



ANEXO 1

FORMATO PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CON EL FINANCIAMIENTO DEL FEDU

1. Título del proyecto

Cinética de bioadsorción de colorantes textiles usando carbón activado obtenido a partir de cabello humano

2. Área de Investigación

Área de investigación	Línea de Investigación	Disciplina OCDE
Tecnologías Ambientales y Recursos Naturales		

3. Duración del proyecto (meses)

Doce meses

4. Tipo de proyecto

<u>Individual</u>	<input type="radio"/>
<u>Multidisciplinario</u>	<input type="radio"/>
<u>Director de tesis pregrado</u>	<input type="radio"/>

4. Datos de los integrantes del proyecto

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>DOCENTES</b> 1. Edith Tello Palma 3. Fernando Wilfredo Roque Villanueva 3. Myrian Eugenia Pacheco Tanaka 4. Luz marina Tevez Ponce  <b>ESTUDIANTE</b> 5. Yenyfer Flores Luque
<b>Escuela Profesional</b>	1. Ingeniería Química 2. Ingeniería Química 3. Ingeniería Química 4. Ingeniería Química 5. Ingeniería Química
<b>Celular</b>	1. 943639958 2. 951 299 533 3. 958 808 090 4. 958 641 127 5. 931746467



**Correo Electrónico**

1. [etello@unap.edu.pe](mailto:etello@unap.edu.pe)
2. [wroque@unap.edu.pe](mailto:wroque@unap.edu.pe)
3. [mepacheco@unap.edu.pe](mailto:mepacheco@unap.edu.pe)
4. [ltevesp@unap.edu.pe](mailto:ltevesp@unap.edu.pe)
5. [yefloresl@est.unap.edu.pe](mailto:yefloresl@est.unap.edu.pe)

- I.** Título (El proyecto de tesis debe llevar un título que exprese en forma sintética su contenido, haciendo referencia en lo posible, al resultado final que se pretende lograr. Máx. palabras 25)

Cinética de bioadsorción de colorantes textiles usando carbón activado obtenido a partir de cabello humano

- II.** Resumen del Proyecto de Tesis (Debe ser suficientemente informativo, presentando -igual que un trabajo científico- una descripción de los principales puntos que se abordarán, objetivos, metodología y resultados que se esperan)

El presente proyecto se realizará con el propósito de determinar la cinética de bioadsorción mediante la determinación de la capacidad de bioadsorción de los colorantes textiles presentes en muestras de agua utilizando el carbón activado elaborado a partir de cabello humano, para ello se elaborará el bioadsorbente, luego se caracterizará fisicoquímicamente, utilizando la difracción los rayos X y la espectroscopia por Infrarrojo (FTIR). Posteriormente se caracterizará colorantes textiles presentes en muestras de agua utilizando también la espectroscopia por Infrarrojo. Se preparará un proceso batch de lecho fijo para proceder a realizar el proceso de bioadsorción, controlando los parámetros de operación, como son el peso y la granulometría del bioadsorbente, la velocidad de agitación y la temperatura del medio, para evaluar el porcentaje de remoción de los colorantes textiles presentes en muestras de agua, con el fin de determinar los parámetros óptimos para la bioadsorción del colorante finalmente, se determinará la cinética de adsorción del proceso.

- III.** Palabras claves (Keywords) (Colocadas en orden de importancia. Máx. palabras: cinco)

Cabello humano, bioadsorción, colorantes textiles.

- IV.** Justificación del proyecto (Describa el problema y su relevancia como objeto de investigación. Es importante una clara definición y delimitación del problema que abordará la investigación, ya que temas cuya definición es difusa o amplísima son difíciles de evaluar y desarrollar)



La presencia de diversos contaminantes orgánicos en aguas residuales, superficiales y subterráneas representa una gran amenaza a los ecosistemas. Múltiples variedades de productos como los antibióticos, antiinflamatorios, los colorantes, los agentes limpieza y cuidado personal son utilizadas por la población, los cuales aparte de mejorar la calidad de vida, también contaminan los ecosistemas acuáticos.

En las diferentes industrias como las textiles, plásticos, papel, etc. utilizan gran cantidad de agua en sus diferentes procesos y se eliminan en sus efluentes aguas de diversos colores debido a la presencia de diversos compuestos orgánicos. Estos efluentes bloquean el paso de la luz solar que es esencial para muchos procesos fotoquímicos que permiten la supervivencia de las plantas, los animales y otros organismos que viven en los océanos, lagos y ríos. Los colorantes sintéticos debido a su solubilidad en el agua, son los más contaminantes más comunes encontrados en los diferentes afluentes provenientes de las diferentes industrias. De acuerdo a estudios establecidos se sabe que más del 2% de estos colorantes son descargados directamente a los efluentes acuáticos. Por ello es importante la eliminación de los colorantes de las aguas residuales antes de ser descargados, debido a que generan un severo impacto ambiental, esto debido a que muchos de ellos son tóxicos e incluso se consideran como sustancias cancerígenas. Los colorantes son compuestos que difícilmente se pueden tratar por digestión aerobia. (Rauf et al., 2009)

Debido al uso continuo de estos productos, a sus efectos en la salud, y a la poca información que se tiene sobre su ocurrencia, destino, comportamiento, es que es importante conocer la concentración de los diferentes colorantes en los cursos de agua de nuestro país, para así conocer el nivel de riesgo al que están expuestos los ecosistemas acuáticos y la población. Conociendo los niveles de contaminación se pueden plantear tratamientos de remoción de este contaminante en las plantas de tratamiento de agua residual, de manera que esta agua tratada se pueda volver a utilizar, para un mejor aprovechamiento. También al conocer la concentración de este contaminante, se pueden realizar posteriores investigaciones sobre los efectos que pueda tener este contaminante en los cursos de agua y ríos de la ciudad de Puno, y así saber el grado de contaminación que puedan presentar a las especies acuáticas.

Los restos y desechos de los colorantes textiles son muy contaminantes, los mismos contaminan el agua, de esta manera los problemas causados dependerán de la naturaleza de las sustancias contaminantes, así el agua potable presenta un riesgo sanitario potencial para los consumidores, también esta agua no es apta para procesos de producción ya que tienen efectos tóxicos sobre los componentes del ecosistema, alterando los equilibrios medioambientales y pudiendo acumularse en la masa del agua o en los seres vivos, procediendo a acumularse en la masa de agua o en los seres vivos introduciéndose en la cadena alimentaria y puede producir efectos letales.

Diversos tratamientos físicos, biológicos y químicos, se han ido desarrollando para la remoción de estos contaminantes, destacándose las tecnologías de intercambio de fase como la adsorción, el uso de carbón activado, procesos de oxidación avanzada y reactores membrana, se planean como una fuerte alternativa de tratamiento con alta probabilidad de remoción de los contaminantes emergentes, pero resulta en un costo elevado.

En esta investigación se quiere evaluar las condiciones de operación de los procesos de adsorción mediante un adsorbente, los resultados permitirán conocer los métodos más adecuados para la remoción de estos compuestos en el agua.

Existen varias técnicas para eliminar los colorantes de las aguas residuales. Debido a los resultados obtenidos y la versatilidad para eliminar diferentes tipos de



colorantes, la adsorción se considera una de las mejores (Kyzas et al., 2012). La mayoría de los sistemas comerciales actuales utilizan carbón activado como adsorbente para la eliminación de pintura debido a su gran área superficial y volumen de poros (Tavengwa et al., 2013), excelente capacidad de adsorción, regeneración rápida y fácil (Zhonghua & Srinivasan, 1999).

Se justifica entonces la realización del presente trabajo de Investigación con la finalidad de evitar estos problemas de contaminación ambiental con contaminantes emergentes y para aprovechar mejor este sustrato, mediante un proceso de inmovilización de taninos y obtener un producto insoluble en agua y con capacidad adsorbente y teniendo como soporte la celulosa.

El principal atractivo de esta tecnología de bioadsorción es obtener un material adsorbente barato y con capacidad de atrapar sustancias contaminantes.

El tratamiento de bioadsorción de contaminantes emergentes de aguas contaminadas no está siendo visto para su manejo, entre ellos se encuentran los colorantes textiles que son diariamente usados en diferentes industrias en el ámbito del departamento de Puno y el Perú, lo cual genera un impacto en el ecosistema porque los tratamientos generales que se hace en las aguas servidas no son lo suficientemente efectivas para adsorber o extraer estos colorantes.

Con este trabajo se pretende comprobar el porcentaje de remoción de los colorantes textiles presentes en soluciones acuosas de las aguas residuales, usando como bioadsorbente el carbón activado elaborado a partir del Cabello Humano. Por ello se plantea la siguiente interrogante:

¿Qué modelo cinético se adecuará mejor con los datos experimentales después de conocer los parámetros óptimos de bioadsorción de los colorantes de los tintes textiles de los efluentes de la industria textil?

- V. Antecedentes del proyecto (Incluya el estado actual del conocimiento en el ámbito nacional e internacional. La revisión bibliográfica debe incluir en lo posible artículos científicos actuales, para evidenciar el conocimiento existente y el aporte de la Tesis propuesta. Esto es importante para el futuro artículo que resultará como producto de este trabajo)

(Lansari et al., 2022a), usó cabello humano como materia prima para la producción de carbón activado, se realizaron varios análisis fisicoquímicos para caracterizar el adsorbente, como espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, difracción de rayos X, determinación del punto cero del pH, con la finalidad de comprobar la calidad y eficacia del carbón activado, se realizaron las mediciones de humedad del carbón activado, índice de tetracloruro de carbono, índice de benceno, prueba de adsorción de verde de metilo e índice de yodo, los resultados mostraron la efectividad del carbón activado en la adsorción de colorantes textiles con una capacidad de remoción del 98.50% para ácido azul 4G y del 73.22% para naranja de antraquinona en 60 min de tiempo de exposición con agitación continua, la influencia tanto del pH inicial como de la velocidad de agitación mostró que se utilizaron condiciones óptimas para mezcla media y ligeramente ácida a neutra para el ácido verde/carbón activado y para agitación media y media pH básico para el naranja/antraquinona activada.

(Lansari et al., 2022b) realizó la adsorción de tintes textiles (violeta reactivo y verde ácido 4G) la adsorción fue sobre carbón activado obtenido a partir cabello humano.



Se realizaron análisis al carbón activado, como contenido de humedad, índice de tetracloruro de carbono, índice de benceno, prueba de adsorción de azul de metileno e índice de yodo, se investigaron los efectos del tiempo de contacto, la concentración inicial de adsorbato y el pH, y los resultados obtenidos indican la efectividad del carbón activado, se encontró que el tiempo de equilibrio fue de 60 minutos de contacto, la capacidad de adsorción para violeta activo fue de 76.22% y para verde ácido 4G fue de 92.86%, además los parámetros estudiados mostraron que la capacidad de adsorción de los colorantes aumentó con la concentración inicial, adsorbiéndose más rápido a pH = 4 para violeta reactivo y pH = 6 para verde ácido 4G.

(Isik et al., 2022) realizó el estudio del cabello humano desechado que se convirtió primero en hidrocarburos utilizando un entorno acuoso subcrítico, se utilizó un hidrocarburo derivado de residuos de cabello humano (WHH) como adsorbente para eliminar el rojo reactivo 180 (RR180) y el rojo básico 18 (BR18) de una solución acuosa, como resultado del proceso de optimización se obtuvo que la máxima remoción de RR180 se produjo a pH 2, una dosis de WHH de 1 g/l y una duración de 60 min, para BR18, la mejor condición es pH 8, dosis WHH de 1 g/L y duración de 60 minutos, se utilizaron modelos de Langmuir y Freundlich para estudiar las isotermas de adsorción, la isoterma de Langmuir describe la adsorción de RR180, mientras que Freundlich obtuvo los mejores datos para la adsorción de BR18, los estudios cinéticos muestran que la adsorción de RR180 y BR18 se muestra mediante el modelo de pseudo primer orden y el modelo de Elovich, respectivamente.

(Vidal, 2022), desarrolló de carbón activado a partir de semillas de Cuesco "Juglans neotropica" mediante la activación química de  $H_3PO_4$  a partir de residuos obtenidos del consumo de estos frutos secos locales, el carbón activado resultante se usó para adsorber el tinte de una muestra de aguas residuales de una fábrica de jeans, la activación se realizó a una concentración de 85%  $H_3PO_4$  y 40% (v/v) a 350°C durante 2.5 horas, la caracterización de la materia prima así como del carbón activado obtenido de la misma se realizó utilizando como referencia primaria la norma NTE INEN para "carbón activado para uso industrial" establecida para cada característica, resultados positivos por adsorción de yodo e isoterma valores de 640mg/g y 541mg/g para muestras con 85% y 40% de carbón activado respectivamente, indicando un área superficial específica moderadamente alta, ideal para adsorción, procesos de perturbación pH, color, turbidez y contenido de sustancias disueltas en agua tratados con 85% de carbón activado están dentro de los límites permisibles.

(Carrasquero et al., 2022) evaluó la capacidad de adsorción del carbón activado preparado a partir de cáscaras de cítricos *Citrus sinensis* en relación con la remoción del colorante índigo, el carbón se obtuvo activando químicamente el precursor con  $H_3PO_4$  al 40% durante 1 h, luego se caracteriza por parámetros: densidad aparente, contenido de humedad, contenido de cenizas y cantidad de yodo, la capacidad de adsorción del carbón *Citrus sinensis* (CACN) se comparó con el carbón comercial (CAC) mediante la realización de pruebas de carga, el carbón activado obtenido a partir de la piel de naranja tiene una densidad aparente de 0.459 g/ml, lo que indica que por su alta estabilidad mecánica puede ser utilizado en procesos de adsorción de carga, los resultados del proceso de adsorción son más consistentes con el modelo de Freundlich, ya que se caracteriza por una mejor linealidad y menor dispersión de los datos experimentales, las tasas de eliminación de índigo para el carbón activado de cáscara de naranja y el carbón activado comercial fueron de 70.35 % y 88.78 %, se lograron a tasas óptimas de 8 y 2 g/L en el tratamiento de agua sintética, respectivamente, con concentraciones iniciales de índigo de 67 y 37 mg/L,



respectivamente indicó que estos adsorbentes se pueden utilizar en el tratamiento de aguas residuales de teñido de textiles para reducir el azul de indio.

(Pacheco, 2021), realizó un estudio para evaluar la capacidad de eliminación del color del cabello Silver Blue (AP) con carbón activado derivado de la cáscara de plátano, este tinte para el cabello ha sido clasificado como un nuevo contaminante en base a sus propiedades químicas, el carbón vegetal ha sido sometido a la caracterización fisicoquímica necesaria para determinar que es un material que permite eliminar AP, todas las pruebas con el AP se realizaron en un espectrofotómetro HASN precalibrado: DR 3900, se obtuvieron espectros de absorción de colorante AP, curva de calibración, concentración/absorción inicial y porcentaje de rechazo de AP similares, que fueron evidentes en las soluciones más concentradas de 9.04%, 9.16% y 8.61 % (v/v), lo que da una tasa de rechazo del 85 % al 100 %, lo anterior permite concluir que el carbón vegetal obtenido a partir de cáscaras de plátano maduras y termo activadas cumple con el objetivo de remoción de impurezas ensayado.

(Bretón et al., 2020) estudió la eliminación del colorante ácido violeta 7 mediante carbón vegetal por lotes, se investigó la influencia de los parámetros experimentales en la capacidad de adsorción, como la masa adsorbente y el pH, las mejores condiciones experimentales para la adsorción del ácido violeta 7 fueron al pH natural del colorante (pH 6) y 100 mg de adsorbente, resultando una capacidad de adsorción de 102 mg/g. La cinética de adsorción se describió mediante un modelo pseudocuadrático basado en el mecanismo de quimisorción.

(Castellar-Ortega et al., 2019) tiene por objetivo la determinación en experimentos periódicos de la capacidad de remoción, cinética y termodinámica de la adsorción del carbón activado obtenido de la cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) después de la remoción inmediata del colorante azul 86, para ellos se usaron los siguientes materiales y métodos: la técnica experimental inicial consistía en preparar carbón activado mediante la activación química de la cáscara de yuca con  $H_3PO_4$  y luego calentarla a  $530^\circ C$ , en la caracterización se determinaron las propiedades estructurales mediante el índice de yodo y el índice de azul de metileno, se cuantificaron los grupos funcionales orgánicos ácidos y básicos por el método de Boehm y se realizó el siguiente análisis de acuerdo a la norma ASTM: D-2867-70. estándar, ASTM D2866 y ASTM D2866-94, en estudios periódicos se evaluó la influencia de varios parámetros sobre la capacidad de adsorción: pH (2, 4, 8 y 10), temperatura (25, 30 y  $40^\circ C$ ) y concentración inicial en punta del colorante (20, 40, 60,  $80^\circ C$ ) y 100 mg/l). Tanto las propiedades fisicoquímicas como los ensayos de adsorción del carbón activado preparado a partir de cáscara de yuca (CAY) se compararon con otra marca comercial (CAM), los resultados de la caracterización muestran que ambos carbonos tienen una química superficial heterogénea, ácida para CAY y básica para CAM, el rendimiento máximo obtenido fue de 6,1 mg/g para CAY y 3,7 mg/g para CAM, los cálculos termodinámicos muestran que la remoción ocurre espontáneamente y para ambos carbonos la cinética corresponde a un modelo pseudo-cuadrático, finalmente el carbón activado derivado de la cáscara de yuca se puede considerar como un adsorbente eficaz en la eliminación de colorantes.

(Cruz, 2019) realizó experimentos a nivel de laboratorio para la remoción de colorantes de las aguas residuales industriales en específico el colorante azul de metileno usando el método electroquímico (Electro fentón), utilizando un dispositivo de flujo continuo, donde preparó soluciones con diferentes concentraciones hasta 60mg/L y el resultado fue que se pudo decolorar las aguas a través de estos experimentos al 100%.



(Zambrano, 2018) utilizó biomasa de arroz para adsorber el colorante azul brillante FCF (2-[[4-[etil-[(3-sulfonatofenil)metil]amino]fenil]-[4-[etil-[(3-sulfonatofenil)metil]azaniolilideno]ciclohexa-2,5-dien-1-ilideno disódico] metil]benceno sulfonato) y el colorante azoico tartrazina de aguas residuales de industrias textiles, donde a un pH inicial de 2, a un tiempo de equilibrio de 60 y 90 min para el colorante azul brillante FCF y la tartrazina respectivamente y una dosis de adsorbente de 1.4g se obtuvo una absorción de 10.36mg/L para el primer colorante y 6.56mg/L para la tartrazina.

(Ospina et al., 2018) hicieron el uso de biomasa seca de cáscara de naranja para la remoción de colorantes presentes en aguas residuales y lo aplicaron en el colorante amarillo reactivo 145, rojo reactivo 250, y reactivo azul turquesa 21, obteniendo porcentajes de remoción de 68%, 83% y 98% respectivamente a un pH de 3, 50mg de bioadsorbente y temperatura de 25°C.

(Ahmad & Sudi, 2018), estudió el diseño para evaluar la efectividad del cabello humano como adsorbente en la eliminación del tinte azul de metileno (MB), se trató cabello humano con hidróxido de potasio (KOH) 0.1 M y ácido nítrico 0.1 M, luego se caracterizó el área superficial específica y la composición química superficial del adsorbente. Los adsorbentes de cabello humano (BH) tratados con álcali tenían un área de superficie específica de 3.51 m<sup>2</sup>/g, que era relativamente más alta que la de los adsorbentes sin tratar y tratados con ácido (AH). Los datos de equilibrio de todos los adsorbentes siguen una isoterma en forma de S, lo que indica una adsorción cooperativa, BH mostró un rendimiento máximo de 13.5 mg/g, mientras que AH y UH registraron rendimientos equivalentes de 3.4 mg/g. La adsorción de MB en BH aumentó con el aumento del pH, según los datos cinéticos y de equilibrio, se cree que la adsorción de MB en BH tiene los siguientes mecanismos: difusión externa, difusión intramolecular y adsorción cooperativa. Además, la adsorción de MB a 20 mg/l fue endotérmica y espontánea cuando la temperatura se incrementó de 35°C a 55°C. El tratamiento del cabello humano con KOH básico proporciona un adsorbente de tinte prometedor en el tratamiento de aguas residuales.

(Acevedo, 2018) estudió el proceso de adsorción con carbón activado granular (CAG) como tratamiento para una descarga muestreada de una industria dedicada a la tinción textil, para ello probaron dos tipos de CAG virgen, uno a base de madera y otro a base de cáscara de coco, todos los experimentos se realizaron en modo discontinuo a escala de laboratorio, trabajando con un volumen de 50 ml, para determinar las condiciones favorables para el proceso de adsorción, se cambiaron algunos parámetros: dosis de adsorbente (0.1 g, 0.5 g, 1 g, 5 g y 10 g), tiempo de reacción, temperatura (25 °C ± 3 °C, 60°C y 80°C) y pH (2.7 y 10), para medir la efectividad del método, los parámetros de DQO se controlaron de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-030/2-SCFI-2011 y se midieron espectrofotométricamente a 555 nm, se evaluó el rendimiento de dos GAC de madera reciclada y cáscaras de coco utilizando un método de regeneración química para saturar el GAC con dos agentes: ácido fosfórico concentrado H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e hidróxido de potasio KOH (2M), midiendo la DQO y el rendimiento del color remoto, los resultados obtenidos muestran que: el carbón activado granular puro brinda una mejor eficiencia de eliminación de contaminantes que el carbón activado granular de cáscara de coco puro, la combinación de alta temperatura (60°C y 80°C) con bajo pH (2) fue la mejor condición de operación de todos los experimentos realizados. La dosificación ideal de adsorbente se fijó en 10 g de adsorbente por litro de agua remanente y se determinó únicamente para madera HAC ya que mostró el mejor desempeño, ya que eliminó el 80 % del color espectrofotométrico y el 60 % de DQO, en todas las pruebas se



observó que los datos experimentales fueron corregidos utilizando el modelo de Langmuir, el cual demostró que la adsorción seguía el comportamiento de la monocapa.

#### VI. Hipótesis del trabajo (Es el aporte proyectado de la investigación en la solución del problema)

Los estudios cinéticos realizados permitirán determinar la mejor Cinética de bioadsorción de los colorantes textiles presente en soluciones acuosas con carbón activado elaborado a partir de cabello humano

#### VII. Objetivo general

Determinar la cinética de bioadsorción de colorantes textiles presentes en una solución acuosa con carbón activado elaborado a partir de cabello humano.

#### VIII. Objetivos específicos

- Sintetizar y caracterizar el carbón activado elaborado a partir de cabello humano.
- Caracterizar la muestra de agua de los colorantes textiles.
- Determinar los parámetros óptimos de bioadsorción de los colorantes textiles presentes en muestras de agua utilizando el carbón activado elaborado a partir de cabello humano.
- Determinar la cinética de bioadsorción del carbón activado elaborado a partir de cabello humano.

#### IX. Metodología de investigación (Describir el(los) método(s) científico(s) que se empleará(n) para alcanzar los objetivos específicos, en forma coherente a la hipótesis de la investigación. Sustentar, con base bibliográfica, la pertinencia del(los) método(s) en términos de la representatividad de la muestra y de los resultados que se esperan alcanzar. Incluir los análisis estadísticos a utilizar)

Se llevará a cabo las pruebas experimentales en relación a los objetivos planteados, según el siguiente procedimiento:

##### **Para la Sintetización y caracterización del carbón activado**

Se procederá a lavar el cabello humano con abundante agua destilada, para después secarla en la estufa, luego se le impregnará con una solución de carbonato de potasio durante un tiempo de 24 h. Luego se lavará el cabello nuevamente con agua, para poder secarlo. Finalmente, la muestra de cabello se procede a pirolizar con la ayuda de una mufla, obteniendo así el carbón activado. (Lansari et al., 2022b)

Para realizar la caracterización física del carbón activado se determinará la humedad (Norma ASTM D 2867-99), contenido de cenizas (ASTM D 2866-94), densidad aparente (Norma ASTM D 2854- 96), pH (Norma ASTM D 3838-80), número de yodo (Norma ASTM D 4607-94). (Velázquez et al., 2010)

Para la caracterización química se realizará mediante la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para conocer los grupos funcionales que se encuentren presentes en la superficie del carbón activado y el análisis por Difracción



de Rayos X (XRD) que nos permite al análisis del distanciamiento de las capas encontradas en el carbón activado. (Castro & Salazar, 2020)

**Para la caracterización de las muestras de agua con colorantes textiles.**

Se realizará mediante la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) para conocer los grupos funcionales que se encuentren presentes en las muestras de los efluentes de la industria textil. (Castro & Salazar, 2020)

**Determinación de parámetros óptimos del proceso de bioadsorción**

Para la determinación del tamaño de poros se puede realizar por dos métodos: por medio del índice de yodo siguiendo la norma ASTM D4607-94 y, por adsorción utilizando el azul de metileno aplicando el método Chemviron Carbón Company, el cual consiste en adicionar una cantidad de carbón activado a un volumen de disolución estándar de azul de metileno. (Castellar-Ortega et al., 2019)

Para ello es importante considerar los siguientes factores:

- La granulometría es un factor importante para poder diferenciar el tamaño de partícula más conveniente, este será controlado por una malla tamiz 18 - 30. (Sepúlveda-Cervantes, 2014)
- La velocidad de agitación en la bioadsorción del colorante, la cual será regulada por un agitador, la velocidad usada debe de ser constante en todo momento para cada prueba. (Ensuncho et al., 2015)
- El tiempo de adsorción, o tiempo de residencia que viene a ser el tiempo en que el carbón activado se dejará en la solución acuosa con el colorante textil, el tiempo será controlado con un cronómetro o temporizador. Pero este puede tener grandes variaciones. (Isik et al., 2022)
- 

**Cinética de adsorción del carbón activado**

Para la determinación de la cinética de bioadsorción se trabajará a temperatura ambiente. (Carrasquero et al., 2022)

Se evaluarán los siguientes parámetros:

- La velocidad de agitación variará en un rango de 150 a 200 rpm/s. (Ensuncho et al., 2015)
- Se medirá el tiempo de adsorción o tiempo de residencia en un rango de 30 a 120 minutos. (Isik et al., 2022)
- Se determinarán los gráficos de la cinética de bioadsorción mediante las ecuaciones de Langmuir y Freundlich. (Castellar-Ortega et al., 2019)

**X. Referencias (Listar las citas bibliográficas con el estilo adecuado a su especialidad)**

Acevedo, D. B. (2018). *Pruebas de adsorción y regeneración química de carbón activado granular de madera y de cáscara de coco para el tratamiento de agua residual de la industria del teñido textil*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Ahmad, M. A., & Sudi, R. (2018). Valorization of human hair as methylene blue dye adsorbents. *Green Processing and Synthesis*, 7(4), 344–352. <https://doi.org/10.1515/gps-2017-0021>

Bretón, E., Melgar, E. J., Hernández, M. Á., Loredó, M., & Dávila, N. E. (2020). Remoción del colorante AV7 presente en solución acuosa mediante carbón activado. *Ingenierías*, 23(89), 6–13. <https://doi.org/10.29105/ingenierias23.89-3>



- Carrasquero, S., Díaz, A. R., & Colina, G. de J. (2022). Capacidad adsorptiva del carbón activado obtenido del epicarpio de *Citrus sinensis* en la remoción de indigotina. *Revista Bases de La Ciencia*, 7(1), 1–16. <https://doi.org/10.33936/revbasdelaciencia.v7i1.3511>
- Castellar-Ortega, G., Mendoza Colina, E. D. J., Angulo Mercado, E. R., Paula Pereira, Z. A., Rosso Bravo, M. C., & Jaramillo Colpas, J. E. (2019). Equilibrio, cinética y termodinámica de la adsorción del colorante DB-86 sobre carbón activado de la cáscara de yuca. *Revista MVZ Córdoba*, 24(2), 7231–7238. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1700>
- Castro, M. F., & Salazar, V. (2020). *Evaluación de la remoción del colorante RB46 mediante carbón activado partiendo de fique a nivel laboratorio*. Fundación Universidad de América.
- Cruz, J. A. (2019). Degradación del colorante azul de metileno empleando un tratamiento electrofenton en un sistema de flujo continuo. [Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/13776>
- Ensuncho, A. E., Robles, J., & Carriazo, J. G. (2015). Adsorción del colorante amarillo anaranjado en solución acuosa utilizando carbones activados obtenidos a partir de desechos agrícolas. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(2), 135–147. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i2.23>
- Isik, Z., Saleh, M., M'barek, I., Yabalak, E., Dizge, N., & Deepanraj, B. (2022). Investigation of the adsorption performance of cationic and anionic dyes using hydrocharred waste human hair. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02582-2>
- Kyzas, G. Z., Lazaridis, N. K., & Mitropoulos, A. C. (2012). Removal of dyes from aqueous solutions with untreated coffee residues as potential low-cost adsorbents: Equilibrium, reuse and thermodynamic approach. *Chemical Engineering Journal*, 189–190, 148–159. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.02.045>
- Lansari, I., Benguella, B., Kruchinina, N., & Nistratov, A. (2022a). The removal of acid green 4G and anthraquinone orange from aqueous solution using adsorption on activated carbon from human hair. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 135(2), 987–998. <https://doi.org/10.1007/s11144-022-02181-2>
- Lansari, I., Benguella, B., Kruchinina, N., & Nistratov, A. (2022b). Adsorption of textile dyes from aqueous solution using activated carbon from human hair. *Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis*, 135(4), 1891–1903. <https://doi.org/10.1007/s11144-022-02224-8>
- Ospina, L. T., Berrio E., Avendaño, V. T., Arriola, E., & Ardila, A. N. (2018). Uso de biomasa seca de cáscara de naranja para la remoción de colorantes presentes en aguas residuales de la industria textil. *Revistas de Investigación UGC*, 24, 53–63.
- Pacheco, A. R. (2021). *Evaluación de la remoción del tinte capilar azul plata en una muestra de agua utilizando carbón activado obtenido a partir de cáscaras de bananas*. Universidad de la Costa.
- Rauf, M. A., Qadri, S. M., Ashraf, S., & Al-Mansoori, K. M. (2009). Adsorption studies of Toluidine Blue from aqueous solutions onto gypsum. *Chemical Engineering Journal*, 150(1), 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2008.12.008>



- Sepúlveda-Cervantes, C. (2014). *Producción de carbón activado a partir de la cáscara de frijol de soya para su aplicación como adsorbente en el tratamiento de aguas residuales contaminadas con colorante verde de malaquita*. Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- Tavengwa, N. T., Cukrowska, E., & Chimuka, L. (2013). Synthesis, adsorption and selectivity studies of N-propyl quaternized magnetic poly(4-vinylpyridine) for hexavalent chromium. *Talanta*, 116, 670–677. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.07.034>
- Velázquez, A., Bolaños, E., & Pliego, Y. S. (2010). Optimización de la producción de carbón activado a partir de bambú. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(3), 359–366. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382010000300010&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382010000300010&script=sci_arttext&tlng=en)
- Vidal, J. L. (2022). *Elaboración de Carbón Activado a partir del cuesco de Nogal (Juglans neotropica) para su aplicación en el tratamiento de soluciones acuosas de colorantes de una fábrica de jeans*. Universidad de Cuenca.
- Zambrano, L. A. (2018). *Remoción de colorantes sintéticos de las aguas residuales de la industria alimentaria usando como material adsorbente biomasa de arroz* [Escola Superior de Turismo e Tecnología do Mar]. [https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3473/1/Dissertação IPL ESTM.pdf](https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3473/1/Dissertação_IPL_ESTM.pdf)
- Zhonghua, H., & Srinivasan, M. P. (1999). Preparation of high-surface-area activated carbon from coconut shell fibers. *Microporus and Mesoporus Materials*, 27, 11–18. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0008622310002241>

## XI. Uso de los resultados y contribuciones del proyecto (Señalar el posible uso de los resultados y la contribución de los mismos)

Con los resultados obtenidos a nivel de laboratorio se podrán obtener los parámetros importantes del proceso, para ver la factibilidad de acoplar a los procesos en las plantas de tratamiento de agua residual, para mejorar la calidad del agua, de manera que se reduzcan los riesgos para la salud pública, la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, y se pueda dar un mejor aprovechamiento del agua para su disponibilidad continua.

## XII. Impactos esperados

### i. Impactos en Ciencia y Tecnología

La aplicación de los residuos sólidos para preparar bioadsorbentes para el tratamiento de contaminantes emergentes.

### ii. Impactos económicos

Se les dará un mayor valor agregado a los residuos sólidos, incrementando el valor adquisitivo de esta materia prima que se generan en las diferentes peluquerías, los mismos que son eliminados actualmente a los botaderos de la zona.



### iii. Impactos sociales

El presente estudio mejorará la calidad de vida de la población puneña.

### iv. Impactos ambientales

La materia prima que se utilizara para la preparación de los bioadsorbentes, son residuos sólidos que se elimina en las peluquerías, durante el proceso de elaboración del bioadsorbente la cantidad de los efluentes generados en las diferentes etapas del proceso de elaboración, en la bioadsorción son mínimas, las sustancias químicas que se utilicen para activar el bioadsorbente contienen muy pocos contaminantes, los mismos que serán pretratados antes de ser eliminados al ambiente. Por lo cual se trabajarán con un proceso amigable libre de contaminación ambiental.

## XIII. Recursos necesarios (Infraestructura, equipos y principales tecnologías en uso relacionadas con la temática del proyecto, señale medios y recursos para realizar el proyecto)

### 1. Infraestructura:

- Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería Química.
- Laboratorio de Control de Calidad de la Escuela Profesional de Ingeniería Química.
- Laboratorio de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Química
- Laboratorio de análisis de difracción de Rayos X, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Laboratorio LABICER, para realizar el análisis de espectroscopia de Infrarrojo de la Universidad Nacional de Ingeniería.

#### 1.1. Materiales

- Columnas de extracción de fase sólida
- Cápsulas de porcelana 60 mL
- Crisoles de porcelana con tapa
- Espátulas
- Filtro de fibra de vidrio de 45  $\mu$ m
- Fiolas 10, 50, 100 mL
- Matraz Erlenmeyer 50, 100 mL
- Matraz Kitasato 500 mL
- Embudo Büchner
- Micropipetas
- Baguetas
- Microespátulas
- Papel filtro Whatman
- Probetas 100 mL
- Pipetas
- Pizetas
- Propipetas
- Vasos de precipitado 100 mL
- Vaso de precipitado 500 mL
- Tamiz malla 40, 60, 200



- Tubos para centrífuga

### 1.2. Equipos

- Espectrofotómetro UV- Visible
- Baño isotérmico
- Bomba de vacío
- Centrifugadora
- Columna de fase inversa
- Cromatógrafo líquido de alta resolución
- Detector de UV/visible
- Espectrofotómetro Infrarrojo FTIR (IRAFFINITY-1s SHIMADZU)
- Estufa
- Lámpara UV-VIS
- Mufla
- pH metro
- Plancha caliente con agitador magnético
- Turbidímetro

### 1.3. Reactivos/insumos

- Ácido clorhídrico (QP)
- Ácido fosfórico (PA)
- Ácido sulfúrico (QP)
- Agua ultra pura
- Hidróxido de sodio (QP)
- Azul de metileno (PA)
- Benceno (PA)
- Tetracloruro de carbono (QP)
- Solución buffer pH 4 (QP)
- Solución buffer pH 7 (QP)
- Solución buffer pH 10 (QP)
- Sulfato de plata (QP)
- Reactivo de Folin
- Cabello Humano

#### XIV. Localización del proyecto (indicar donde se llevará a cabo el proyecto)

La localización del proyecto será en la Ciudad de Puno, se trabajará en los laboratorios de Alimentos, Investigación y Control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química, los análisis para la caracterización del bioadsorbente se realizarán en los laboratorios de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Universidad Nacional de Ingeniería de la ciudad de Lima.



**XV. Cronograma de actividades**

Actividad	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Búsqueda y revisión de bibliografía científica												
Recolección de cabello humano de las peluquerías para la elaboración del adsorbente												
Elaboración, caracterización y evaluación del adsorbente de cabello humano.												
Determinación de los parámetros óptimos del proceso de bioadsorción.												
Procesamiento de muestras												
Análisis de datos												
Redacción de informe final												
Presentación de informe final												
Participación en eventos												

**XVI. Presupuesto**

Descripción	Unidad de medida	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Costo total (S/.)
<b>MATERIALES Y EQUIPOS</b>				
Materiales y reactivos de laboratorio	Unidad	500.00	1	500.00
Equipos de laboratorio	Unidad	2000.00	1	2 000.00
Reactivos para preparar el biopolímero	Unidad	100.00	Varios	1 000.00
Útiles de escritorio	Unidad	100.00	Varios	100.00
<b>SERVICIOS</b>				
Análisis de laboratorio especializado	Unidad	100.00	30	3000.00
Pasajes y viáticos Puno - Lima y Viceversa	Unidad	200.00	Varios	800.00
Alquiler de laboratorio	Unidad	100.00	4	400.00
<b>SUBTOTAL EN SOLES S/.</b>				<b>7 800.00</b>
Imprevistos 5 %				390.00
Total				8 190.00