

RESPONSABLES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

Facultad de Ingeniería Química UNA PUNO

- Dr. Norberto Sixto Miranda Zea
- Dr. Gregorio Palomino Cuela
- MSc. Salomon TTito León

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

- M.Sc. Faviola Ccoa Huaca

I. Nombre del Proyecto

Remoción de mercurio en agua residual minero metalúrgico por adsorción de carbón activado de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas.

II. Resumen del Proyecto.

La contaminación ambiental por mercurio (Hg) no esencial y no beneficioso, aunque potencialmente tóxico, se está convirtiendo en una gran amenaza para los organismos vivos en el mundo. Debido a sus diversos usos en numerosos procesos industriales, se libera una gran cantidad de Hg en diferentes compartimentos ambientales. La contaminación ambiental por Hg puede resultar en la contaminación de la cadena alimentaria, especialmente debido a su acumulación en partes comestibles de la planta. El objetivo del presente proyecto es Evaluar, la capacidad de adsorción y el porcentaje de remoción del mercurio (+2) con un carbón activado de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas, presente en aguas de minas La Rinconada establecidas en la región Puno (Perú), así mismo se aprovechara los desechos agrícolas (cáscara de habas) para producir carbón activado que conduce potencialmente a la producción de un adsorbente altamente efectivo generado a partir de materias primas menos costosas que provienen de recursos renovables. La metodología inicia con la caracterización del carbón activado (la textura, la estructura y la morfología del carbón activado, obtenido por carbonización y activación de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas), luego se recolectara y preservara las muestras acuosas para lo cual se seguirá el método recomendado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM de Perú (IDEAM) y por los métodos estandarizados para el análisis de agua y aguas residuales. El pH y la conductividad, el contenido de sulfatos se cuantificará mediante espectrofotometría UV-Vis, el contenido de Hg, se cuantificará mediante espectrofotometría de absorción atómica y finalmente se desarrollará la fase experimental de remoción preparando la disolución patrón (1000 mg L⁻¹ en Hg), preparada a partir de HgCl₂ (99,99%); a partir de esta disolución y por dilución con agua desionizada se obtendrán concentraciones de 5 y 10 mg L⁻¹. Con el fin de realizar las pruebas de remoción, la columna se dispondrá en forma vertical; el lecho de carbón se colocará sobre un tabique poroso ajustado al interior de la columna y para evitar el arrastre de las partículas de carbón, sobre el lecho se pondrá un retenedor de lana de vidrio desengrasada. La disolución se bombeará por la parte inferior de la columna con la ayuda de una bomba peristáltica, a caudales fijo y modificables entre 1 y 10 cm³ min⁻¹. Luego de realizar varios ensayos con las disoluciones modelo, se realizarán pruebas de remoción con aguas de drenaje real. El presente estudio propone utilizar materia prima valioso para su industrialización y darle valor agregado económicamente rentable a la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas.

III. Palabras Claves

Adsorción, Aguas residuales, carbón activado, Cascara de habas, Remoción.

IV. Planteamiento del problema

La minería artesanal es cada vez más común en muchas partes del mundo, en el Perú se tiene más de 250,000 mineros artesanales y pequeños mineros, razón por la que somos el primer productor de oro de América Latina, este esfuerzo es opacado por el uso del mercurio que afecta la salud y contamina el medio ambiente. El uso de Hg en la minería de oro artesanal (AGM) o minería de oro a pequeña escala (SSM) es frecuente en los países en desarrollo, se cree que se vierten entre 650 y 1 000 toneladas de Hg al año, un tercio de todas las emisiones antropogénicas de Hg en el mundo (Loza Del Carpio & Ccancapa Salcedo, 2020). El departamento de Puno es el segundo productor de oro en el país, que incluye a la minería artesanal (MINEM 2017), desarrollándose en las partes amazónica y altoandina de la Región. En esta última se ubica el centro minero La Rinconada (5000 msnm), que incluye los poblados La Rinconada y Lunar de Oro, donde la minería aurífera artesanal se realiza a importante escala, ya que participan en ella directamente unas 40 mil personas (Lobato 2013) de sus 82 mil habitantes (GLA 2012). Su principal impacto está asociado con el mercurio, estimándose en 15 t/año la evacuación de este metal (Mosquera et al. 1999) hacia relaves y su posterior disposición en ríos y pequeños cursos de agua que drenan en dirección a la laguna La Rinconada (Lobato 2013) y luego al lago Titicaca por intermedio del río Ramis (Gammons et al., 2006). La gravedad radica en que estos metales son altamente tóxicos, biodisponibles y no biodegradables (Huayamave Navarrete, 2013) lo que facilita su circulación en el compartimento biótico del ecosistema (SIMA et al., 2008). Entre uno de los métodos de adsorción para remover mercurio se sugiere, la utilización de carbón activado que se ha considerado como uno de los más utilizados, gracias a que el carbón activado desarrolló una estructura porosa que ha demostrado capturar hasta el 90% del mercurio de los gases de combustión (Graydon et al., 2009).

¿En qué medida el método de adsorción con carbón activado de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas es adecuado para la remoción mercurio (2+) contenido en soluciones acuosas y agua residual minero metalúrgico?

V. Justificación del proyecto

El mercurio puede circular en la atmósfera durante años para formar Hg^{2+} , entrar en la cadena alimentaria a través de la contaminación del agua, lo que tiene un impacto negativo en los animales y la vida acuática (Naushad et al., 2017, 2019) y por otro lado tenemos los desechos agrícolas (cáscara de habas) para producir carbón activado que conduce potencialmente a la producción de un adsorbente altamente efectivo generado a partir de materias primas menos costosas que provienen de recursos renovables (Amuda et al., 2007). Además, el CA posee una gran resistencia mecánica, una cinética de adsorción mucho mejor que permite una alta utilización de la superficie, un área superficial relativamente grande y varios grupos funcionales, que podrían proporcionar sitios activos para la adsorción física y química del mercurio, en consecuencia, el CA de habas se considera un candidato potencialmente valioso adsorbente para la eliminación de mercurio en la industria para sustituir carbón activado comercial, debido a su variedad de fuentes, abundancia y bajo coste.

VI. Antecedentes

- Norberto Sixto, (2008) obtuvo de Carbón Activado a partir de la Cubierta Seminal de Leguminosa Haba (vicia-haba) y desarrollo su uso en el proceso de recuperación de oro desde soluciones cianuradas, obteniendo una recuperación estadísticamente similar con carbón activado estándar de 54.18% y 60.95% de oro respectivamente.
- Frank, (2010) evaluó la capacidad de adsorción y el porcentaje de remoción del mercurio (+2) empleando carbón activado a partir de semillas de aguaje en agua contaminada artificialmente. A partir de un estándar de Nitrato de mercurio (+2) de 1000 mg/L, prepararon patrones de 1, 1e0 y 100 mg/L de mercurio (+2), con tres repeticiones por cada patrón de 50 mL, obtuvo un porcentaje de remoción para las concentraciones de mercurio (+2) de la siguiente forma, para 1 mg/L = 99.03 %, para 10 mg/L = 93.35 % y para 100 mg/L = 89,56 %; asimismo para la capacidad de adsorción del carbón activado, para 1 mg/L = 0.1981 mg Hg/g C.A , para 10 mg/L =1.8669 mg Hg/g C.A y para 100 mg/L = 17.9673 mg Hg/g C.A.
- Rojas, et al., (2012), realizó un estudio donde determinó que el carbón activado granular, procedente de la carbonización y activación de cuesco de coco, es un sólido adecuado para los procesos de remoción de iones Hg^{2+} presentes en aguas de drenajes de minería de carbón de la región de Guachetá (Colombia). Frente al proceso de adsorción dinámico (en columnas), el modelo de Bohart y Adams describió la parte inicial (10%) de la curva de ruptura, proporcionando parámetros cuantitativos (constante de velocidad de adsorción, capacidad de adsorción y altura del lecho) que permitieron, en forma predictiva, diseñar y optimizar el funcionamiento de sistemas de adsorción basados en lecho fijo para la remoción de iones Hg^{2+} de efluentes acuosos.
- An. et al. (2020) investigó el mecanismo de adsorción y la capacidad del CA para la eliminación de Hg^0 en una atmósfera de $H_2O + SO_2 + O_2$, determinó el mecanismo de adsorción y las condiciones óptimas de reacción, con una eficiencia de adsorción de Hg^0 promedio más alta de 91% obtenida a 70°C en 3h. Posteriormente, el Hg^0 pudo recuperarse del gas desorbido por condensación con una eficiencia del 87,4% utilizando agua helada.
- Sajjadi. et al. (2018) investigaron la eliminación eficiente de mercurio de las aguas residuales mediante carbón activado derivado de residuos de madera de pistacho preparado mediante activación química utilizando un nuevo agente activador nitrato de amonio (NH_4NO_3) y comparó con el carbón activado comercial (CAC) por las propiedades texturales y morfológicas, la química de la superficie, la estructura cristalina y la composición elemental de la superficie. Los resultados indicaron que el carbón activado de pistacho desarrollo condiciones óptimas para obtener mayor mercurio

VII. Hipótesis del trabajo

El proceso de adsorción de carbón activado de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas es un método adecuado para remoción de mercurio en soluciones acuosas y aguas residuales minero metalúrgico de Minas la Rinconada.

VIII. Objetivo general

Evaluar, la capacidad de adsorción y el porcentaje de remoción del mercurio (+2) con un carbón activado de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas, presente en aguas de minas La Rinconada establecidas en la región Puno (Perú).

IX. Objetivos Específicos

- Caracterizar los parámetros físico-químicos el de carbón activado de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas, para aplicar procesos de remoción de mercurio presente en aguas de minas La Rinconada establecidas en la región Puno (Perú).
- Determinar en proceso discontinuo Batch, la capacidad de remoción de metal mercurio (2+) por adsorción en soluciones acuosas y en aguas residuales minero metalúrgico para remover mercurio presente en aguas de minas La Rinconada.
- Determinar la cinética de equilibrio y la isoterma de mejor ajuste del carbón activado para la remoción de mercurio (2+) en soluciones acuosas en proceso discontinuo Batch

X. Metodologías

• Caracterización del carbón activado

La textura, la estructura y la morfología del carbón activado, obtenido por carbonización y activación de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas de tipo comercial, caracterización de los drenajes de minería

• Recolección y preservación de las muestras acuosas

Se seguirá el método recomendado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM de Perú (IDEAM) y por los métodos estandarizados para el análisis de agua y aguas residuales. El pH y la conductividad de cada muestra se determinarán con un equipo multiparámetro; la acidez, la alcalinidad y el contenido de cloruros se realizará con un analizador; El contenido de sulfatos se cuantificará mediante espectrofotometría UV-Vis, el contenido de Hg, se cuantificará mediante espectrofotometría de absorción atómica.

• Ensayos de remoción

Se disolución patrón (1000 mg L⁻¹ en Hg), preparada a partir de HgCl₂ (99,99%); a partir de esta disolución y por dilución con agua desionizada se obtendrán concentraciones de 5 y 10 mg L⁻¹. Para efectos de todos los ensayos, el pH final de las disoluciones se ajustará a un valor de 2,5 con la ayuda de una disolución 0,2 M de HNO₃. Con el fin de realizar las pruebas de remoción, la columna se dispondrá en forma vertical; el lecho de carbón (pesado con precisión a 0,1 mg) se colocará sobre un tabique poroso ajustado al interior de la columna y para evitar el arrastre de las partículas de carbón, sobre el lecho se pondrá un retenedor de lana de vidrio desengrasada. La disolución se bombeará por la parte inferior de la columna con la ayuda de una bomba peristáltica, a caudales fijo y modificables entre 1 y 10 cm³ min⁻¹. En distintos experimentos, el diámetro interno de las columnas se variará entre 1,0 y 1,7 cm; de igual forma, la altura del lecho (Z) de carbón activado se modificará entre 1 y 2 cm. Luego de realizar varios ensayos con las disoluciones modelo, se realizarán pruebas de remoción con aguas de drenaje real.

XI. Referencia Bibliográficas

Amuda, O. S., Giwa, A. A., & Bello, I. A. (2007). Removal of heavy metal from industrial wastewater using modified activated coconut shell carbon. *Biochemical Engineering Journal*, 36(2), 174–181. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.02.013>

Frank. (2010). *Universidad Peruana Unión*. 1–303. papers2://publication/uuid/45D7E632-B571-4218-9E47-8B4457FEA9D3

- Huayamave Navarrete, J. P. (2013). *Estudio de las aguas y sedimentos del Rio Daule, en la provincia del Guayas, desde el punto de vista Físico Químico, orgánico bacteriológico y toxicológico*. 348.
- Loza Del Carpio, A. L., & Ccancapa Salcedo, Y. (2020). Mercury in a high altitude andes stream with strong impact by artisanal aurifer mining (La Rinconada, Puno, Peru). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(1), 33–44. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53317>
- Naushad, M., Ahamad, T., Al-Maswari, B. M., Abdullah Alqadami, A., & Alshehri, S. M. (2017). Nickel ferrite bearing nitrogen-doped mesoporous carbon as efficient adsorbent for the removal of highly toxic metal ion from aqueous medium. *Chemical Engineering Journal*, 330, 1351–1360. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.08.079>
- Naushad, M., Ahamad, T., AlOthman, Z. A., & Al-Muhtaseb, A. H. (2019). Green and eco-friendly nanocomposite for the removal of toxic Hg(II) metal ion from aqueous environment: Adsorption kinetics & isotherm modelling. *Journal of Molecular Liquids*, 279, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.01.090>
- Norberto Sixto, M. Z. (2008). *Otención de Carbono Activado a partir de la Cubierta Seminal de Leguminosa Haba (vicia-haba) y su uso en el proceso de recuperación de oro desde soluciones cianuradas*. 168.
- Rojas, H. A., Guerrero, D. C., Vásquez, O. Y., & Valencia, J. S. (2012). Aplicación del Modelo de Bohart y Adams en la Remoción de Mercurio de Drenajes de Minería por Adsorción con Carbón Activado. *Información Tecnológica*, 23(3), 21–32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000300004>
- SIMA, M., ZOBRIST, J., SENILA, M., LEVEI, E.-A., ABRAHAM, B., DOLD, B., & BALTEANU, D. (2008). Environmental pollution by mining activities – A case study in the Criș Alb Valley, Western Carpathians, Romania. *Geo-Eco-Marina*, 1, 9–20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.57324>

XII. Impactos esperados

i. Impactos en Ciencia y Tecnología

- Desarrollo de una nueva tecnología para tratamiento de aguas residuales para remoción de mercurio, por adsorción carbón activado de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas.
- Alternativa para el tratamiento de efluentes de aguas residuales minero metalúrgico para remoción de mercurio.
- Llevar los resultados de investigación de escala de laboratorio a escala industrial.

ii. Impactos económicos

- Factibilidad económica del proceso seleccionado.
- Valorización de la cubierta seminal de Leguminosa Haba (vicia – faba) cáscara de habas.

iii. Impactos sociales

- Beneficiar a los usuarios del área de estudio proporcionando agua tratada apta para riego y/o consumo humano
- Recuperar cuerpos de agua del área de estudio

iv. Impactos ambientales

- Solucionar problemas de contaminación ambiental por metales tóxicos en aguas residuales minero metalúrgico, que contaminan el área de estudio; para utilizar las aguas tratadas para riego y/o consumo humano
- Remediación de aguas residuales minero metalúrgico con tecnología apropiada.

XIII. Recursos necesarios

- Uso de laboratorios de tecnología de aguas y de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química
- Equipo de agitadores magnéticos con sensor de temperatura
- Espectrofotómetro de IR- UV.
- Potenciómetros
- Conductímetros
- Turbidímetro
- Sensores de temperatura y de velocidad rpm

XIV. Localización del proyecto

La Rinconada está ubicada en la región Janca, según la clasificación de Pulgar Vidal, siendo así el poblado permanente más alto del mundo. Según la edición de mayo de 2003 de la revista National Geographic, La Rinconada tiene 5100 msnm. 4 Fuentes más recientes indican que tiene casi 5300 msnm.

Su área urbana abarca gran parte del flanco occidental de una estribación del nevado Ananea grande. Sus coordenadas son 14°37'54"S 69°26'47"O.

La Rinconada, se ubica en el distrito de Ananea, provincia de Sandia, departamento de Puno, a 4p800 m.s.n.m. y a 170 - Km de la ciudad de Juliaca, se debe al programa de estudios zonales del Banco Minero para promover el desarrollo de la minería aurífera en la región de Puno.

XV. Cronograma de actividades

Actividad		2021						
		MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
1.1	Recolección y procesamiento de la información	X						
1.2	Levantamiento de información		X					
1.3	Experimentación			X	X			
2.3	Análisis de resultados				X	X		
2.5	Elaborar las conclusiones					X		
2.6	Elaboración del Informe Final						X	X

XVI. Presupuesto EQUIPOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
- Potenciómetro	01	100	100.00
- Espectrofotómetro			

de IR- UV.	01	100	100.00
- Potenciómetros	02	100	200.00
- Conductímetros	02	100	200.00
- Turbidímetro	01	100	50.00
- Sensores de temperatura y de velocidad	02	100	200.00
		Sub total	850.00

MATERIAL DE ESCRITORIO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
Papel A-4	02 millares	30.00	60.00
C.D	10	1.00	10.00
Útiles de escritorio	Varios	5.00	150.00
Impresión	06	100.00	600.00
		Sub total	820

SERVICIOS TECNOLÓGICOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
USB	03	20.00	60.00
Servicios Internet	50	10.00	500.00
Impresión	50	1.00	50.00
		Sub total	610.00

TRANSPORTE

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
Transporte local	20	20.00	400.00
Transporte Regional	20	300.00	6000.00
		Sub total	6400.00

PERSONAL

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
-------------	----------	--------------	-----------

Viáticos	20	500.00	10000.00
		Sub total	10000.00

SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
Análisis	20	250.00	5000.00
Arsénico	60	25.00	1500.00
Mercurio	60	20.00	1200.00
Transporte de muestras.	03	20.00	60.00
Reactivos para análisis de mercurio			800.00
		Sub total	8560.00

TOTAL S/27 240.00

SON: VEINTISIETE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y 00/100 SOLES.