agente tensoactivo para que la solución sea estable, las plumas acondicionadas se mezclaron con una solución que contenía 0,125 M de sulfito de sodio, 0,05 M de SDS y 2M de urea , la solución se dializó y se almacenaron a -40 °C y se liofilizaron a 4 °C, la segunda metodología utilizaron sulfito de sodio mediante sulfitolisis, esto para poder así romper los enlaces disulfuro formando la sal de Bunte, posteriormente las plumas de pollo se mezclaron en relación 1:20 con una solución que contenía 7,75 M de urea y 0,48 M de sulfito de sodio, estuvieron en una agitación constante y se filtró, para que finalmente las soluciones se dialicen y se liofilicen para obtener las esponjas. Por lo luego de contrastar con nuestro estudio podemos indicar que ambas metodologías reflejan tipos de obtención de la queratina. En el caso de nuestro estudio, se destaca un método más conciso y eficaz que facilita la obtención de la proteína en un número reducido de pasos. A pesar de las diferencias iniciales, ambos estudios comparten la inclusión de la diálisis y la liofilización.

Según Hussain, Zeeshan y Saima (2020, p. 5), utilizaron lana segregada que fueron proporcionadas por una industria del cuero, el proceso para obtener su queratina fue de preparar una solución que contuviera L-cisteína 165 M y Urea 8 M, utilizaron hidróxido de sodio 5 M para la disolución de L – cisteína, se vertieron 100 ml de la solución en un matraz que contenía la lana cortada y se agitaron por 12 h a 85 °C a 150 rpm, posteriormente, se enfrió la mezcla y se filtró, se dializó utilizando una

membrana de tubo de diálisis frente a agua destilada, esto para eliminar la L-cisteína no reactiva, urea y otras moléculas. Para la obtención de su esponja se liofilizó para la reducción de su volumen, se agregaron acetona y glutaraldehído para la obtención de la esponja. Por lo que contrastando con nuestra investigación podemos afirmar que los procedimientos difieren en la obtención de dos elementos distintos: uno se enfoca en la producción de una esponja en sí misma, mientras que nuestra investigación se orienta hacia la obtención de un biomaterial con propiedades similares a una esponja, especialmente en términos de capacidad de adsorción. En cuanto a las metodologías identificadas, se observa que la dialización y la liofilización son aspectos fundamentales en ambos procesos.

Según Chang et al, (2020, p. 12), para la extracción de queratina a partir de lana utilizaron acetona para desengrasar, posteriormente, se sumergieron en una solución de glutatión y urea a 8 M, para luego centrifugar y recoger el sobrenadante y dializarla durante 72 h, para finalizar liofilizarla y obtener esponjas de queratina en polvo y residuos de lana. Por otra parte, según Nadeeka et al, (2020, p. 27), para la extracción de queratina en lana merino se hidrolizaron en soluciones de NaOH a diferentes molaridades: 0,1; 0,3; 0,5; 0,8; 1 M; donde luego se centrifugaron se secaron y se hidrolizaron, por lo que contrastando con nuestro estudio podemos señalar que los métodos para extraer queratina difieren en sus enfoques; el primer autor mencionado indica que se requiere liofilizar la queratina para obtener un material con propiedades similares a una esponja. En contraste, el segundo autor emplea fibra de lana hidrolizada alcalina sin recurrir al proceso de liofilización para llevar a cabo la bioadsorción.

Según Jinzhi et al, (2021, p. 23), para la extracción de queratina de pelo de vacas nos indican que se realizó un secado en una estufa a 80 °C, para que posteriormente sea vertida en una solución de NaOH, el pelo se degradó en una solución con queratinasa WB600 y finalmente se dializó y liofilizó, por lo que al contrastar con nuestra investigación podemos inferir que son distintos métodos, puesto a que en nuestro estudio recomendamos evitar el secado a una temperatura superior a 25 °C para preservar la queratina y prevenir su carbonización total, en comparación con el autor mencionado, quien empleó una temperatura más elevada con el propósito de combinarla y producir biocarbón con el fin de eliminar contaminantes. En nuestro caso, la carbonización no fue necesaria, ya que era

crucial preservar la queratina presente en las astas para la eliminación de aceites y grasas, buscando así lograr un porcentaje más alto de remoción.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se logró observar que existe diferencias en la remoción de aceites y grasas estadísticamente significativas ($p= 0,001$) utilizando niveles de dosis de 20 g, 25 g, 30 g de queratina de astas de caprino para la remoción de una concentración de 411.80 mg/L de aceites y grasas en las aguas residuales de lavaderos vehiculares, siendo la dosis de 30 g, la que permitió una mayor remoción de 300,42 mg/L, que expresado en porcentaje es un 73%. Estos resultados fueron contrastados con Mohamed et al, (2017, p. 77), quien obtuvo una remoción de aceite utilizando dosis de lana de oveja de 0.1, 0.2, 0.75 y 1.0 g, para la remoción de 9,06 mg/L de aceite en una cantidad de sorbente de 100 mL de agua destilada, siendo la mejor dosis utilizada la de 1g, logrando una capacidad de remoción de 8,89 mg/L lo que significa un 98,12%. Por lo que podemos evidenciar resultados semejantes, puesto a que ambos tienen la dosis directamente proporción con la remoción de contaminante, asimismo recalcar que las cantidades removidas son proporcionales puesto a que una dosis de 33 veces más de lana, lograría remover 293 mg/L, siendo esta una cantidad similar a removida en nuestro estudio realizado.

Según Varsha y Monhanan (2023, p. 547), obtuvo una mejor remoción de aceites y grasas de centros de servicios de automóviles con la utilización de cabello humano, donde se tuvo una concentración inicial de 52,18 mg/L en 250 mL de agua residual, el estudio se hizo con diferentes dosis de 4 g/L, 8 g/L, 12 g/L, 16 g/L, 20 g/L, 24 g/L, 28 g/L, 32 g/L y 36 g/L, donde la más eficiente fue de 24 g/L, logrando una remoción del 76%. Dicho estudio fue comparado con nuestra investigación, por lo que podemos indicar una discrepancia en los resultados entre ambos estudios, ya que un estudio logro una remoción más alta en términos porcentuales de 76%, mas no en cantidades de remoción, puesto a que nuestro estudio enfrentó una concentración inicial mayor y aun así logró una remoción considerable de 73% utilizando astas de caprino. Ello podría atribuirse a las características específicas de los adsorbentes, asimismo la elección de materiales adsorbentes y las condiciones experimentales pueden influir en la eficacia del proceso de remoción. Según Castañeda et al, (2023, p. 22) obtuvo una remoción de aceites y grasas utilizando esponjas de quitosano a base de cangrejo de 5, 10 y 15 mg/L, con una

concentración inicial de 225 mg/L, por lo que la mejor dosis utilizada fue de 15 mg/L, obteniendo una cantidad final de adsorción fue de 169,34 mg/L, por lo que se removió una concentración de 75,26%. En comparación con nuestra investigación, concluimos que la queratina de astas de caprino obtuvo mejores resultados, sin embargo, existe similitud en los resultados, puesto a que la cantidad de remoción obtenida está en relación directa con la dosis aplicada en ambos casos, asimismo podemos notar que la dosis aplicada por el autor en contraste, es 2 veces menos, por ello su remoción resulta casi equivalente a la mitad de la que obtuvimos en nuestro estudio. Según Salinas (2022, p.10), quien para la remoción de aceites y grasas empleó adsorbentes naturales, pelo de animal y cabello humano, con dosis de 25 g y 50g, a una concentración inicial de 31.4 mg/L aceites y grasas, siendo la dosificación de 50 g con el pelo de animal, quien obtuvo una mayor eficiencia de 18,25 mg/L, lo que indica que se removió un 58.15% de aceites y grasas. Por lo que podemos indicar que las astas de caprino son mejor removedor de aceites y grasas, ya que se tuvo mejores resultados con menor dosis, removiendo un 14% más que la investigación del autor mencionado, esto puede deber a que nosotros extrajimos la queratina químicamente, dándonos un biomaterial más puro en comparación al investigador, quien utilizó directamente el pelo de animal sin procesarlo.

Además, Cornelius et al. (2023, p. 6), para la remoción de aceites vegetales y de aceites de motor existentes en aguas residuales empleó el pelo de vaca, utilizando dosis de 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5g, a una concentración inicial de aceite de 50 g/L, siendo la dosis de 0.5 g la que obtuvo 100% de remoción de cada tipo de aceite. Por lo que luego de contrastar los resultados con nuestra investigación, podemos señalar que en los dos estudios existe una relación directamente proporcional entre la dosificación y la remoción obtenida. Sin embargo, los estudios presentan distintos comportamientos, puesto a que el investigador mencionado, removió 50 g/L siendo este el 100% de aceites presentes en su muestra a tratar, por lo que se concluye que removió 6 veces menos en comparación con nuestra investigación, esta diferencia de valores se debe a la concentración inicial que presentan cada muestra para cada caso, ya que los pelos de vaca no lograron remover mayor porcentaje debido a que la muestra no prestaba más contaminantes en el agua, por otra parte es importante mencionar que los materiales utilizados en las investigaciones son distintos, punto influyente para una variación en los resultados de remoción ya que

según el investigador, el material de no solo presenta queratina, sino que es rico en celulosa, lignina, los cuales tienen importantes grupos superficiales, como el OH, que pueden utilizarse para unir contaminantes.

Asimismo, Salas y Ventura (2020, p. 37), en su estudio logro remover hidrocarburos totales de petróleo, utilizando niveles de dosis de 10, 15, 20 g de biomasa animal de cascos y cuernos de caprinos, para la remoción de 46000 ppm de 30 L de agua de río, escogiendo una muestra de 400 mL para el análisis, siendo la mejor dosis utilizada la de 10 g con una remoción de 98,80%. Por ende, luego de contraponer con la investigación pudimos concluir una discrepancia en los resultados, ya que no existe una relación directamente proporcional, esto se puede deber a la diferencia de concentración iniciales de los contaminantes, además de la diferencia de contaminantes adsorbidos, lo que implica que el proceso de adsorción también fluctúa en función del tipo de material que se va a adsorber, en consecuencia podemos inferir que esto se puede deber a que los hidrocarburos tienen mayor afinidad a los cascos y cuernos de caprino en comparación a los aceites y grasas. Por otro lado, Barrientos et al. (2022, p. 18), obtuvo una remoción de Diesel utilizando dosis de lana de oveja de Assaf de 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160 g, para la remoción de 150 mL de diesel (por L de agua destilada), siendo la mejor dosis de 120g, la que permitió remover un 94,10% de diesel. Podemos inferir que la queratina de astas de caprino es un mejor material adsorbente, ya que con un nivel de dosis 4 veces menor a la dosis de Barrientos et al, (2022, p. 18), logro remover un mayor porcentaje de 300, 42 mg/L de contaminantes. Sin embargo, debemos recalcar que los estudios presentan diferentes contaminantes adsorbidos, por lo que la adsorción también puede variar dependiendo del material que será adsorbido.

VI. CONCLUSIONES

- La eficacia del uso del biomaterial a base de queratina de astas de caprino tuvo una remoción máxima de 73 %, utilizando un nivel de dosificación de 30 g/L de queratina con un tiempo de contacto de 20 minutos.
- Se analizó la concentración de aceites y grasas en las aguas residuales de lavaderos vehiculares en la ciudad de Trujillo conteniendo una concentración máxima de 411 mg/L y una concentración mínima 378 mg/L, asimismo se rescata que los lavaderos analizados exceden hasta 3 veces por el encima el Valor Máximo Admisible para aguas de residuales provenientes de fuentes no municipales
- Se desarrolló 3 biomateriales utilizando 20, 25, 30 g/L de queratina de astas de caprino, obteniendo como mejor dosificación la de 30 g/L que logró adsorber más porcentaje que las otras dosificaciones.
- Se comparó los niveles de dosis de biomaterial de queratina de astas de caprino, donde utilizando una dosis de 30 g/L, se obtuvo una mejor adsorción de 298.77 mg/L en comparación con los demás niveles de dosis de biomaterial de queratina.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar en cuenta para posteriores investigaciones la utilización de otros materiales, los cuales posean menos dureza y así comparar el más eficiente en cuanto a procedimiento y eficacia de remoción
- También se podría investigar la eficiencia del biomaterial de queratina de astas de caprino para remoción de otros contaminantes como hidrocarburos, etc, con el fin de identificar hacia cual contaminante tiene mayor afinidad de adsorción.
- Se debe considerar analizar cuál es la cantidad de veces que se puede reutilizar el biomaterial de queratina o si es que es nula su reutilización
- Se debería realizar un estudio sobre el porcentaje y el tiempo en el que se satura el biomaterial de queratina de astas de caprino, puesto a que todo material cuenta con una adsorción máxima.
- Se debe tomar en cuenta que no es necesario tomar 1L de muestra para el análisis, también se puede considerar una muestra proporcional a la cantidad que se desea, esto con el fin de lograr mayor facilidad del desarrollo de la investigación

VIII. REFERENCIAS

Asociación Automotriz del Perú. Informe estadístico Automotor [En línea]. 1.a. ed. Perú: Comunicación y Marketing, 2019. [fecha de consulta: 30 de abril de 2020]. Disponible en: <https://aap.org.pe/informesestadisticos/diciembre-2019/>

ARIAS, José Luis, Diseño y Metodología de la investigación. 1.era ed. University of British Columbia – Vancouver, 2021, 134 pp.

ISBN: 978-612-48444-2-3

AHMAD, Koji, Yuzir, Rachmadona, Loke, Shiong. Micro and macro analysis of restaurant wastewater containing fat, oil, grease (FOG): An approach based on prevention, control, and sustainable management. *ScienceDirect*, 2023, Vol. 325, p. 138236. Disponible en:

[//www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523005039](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523005039)

AHMED Y. Radeef, Zainab Z. Ismail, Bioelectrochemical treatment of actual carwash wastewater associated with sustainable energy generation in three-dimensional microbial fuel cell. *ScienceDirect*, 2021, Vol. 142, p. 107925. Disponible en [//www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567539421001882](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567539421001882)

BARRET, David y Twycross, Alison. Data collection in qualitative research. London, 2018, 150 pp. ISBN: 101136102939

BARRIENTOS, Nilda, GONZALES, Rosmery, CASTAÑEDA, Carlos, BENITES, Elmer. Use of Assaf Sheep Wool for Bioretention of Hydrocarbons (diesel) in Water Bodies. *Italian Association of Chemical Engineerin*, 2022, Vol. 92. Disponible en <https://www.cetjournal.it/cet/22/92/037.pdf>

CASTAÑEDA, Carlos, et al. Crab Chitosan-Based Sponge as an Adsorbent for Oil and Grease in Wastewater from an Automotive Repair Shop. *The Italian Association of Chemical Engineering*, 2023, Vol 100, p. 22839216. Disponible en: <https://www.cetjournal.it/cet/23/100/004.pdf>

CASTRO, MANCANO, BATTOCCHIO, COLPINI. Adsorption of food dye using activated carbon from brewers' spent grains, *Scopus*, 2023, Vol. 45, I: 18062563. Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85136959342&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=animal+biomass&nlo=&nlr=&nls=&sid=295d681d461f54e37e4df6c2d>

[242fc66&sot=b&sdt=b&sl=29&s=TITLE-ABS-KEY%28animal+biomass%29&relpos=47&citeCnt=0&searchTerm=](#)

CHUANLIANG, Junyuan, Yi Yan, Liwei, Guohua, Huanyu Li, Pei Wu, Mingyuan Wang, Huaili Zheng, Application of coagulation/flocculation in oily wastewater treatment: A review, Science of the Total Environment, 2021, Vol 765, p. 142795
Disponibile en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720363245>

CALDERON, Jully y ALZAMORA, Luis METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN POSTGRADO. España, 2018. 111 pp.

ISBN: 9780557970735

CHANG, Gong, Qin, Ji-Meng, Zheng, Jiang, Zheng. Glutathione enables full utilization of wool wastes for keratin production and wastewater decolorization, Science of the Total Environment, 2020, Vol 270, p. 122092. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620321399>

CORNELIUS, ADJIA, ESSAM, SHU. Investigating the potential of using tannery process solid hair waste for spent engine and vegetable oils removal from water and toxicity assessment using maize, Science of the Total Environment, 2023, Vol 8, p. 100412. Disponible en
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423001172>

COBOS, Chávez, Moreno. Análisis químico y de peligrosidad de lodos del sistema de tratamiento de aguas residuales en la industria de palma, Dialnet, 2019, Vol 1, p. 8529780. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8529780>

DAVARNEJAD, Sarvmeili, Sabzehei. Car Wash Wastewater Treatment Using an Advanced Oxidation Process: A Rapid Technique for the COD Reduction of Water Pollutant Sources, Scielo, 2020, Vol 63, 2019, p. 1870249. Disponible en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-249X2019000400164#B9

DERJEW, Teshome, Berhanu. Chemical fixation of CO₂ with epoxides catalyzed by DBO as activator for the Lil promoted system: A theoretical study, *Science of the Total Environment*, 2023, Vol 1219, p. 113974, Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210271X22003875>

DAVARNEJAD, Reza, SARVMEILI Kusra, SABZEHEI Meysam. Car Wash Wastewater Treatment Using an Advanced Oxidation Process: A Rapid Technique for the COD Reduction of Water Pollutant Sources. *Scielo*, 2020, Vol 63, p. 1870249. Disponible en

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-249X2019000400164#B9

DOSHI, SILLANPAA, KALLIOLA. A review of bio-based materials for oil spill treatment. *Science of Total Environment*, 2018, Vol 135, p. 262277. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135418301416?pes=vor>

ESPINOZA, Martínez, Loor, Technologies employed for carwash wastewater recovery, *Science of Total Environment*, 2023, Vol 401, p. 136722. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623008806>

GANIYU, Dos Santos, Araújo, Martínez. Electrochemical advanced oxidation processes (EAOPs) as alternative treatment techniques for car wash wastewater reclamation, *Science of Total Environment*, 2018, Vol 211, p. 998100. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653518315194>

GARCÍA, Sánchez, Jiménez, Bravo, Cabañas, Peñab, Román, Jiménez, Desco, Lozano, López, Salinas. Desing and comparison of bone substitutes. Study of in vivo behavior in a rabbit model, *Environmental Technology & Innovation*, 2023, Vol 67, p. 324333. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888441522003502>

GRITA, Wazniak, Application of polypropylene microfiltration membranes for separation of wastewater from car wash, *Science Direct*, 2024, Vol 331, p. 125707.

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1383586623026151>

HUSSAIN, Najma, Zeeshan, Saima, Solid waste-derived biodegradable keratin sponges for removal of chromium: A circular approach for waste management in leather industry, Environmental Technology & Innovation, 2020, Vol 20, p.101120. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186420314206#b44>

JINZHI, Wang, Zhong, Yang, Xin, Yanchun, Shan. Preparing Biochars from Cow Hair Waste Produced in a Tannery for Dye Wastewater Treatment, MDPI, 2021, Vol 14, p. 1690. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/7/1690>

LEI, Chaogui, WAGNER, Paul, FOHRER, Nicola. Effects of land cover, topography, and soil on stream water quality at multiple spatial and seasonal scales in a German lowland catchment. Review, Ecological Indicators, Environmental Technology & Innovation, 2021, Vol 120, p. 1470160. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X20308797>

MACHALOWSKI, MYSOKOWSKI, PETRENKO, FURSOV, MEHDI, MEISSNER, FAZILOV, EHRLICH, JESIONOWSKI. Naturally pre-designed biomaterials: Spider molting cuticle as a functional crude oil sorbent. Science of Total Environment, 2020, Vol 261, p.110218. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720301535>

MOAZZEM, RAVISHAKAR, LINHUA, RODDICK, JEGATHEESAN. Application of enhanced membrane bioreactor (eMBR) for the reuse of carwash wastewater. Journal of Environmental Management, Science of Total Environment, 2020 Volume 254, p. 109780. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719314987#bib18>

MONNEY, Donkor, Buamanh. Clean vehicles, polluted waters: empirical estimates of water consumption and pollution loads of the carwash industry, Science of Total Environment 2020, Vol 6, p. 240584. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020307970>

MONTERO, Martínez, Urgilés. Technologies employed for carwash wastewater recovery, Science of Total Environment,2023, Vol 401, p. 136722. Disponible en:

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623008806#:~:text=Ph
ysicochemical%20systems%20present%20alternatives%20such,et%20al.%2C%20
02020](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623008806#:~:text=Ph%20ysicochemical%20systems%20present%20alternatives%20such,et%20al.%2C%202020)

MORENO Campos, GOMEZ Paredes. Remoción de hidrocarburos en agua dulce mediante harina de astas y cascotes de bovino a diferentes granulometrías, Tesis (Titulo de Ingeniero Ambiental). Peru: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingenieria Quimica, 2020. Disponible en http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15985/MorenoCampos_B%20-%20GomezParedes_J.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MOHAMED Sulyman, et al. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology, 2017, Vol 5, p. 232190009. Disponible en: https://www.ijar.in/journal/journal_file/journal_pdf/6-366-151619516984-92.pdf

MDUDUZI, Sithole, Tesfaye, Valorisation of waste chicken feathers: Optimisation of keratin extraction from waste chicken feathers by sodium bisulphite, sodium dodecyl sulphate and urea, Science Direct, 2020, Vol 262, p. 110329. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479720302644>

NADEEKA, Ruchira, Harini, Nalín, Rohini, Fibrous keratin protein bio micro structure for efficient removal of hazardous dye waste from water: Surface charge mediated interfaces for multiple adsorption desorption cycles. Science of Total Environment, 2020, Vol. 246, p. 122790. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058420301693>

NAZZATUL, MUGGUNDHA, SHARIFAH. Spent tea leaves as an adsorbent for micro-solid-phase extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from water and food samples prior to GC-FID analysis. Science of Total Environment, 2020, Vol 159, p. 105581. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X20322682>

NEHA, ASHOK. A review on sorbent devices for oil-spill control. Science of Total Environment, 2018, Vol 243, p. 175817. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749118319973>

TALEBZADEH, Valeo, Gupta, Constabel. Exploring the Potential in LID Technologies for Remediating Heavy Metals in Carwash Wastewater, Web of Science, 2021, Vol 13, p. 32294. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000690106400001>

TOKUMA, Gesesse, Belay, Extraction and Characterization of Natural Protein (Keratin) From Waste Chicken Feather, 2019, Vol 4, p. 174 – 179. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/286548150>

ORJUELA, Julia ZARITZKY, Noemi, Esponjas de queratina con capacidad de sorción de hidrocarburos, obtenidas a partir de residuos de la industria avícola, Cienc. Tecnol. Agropecuaria, 2023, Vol 24. Disponible en <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/2830/1015>

Priya, J. Jeyanthi, Removal of COD, oil and grease from automobile wash water effluent using electrocoagulation technique, Science of Total Environment, 2019, Vol 150, p. 104070. Disponible en:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X19310537?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=819cc2c0084b6df5

PULIDORI, Micalizzi, Koutsomarkos, Bramanti, Tiné, Vozzib, Chatzniloñaidou, Analysis of gelatin secondary structure in gelatin/keratin-based biomaterials, Science of Total Environment, 2023, Vol 1279, p. 134984. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022286023000856>

QINGZHUOMA, Yulu, Shengtao, Fazhi, Dongyou, Dairong, Hui, Molecular characterization and expression profiling of two flavohemoglobin genes play essential roles in dissolved oxygen and NO stress in *Saitozyma podzolica* zwy2–3, 2023, Vol 253, p. 127008. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813023039053>

QUINTERO, HUERTAS, ORTEGA, Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina, UGCiencia, 2017. Disponible en: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/767/1176>

RAKESH, Pradeep, Mohini, Krishnanand, Rohan, Shalini, Vishal, Assessment of the environmental impact on the ecosystem of Doon–valley by auto workshops

effluents, Science of Total Environment, 2023, Vol 73, p. 2214-7853. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322058254>

REETA, Subodh, DB Gurung, Bishal y Ram Devi, Assessing the impacts of vehicle wash wastewater on surface water quality through physico-chemical and benthic macroinvertebrates analyses, 2020, Vol 34, Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/11104929.2020.1731136?scroll=top&needAccess=true>

SALINI, Madhu, Renu, Treatment of vehicle wash wastewater by Fenton process and its recycling, Science of Total Environment, 2022, Vol 57, p. 244424, Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322009233>

STAZI, Annesini, Tomei. Anaerobic domestic wastewater treatment in a sequencing granular UASB bioreactor: Feasibility study of the temperature effect on the process performance, Science of Total Environment, 2022, Vol 10, p. 108512. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343722013859>

SHIJIN, Xiuliang, Linyun, Yue, Wei, Helan. Improving the Adsorption Properties of Keratin-Based Goat Hair Toward Reactive Dyes in Dyeing Wastewater by Steam Explosion, Science of Total Environment, 2023, Vol 20, p. 15440478. Disponible en:

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85148476057&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=0d427a53cd9d512622ca67a5693b9026&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28adsorption+and+wastewater+and+keratin%29&sl=52&sessionSearchId=0d427a53cd9d512622ca67a5693b9026>

SALAS, VENTURA. Remoción de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) en aguas dulces mediante biomasa animal de cascos y cuernos de caprinos 2020. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Peru: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020 Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65680/Salas_PDS-Ventura_SGG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SALINAS Rocha, Keyko. Eficiencia del cabello humano y animal en la reducción de aceites y grasas en efluentes del parque automotor Lima – 2022. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Peru: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2022. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98038>

SIMON, AMAYA, ARRANZ, DE LA OSA, SANCHEZ. Utilization and reusability of hydroxyethyl cellulose alumina based aerogels for the removal of spilled oil. Science of Total Environment, 2020, Vol 260, p. 127568. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565352031763X>

TAJUDDIN, Gheethi, Mohamed, Noman, Talip, Bakar. Optimizing of heavy metals removal from car wash wastewater by chitosan-ceramic beads using response surface methodology. Science of Total Environment, 2020, Vol 31, p. 22147853. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320301462#b0015>

TOKUMA, Extration and Characterization of Natural Protein (Keratin) From Waste Chicken Feather, International Journal of Modern Science and Technology, 2019, Vol. 4, p. 174-179. Disponible en: <https://core.ac.uk/reader/286548150>

SESSINI, Arrieta, Fernández-Torres, Peponi. Humidity-activated shape memory effect on plasticized starch-based biomaterials, Science of Total Environment, 2018, Vol 179, p. 01448617. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861717311037>

VARSHA, K; MOHANAN Nambodiri, Comparative study of adsorption properties of human hair and activated carbon in waste water, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 2023, Vol 10, p. 23950072. Disponible en: <https://www.irjet.net/archives/V10/i5/IRJET-V10I586.pdf>

VALENZUELA, Villarrea, Ramírez, Jimenez. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas mieles del beneficio del café. Dialnet, 2019, Vol 2, p. 21458480. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7834072>

WANG, Gao, Cui, A method for improving the hydrostatic pressure testing of the compressive strength of solid buoyancy materials used at full ocean Depth, Science of Total Environment, 2023, Vol 286, p. 115673. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801823020577>

YEIT Haan T, Isma Nordin PM, Ahmad Juanda NI, Mohd Shafi MA, Krishnan P. Una revisión sobre el proceso de adsorción para el tratamiento de aguas residuales aceitosas. Adv Environ Eng Res 2023, Vol 4, p. 1021926. Disponible en: <https://www.lidsen.com/journals/aeer/aeer-04-01-016>

ANEXOS

Anexo N°1: Tabla de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variables independientes: Dosis de queratina de astas de caprino	La dosis es cantidad específica de queratina derivada de astas de caprino, la cual puede ser esencial para lograr una remoción efectiva. Además, la queratina es una proteína fibrosa estructural compuesta por una variedad de aminoácidos, esta presenta un carácter hidrófobo y encuentra en las fibras de tejidos duros, como lo son las astas de caprino (Quintero, Huertas, Ortega, 2017).	Elaboración de un biomaterial poroso de queratina de astas de caprino con capacidad de adsorción	Adecuación de las astas de caprino	Queratina de astas (g)	Intervalo
			Biomaterial poroso de queratina	Densidad (g/ml)	Razón
				Humedad (%)	Razón
				Flotabilidad	Nominal
			Dosis de biomaterial poroso	Dosis 1 (20 g/L)	Razón
				Dosis 2 (25 g/L)	Razón
				Dosis 3 (30 g/L)	Razón

Variables dependientes: Remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares	La remoción de aceites y grasas se centra en la separación o eliminación de los residuos contaminantes similares que se acumulan en el vehículo, como en el motor, chasis u otras partes exteriores (Grita, Wazniak, 2023, p.9).	La remoción de aceites y grasas se evaluará mediante la concentración de las características físicas y químicas que contenga la muestra de agua residual, asimismo como interviene el tiempo en la remoción de aceites y grasas	Concentración de aceites y grasas en aguas residuales	Aceites y grasas (mg/L)	Razón
			pH (1-14)	Intervalo	
			Turbidez (NTU)	Intervalo	
			OD (mg/L)	Intervalo	
			Temperatura (°C)	Intervalo	
	Remoción de aceites y grasas	Eficacia de remoción (%)	Razón		
	Tiempo de remoción	Tiempo 1 (10 min)	Intervalo		
		Tiempo 2 (15 min)			
Tiempo 3 (20 min)					

Anexo N°3: Fichas de recolección de datos

Ficha 2: Recolección de residuos

 Universidad César Vallejo		FICHA 2: FORMATO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS			
TÍTULO	Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023				
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de los Residuos				
RESPONSABLES	Huaranga Solórzano, Viviana Maribel				
	Mamani Zuta, Yadira Bell				
ASESOR	MSc. Huerta Chombo, Germán Luis				
PROVINCIA		DEPARTAMENTO		DISTRITO	
FECHA			HORA		
ESTABLECIMIENTO			COORDENADAS UTM		
CÓDIGO	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD DE RESIDUO (kg)		OBSERVACIONES	

Anexo N°4: Fichas de recolección de datos

Ficha 3: Evaluación de las características del biomaterial de queratina

 Universidad César Vallejo FICHA 3: EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL BIOMATERIAL DE QUERATINA DE ASTAS DE CAPRINO				
TÍTULO		Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Tratamiento y Gestión de los Residuos		
RESPONSABLES		Huaranga Solórzano, Viviana Maribel		
		Mamani Zuta, Yadira Bell		
ASESOR		MSc. Huerta Chombo, Germán Luis		
CÓDIGO	DOSIS (g)	HUMEDAD (%)	FLOTABILIDAD	DENSIDAD APARENTE(g/mL)

Anexo N°5: Fichas de recolección de datos

Ficha 4: Formato de remoción de tratamiento

 Universidad César Vallejo		FICHA 4: FORMATO DE REMOCIÓN DE TRATAMIENTO				
TÍTULO	Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023					
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de los Residuos					
RESPONSABLES	Huaranga Solórzano, Viviana Maribel					
	Mamani Zuta, Yadira Bell					
ASESOR	MSc. Huerta Chombo, Germán Luis					
CÓDIGO	TIEMPO (min)	REPETICIONES	ACEITES Y GRASAS		REMOCIÓN (%)	
			CONCENTRACIÓN INICIAL (mg/L)	CONCENTRACIÓN FINAL (mg/L)		
		R1				
		R2				
		R3				
		R1				
		R2				
		R3				
			R1			

		R2			
		R3			
		R1			
		R2			
		R3			
		R1			
		R2			
		R3			
		R1			
		R2			
		R3			
		R1			
		R2			
		R3			
		R1			
		R2			
		R3			
		R1			
		R2			
		R3			

Anexo N°6: Fichas de recolección de datos

Ficha 5: Formato final de las características de las aguas residuales después del tratamiento

 Universidad César Vallejo								FICHA 5: FORMATO FINAL DE LAS CARACTERISTICASDE LAS AGUAS RESIDUALES DESPUÉS DEL TRATAMIENTO							
TÍTULO		Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023													
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		Tratamiento y Gestión de los Residuos													
RESPONSABLES		Huaranga Solórzano, Viviana Maribel													
		Mamani Zuta, Yadira Bell													
ASESOR		MSc. Huerta Chombo, Germán Luis													
CÓDIGO		TIEMPO (min)	REPETICIONES	ACEITES Y GRASAS	TURBIDEZ (NTU)	TEMPERATURA	OD	pH							
			R1												
			R2												
			R3												
			R1												
			R2												
			R3												
			R1												
			R2												

		R3					
		R1					
		R2					
		R3					
		R1					
		R2					
		R3					
		R1					
		R2					
		R3					
		R1					
		R2					
		R3					
		R1					
		R2					
		R3					
		R1					
		R2					
		R3					

Anexo N°7: Consentimiento informado, formato UCV



Consentimiento Informado

Título de la investigación: "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023"

Investigador (es): Huaranga Solórzano, Viviana Maribel
Mamani Zuta, Yadira Bell

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023" cuyo objetivo es Determinar la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023. Esta investigación es desarrollada por estudiantes pre profesionales de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo del campus Trujillo, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución

La investigación ayudaría mediante la aplicación de biomaterial de queratina de astas de caprino al mejoramiento de estos efluentes que contienen aceites y grasas, puesto que es necesario el tratamiento de estas aguas residuales antes de su vertido al alcantarillado urbano.

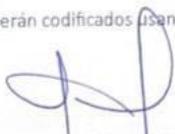
Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

1. Se realizará una toma de muestra de su centro de lavado de vehículos donde se recogerá agua residual con el fin de cooperar con la investigación ya mencionada.
2. Esta toma de muestra tendrá un tiempo aproximado de 10 minutos y se realizará en el ambiente de su centro de servicio de lavado vehiculares

LUBRICENTRO CAR WASH ROUTE 66

Los resultados de esta investigación serán codificados usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.


27418360



Consentimiento Informado

Título de la investigación: "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023"

Investigador (es): Huaranga Solórzano, Viviana Maribel

Mamani Zuta, Yadira Bell

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023" cuyo objetivo es Determinar la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023.

Esta investigación es desarrollada por estudiantes pre profesionales de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo del campus Trujillo, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución

La investigación ayudaría mediante la aplicación de biomaterial de queratina de astas de caprino al mejoramiento de estos efluentes que contienen aceites y grasas, puesto que es necesario el tratamiento de estas aguas residuales antes de su vertido al alcantarillado urbano.

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

1. Se realizará una toma de muestra de su centro de lavado de vehículos donde se recogerá agua residual con el fin de cooperar con la investigación ya mencionada.
2. Esta toma de muestra tendrá un tiempo aproximado de 10 minutos y se realizará en el ambiente de su centro de servicio de lavado vehiculares

Car Wash los Profesionales

Los resultados de esta investigación serán codificados usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

Alfimar Handaya

Consentimiento Informado

Título de la investigación: "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023"

Investigador (es): Huaranga Solórzano, Viviana Maribel

Mamani Zuta, Yadira Bell

Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Eficacia de queratina de astas de caprino para remover aceites y grasas en aguas residuales de lavadero vehicular, Trujillo 2023" cuyo objetivo es Determinar la eficacia de la queratina de astas de caprino en la remoción de aceites y grasas de aguas residuales de lavaderos vehiculares, Trujillo 2023. Esta investigación es desarrollada por estudiantes pre profesionales de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo del campus Trujillo, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución

La investigación ayudaría mediante la aplicación de biomaterial de queratina de astas de caprino al mejoramiento de estos efluentes que contienen aceites y grasas, puesto que es necesario el tratamiento de estas aguas residuales antes de su vertido al alcantarillado urbano.

Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

1. Se realizará una toma de muestra de su centro de lavado de vehículos donde se recogerá agua residual con el fin de cooperar con la investigación ya mencionada.
2. Esta toma de muestra tendrá un tiempo aproximado de 10 minutos y se realizará en el ambiente de su centro de servicio de lavado vehiculares

Auto Spa Golden Service

Los resultados de esta investigación serán codificados usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

Ruberi Contreras
CC: 003228222

Anexo N°8. Validación de instrumentos por juicio de expertos



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: Villacorta González, Misael
- 1.2. Cargo e institución donde labora: UCV - DTC
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Química
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. OBTENCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA
- 1.5. Autores del Instrumento: Huaranga Solórzano, Viviana Maribel
Mamani Zuta, Yadira Bell

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.								✓				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos y esenciales.											✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuada para valorar las variables de la Hipótesis.											✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.								✓				
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.											✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

CIP 34428

90%

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres: VALDERRAMA RAMOS ISIDORO
 1.2. Cargo e institución donde labora: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE RESIDUOS
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha 1. OBTENCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA
 1.5. Autores del Instrumento: Huaranga Solórzano, Viviana Maribel Mamani Zuta, Yadira Bell

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos y esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuada para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95.5%


 Ing. ISIDORO VALDERRAMA R.
 CIP. 49258

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES:

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Kong Sandoval, Víctor Andrés
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Municipalidad Provincial de Virú
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento y Gestión de Residuos
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha 1. OBTENCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA
- 1.5. **Autores del Instrumento:** Huaranga Solórzano, Viviana Maribel
Mamani Zuta, Yadira Bell

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos y esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuada para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

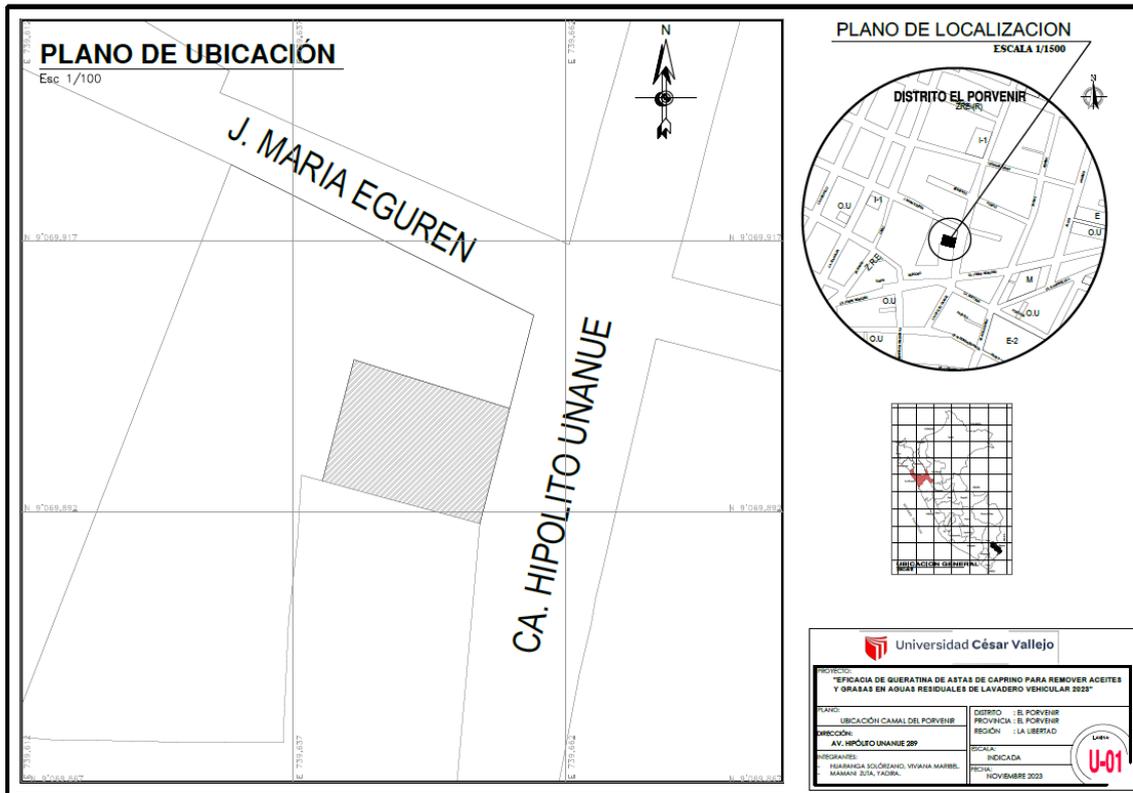
91 %



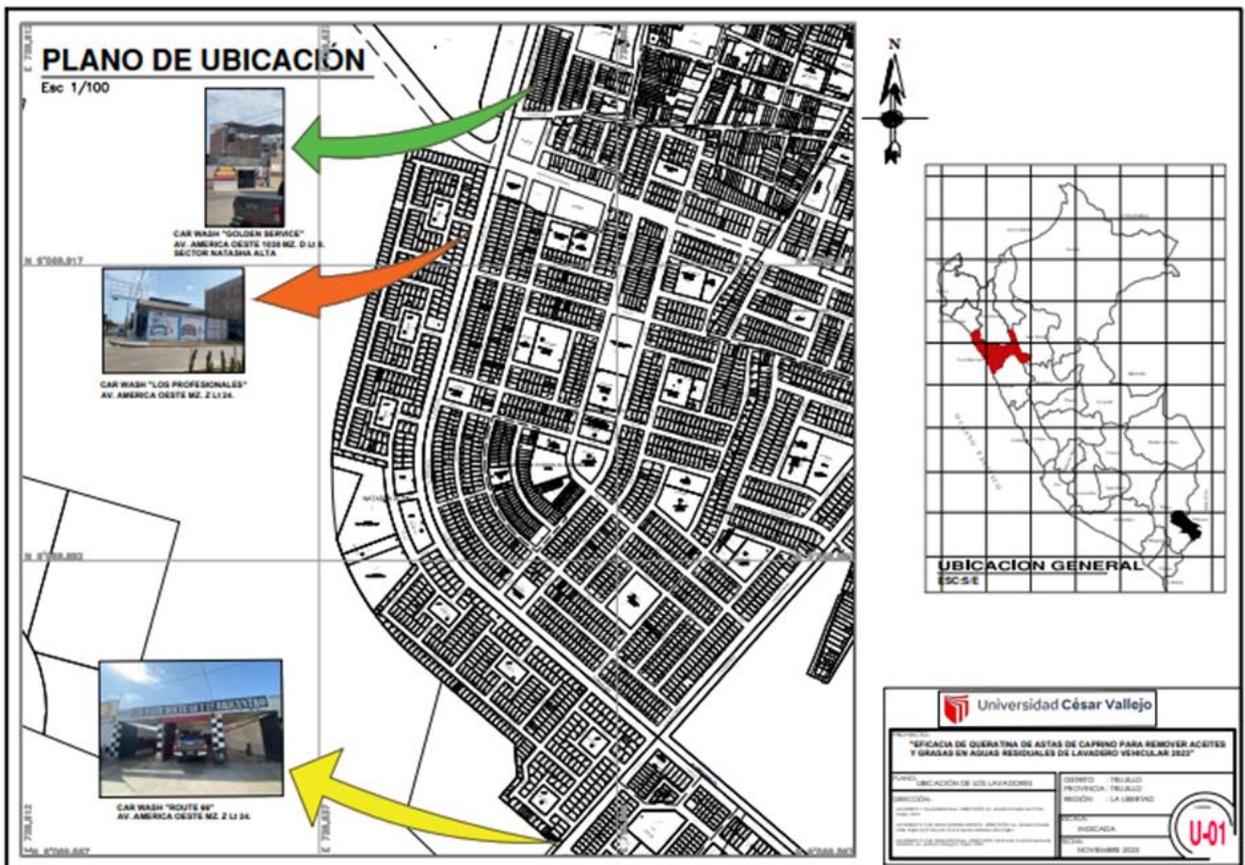
 Mg. Víctor A. Kong Sandoval

CIP: 74120

Anexo N°10: Referenciación de la ubicación del camal.



Anexo N°11: Referenciación de los 3 lugares de toma de muestra de agua



Anexo N°12. Informe de ensayo de muestras de Aguas Residuales



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO No LE 026



INFORME DE ENSAYO

T-2455-K223-VHYM

Pág. 01 de 02

CLIENTE : HUARANGA SOLORIZANO VIVIANA
CONTACTO : YADIRA MAMANI ZUTA
METODO DE ENSAYO : Químico
ITEM DE ENSAYO : Agua Residual
PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : Envases de plástico y vidrio
Preservadas
MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente
LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Trujillo, 15 de Setiembre de 2023
Hora: 09:30
LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Trujillo, 15 de Setiembre de 2023

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección
Aceites y Grasas	EPA METHOD 1664 Rev B 2010	1.53 HEM (mg/L)

Sello

Fecha Emisión

Jefe Administrativo

Jefe del Laboratorio de Química

[Firma] *[Firma]*

29/09/2023

Alexandra Aurazo

Anthony Vivar Paredes

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.

> Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

> Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de preservabilidad del ensayo analizado por un tiempo máximo de 9 días después de emitido el informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo requerimiento expreso del cliente

> Cuando el laboratorio no ha sido responsable de la etapa de muestreo (la muestra ha sido suministrada por el cliente), los resultados su aplican a la muestra cómo se recibió.

> Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

> El laboratorio no será responsable de la información que suministre el cliente para ser incluidos en el informe de ensayo, de ser el caso los datos suministrados por el cliente serán claramente identificados tales como: Código del cliente, ítem de ensayo, métodos solicitados, fecha y hora de muestreo.

Mz C-10 Lote 8 Parque Industrial - La Esperanza - Trujillo



INFORME DE ENSAYO

T-2455-K223-VHYM

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio	T-2455-01	
Código de Cliente	Lavadero 1	
Item de Ensayo	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	14/09/2023	
Hora de Muestreo	04:00	
Parámetro	Unidad	
Aceites y Grasas	HEM (mg/L)	378.80
Código de Laboratorio	T-2455-02	
Código de Cliente	Lavadero 2	
Item de Ensayo	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	14/09/2023	
Hora de Muestreo	04:15	
Parámetro	Unidad	
Aceites y Grasas	HEM (mg/L)	411.90
Código de Laboratorio	T-2455-03	
Código de Cliente	Lavadero 3	
Item de Ensayo	Agua Residual	
Fecha de Muestreo	14/09/2023	
Hora de Muestreo	04:30	
Parámetro	Unidad	
Aceites y Grasas	HEM (mg/L)	393.70



Mz C-10 Lote 8 Parque Industrial - La Esperanza - Trujillo

Anexo N°13: Obtención de las aguas residuales de los CAR WASH en Trujillo.



Anexo N°14: Obtención de las astas de caprino del Camal del porvenir



Anexo N°15. Desinfección, astas colocadas en cloro por 24 horas.



Anexo N°16. Pasteurización de las astas en la autoclave



Anexo N°17. Registro de los pesos de las astas



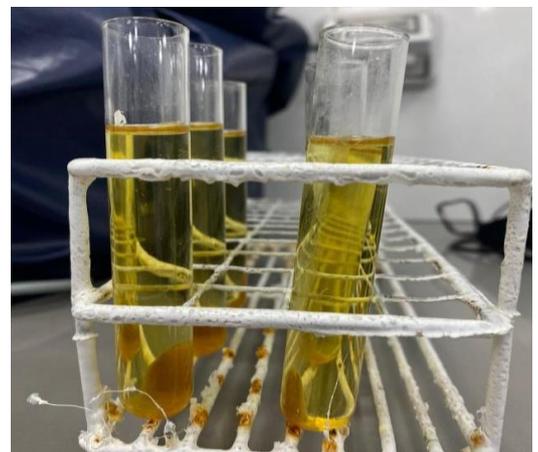
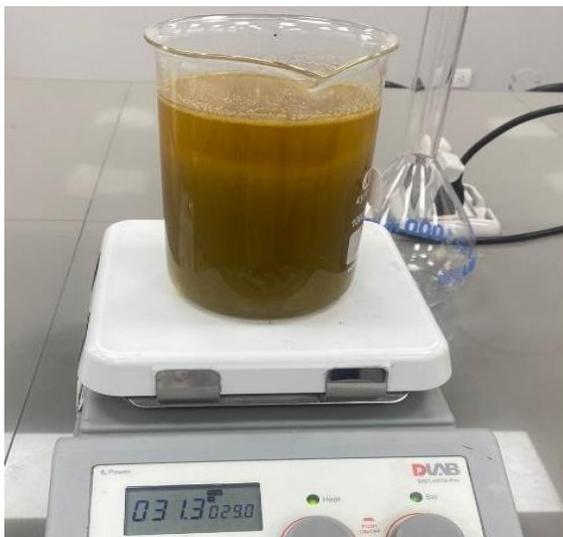
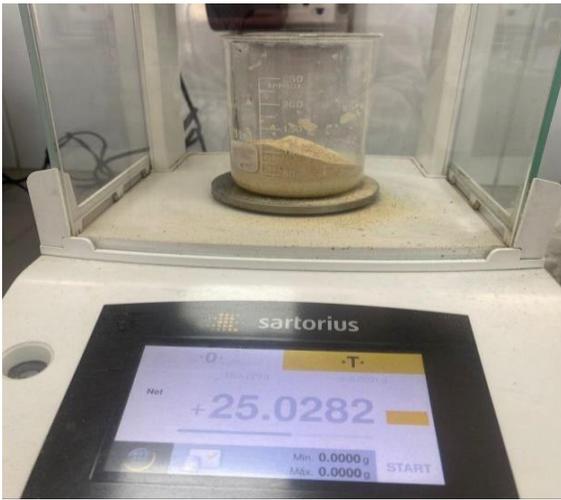
Anexo N°18. Molienda a mano y tamizado de las astas de caprino para reducción de volumen.



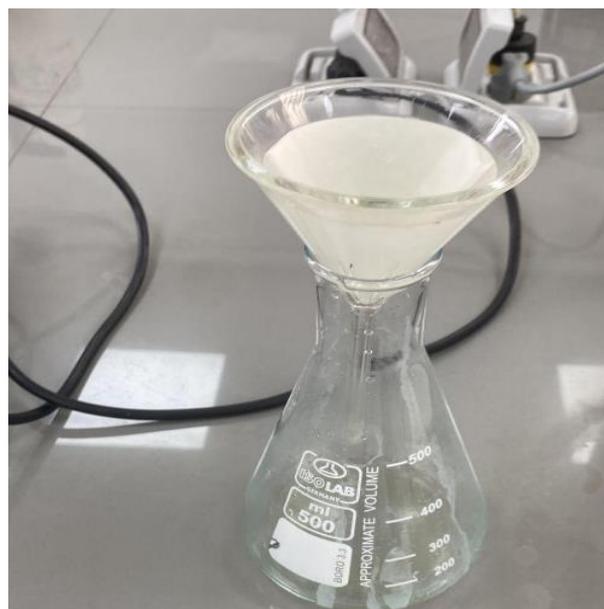
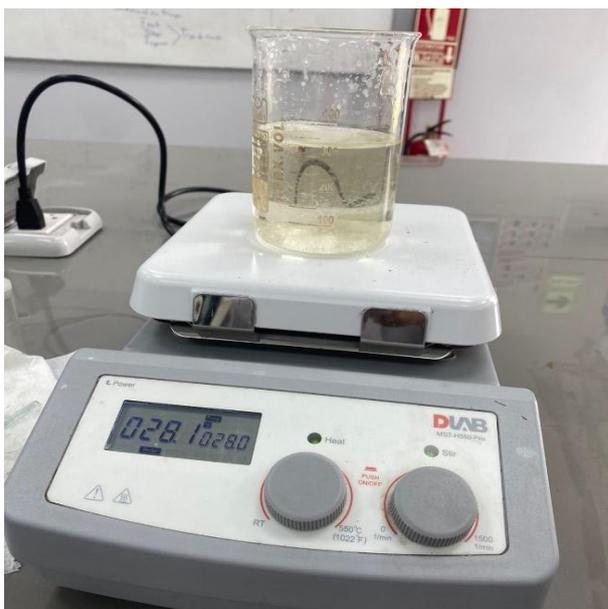
Anexo N°19. Preparación de soluciones de Sulfuro de Sodio a 0.5 M.



Anexo N°20. Mezcla de la preparación con la harina de astas



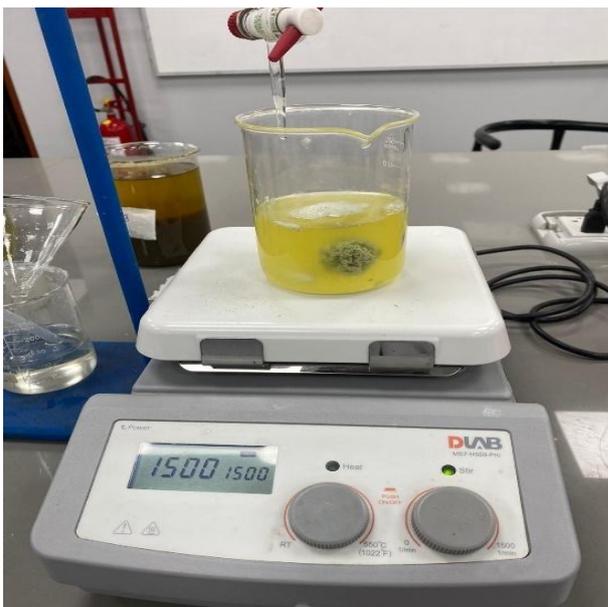
Anexo N°21. Preparación del precipitado



Anexo N°22. Preparación de la queratina



Anexo N°23. Obtención de la queratina



Anexo N°24. Secado de la queratina



Anexo N°25. Liofilizado de la queratina



Anexo N°26. Obtención del biomaterial de queratina de astas de caprino



Anexo N°27: Pesado de las 3 dosificaciones del biomaterial de queratina



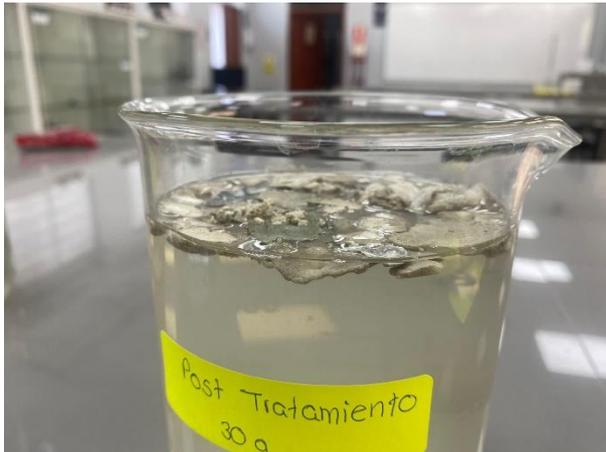
Anexo N°28. Pesado de las diferentes dosificaciones de queratina



Anexo N° 29. Nivel de dosis del biomaterial de queratina.



Anexo N°30. Biomaterial de queratina en el agua



Anexo N°31. Agua residual del lavadero selecciona luego del tratamiento.

