



Carbón activado de la cáscara de plátano en la adsorción de metales pesados

Activated carbon from banana peel in the adsorption of heavy metals

Carvão ativado da casca de banana na adsorção de metais pesados

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i25.338>

Marcos Alejandro Robles Lora¹

mrobles@ucvvirtual.edu.pe

Julio Vilchez Moscol²

juliovilchez87@gmail.com

Jean Carlos Ecurra Lagos³

jean.ecurra@upn.pe

Natalia del Pilar Diaz Diaz⁴

ndiazd@unitru.edu.pe

¹Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú

²Universidad Católica de Trujillo. Trujillo, Perú

³Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú

⁴Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

Artículo recibido: 20 de noviembre 2024 / Arbitrado: 30 de diciembre 2024 / Publicado: 27 de enero 2025

RESUMEN

La investigación propone determinar la eficiencia del uso del carbón activado de la cáscara de plátano en la adsorción de metales pesados presentes en el río Moche durante el año 2024, esto a través de la evaluación de la concentración de metales pesados, la comparación de la concentración de metales pesados, la comparación de la concentración de agua antes y después del adsorbente con relación al ECA (Categoría 1) y finalmente la determinación del porcentaje de adsorción del carbón activado de la cáscara de plátano. Adoptando un enfoque cuantitativo de alcance explicativo, con un diseño preexperimental. La población estuvo conformada por el agua del Río Moche, con una muestra de 7 litros, utilizando el muestreo simple, desde junio del 2024 hasta setiembre de 2024. Los resultados fueron contrastados con las pruebas estadísticas, de normalidad y del T Student, los cuales indican que, la cáscara de banana demostró un porcentaje alto de eficiencia en la adsorción de metales pesados (As) en las muestras de agua contaminadas del río Moche, ya que con la aplicación de 5g se obtuvo un porcentaje de 78%, con 7g el porcentaje fue de 85% y con la aplicación de 10g se obtuvo el porcentaje más alto de 88% ya que el adsorbente más óptimo es de 10g de la cáscara de plátano para la adsorción de metales pesados con el arsénico. Concluyendo que, el método si es eficiente, ya que se pudo reducir más del 50% de lo esperado en la adsorción de metales pesados de arsénico en el agua del río Moche.

Palabras clave: Carbón activado; Cáscara de plátano; Adsorción; Metales pesados

ABSTRACT

The research proposes to determine the efficiency of the use of activated carbon from banana peel in the adsorption of heavy metals present in the Moche River during the year 2024, this through the evaluation of the concentration of heavy metals, the comparison of the concentration of water before and after the adsorbent in relation to the ECA (Category 1) and finally the determination of the percentage of adsorption of activated carbon from banana peel. Adopting a quantitative approach of explanatory scope, with a pre-experimental design. The population was made up of the water of the Moche River, with a sample of 7 liters, using simple sampling, from June 2024 to September 2024. The results were contrasted with statistical, normality and T Student tests, which indicate that the banana peel demonstrated a high percentage of efficiency in the adsorption of heavy metals (As) in the contaminated water samples of the Moche River, since with the application of 5g a percentage of 78% was obtained, with 7g the The percentage was 85% and with the application of 10g the highest percentage of 88% was obtained since the most optimal adsorbent is 10g of banana peel for the adsorption of heavy metals with arsenic. Concluding that, the method is efficient, since it was possible to reduce more than 50% of what was expected in the adsorption of heavy metals of arsenic in the water of the Moche River.

Key words: Activated carbon; Banana peel; Adsorption; Heavy metals

RESUMO

A pesquisa propõe determinar a eficiência do uso do carvão ativado da casca de banana na adsorção de metais pesados presentes no Rio Moche durante o ano de 2024, isto através da avaliação da concentração de metais pesados, da comparação da concentração de água antes e depois do adsorbente em relação ao ECA (Categoria 1) e por fim a determinação da porcentagem de adsorção do carvão ativado da casca de banana. Adotando uma abordagem quantitativa de âmbito explicativo, com desenho pré-experimental. A população foi composta pela água do rio Moche, com amostra de 7 litros, por amostragem simples, no período de junho de 2024 a setembro de 2024. Os resultados foram contrastados com testes estatísticos, de normalidade e T Student, que indicam que a casca de banana demonstraram alto percentual de eficiência na adsorção de metais pesados (As) nas amostras de água contaminada do Rio Moche, pois com a aplicação de 5g obteve-se um percentual de 78%, com 7g o percentual foi de 85% e com o aplicação de 10g obteve-se o maior percentual de 88% já que o adsorbente ideal é 10g de casca de banana para a adsorção de metais pesados com arsênio. Concluindo-se que o método é eficiente, pois foi possível reduzir mais de 50% do esperado na adsorção de metais pesados como o arsênio nas águas do rio Moche.

Palavras-chave: Carvão ativado; Casca de banana; Adsorção; Metais pesados

INTRODUCCIÓN

Actualmente, a nivel mundial es muy preocupante y uno de los principales desafíos la lucha contra la contaminación de los ríos. La presencia de metales pesados desempeña un papel significativo en la degeneración de los recursos naturales, y en algunos casos, se han identificado metales como el aluminio, cadmio, mercurio, plomo y cromo como los principales responsables de esta problemática. Según Pabón et al. (1) los ecosistemas afectados por la presencia de metales pesados son especialmente notables debido a las acciones humanas, como la explotación minera y la fundición, además de otras actividades industriales y urbanas.

Estos ecosistemas enfrentan niveles de contaminación del agua que ascienden a alrededor de 200 millones de metros cúbicos diarios. En los últimos años, la influencia de la población sobre el ecosistema se ha vuelto cada vez más pronunciada, esto resalta la estrecha conexión entre el grado de contaminación ambiental y el bienestar de la población. Las enfermedades infecciosas representan un riesgo significativo y son la principal causa de fallecimiento en niños, adultos y jóvenes. Según Gómez (2), se calcula que, en el mundo, aproximadamente 1800 millones de personas consumen agua contaminada con materia fecal. En Colombia, se promedia que 6 de cada 10 personas de la población confrontan el riesgo de ingerir agua contaminada, siendo más afectados aquellos

hogares más alejados, en particular las zonas del Océano Pacífico y la Amazonía.

El consumo continuo de agua contaminada por parte de la población infantil desencadena no solo diarreas recurrentes, sino también otros problemas de salud. En el Perú, durante los últimos años se hicieron estudios a los ríos más contaminados del Perú por la Autoridad Nacional del Agua asegura que los principales ríos del país están contaminados con coliformes fecales y metales pesados. Ese estudio se realizó en 129 de las 159 cuencas hídricas del país y permitió conocer que todos los ríos analizados están contaminados y ponen en riesgo la salud de la población, la producción agropecuaria y los ecosistemas de toda la cuenca" (3).

Es importante recalcar que, los metales pesados se hallan de forma natural en el entorno, y su existencia en diversos ecosistemas genera inquietud, dado que numerosos organismos dependen de un equilibrio apropiado en sus fuentes de alimento y hábitats. El destino de estos metales en los diferentes ecosistemas depende del tipo de actividad determinada por los seres humanos. Para ello, el método de adsorción se utiliza de manera efectiva para reducir metales pesados de aguas residuales. La adsorción con carbón activado (CA), especialmente de metales, se considera como un método físico-químico eficiente, sencillo y rentable, motivo por el cual, ha sido tomado extensamente para retener estos

contaminantes (4). En la producción de banana se genera cáscara, y su disponibilidad como desecho puede ser aprovechada en la obtención de un adsorbente natural para la remoción de metales pesados en agua (5).

En investigaciones relacionadas con esta problemática, se tiene el estudio de Huayta et al. (6) el cual usa la Biosorción del metal pesado Cd (II) para el tratamiento de efluentes mineros por medio del alginato de sodio, obteniendo como resultado general que tiene un alto nivel en remociones, comprobándose la eficiencia del método empleado. Se concluye en esta investigación que en los ensayos de biosorción se determinó las condiciones óptimas para la remoción de Cd (II) las cuales fueron de 2g/L de biosorbente, tiempo de agitación de 120 minutos y pH 5,0. Simultáneamente, en el estudio realizado por Peña et al. (7), orientada a la determinación de morina en té verde y café por voltamperometría de adsorción utilizando electrodos de carbono modificados con poli (3,4-etilendioxitiofeno) y líquido iónico, se utilizaron voltamperogramas de barrido lineal y cíclico en el proceso y los resultados revelaron que el PEDOT se depositó en la superficie del SPCE, lo que condujo a una reducción en la energía necesaria para el proceso redox. Su conclusión fue, la modificación de un EPCE con PEDOT y el líquido iónico BMIMBP se caracterizó eficazmente con $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-/4-}$ y MR mediante CV y EIS.

El electrodo modificado se desarrolló de manera sencilla y resultó muy adecuado para la determinación de MR en té verde. Además, otros flavonoides como RT y QC no causaron interferencias. El límite de detección alcanzado fue similar a informes previos, que estaban por debajo de $1,0 \mu\text{mol L}^{-1}$. Además, Aranguri et al. (8) en su estudio orientado a la adsorción del cianuro contenido en solución acuosa usando carbón activo obtenido de residuo de café: eficiencia de absorción, modelado de equilibrio y cinética, los resultados indicaron que el carbón activado preparado a partir de residuos de café agotados podría utilizarse como adsorbente potencial para eliminar CN^- de soluciones acuosas con bajas concentraciones y se concluyó que es factible la preparación de carbón activado utilizando residuos de café como material base y que podría ser útil en la descontaminación de aguas residuales con bajos niveles de CN.

También, Silva et al. (9) en su investigación sobre el uso del carbón activado derivado de cáscara de zapallo (*Cucurbita* sp.) para la remoción de cloro total y residual de agua potable, los resultados de las pruebas después de 180 minutos de contacto, la concentración de cloro residual varía entre el 74,58% y el 90,54% al utilizar 0,5 g/L de carbón. Sin embargo, alcanza el 100% cuando la cantidad de carbón se incrementa a 1,5 o 2,0 g/L. En cuanto al cloro total, la eliminación oscila entre el 71,87% y el 86,96% para una cantidad

de carbón activado equivalente a medio gramo por litro, pero alcanza la máxima eficiencia con dosis de 1.5 y 2g. y se concluyó que el carbón activado derivado de la cáscara de zapallo demuestra ser un adsorbente altamente efectivo para eliminar tanto el cloro total como el residual del agua potable suministrada a los hogares en la ciudad de Tumbes.

Además, Arévalo et al. (10) en su estudio sobre calidad y rendimiento del carbón poroso de la cáscara del fruto de calabaza (*Cucurbita ficifolia*) obtenido por método químico, los resultados mostraron que, el carbón activado obtenido mediante el uso de ácido fosfórico al 60% muestra el rendimiento más alto. Además, el tiempo óptimo de activación es de una hora. En particular, el procedimiento AF60 exhibe la productividad más elevada, alcanzando un valor del 42,95%. Se concluyó que el carbón activado de mayor calidad se logró utilizando H₃PO₄ al 30% y el tiempo de activación de una hora. Esto se debe a su destacada capacidad de adsorción de C₁₆H₁₈CIN₃S y al cumplimiento de los estándares de cenizas y humedad establecidos por la ASTM.

Por último, Gonzaga et al (11) en su investigación sobre la remoción de plomo presente en soluciones acuosas utilizando biocarbón producido a base de coronta de maíz, los resultados indican que la adsorción es intensa en los primeros 20 minutos, pero tiende a disminuir posteriormente. No obstante, no se logra el equilibrio al final del tiempo total de exposición

(180 minutos). Se concluye de manera más precisa al modelo de Dubinin-Radushkevich, evidenciado por un coeficiente de determinación (R²) de 0,990 y una capacidad máxima de adsorción de 12,16 mg Pb/g de biocarbón.

La interrogante fue ¿La eficiencia del carbón activado de la cáscara de plátano en la adsorción de metales pesados presentes en el río Moche en el año 2024?

En este sentido, la presente investigación se enfocó en determinar la eficiencia del carbón activado de la cáscara de plátano en la adsorción de metales pesados presentes en el río Moche en el año 2024, esto a través de la evaluación de la concentración de metales pesados, la comparación de concentración del agua antes y después, así como la determinación del porcentaje de adsorción del carbón activado de la cáscara de plátano. A través de este estudio se busca proponer una estrategia de mejora para el procedimiento de desinfección de aguas contaminadas por metales pesados, especialmente en una zona altamente afectada de la región La Libertad, contrarrestando así las consecuencias negativas de la contaminación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio de acuerdo con el fin es aplicado de acuerdo al alcance explicativo, es de enfoque cuantitativo ya que los métodos de recopilación y análisis de datos se utilizarán para responder a la pregunta de investigación y descubrir el aumento

en el valor de la VD después de la implementación de la VI en términos numéricos y/o porcentuales. Este estudio se puede clasificar como un estudio explicativo y cuantitativo, así como para medir aumentos o disminuciones en otras variables de manera numérica. Asimismo, el diseño de este estudio se clasifica como preexperimental, ya que abarca todo el proceso de evaluación de la eficiencia del carbón activado, incluyendo la aplicación de métodos, como la adsorción de metales pesados, con el propósito de determinar su efectividad.

En esta investigación, la población de estudio estuvo representada por el agua del río Moche. La muestra consistió en 7 L de agua y se utilizó un muestreo simple, desde junio del 2024 hasta setiembre de 2024. Se empleó el procedimiento establecido por el Protocolo Nacional del Agua (ANA) al llevar a cabo la toma de muestras de agua. Este protocolo goza de una amplia aceptación como una referencia estándar y confiable para la evaluación de la calidad del agua en cuerpos superficiales. En este estudio, se ha empleado la observación como la técnica principal. Esta se utilizó para recopilar datos que describen las particularidades del sitio de muestreo y documentar detalladamente la técnica de llenado

de fichas, registros, así como también seguir los pasos en el proceso de adsorción. El procedimiento para llevar a cabo esta investigación se divide en cuatro etapas fundamentales: la recolección de la muestra, la preparación del adsorbente (cáscara de plátano), el análisis de la concentración de arsénico mediante espectrometría y, finalmente, la aplicación del test de jarras. En este sentido, se utilizó el software SPSS para realizar pruebas como la normalidad de Shapiro-Wilk y la prueba T de Student.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar la eficiencia del carbón activado de la cáscara de plátano en la adsorción de metales pesados presentes en el río Moche en el año 2024, se realizó la evaluación de la concentración de metales pesados, la comparación de concentración del agua antes y después, así como la determinación del porcentaje de adsorción del carbón activado de la cáscara de plátano. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos en la primera medición de la concentración de metales pesados "As" ver Tabla 1 mediante la espectrometría de adsorción atómica tipo llama, son los siguientes:

Tabla 1. Concentración inicial de arsénico sin tratamiento.

Muestra	Concentración (mg/L)	ECA (Categoría 1) mg/L
M1	0.553	
M2	0.533	0.05
M3	0.553	
PROMEDIO	0.546	

Se observa en la Tabla 1 que, los niveles de As superan los parámetros para el consumo humano con una concentración de 0.546 mg/L ya que excede los límites establecidos del ECA (categoría 1), lo que clasifica como no apta para estos fines, indicando una amenaza para la salud de los pobladores.

Por otro lado, se tienen los resultados obtenidos para la comparación de concentraciones del agua iniciales y finales versus el ECA (categoría 1), Tabla 2.

Tabla 2. Concentración inicial y final.

Concentración inicial mg/L	Concentración final mg/L			ECA (Categoría 1)
	5g	7g	10g	
0.546	0.12	0.08	0.06	0.05

Se observa en la Tabla 2, la concentración inicial de la muestra sin ningún tratamiento fue de 0.546 mg/L. después de la aplicación del adsorbente se observaron concentraciones de 0.12 mg/L, 0.08 mg/L y 0.06 mg/L para las 3 cantidades utilizadas, es decir, 5g, 7g y 10g respectivamente. Estos datos indican claramente el impacto positivo de la cascara de banano en el desarrollo de adsorción de As, especialmente en el

caso de la concentración de 10g. sin embargo, es importante señalar que incluso con esta mejoría, la concentración aún se encuentra por encima del límite estipulado por el ECA (Categoría 1).

Asimismo, se determinó el porcentaje de adsorción del carbón activado de la cascara de banano del proceso de adsorción de metales pesados del río Moche, Figura 1.

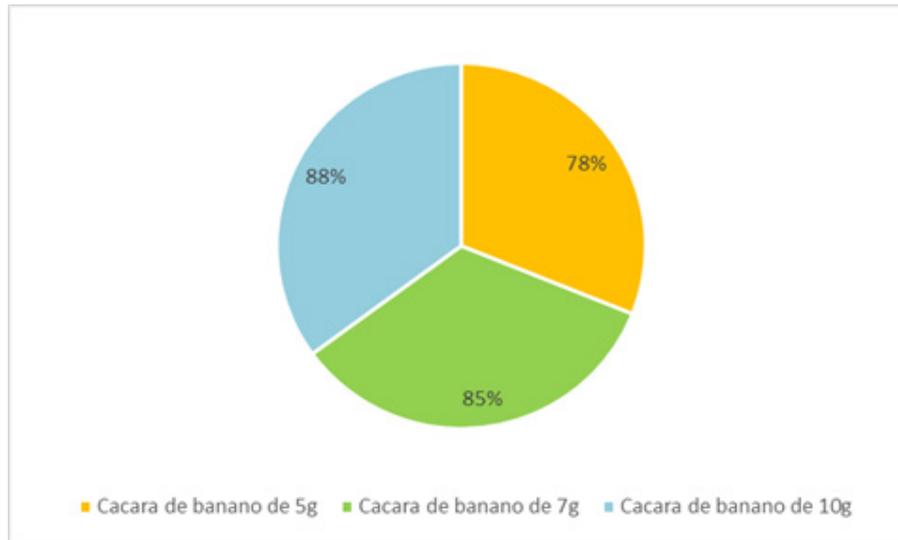


Figura 1. Porcentaje de remoción de la cascara de banano.

Se tiene la Figura 1, el cual muestra el cálculo basado en la ecuación del porcentaje de remoción, se obtuvo el 78% de 5g, el 85% de 7g y el 88% de 10g. Esto indica que el tratamiento con mayor cantidad de cascara de banano como adsorbente es la opción más eficiente para este método.

Finalmente, para determinar la eficiencia del carbón activado de la cáscara de plátano en la

adsorción de metales pesados, se realizó el análisis estadístico que abarcó la prueba de normalidad y la prueba T-Student. Con la determinación de la aplicación de una prueba paramétrica, dado que los datos presentaban una distribución normal, se procedió a aplicar la T-Student, Tabla 3.

Tabla 3. Prueba T-Student para determinar la eficiencia de la cascara de plátano.

	T	gl	P	IC 95%	
				Inferior	Superior
Y	59.155	4	<.001	.460330	.505670
	59.155	4.00	<.001	.460330	.505670

Se tiene la Tabla 3, el cual se aprecia los valores brindados por el SPSS, teniendo en cuenta el valor de P, para aplicar el criterio de decisión. Si $P > = 0.05$ se aprueba el H_0 y niega H_a .

Para finalizar, la prueba T-Student se observa que $P < .001 < 0.05$ por lo tanto, se niega el H_0 , mediante los resultados se dice que tienen una diferencia significativa y así podemos decir que

el carbón activado de la cascara de plátano es eficiente.

Discusión

Al determinar la concentración de metales pesados en el agua de río Moche, mediante el método de espectrometría de adsorción atómica, se promedió las lecturas de la evaluación de la concentración, el resultado arrojó una CI de 0.546 mg/L. Según Ibáñez et al. (12) determinó la eficiencia de la vaina de *Phaseolus vulgaris* y la cáscara de *Citrus sinensis* en la biosorción de arsénico del agua del río Moche, utilizando los métodos volumétricos, gravimétricos y de espectrofotometría, para poder llegar a determinar sus bioadsorbentes de interés son eficientes. Usó el test de jarras enfocándose en el tiempo y velocidad de agitación. Mientras que, Tejada et al. (13), en su estudio, también aplicó la espectrometría de absorción atómica, pero trabajó solo con dos variables: tamaño de partícula y el pH. Es así que, en este estudio enfocado en determinar la eficiencia de la cascara de plátano, se empleó el método volumétrico, ya que durante los procedimientos en el laboratorio las muestras fueron medidas a fin de obtener valoraciones volumétricas; el método gravimétrico, fue otro punto importante porque se usaron datos masas de adsorbente, en este caso cascara de plátano en diferentes cantidades (5g, 7g y 10g) las cuales fueron aplicadas a las muestras del río Moche; y como último método,

la espectrometría, cuya técnica fue necesaria para poder determinar las concentraciones iniciales (sin tratamiento) y finales (con tratamiento).

Se determinó la concentración de As del río Moche, el cual las lecturas fueron promediadas para obtener la concentración de 5g que fue 0.12 mg/L, la concentración de 7g fue de 0.08 mg/L y la concentración de 10g fue de 0.06 mg/L y comparando con la normativa del ECA (Categoría 1). Según Bobadilla et al. (14) tuvo como objetivo remover el plomo empleando un biofiltro con carbón activado de la cascara de coco para la adsorción de plomo en un punto crítico del Río Moche, usando el método de espectroscopia, para poder llegar a remover el plomo de interés eficiente. Uso el test de jarras enfocándose en el tiempo de contacto. Mientras que, Fajardo (15) en su estudio, también aplicó la EAA. Es así que, en este estudio enfocado en determinar la eficiencia de la cascara de banano, se empleó el método volumétrico ya que durante los procedimientos en el laboratorio las muestras fueron medidas a fin de obtener valoraciones volumétricas; el método gravimétrico, fue otro punto importante porque se usaron datos masas de adsorbente, en este caso cascara de plátano en diferentes cantidades (5g, 7g y 10g) las cuales fueron aplicadas a las muestras del río Moche; y como último método, la espectrometría, cuya técnica fue necesaria para poder determinar las concentraciones iniciales (sin tratamiento) y finales (con tratamiento).

Al determinar el porcentaje de eficiencia en su adsorción de metales pesados, se usó como adsorbente el carbón activado de la cascara de plátano para la reducción de arsénico y luego de realizar las mediciones, se calculó el % de adsorción a través de la fórmula del porcentaje eficiencia del metal pesados "As" el cual se obtiene un porcentaje de 88% de adsorción, siendo el más alto con una masa de 10g y así disminuyendo el arsénico, del mismo modo, con 7g de masa se obtiene un 85% y por último, 5g de muestra se obtiene el más bajo porcentaje que fue 78%. Según Obregón et al. (16) en su investigación sobre la adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje, usando los métodos de espectrometría y microscopia electrónica de barrido, para poder llegar a tener la mayor adsorción, usó los ensayos cinéticos enfocándose en el tiempo de contacto. Mientras que, Huayta et al (6) en su estudio de remoción de las concentraciones de Cd en efluentes mineros, también aplicó el método de espectrometría, para lograr remover el 91,88% de Cd en los efluentes mineros, siendo eficiente.

Finalmente, para determinar la eficiencia del carbón activado de la cascara de banano en la adsorción de metales pesados presentes en el río Moche se utilizó la muestra de T-Student, la cual permitió determinar la eficiencia del carbón activado, evidenciándose que es una técnica eficiente. La lectura de la prueba T-Student para

saber si es eficiente fue que $P < .001 < 0.05$ por lo tanto, se niega la hipótesis, mediante los resultados se obtiene una diferencia significativa y así podemos decir que el carbón activado de la cascara de plátano si es eficiente. Según Gonzaga et al. (11), empleó el método volumétrico ya que durante los procedimientos en el laboratorio las muestras fueron medidas a fin de obtener valoraciones volumétricas; y la prueba de normalidad de T-Student, fue otro punto importante porque utilizó el adsorbente sin tratamiento y con tratamiento, en este caso la cascara de plátano de 0g, 5g, 7g y 10g las cuales se pudo evidenciar que si eficiente; por lo tanto, este tipo de estudio se determinó a través de la cáscara de banano, el cual prueba los resultados más favorables en la absorción de As en agua.

CONCLUSIONES

Se logró determinar la concentración de arsénico que presenta el río Moche lo cual se registró una concentración inicial de 0.546 mg/L. Esta muestra realizada excede los parámetros señalados por el ECA para agua (Categoría 1), deduciendo que no es apta para el uso de consumo humano, indicando una potencial amenaza para la salud de los pobladores. Además, al comparar la concentración de arsénico, antes y después de aplicar el adsorbente que fue el carbón activado de cáscara de plátano en relación con los estándares de calidad ambiental para el agua (Categoría 1), los resultados de la

investigación indican que la concentración inicial de (As) en el agua del río Moche es de 0.546 mg/L. Se utilizó la cascara de plátano; con la aplicación de 5g de adsorbente, la concentración final disminuye a 0.12 mg/L, con 7g de carbón activado se logra una concentración menor de 0.08 mg/L, y con 10g de adsorbente, se logra una reducción aún más baja de 0.06 mg/L. sin embargo, sigue manteniéndose fuera del rango estipulado por el ECA para agua (Categoría 1).

Por otra parte, se pudo determinar que la cáscara de banano demostró un porcentaje alto de eficiencia en la adsorción de metales pesados (As) en las muestras de agua contaminadas del río Moche, ya que con la aplicación de 5g se obtuvo un porcentaje de 78%, con 7g el porcentaje fue de 85% y con la aplicación de 10g se obtuvo el porcentaje más alto de 88% ya que el adsorbente más óptimo es de 10g de la cascara de plátano para la adsorción de metales pesados con el arsénico. Finalmente, se determinó que el método si es eficiente para la aplicación del carbón activado de la cáscara de plátano en la adsorción de metales pesados de arsénico en el agua del río Moche, ya que se pudo reducir más del 50% de lo esperado.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pabón S, Benítez R, Sarria R, Gallo J. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Cienc Ing.* 2020;14(27):9-18. <https://lc.cx/ej11w4>
2. Gómez I, Sánchez M, García C, Ramírez J, Ortega A. Optimización del proceso de adsorción de Cr (VI) sobre carbón activado de origen bituminoso. *Inf Tecnol.* 2018;29(6):43-54. <https://lc.cx/uGtiRs>
3. Red Muqui. Sin remediación, la contaminación aumenta en la mayoría de los ríos del Perú. 2023. <https://lc.cx/vyhwxv>
4. Lehmann M, Zouboulis A, Matis K. Removal of metal ions from dilute aqueous solutions: A comparative study of inorganic sorbent materials. *Chemosphere.* 1999; 39(6):881-92. <https://lc.cx/8NSPCI>
5. Valencia K. Aplicación de la cáscara de plátano como adsorbente para reducir el contaminante Pb (II) en agua. Universidad Nacional de Ingeniería. 2019. <https://lc.cx/fU8PII>
6. Huayta C, Vargas R, Mamani O, Canaviri J, Aliaga A. Biosorción del metal pesado Cd (II) para el tratamiento de efluentes mineros por medio del alginato de sodio. *Rev Boliv Quím.* 2019;36(1):1-10. <https://lc.cx/oAooj>
7. Peña D, Guzmán M, Guerrero A, Meza M, Muñoz M, Arancibia V. Determinación de morina en té verde y café por voltamperometría de adsorción utilizando electrodos de carbono modificados con poli (3,4-etilendioxitiofeno) y líquido iónico. *Rev Soc Quím Perú.* 2020. <https://lc.cx/kPOApw>
8. Aranguri-Llerena G, Reyes-Lázaro W. Adsorción del cianuro contenido en solución acuosa usando carbón activo obtenido de residuo de café: eficiencia de absorción, modelado de equilibrio y cinética. *Sci Agropecu.* 2019; 10(3):291-9. <https://lc.cx/-F1UVY>

- 9.** Silva F, Ayala J, Soto E, Villegas J. Carbón activado derivado de cáscara de zapallo (*Cucurbita* sp.) para la remoción de cloro total y residual de agua potable. *Rev UNTUMBES Manglar*. 2018. <https://lc.cx/gEitAO>
- 10.** Arévalo F, Reátegui K. Calidad y rendimiento del carbón activado de la cáscara del fruto de calabaza (*Cucurbita ficifolia*) obtenido por método químico. *RFP*. 2020; 35(1):21-30. <https://lc.cx/bPWTla>
- 11.** Gonzaga A, Rimaycuna J, Cruz G, Herrera E, Gómez M, Solis J. Removal of lead present in aqueous solutions using biochar produced from corn cob. *Manglar (Tumbes)*. 2021; 18(1):35-43. <https://lc.cx/q1dyCR>
- 12.** Gutiérrez de la Cruz A, Ibañez Y. Eficiencia de vaina de *Phaseolus vulgaris* y cáscara de *Citrus sinensis* en la biosorción de arsénico del agua del río Moche. *Universidad Privada del Norte*; 2020. <https://lc.cx/0labX8>
- 13.** Tejada C, Montiel Z, Acevedo D. Aprovechamiento de cáscaras de yuca y ñame para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con Pb(II). *Inform Tecnol*. 2016;27(1):9-20. <https://lc.cx/IDShDP>
- 14.** Bobadilla N, Leon M. Remoción de plomo (Pb) utilizando biofiltro con carbón activado de la cáscara de coco en el río Moche-Otuzco-2022. 2022. https://lc.cx/4_H6F_
- 15.** Sanchez F, Alejandro S. Carbón activado a partir de la cáscara de coco para la remoción de cobre en relave minero metalúrgico, Callao, 2022. *Universidad Nacional del Callao*; 2022. <https://lc.cx/Rdl6IA>
- 16.** Obregón-Valencia D, Sun-Kou M, Pinedo-Flores Á, Paredes-Doig A, Aylas-Orejón J. Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje. *Rev Soc Quím Perú*. 2014; https://lc.cx/_JxIzJ

ACERCA DE LOS AUTORES

Marcos Alejandro Robles Lora. Bachiller en Ingeniería Industrial. Ingeniero Industrial. Maestría en Ingeniería Industrial mención en Gerencia de Operaciones. Doctor en Ciencias en Ingeniería. Experiencia en Producción, Gestión de Organizaciones, Calidad, seguridad y salud; docente en diferentes universidades, asesor de tesis; publicación de artículos en revistas científicas, Perú.

Julio Vilchez Moscol. Maestría en seguridad e higiene industrial y salud ocupacional, Universidad Católica de Trujillo, Perú. Especialización en Legislación Laboral; especialización de Remuneraciones y costos laborales por ESAN. Presidente del comité de Tributación y Legislación Laboral; Junta de Decanos del Perú, Participación de proyectos de investigación como asesor temático en materia Tributaria y Laboral, Perú.

Jean Carlos Ecurra Lagos. Ingeniero industrial. Maestro en Gestión Pública, Universidad César Vallejo; Maestro en Educación con mención en Docencia Virtual, Universidad de San Martín de Porres, Perú. Docente universitario, asesor y jurado de tesis a nivel pre y posgrado en la Universidad Privada del Norte, Universidad Tecnológica del Perú y Universidad Católica de Trujillo. Especialización en Riesgos Laborales por CEREM (España), en Didáctica para la Enseñanza Universitaria por el Politécnico Superior (Colombia) y en Gestión de la Calidad ISO 9001:2015 por el Metropolitan International University (Estados Unidos). Calificación de Investigador RENACYT Nivel VI, Perú.

Natalia del Pilar Diaz Diaz. Docente investigador, Universidad Nacional de Trujillo. Experiencia en investigaciones en temas de calidad y tratamiento de agua y suelo, gestión y manejo de residuos sólidos, huella de carbono y ruido ambiental. Publicaciones científicas y libros orientados a la ingeniería ambiental, Perú.