

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE [NOMBRE DE FACULTAD]

Escuela Profesional de [Nombre de la Escuela]



Una Institución Adventista

Perfil de proyecto de investigación: APLICACION DEL PELO HUMANO Y ANIMAL PARA LA REMOCIONES DE CONTAMINANTES DE COMO METALES PESADOS Y ACEITES EN CUERPOS DE AGUA EN LA PROVINCIA DE SAN ANTONIO DE PUTINA DE LA COMUNIDAD DE CONDORAQUE.

Por:

Ruberly Midwar Orihuela Cabana DNI 76932721

Asesor:

Dr. Jorge Juvenal Bravo Hualla

Juliaca, junio de 2025

1. Planteamiento del Problema

1.1 Problema

En la provincia de San Antonio de Putina, región Puno, la contaminación de cuerpos de agua es una problemática persistente que afecta tanto la salud humana como la calidad del ecosistema. Esta contaminación proviene en gran parte de actividades industriales, mineras y urbanas, generando presencia de metales pesados y residuos aceitosos en ríos, lagos y canales. Esta situación impacta directamente en la salud pública, la ganadería, la agricultura, la pesca y la economía local, comprometiendo el bienestar y sustento de las comunidades rurales.

1.2 Justificación

La contaminación de los cuerpos de agua en la región de Puno se ha intensificado debido a la presencia de metales pesados, aceites y otros compuestos tóxicos provenientes de actividades mineras, industriales y urbanas. Frente a ello, el uso de pelo humano y animal como adsorbente natural surge como una alternativa sostenible en procesos de biorremediación. Diversos estudios respaldan su efectividad, atribuyéndole a su estructura fibrosa y alto contenido de queratina una notable capacidad de adsorción. (Kumar et al., 2019). Su aplicación práctica implica la recolección del pelo en barberías, peluquerías y veterinarias, seguido de un proceso de limpieza, secado y acondicionamiento, ya sea triturado o compactado. Posteriormente, se emplea en cuerpos de agua contaminados mediante su incorporación en filtros o barreras absorbentes. Finalmente, se realiza el monitoreo y análisis de las muestras de agua antes y después del tratamiento, permitiendo evaluar su eficiencia en la remoción de contaminantes y compararla con métodos convencionales. Esta alternativa representa una solución accesible y ecológica para comunidades que dependen directamente de estos cuerpos de agua en sus actividades diarias. (Ministerio del Ambiente del Perú, 2021).

1.2 Estado del Arte

La contaminación de los cuerpos de agua por metales pesados y compuestos orgánicos constituye un problema ambiental de gran relevancia a nivel mundial, y de forma particular en la región de Puno, donde las actividades mineras, industriales y urbanas generan vertimientos de plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), cobre (Cu) y aceites, afectando la calidad del agua, los ecosistemas acuáticos y la salud pública (MINAM, 2021; Tchounwou et al., 2012). Estos metales pesados poseen alta toxicidad, bioacumulación y persistencia, lo que implica riesgos crónicos para organismos acuáticos y comunidades humanas expuestas (Fu & Wang, 2011; Jaishankar et al., 2014).

Tradicionalmente, se han utilizado tecnologías de remoción de metales y contaminantes como la precipitación química, intercambio iónico, ósmosis inversa y filtración por membranas (Ali et al., 2013; Barakat, 2011). Sin embargo, estos métodos presentan limitaciones económicas, alta demanda energética y dificultades en su implementación en regiones rurales o de bajos recursos (Wang & Chen, 2009; Infobae, 2021). Por ello, se ha incrementado la investigación en alternativas de bajo costo y amigables con el ambiente, entre ellas el uso de biosorbentes naturales.

Dentro de estos materiales destaca el pelo humano y animal, debido a su estructura rica en queratina, una proteína fibrosa que contiene numerosos grupos funcionales como sulfhidrilos (-SH), carboxilos (-COOH), aminas (-NH₂) e hidroxilos (-OH), que interactúan con los iones metálicos mediante mecanismos de adsorción física, complejación e intercambio iónico (Ahmad et al., 2018; Wang et al., 2016; Akar et al., 2009). Según Vijayaraghavan & Yun (2008), la queratina presenta una alta capacidad de adsorción para diversos metales pesados, ofreciendo un método económico y accesible para la remediación de aguas contaminadas.

Estudios experimentales han demostrado variaciones en la eficiencia de adsorción del pelo humano y animal, dependiendo de factores como el tipo de contaminante, el tamaño de partícula, el pH, la temperatura, la concentración inicial y el tiempo de contacto (Li et al., 2020; Kumar et al., 2019; Ribeiro et al., 2020). Por ejemplo, Mohammadi et al. (2019) reportaron eficiencias de remoción

superiores al 80% para plomo y cadmio utilizando adsorbentes queratínicos, mientras que Alemayehu et al. (2021) señalaron que el rendimiento puede optimizarse mediante modificaciones fisicoquímicas del material.

No obstante, aún existen vacíos de conocimiento en cuanto a la selectividad de los biosorbentes frente a mezclas complejas de contaminantes, su regeneración y reutilización, y la evaluación de su desempeño bajo condiciones reales de campo, especialmente en zonas específicas como San Antonio de Putina - Puno (Universidad de América, s.f.). Estas limitaciones motivan el desarrollo de investigaciones aplicadas que permitan validar su efectividad en escenarios reales de contaminación.

El presente estudio busca contribuir a este conocimiento, evaluando la capacidad de adsorción del pelo humano y animal para la remoción de metales pesados y aceites bajo condiciones ambientales representativas de los cuerpos de agua afectados en la región de Puno, aportando evidencia para su posible aplicación como una solución ecológica, económica y de bajo costo.

1.3 Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la eficacia del pelo humano y animal como adsorbente natural en la remoción de contaminantes como los metales pesados y aceites en la región de Puno.

Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del pelo humano y animal (estructura, composición, superficie específica y grupos funcionales) mediante análisis de laboratorio (SEM, FTIR, pH del punto de carga, etc.).
- Identificar y cuantificar los principales contaminantes presentes (metales pesados: Pb, Cd, Cr, Cu, Hg y aceites/hidrocarburos) en las muestras de agua recolectadas en cuerpos de agua de la provincia de San Antonio de Putina – Puno.
- Determinar la capacidad de adsorción del pelo humano y animal frente a metales pesados y aceites, bajo condiciones controladas de laboratorio (pH, concentración inicial, tiempo de contacto, temperatura).
- Comparar la eficiencia de adsorción entre el pelo humano y el pelo animal mediante análisis estadístico de los resultados obtenidos en las pruebas experimentales.

- Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de pelo humano y animal como bioadsorbentes naturales en procesos de remediación de cuerpos de agua contaminados en la región de estudio.

1.4 Hipótesis

El uso de pelo humano y animal como adsorbente natural permite remover eficientemente metales pesados y aceites en cuerpos de agua de la Provincia de San Antonio de Putina - Puno, gracias a la presencia de grupos funcionales en la queratina que favorecen la adsorción (Vijayaraghavan & Yun, 2008; Akar et al., 2009; Mohammadi et al., 2019).

1.5 Variables

Variables independientes

- Vertimiento de residuos industriales o mineros en cuerpos de agua.
- Derrames de hidrocarburos en zonas cercanas a fuentes hídricas.
- Uso limitado de tecnologías accesibles y eficientes para la remediación ambiental.

Variables dependientes

- Presencia de metales pesados (plomo, cadmio, cromo, mercurio, cobre) en los cuerpos de agua.
- Contaminación por aceites e hidrocarburos.
- Degradación de la calidad del agua afectación de los ecosistemas acuáticos y de la salud pública.

2. Metodología

2.1 Diseño Metodológico

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de laboratorio, controlado y de tipo factorial, orientado a evaluar la capacidad de adsorción del pelo humano y animal frente a metales pesados y aceites. Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), el diseño experimental permite manipular deliberadamente las variables independientes (tipo de adsorbente, concentración de contaminante, pH, tiempo de contacto) para observar sus efectos sobre la variable dependiente (porcentaje de remoción de contaminantes) bajo condiciones controladas.

Diversos autores han señalado que los diseños experimentales son apropiados para estudiar procesos de adsorción, permitiendo evaluar la eficiencia de distintos materiales bajo parámetros físicos y químicos definidos. El uso de pelo humano y animal como adsorbente natural permite remover eficientemente metales pesados y aceites en cuerpos de agua de la Provincia de San Antonio de Putina - Puno, gracias a la presencia de grupos funcionales en la queratina que favorecen la adsorción (Vijayaraghavan & Yun, 2008; Akar et al., 2009; Mohammadi et al., 2019).

2.2 Diseño muestral

La población está conformada por **cuerpos de agua contaminados** de la **Provincia de San Antonio de Putina – Puno**, de la comunidad de Condoraque afectados principalmente por actividades mineras, industriales y urbanas. La contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos ha sido ampliamente reportada en esta región (MINAM, 2021).

La muestra estará compuesta por puntos estratégicos de recolección de agua, seleccionados por conveniencia, con base en criterios ambientales y logísticos.

Unidad de análisis: Muestras de agua (en litros) recolectadas antes y después del tratamiento con bioadsorbentes naturales.

Criterios de inclusión:

- Cuerpos de agua con evidencia de contaminación por metales pesados y aceites.
- Accesibilidad para toma de muestras sin alterar el entorno natural.

Criterios de exclusión:

- Cuerpos de agua no contaminados o con acceso restringido.
- Muestras fuera del área de estudio definida.

El estudio no involucra seres humanos ni animales vivos, por lo tanto, no requiere aprobación por comité de ética en investigación para este tipo de intervenciones, según lo establecido por la Guía de Ética para Investigaciones Ambientales (CONAM, 2020).

2.3 Técnicas de Recolección de Datos

La recolección y procesamiento de datos se realizará en tres etapas:

a) Obtención y preparación del bioadsorbente

- **Recolección de material:**
 - Pelo humano: obtenido de peluquerías y barberías locales.
 - Pelo animal: recolectado en veterinarias o criaderos (lana de alpaca u ovino).
- **Preparación:**
 - Lavado inicial con agua destilada.
 - Desinfección con alcohol etílico al 70% durante 10 minutos.
 - Secado al aire durante 24 horas.
 - Trituración mecánica con molino de laboratorio hasta obtener partículas de aproximadamente 1-2 mm de diámetro para aumentar el área superficial (Kumar et al., 2019).

b) Montaje experimental

- **Preparación de soluciones contaminadas (si corresponde):**

En caso de no obtener suficiente volumen en campo, se prepararán soluciones sintéticas de Pb, Hg y Cd en concentraciones similares a las reportadas en la zona (ej. 0.1-1 ppm), y aceites (50-200 mg/L) para los ensayos de laboratorio.

- **Sistema de adsorción:**

- Se utilizarán filtros simples de malla plástica de 5x5 cm, conteniendo 10 g de bioadsorbente.
- Cada filtro se sumergirá en 500 mL de agua contaminada dentro de vasos de precipitados de 1000 mL.
- Se realizarán pruebas variando pH (4, 6 y 8), tiempo de contacto (15, 30, 60 min) y temperatura (20-25°C), siguiendo adaptación de Ribeiro et al. (2020).

c) Análisis de contaminantes

- **Metales pesados (Pb, Hg, Cd):**

- Técnica: Espectrometría de Absorción Atómica (AAS).
- Norma: EPA 7000B (2018).
- Instrumento: Analizador AAS marca PerkinElmer o similar.

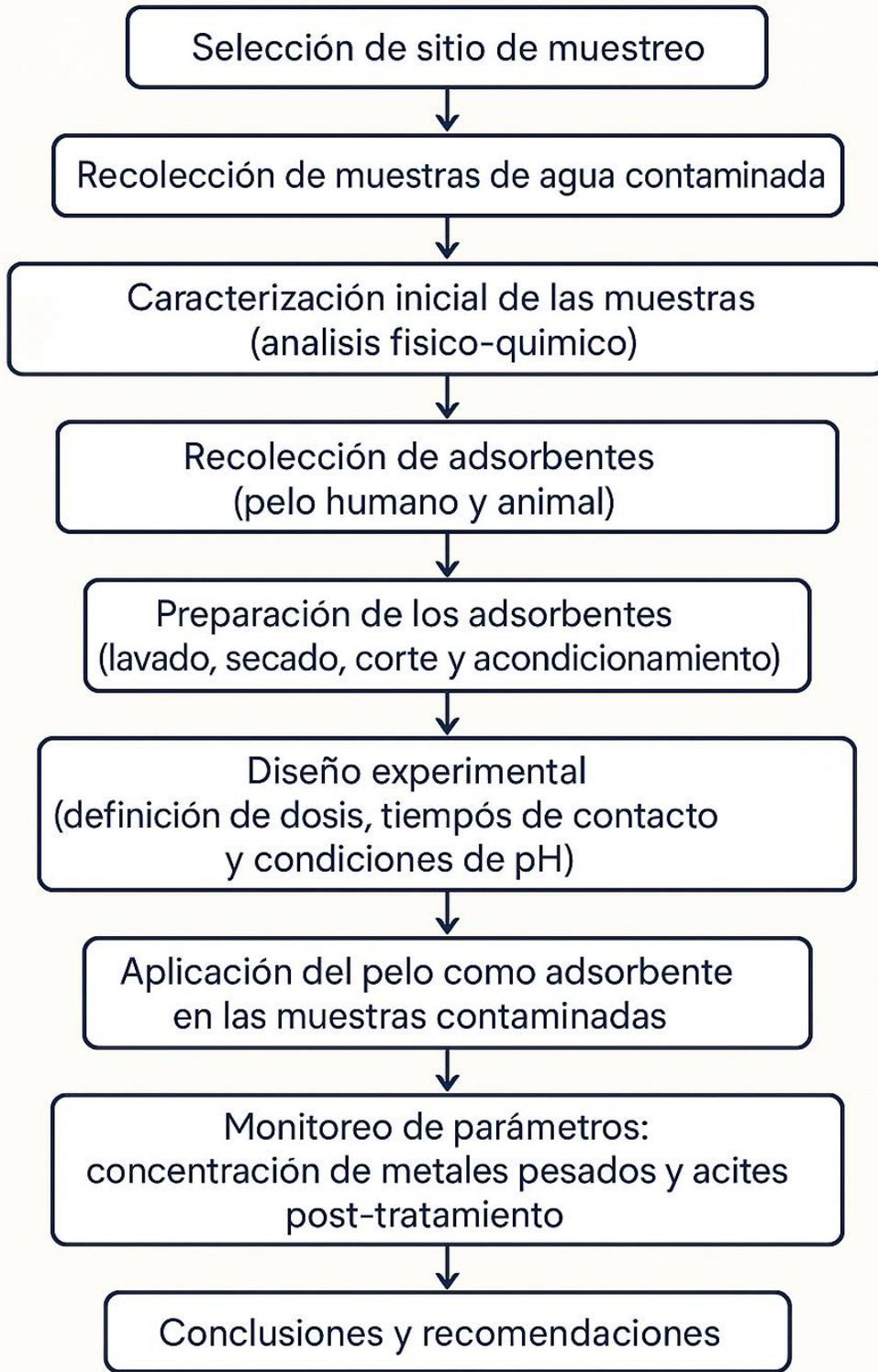
- **Aceites y grasas:**

- Técnica: Gravimetría y espectrofotometría UV-Vis a 254 nm.
- Norma: Norma Técnica Peruana NTP 900.058.

- **Parámetros fisicoquímicos adicionales:**

- pH (potenciómetro digital).
- Conductividad (conductímetro portátil).
- Turbidez (turbidímetro).

Diagrama de Flujo Metodológico



2.4 Técnicas estadísticas para el Procesamiento de la Información

El análisis estadístico se realizará utilizando Microsoft Excel. Se emplearán estadísticas descriptivas (media, mediana, desviación estándar) para caracterizar las concentraciones de contaminantes.

Para evaluar la efectividad del pelo como bioadsorbente, se aplicará la prueba t de Student para muestras relacionadas, comparando los niveles de contaminantes antes y después del tratamiento. En caso de que los datos no cumplan con la normalidad (verificada con la prueba de Shapiro-Wilk), se utilizará la prueba no paramétrica de Wilcoxon (Field, 2018).

2.5 Aspectos Éticos (de ser necesario)

Comité de Ética en Investigación de la UPeU, de acuerdo con las políticas institucionales y la normativa vigente (UPeU, 2022).

No obstante, se obtendrán autorizaciones verbales o escritas de las barberías, peluquerías y veterinarias colaboradoras para la recolección del pelo. Se garantiza el uso responsable de recursos y el respeto a los principios de la ética ambiental, incluyendo la no alteración de ecosistemas acuáticos durante el muestreo.

3. Administración del Proyecto

3.1 Cronograma de Actividades

Tabla 1

Cronograma de Actividades

Descripción de Actividades (semanas)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Proyecto	Búsqueda de información	X											
	Diseño de estudio		X										
	Aprobación			X									
Ejecución	Recolección de datos				X								
	Procesamiento y análisis de datos				X								
Redacción	Redacción de borradores del artículo				X								
	Dictaminación del artículo					X							
	Sumisión del artículo						X						
Cierre	Sustentación										X		
	Entrega del documento final al repositorio										X		

3.2 Presupuesto Projectado

Tabla 2

Presupuesto Projectado

Tipo de Recursos	Cantidad	Precio por Unidad	Precio Total
Viáticos	4 viajes	40.00	160.00
Insumos de laboratorio (materiales y reactivos)	1 lote	400.00	400.00
Costo por análisis	1 lote	300.00	300.00
Equipos menores (Cámara, GPS, etc.)	1	50.00	50.00
Otros (bolsas, etiquetas, cuadernos, mascarillas, etc.)	1 paquete	100.00	100.00
Total			1,010.00

4. Referencias Bibliográficas

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., & MENDOZA TORRES, C. (2018). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN : LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. MÉXICO: MCGRAW-HILL EDUCATION.
- AHMAD, A., RAFATULLAH, M., SULAIMAN, O., IBRAHIM, M. H., & HASHIM, R. (2018). REMOVAL OF HEAVY METALS USING KERATIN-BASED ADSORBENTS: A REVIEW. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, 219, 107-118.
- AKAR, T., TUNALI, S., & KIRAN, I. (2009). BIOSORPTION OF A TEXTILE DYE BY CONE BIOMASS: EQUILIBRIUM, KINETIC AND THERMODYNAMIC STUDIES. CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL, 148(1), 26-33.
- ALEMAYEHU, E., ET AL. (2021). ADSORPTION OF HEAVY METALS USING BIOADSORBENTS: A REVIEW. ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY & INNOVATION, 23, 101653.
- ALI, I., ASIM, M., & KHAN, T. A. (2013). LOW COST ADSORBENTS FOR REMOVAL OF ORGANIC POLLUTANTS FROM WASTEWATER. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, 113, 170-183.
- BARAKAT, M. A. (2011). NEW TRENDS IN REMOVING HEAVY METALS FROM INDUSTRIAL WASTEWATER. ARABIAN JOURNAL OF CHEMISTRY, 4(4), 361-377.
- CONAM. (2020). GUÍA DE ÉTICA PARA INVESTIGACIONES EN CIENCIAS AMBIENTALES. CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE DEL PERÚ.
- EPA. (2018). TEST METHODS FOR EVALUATING SOLID WASTE, PHYSICAL/CHEMICAL METHODS (SW-846). U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.
- FIELD, A. (2018). DISCOVERING STATISTICS USING IBM SPSS STATISTICS (5TH ED.). SAGE PUBLICATIONS.
- FU, F., & WANG, Q. (2011). REMOVAL OF HEAVY METAL IONS FROM WASTEWATERS: A REVIEW. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, 92(3), 407-418.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., & MENDOZA TORRES, C. (2018). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. MCGRAW-HILL EDUCATION.
- INFOBAE. (2021). CÓMO SE USAN LOS RESIDUOS DE CABELLO CORTADO PARA MITIGAR EL DAÑO DE DERRAMES DE PETRÓLEO. RECUPERADO DE: [HTTPS://WWW.INFOBAE.COM](https://www.infobae.com)
- JAISHANKAR, M., TSETEN, T., ANBALAGAN, N., MATHEW, B. B., & BEEREGOWDA, K. N. (2014). TOXICITY, MECHANISM AND HEALTH EFFECTS OF SOME HEAVY METALS. INTERDISCIPLINARY TOXICOLOGY, 7(2), 60–72.
- KUMAR, M., SINGH, R., & DUTTA, S. (2019). HUMAN HAIR AS A LOW-COST ADSORBENT FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS: A REVIEW. ENVIRONMENTAL CHEMISTRY LETTERS, 17(1), 345–365.
- LI, Y., GAO, B., WU, T., & WANG, B. (2020). ADSORPTION OF HEAVY METALS BY HAIR-BASED ADSORBENTS: A REVIEW. JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS, 399, 123054.

MINAM. (2021). INFORME SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA REGIÓN PUNO. MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL PERÚ.

MOHAMMADI, A., ET AL. (2019). HEAVY METAL REMOVAL USING KERATIN-BASED BIOSORBENTS: A REVIEW. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL CHEMICAL ENGINEERING, 7(5), 103251.

QUORA. (2023). WHAT IS THE WATER ABSORPTION CAPABILITY OF HUMAN HAIR? RECUPERADO DE:
[HTTPS://WWW.QUORA.COM](https://www.quora.com)

RIBEIRO, C., SILVA, R., & ALMEIDA, M. (2020). BIOSORPTION OF HEAVY METALS USING HUMAN HAIR: AN ECO-FRIENDLY ALTERNATIVE. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, 256, 109960.

TCHOUNWOU, P. B., YEDJOU, C. G., PATLOLLA, A. K., & SUTTON, D. J. (2012). HEAVY METALS TOXICITY AND THE ENVIRONMENT. EXS, 101, 133-164.

UNIVERSIDAD DE AMÉRICA. (S.F.). ESTUDIO SOBRE ABSORCIÓN DE METALES PESADOS USANDO PELO HUMANO Y ANIMAL. REPOSITORIO INSTITUCIONAL.