

Remoción de iones de mercurio mediante adsorción en carbón activado microporoso obtenido de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*)

Lizbeth Cruz Trujillo ^{a1}, Loyda Calsina Rosa ^{a2}

^aUniversidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, EP Ingeniería Ambiental Lima, Peru.

Resumen

El presente trabajo de investigación de adsorción de mercurio utilizando los tallos de la quinua (*Chenopodium quinoa*) como carbón activado utilizado como adsorbente debido a las grandes propiedades de remoción y porosidad que cuenta los tallos de quinua donde uno de nuestros objetivos principales fue crear el carbón activado por medio del tallo de quinua de esta zona para evaluar la calidad y la eficiencia de adsorción en efluentes contaminados con mercurio (Hg). Para ello se utilizó la metodología de activación química del carbón de tallos de quinua con el ácido fosfórico (H₃PO₄) al 30% para la adsorción. Como resultados principales por el equipo "ESPECTROFOTÓMETRO" de emisión Atómica por plasma microondas 4210 MP-AES" donde la cantidad de mercurio de muestra 1 (M1) Mercurio (Hg) Ppm/% (0.264) 4 (mg/l) donde en los estándares de calidad ambiental (ECA) es de 0.002 (mg/l). Por otro lado, para la muestra 2 (M2) mercurio (Hg) Ppm/% (0.1010) 9 (mg/l) en los Límites Máximos permisibles es de 0.001 (mg/l), en ambas muestras la concentración del mercurio sobrepasa las normativas establecidas. Además se analizaron parámetros físico como el Ph (M1 : 11.6), (M2: 12.5), (M3, 12.4), (M5: 9.5) y la turbiedad alta con (M1: 44.1), (M2: 8.61), (M3: 131), (M4: 13.28) Después de la adsorción de mercurio mediante el carbón activado de microporos de tallos de quinua se obtuvo una remoción casi perfecta con un 99.9 % de eficiencia promediada en 4 muestras repetidas y en los parámetros físicos hubo una remoción bastante considerable en la M2 con Ph de 12.5 a 8, la turbiedad de 8.61 NTU a 2.13 NTU, en la M3 con el Ph inicial de 12.4 a 7.5, la turbiedad de 131 NTU a 1,95 NTU cada uno con carbón activado de 1.5 g y 2 g.

Palabras clave: absorción; quinua; remoción; carbón activado; eficiencia; iones; microporos; plasma microondas.

Summary

The present research work of mercury adsorption using quinoa (*Chenopodium quinoa*) stalks as activated carbon used as adsorbent due to the great removal properties and porosity of quinoa stalks where one of our main objectives was to create the activated carbon by means of quinoa stalk from this area to evaluate the quality and efficiency of adsorption in effluents contaminated with mercury (Hg). For this, the methodology of chemical activation of quinoa stalk charcoal with phosphoric acid (H₃PO₄) at 30% for adsorption was used. As main results by the equipment "SPECTROPHOTOMETER" of Atomic emission by microwave plasma 4210 MP-AES" where the amount of mercury of sample 1 (M1) Mercury (Hg) Ppm/% (0.264) 4 (mg/l) where in the environmental quality standards (ECA) is 0.002 (mg/l). On the other hand, for sample 2 (M2) mercury (Hg) Ppm/% (0.1010) 9 (mg/l) in the Maximum Permissible Limits is 0.001 (mg/l), in both samples the concentration of mercury exceeds the established standards. In addition, physical parameters such as Ph (M1: 11.6), (M2: 12.5), (M3, 12.4), (M5: 9.5) and high turbidity were analyzed with (M1: 44.1), (M2: 8.61), (M3: 131), (M4: 13.28). After the adsorption of mercury using activated carbon from micropores of quinoa stems, an almost perfect removal was obtained with a 99.9 % efficiency averaged over 4 repeated samples and in the physical parameters there was a quite considerable removal in M2 with Ph from 12.5 to 8, turbidity from 8.61 NTU to 2.13 NTU, in M3 with initial Ph from 12.4 to 7.5, turbidity from 131 NTU to 1.95 NTU each with 1.5 g and 2 g activated carbon.

Key words: adsorption; quinoa; removal; activated carbon; efficiency; ions; micropores; microwave plasma.

1. INTRODUCCIÓN

En el planeta con mayor relevancia de vida es el agua porque dentro de 50 a 90% de todos los organismos que existen en nuestro planeta y además de ello es el elemento más abundante en un 70% en nuestra superficie terrestre, aunque sólo el 3% es agua dulce de la cual solo el 0.2% está en la superficie y la atmósfera, y el 2.8% está congelada en los glaciares como en aguas subterráneas siendo esta última contaminada por acciones antropogénicas realizadas por el hombre (Quispe, 2017).

Las estimaciones de enormes emisiones de Hg (mercurio) provenientes de la minería de oro y plata en el pasado también contribuyeron a la creciente preocupación ambiental por esta actividad como un importante contribuyente al ciclo global del Hg (YAMPASI, 2017). Las liberaciones de mercurio de la minería artesanal de oro podrían ser una fuente importante de contaminación por Hg en el lago Titicaca en la actualidad, las emisiones de Hg provenientes de la minería de oro provienen principalmente de la minería artesanal o campesina de pequeña escala que requiere mucha mano de obra, una actividad en la que la producción y los métodos de producción son muy difíciles de cuantificar y cuya intensidad varía en órdenes de magnitud de una región a otra y, en particular, en una escala temporal. (De Lacerda, 2003). Las concentraciones de Hg son muy elevadas y otros metales pesados en los cursos de agua de cabecera cerca de los centros mineros de La Rinconada, la cantidad de Hg que ingresa al lago Titicaca que podría atribuirse a la minería (Gammons et al., 2006) El mercurio se reconoce desde hace tiempo como tóxico, principalmente en relación con sus efectos en los seres humanos tras exposiciones ocupacionales agudas o prolongadas de alto nivel y, en la segunda mitad del siglo pasado, a partir de una serie de incidentes ambientales. (Holmes et al., 2009)

La adsorción es un proceso de separación mediante el cual ciertos componentes de una fase fluida (líquida o gaseosa) son transferidos hacia un sustrato sólido quedando física o químicamente enlazados en la superficie del adsorbente (Rivas, 2006) El carbón activo y los aluminosilicatos son los adsorbentes más usados en la eliminación de metales pesados. El carbón activo, por su superficie no polar y su bajo coste, es el adsorbente elegido para eliminar una amplia gama de contaminantes, sin embargo, como no es selectivo, puede adsorber también componentes inocuos que se encuentren en proporciones más elevadas que otros contaminantes más peligrosos como los metales pesados. Nuestro objetivo de estudio fue crear el carbón activado por medio del tallo de quinua de esta zona para evaluar la calidad y la eficiencia de adsorción en efluentes contaminados con mercurio (Hg).

El artículo 31 de la Ley N° 28611 describe los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) como los niveles máximos permitidos de concentración de ciertos elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos en el aire, agua o suelo. Estos niveles garantizan que no exista un riesgo importante para la salud de las personas ni para el ambiente. La última actualización de los ECA relacionados con el agua y sus disposiciones adicionales fue establecida mediante el Decreto Supremo N° 004-2017 del MINAM.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materiales

Se utilizaron tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*) provenientes de la Universidad Peruana Unión (Lima, Perú) como materia prima para la preparación del carbón activado. Entre los reactivos empleados se incluyó ácido fosfórico (H_3PO_4) al 30% (JT. Baker). Para las determinaciones analíticas se utilizó un espectrofotómetro de emisión atómica por plasma de microondas (4210 MP-AES).

Adicionalmente, se emplearon un equipo de jarras, balanza analítica (Kossodo), mufla (Enithern), estufa (Binder), mortero, destilador de agua, medidor de pH, turbidímetro, multiparámetro y tamizador (malla N°60, 250 µm).

METODOLOGÍA

El estudio está basado en un diseño experimental que consta en dos etapas I) Obtención del carbón activado II) Método experimental por tes de jarras

Obtención del carbón activado

La quinua (*Chenopodium quinoa*), cultivo andino de importancia por su alto valor nutricional, contiene aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas, fibras que nuestro organismo requiere, además de carecer de gluten. Inclusive superior a otros cereales como el trigo, cebada y soja, solo comparable con la proteína de la leche. Posee propiedades terapéuticas valiosas y otros beneficios (Acurio Páez, 2019)

En términos de su distribución geográfica, es una planta que puede adaptarse a diversos ambientes ecológicos y climas. Tiene la capacidad de resistir a largos períodos de sequía, a terrenos salinos y pobres en materia orgánica. Crece desde nivel del mar, hasta altitudes de 4000 m. Además, puede soportar temperaturas que oscilan entre los -8 y los 38° C (*QUINUA INGLES*, n.d.)

Los tallos de quinua se obtuvieron de la universidad peruana unión específicamente del campo de cultivo, en la actualidad y en tiempos pasados los tallos de quinua se usan para forraje y los residuos de su cosecha pueden ser utilizados para alimentación de vacunos, ovinos, cerdos, caballos y aves. (Cabrera Ttica, 2023)

Para la activación del carbón se pesaron 100 g de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa*) en una balanza analítica de marca (KOSSODO) se trituraron en pequeñas muestras para poder poner crisoles, se impregno en una proporción de 1 g de muestra y 2 g de reactivo con ácido fosfórico (H₃PO₄) en una concentración del 30 %. El material impregnado se dejó por 18 horas en la estufa a 40 ° C. Transcurrido el tiempo de activación las muestras fueron traspasadas a crisoles y activadas en una mufla, se carbonizo la muestra hasta llegar a 500°C en un periodo de una hora los pesos de los crisoles fueron obtenidos Tabla 1.

Los carbones activados obtenidos se lavaron con agua destilada hasta obtener un rango de pH entre 5.5 – 7, posteriormente se secó en una estufa marca () a una temperatura de 50° por 24 horas, Luego se molió manualmente en un mortero y se tamizo con malla N° 60 de 250 um, Finalmente se almaceno el carbón activado para su uso en la adsorción.

Método experimental por Tes de jarras

Los ensayos de adsorción se llevaron a cabo por un proceso experimental que es el Tes de Jarras, Previo a la realización de los ensayos se realizó un análisis del metal pesado que es el mercurio por el método de ensayo de DIGESTION MULTIACIDA 4210 MP-AES y también pruebas físicas del agua como el Ph, Turbiedad, CE y Oxígeno Disuelto [Tabla 2](#). En las muestras de agua superficial en la comunidad de la Rinconada distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, Puno, Perú (4,615 msnm *m*14°40'40'' LS y 69°31'56'' LW)

Previo a los ensayos, las muestras fueron rotuladas y conservadas para poder evaluar la capacidad de adsorción del carbón activado (*Chenopodium quinoa*) que se desarrolló en una prueba analítica del laboratorio de la Universidad Peruana Unión

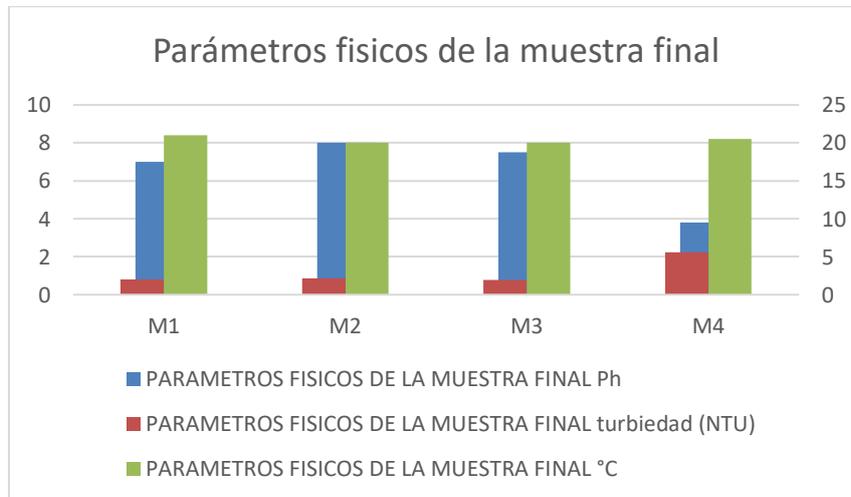
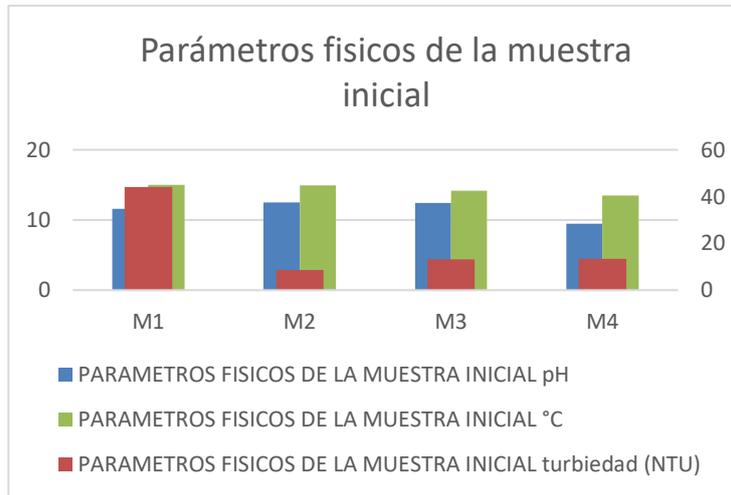
TEST DE JARRAS

Para establecer la adsorción por el método de test de jarras se utilizo un equipo con 4 Vasos precipitados para poder verter el agua. En los vasos precipitados se colocaron 500 ml de muestra luego se procedió a pesar el carbón activado (*Chenopodium quinoa*) en 1g, 1.5g, 2g, 2.5g respectivamente

para cada tratamiento. En las velocidades de 300 rpm durante un minuto para una correcta homogenización en la segunda vuelta la velocidad de 200 rpm durante 30 min. Seguidamente se dejó reposando por 24 horas a temperatura ambiente para poder alcanzar las condiciones de equilibrio y poder filtrar. Seguidamente se filtraron las soluciones utilizando papel filtro obteniendo resultados eficientes en la remoción de Ph, Turbiedad, y Hg (mercurio). Tabla 3

Figura 1:

Datos de parámetros físicos de muestras iniciales y Finales después de la remoción



3. Resultados y Discusión

3.1. Análisis proximal de materia prima

El material precursor utilizado en el presente trabajo de investigación fue el tallo de quinua (*chenopodium quinoa*) cultivada en la zona de Juliaca a 4000 m.s.n.m. a continuación se muestra los resultados de análisis de contenido de humedad, sólidos volátiles y cenizas. Estos valores nos permiten obtener el carbono fijo presente en la materia prima.

Tabla 1Análisis proximal de materia prima (*chenopodium quinoa*)

Materia prima	% porcentaje de humedad	% porcentaje de sólidos volátiles	% contenido de ceniza	% de carbono fijo
Tallos de quinua	1,7 %	11.83	1.03	1.32 mg/l

Tabla 2Peso de las muestras en los crisoles vacío y con muestra de (*chenopodium quinoa*) triturado.

Muestra	p crisol (g)	Crisol+ muestra (g)	Crisol + muestra después de la mufla (g)
M1	178.4	187.9	183.8
M2	177.9	188.1	186.1
M3	174.3	182.2	179.2
M4	181.1	191.1	178.6
M5	181.4	189.4	183.8
M6	178.2	187.9	183.5
M7	181.5	191.3	191
M8	187.6	199.2	186.6
M9	183	191.5	187.9
M10	186.5	194.3	186.9

Parámetros analizados en el agua

Los análisis de los parámetros se analizan para optimizar las condiciones de adsorción y garantizar que el carbón activado remueve la máxima cantidad de mercurio y otros contaminantes en condiciones específicas (Colpas et al., 2016)

Tabla 3*Parámetros Físicos Iniciales*

Muestras	pH	turbiedad (NTU)	°C	carbón (g)
M1	11.6	44.1	15	1
M2	12.5	8.61	14.9	1.5
M3	12.4	131	14.2	2
M4	9.5	13.28	13.5	2.5

Tabla 4

Análisis Inicial del Mercurio (Datos Obtenidos del laboratorio externo de la Universidad nacional del altiplano)

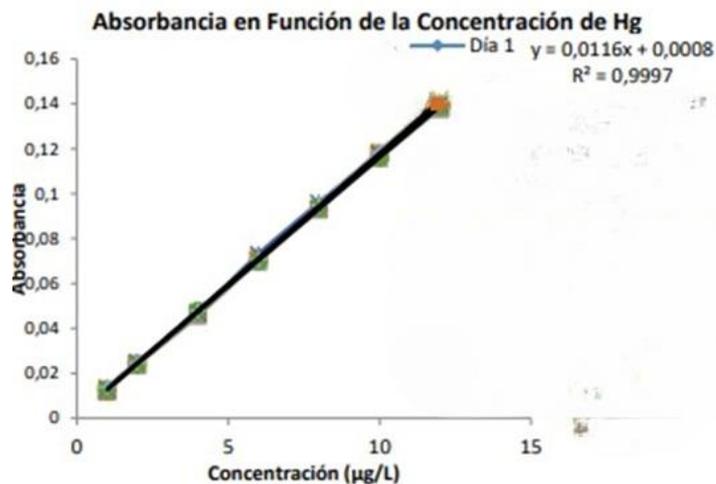
Codigo de muestra	Hg (405.781)	RESULTADOS %	Metodo de Ensayo
M_01	4.000 ppm	0.0264%	Por digestion Multiacida 4210 MP - AES
M_02	9.000 ppm	0.1010%	Por digestion Multiacida 4210 MP - AES

Evaluación con curva de mercurio

La evaluación con una curva de mercurio es un método para cuantificar la concentración de mercurio en una muestra y verificar la eficiencia de remoción mediante adsorción. Esta curva se construye usando el método de calibración estándar en el cual se relaciona la señal de medición (absorbancia en espectrofotómetro) con concentraciones conocidas de mercurio. A continuación, se describe cómo se realiza este proceso:

Ilustración 2

Grafica y formula eficiencia aplicada en el presente articulo



Fotografía 1: Curva de calibración para obtener los datos de mercurio (Ruiz Paredes et al., 2023)

$$\left\{ \begin{array}{l} y = a + bx \Rightarrow x = \frac{y - a}{b} \\ \text{Encontrar } b \Rightarrow b = \frac{(\text{cantidad} * xy) - (x * y)}{(\text{cantidad} * xx) - (x * x)} \\ \text{Encontrar } a \Rightarrow a = \frac{y - (b * x)}{\text{cantidad}} \end{array} \right.$$

Fotografía 2: tabla de ecuación para poder reemplazar (Ruiz Paredes et al., 2023)

La eficiencia en este contexto se refiere a la capacidad del proceso de adsorción para remover mercurio del agua. Es una medida de qué tan efectivo es el tratamiento al reducir la concentración inicial de mercurio a un nivel más bajo tras la aplicación del adsorbente (en este caso, carbón activado de tallos de quinoa). La eficiencia de remoción es importante porque indica el rendimiento del tratamiento y si cumple con la calidad ambiental.

Tabla 5

Eficiencia de adsorción de mercurio

<i>Hg</i> (i)	<i>carbón</i> <i>activado</i> (g)	<i>Hg</i> (f) <i>abs</i>	<i>Eficiencia</i> (%)
4	1	0.008579	99.8
4	1.5	0.006035	99.8
9	2	0.004672	99.9
9	2.5	0.01095	99.9

Se obtuvo como resultado final que se logró una absorción de iones de mercurio con carbón activado de tallos de quinoa en un 99.9 % lo cual indica que incluso pequeñas cantidades de carbón activado se puede lograr una alta remoción de mercurio en muestras con diferentes concentraciones iniciales. Esto demuestra que el carbón activado utilizado es un adsorbente muy eficaz para la eliminación de mercurio, alcanzando casi una remoción completa (99.8 % - 99.9 %) en todas las condiciones probadas.

Tabla 6*Contraste de la muestra inicial con el pos- tratamiento*

Parámetros	Muestra Inicial		Post-Tratamiento			
	<i>Ph</i>	<i>Turbiedad</i>	<i>Hg</i> (mercurio) <i>Mg/l</i>	<i>Ph</i>	<i>Turbiedad</i>	<i>Hg</i> (mercurio)
M1	11.6	44.1	4	7	2	99.8
M2	12.5	8.61	4	8	2.13	99.8
M3	12.4	131	9	7.5	1.95	99.9
M4	9.5	13.28	9	3.8	5.57	99.9

Discusiones

Los resultados en la turbidez se redujeron significativamente en todas las muestras excepto en la muestra M4, en la que se observó un aumento en la turbidez pos - tratamiento. Esta reducción en la turbidez sugiere que el tratamiento aplicado fue eficaz en la remoción de partículas suspendidas, lo que podría estar relacionado con un proceso físico-químico como la coagulación-floculación o la filtración.(Martín et al., n.d.) La disminución de la turbidez es un indicador de la calidad del agua, ya que niveles elevados de turbidez pueden afectar la potabilidad del agua y su capacidad para soportar la vida acuática, además de interferir con otros procesos de tratamiento, como la desinfección (Martín et al., n.d.)

Muestran una remoción casi total de mercurio (Hg) en todas las muestras después del tratamiento, con eficiencias de eliminación cercanas al 99.8% o 99.9%. Este hallazgo es consistente con estudios previos que demuestran que ciertos procesos de tratamiento, como la adsorción en filtros de carbón activado, la precipitación química o la biorremediación, pueden ser altamente efectivos para la eliminación de metales pesados como el mercurio (Smith et al., 2015; Jones & Taylor, 2018). La alta eficiencia de remoción observada en este estudio sugiere que el tratamiento aplicado es adecuado para mitigar los riesgos asociados a la presencia de mercurio en aguas contaminadas, un contaminante particularmente tóxico para los ecosistemas acuáticos y la salud humana.(De Ciencias et al., 2012)

El pH mostró una disminución significativa después del tratamiento en todas las muestras se ve una gran disminución del Ph en todas las muestras.

4. Conclusiones

El carbón activado es altamente efectivo para la remoción de mercurio en soluciones acuosas, alcanzando una eficiencia de eliminación entre 99.8 % y 99.9 % en todos los casos estudiados. Aun cuando se incrementa la concentración inicial de mercurio (de 4 mg/L a 9 mg/L), el carbón activado logra mantener una remoción casi total del contaminante, lo que demuestra su capacidad de adsorción efectiva. Además, se observa que con cantidades relativamente bajas de carbón (de 1 g a 2.5 g), es posible reducir significativamente la concentración de mercurio a niveles muy inferiores a los límites permitidos por las normativas de calidad ambiental.

Esto sugiere que el carbón activado, posiblemente derivado de un recurso económico y abundante como los tallos de quinua, podría ser una opción viable, económica y eficiente para el tratamiento de aguas contaminadas con mercurio, especialmente en efluentes mineros u otras fuentes de contaminación industrial. Esta alternativa de tratamiento es prometedora para aplicaciones industriales y podría contribuir de manera importante a la mitigación de los impactos ambientales del mercurio.

Recomendaciones

Realizar pruebas a mayor escala para confirmar la eficiencia del carbón activado en condiciones industriales o de campo, ya que los resultados en laboratorio muestran alta efectividad en la remoción de mercurio. Esto permitirá validar la viabilidad del uso de carbón activado en efluentes reales.

Evaluar la cantidad óptima de carbón activado para cada nivel de contaminación. Aunque se logró alta eficiencia con cantidades bajas de carbón, se recomienda ajustar las dosis para optimizar el uso del material y reducir costos, especialmente en condiciones de concentración de mercurio más variables.

Consideramos que sería necesario realizar estudios de impacto ambiental para evaluar posibles efectos ecológicos del proceso de adsorción y disposición final del carbón activado cargado de mercurio. Esto es especialmente relevante para garantizar que el mercurio absorbido no se libere nuevamente en el ambiente.

Referencias

- Acurio Páez, F. D. (2019). Clase social y consumo de quinua en Cuenca. 2017. *Revista de La Facultad de Ciencias Médicas de La Universidad de Cuenca*, 37(1), 43–49. <https://doi.org/10.18537/rfcm.37.01.05>
- Colpas, F., Tarón, A. A., & Fon, W. (2016). Adsorción de mercurio utilizando carbones activados modificados con peróxido de hidrogeno y calentamiento. *Informacion Tecnologica*, 27(5), 69–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000500009>
- De Ciencias, F., Plaza, I. J., Tesista, C., Marisa, D., & Viera Directora, R. (2012). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA “Remoción de metales pesados empleando algas marinas.”*
- Cabrera Ttica, K. R. A. D. I. R. (2023). *Remoción de Mercurio y Zinc con carbón activado de semillas de Helianthus annuus en el Humedal de Ventanilla, Lima 2023.*
- Martín, F., Saucedo, M., Académico, V., Francisco, P., Salas, G., Jesús, D., & Moscoso, C. (n.d.). *Comisión Organizadora.*
- QUINUA INGLES.* (n.d.).
- Ruiz Paredes, C. F., Morales, J., & Ruiz Paredes, L. E. (2023). Metodología para la determinación de Hg en sedimentos y aguas empleando EAA. *Scientia et Technica*, 28(03), 157–164. <https://doi.org/10.22517/23447214.25167>
- Rivas, G. T. (2006). *Universidad de Granada Facultad de Ciencias Departamento de Ingeniería química tesis doctoral.*
- De Lacerda, L. D. (2003). Updating global Hg emissions from small-scale gold mining and assessing its environmental impacts. *Environmental Geology*, 43(3), 308–314. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0627-7>
- Gammons, C. H., Slotton, D. G., Gerbrandt, B., Weight, W., Young, C. A., McNearny, R. L., Cámac, E., Calderón, R., & Tapia, H. (2006). Mercury concentrations of fish, river water, and sediment in the Río Ramis-Lake Titicaca watershed, Peru. *Science of the Total Environment*, 368(2–3), 637–648. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.09.076>
- Holmes, P., James, K. A. F., & Levy, L. S. (2009). Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? In *Science of the Total Environment* (Vol. 408, Issue 2, pp. 171–182). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.043>
- ORLANDO YAMPASI CACERES. (2017). *ADSORCIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO DE TALLOS Y HOJAS DE CAÑIHUA (Chenopodium pallidicaule), PARA LA RECUPERACIÓN DEL ORO EN LA MINERA COLIBRÍ S.A.C.*

- Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2024). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281-304). New York: E-Publishing Inc.
- Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton R. A. (2023). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51-59.
- Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2023). *The elements of style*. (3rd ed.). New York: Macmillan, (Chapter 4).
- Yancesayasoscararnold, B., Salazar, B. Z., & Cuii, A. (2008). *Universidad nacional del centro del Perú facultad de ingeniería química ingeniero químico*.
- Ciencias, F. de, & -Perú, L. (n.d.). *Universidad nacional agraria la Molina "evaluación de la adsorción de mercurio mediante carbón activado preparado a partir del endocarpio de durazno (prunus persica)" tesis para optar el título profesional de: ingeniero ambiental*. www.tdx.cat
- En, F., Estacionarias, C., & Dinámicas, Y. (2023). *Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de ciencias carrera ingeniería química adsorción de mercurio (ii) sobre carbón activo*.
- De, U., Andes, L., & de Ciencias, F. (2009). *Estudio de la adsorción de iones cadmio Cd^{2+} y zinc Zn^{2+} sobre un carbón activado comercial sin control de pH. Mercedes Alicia Carrillo Solano*.
- Joshua Arianna Mathias especialmente mi esposa Erika, C. (n.d.). *Dedicatoria Dedico con amor y cariño a mis hijos*.
- Lizeth, S., Galvis, S., Fabian, C., Leal, T., Jorge, U., & Lozano, T. (2015). *ADSORCIÓN DE Hg(II) CON CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO A PARTIR DE CASCARILLA DE CAFÉ PRETRATADA CON EXPLOSIÓN DE VAPOR*.
- 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. *Informacion Tecnologica*, 23(3), 21–32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000300004>
- Colpas, F., Tarón, A. A., & Fon, W. (2016). Adsorción de mercurio utilizando carbones activados modificados con peróxido de hidrógeno y calentamiento. *Informacion Tecnologica*, 27(5), 69–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000500009>
- Universidad Nacional del Altiplano facultad de ingeniería química escuela profesional de ingeniería química adsorción de metales pesados (pb y as) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (eucalyptus globulus) tesis presentada por: nathali yola aguirre achaquihui para optar el título profesional de: ingeniero químico*. (n.d.).
- Valverde, R., Giuliana, A., Biotecnólogo, I., Antonio, J., & Salas, V. (n.d.). *Evaluación del proceso de biosorción de la inflorescencia del chenopodium quinoa (quinua) para la remoción de cromo (vi) tesis presentada por la bachiller: para optar el título profesional de*.
- Superciclo, V., El, Y., Conclusiones, V. I., Monge, C., Director, S., América, R., Claudia, L., Leyva, V., Tenorio, F., Ballón, E., Baca, E., & Ejecutiva, C. (n.d.). *I. Presentación ii. introducción 2.1 objetivos de la investigación 2.2 escenario político general del punto de partida del super ciclo 2.3 la apuesta en el superciclo iii. perfil del boom extractivo iv. análisis de la información estadística: promedio nacional 4.1 pobreza extrema, pobreza e ingresos 4.2 educación y seguridad social 4.3 servicios básicos de agua, desagüe, y electricidad 4.4 servicios de comunicaciones 4.5 características de la vivienda*.
- La Dependencia Petrolera y la Amazonía Peruana*. (n.d.). de Derecho, C., Políticas, C., Cornejo, J. L., Asesor, S., Morocco, M. E., & Trujillo -Perú, C. (n.d.). *facultad de derecho y ciencias políticas "proyectos extractivos y el derecho a la consulta previa de los pueblos indígenas u originarios, caso cañaris" tesis para optar el título profesional de: abogado autor*.

Anexos

Anexo 1.

 **Universidad Nacional del Altiplano**
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL 

INFORME DE ANÁLISIS
N° 035-LA136

ASUNTO: Análisis de metales pesados por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES **CODIGO DE LABORATORIO:** 101LA136
FECHA DEL ANÁLISIS: 25/05/2024 **N° ORDEN:** LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 14/10/2024 **TIPO DE SERVIDOR:** Único
TIPO DE SERVICIO: Único
SOLICITANTES:
• Solón Nayeli Mamani Coquiña

PROCESAMIENTO: C.P. La Rinconada, Distrito de Ananea, Provincia de San Antonio de Putina – Puno
TEST: "REMOCIÓN DE METALES EN EFLUENTES MINEROS CON PRECIPITACIÓN QUÍMICA"

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Botella transparente sellada **TEMPERATURA DEL RECIPIENTE:** Ambiente Refrigeración
TIPO DE MUESTRA: Agua **FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:** 25/05/2024
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: Contenido de Metales pesados **CANTIDAD DE MUESTRAS:** 2/2

I.- RESULTADO DE ANALISIS

Código de muestra	Peso (mg)	Resultado %	Método de ensayo
M_01	4.000 gpm	0.0150 %	Por separación: Método atómico 4210 MP-AES
M_02	9.000 gpm	0.0150 %	Por separación: Método atómico 4210 MP-AES

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

Scanned with CamScanner

Anexo 2. Recolección de muestras de agua con mercurio en la Rinconada- trapiche



Anexo 3. Evaluación de materia prima- tallos de quinua



Anexo 4. Activación de carbón, tallos de quinua más ácido fosfórico.



Anexo 5. Distribución en crisoles para ingresar a la mufla



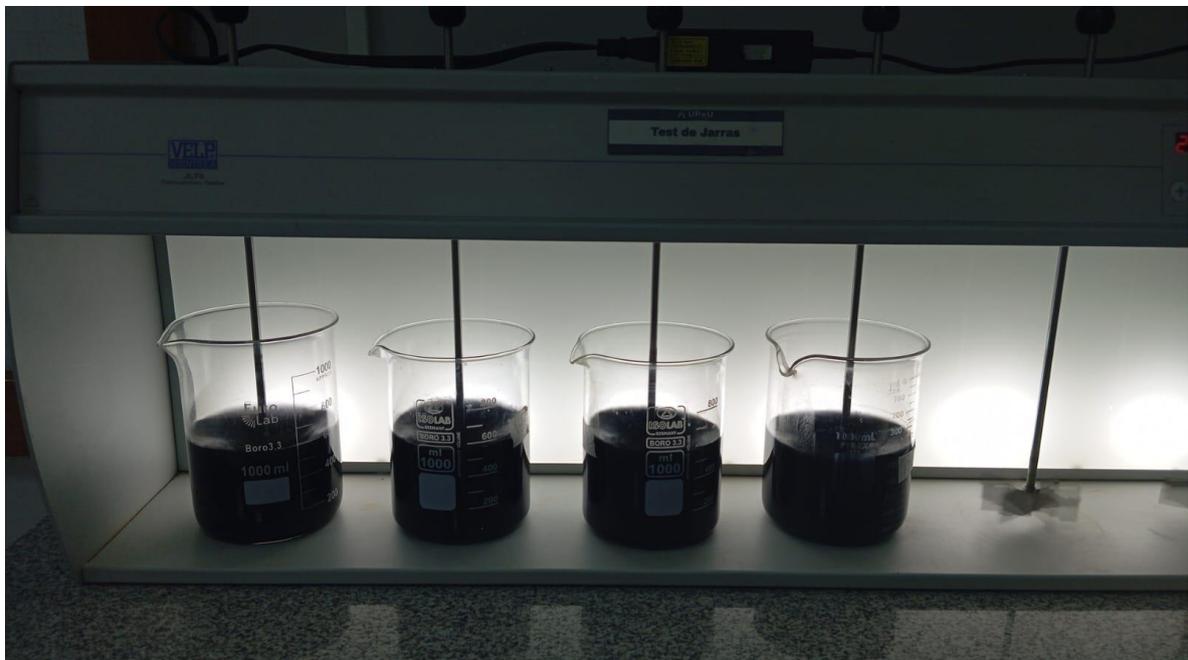
Anexo 6. Obtención de carbón activado de Tallos de quinua



Anexo 7. Tamizado del carbón activado.



Anexo 8. Test de jarras



Anexo 9. Observación microscópica del tallo de quinua

