

Elaboración de carbón activado de cáscara de coco para el tratamiento de aguas del Río Caplina

Maribel Aquisé Ramos¹; Thania Serrano Yucra²; Javier Gonzales Pari³

Resumen

El propósito de este proyecto fue evaluar la eficiencia del carbón activado elaborado a partir de cáscaras de coco en la purificación del agua del río Caplina, Tacna. Para ello se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado de tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, sumando un total de 9 unidades experimentales. Se realizó la carbonización y activación de la materia prima y posteriormente utilizado como agente filtrante para la purificación del agua del Río Caplina. Se realizó 3 tratamientos con cantidades de 7.3, 12.5 y 25 gramos respectivamente obteniendo resultados positivos con disminuciones de hasta el 99% de la turbidez del agua, una conductividad eléctrica promedio de 132.7 uS/cm y pH 6.4. En conclusión el carbón activado a base de cáscara de coco es un adsorbente eficaz y prometedor para mejorar la calidad del agua.

Palabras clave: eficiencia, carbón activado, coco, purificación.

Preparation of activated carbon from coconut shell for the water treatment of the Caplina River

Abstract

The purpose of this project was to evaluate the efficiency of activated carbon made from coconut shells in the purification of water from the Caplina River, Tacna. For this, a completely randomized experimental design of three treatments with three repetitions each was applied, adding a total of 9 experimental units. The carbonization and activation of the raw material was carried out and subsequently used as a filtering agent for the purification of the water of the Caplina River. 3 treatments were carried out with quantities of 7.3, 12.5 and 25 grams respectively, obtaining positive results with decreases of up to 99% in the turbidity of the water, an average electrical conductivity of 132.7 uS/cm and pH 6.4. In conclusion, activated carbon based on coconut shell is an effective and promising adsorbent to improve water quality.

Keywords: efficiency, activated carbon, coconut, purification.

Recibido: 3 de marzo de 2024

Aceptado: 14 de julio de 2024

¹E-mail de contacto:maquiser@unjbg.edu.pe Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

²E-mail de contacto:tjserranoy@unjbg.edu.pe Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

³E-mail de contacto:jsjgonzalesp@unjbg.edu.pe Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

I. INTRODUCCIÓN

El acceso a agua potable de calidad es una preocupación global de primer orden. Según (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022), el 73% de la población mundial tiene acceso a servicios de agua potable de buena calidad en el lugar de uso. No obstante, en Perú, la situación es desigual, con un 10% de la población sin acceso a agua potable (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2023). Esta disparidad subraya la necesidad urgente de soluciones efectivas para el tratamiento del agua en regiones afectadas por problemas de calidad hídrica.

En Perú, el río Caplina es una fuente crucial de agua para muchas comunidades, pero presenta serios problemas de calidad. Los análisis realizados por el (Instituto Geológico, Mínero y Metalúrgico [INGEMMET], 2021) indican que el agua del río Caplina tiene un pH que varía entre 6,5 y 8,4 y una alta conductividad eléctrica, con valores que oscilan entre 1500 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos parámetros sugieren la presencia de contaminantes y problemas de calidad del agua relacionados con la interacción de los flujos de agua subterránea con rocas volcánicas. Además, el Decreto Supremo N°002-2008-MINAM establece estándares que identifican elementos contaminantes como arsénico (As), aluminio (Al) y hierro (Fe) en las aguas superficiales del río Caplina.

El carbón activado es conocido por su eficacia en la purificación del agua debido a sus propiedades adsorbentes. Megia (2021) destaca que el carbón activado a base de cáscara de coco es ampliamente utilizado para eliminar impurezas orgánicas, olores, sabores y color en aplicaciones tanto domésticas como industriales. Este material es eficaz para remover una variedad de sustancias contaminantes, lo que lo convierte en una opción prometedora para el tratamiento de agua.

Según Santillan (2020), el carbón activado a base de cáscara de coco muestra una alta efectividad en la reducción de turbidez, con una mejora del 97,11% al carbonizarse a 700 °C. Esta eficacia sugiere que el carbón activado de cáscara de coco puede ser particularmente útil para tratar aguas con alta turbiedad y contaminantes.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado elaborado a partir de cáscaras de coco en la purificación del agua del río Caplina. La investigación se centra en la elaboración del carbón activado y su aplicación en el tratamiento del agua para determinar su capacidad de reducción de los diferentes parámetros como es el caso del pH, conductividad eléctrica y su turbidez. La metodología empleada incluye la carbonización y activación química de cáscaras de coco, seguida de una evaluación de la eficacia del material en la purificación del agua.

II. METODOLOGÍA

2.1 Diseño de investigación

Según Hernández y Mendoza (2018), una investigación se considera de diseño experimental cuando se administran estímulos y tratamientos o intervenciones. Se aplicó el diseño de tipo experimental, se tiene como variables de respuesta el pH, la turbidez, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

2.2 Ubicación

Este estudio se utilizó como muestra el agua del río Caplina, el cual se encuentra localizado en la costa Sur del Perú, en el departamento de Tacna.

2.3. Punto de muestreo

El punto de muestreo que fue de interés para el estudio fue en una zona cercana al río Caplina como se muestra en la Figura 1. Sus coordenadas geográficas son 18° 9'47.10" de Latitud Sur y 70°40' 20.97" de Longitud occidental.



Figura 1. Ubicación de la zona de estudio
Nota. Recuperado de Google Earth

Elaboración del carbón activado

Se agregaron 200 g de cáscara de coco en cada uno de los 5 crisoles, sumando un total de 1000 g de cáscara de coco. Estas cáscaras fueron colocadas en un horno a una temperatura de 400 °C durante 3 horas para su carbonización. El producto carbonizado fue triturado utilizando un mortero y luego tamizado para su proceso de activación.



Figura 2. Carbonización de la cáscara de coco

Para la activación, se impregnó el carbón obtenido con ácido fosfórico en relación de 1:1 (g de muestra: g de solución) (Reátegui, 2017), manteniéndolo a temperatura ambiente y con agitación constante mediante una varilla. Posteriormente, el carbón activado se secó en un horno a 160 °C durante 3 horas (Fajardo, 2022).

La construcción de filtros

Los filtros de carbón activado se prepararon en vasos desechables, conformando un total de nueve unidades experimentales con tres repeticiones para cada experimento. Sobre cada vaso se coloca un papel filtro y se pesan distintas cantidades de carbón activado siendo estas 7.3 g, 12.5 g y 25 g (Bravo y Garzon, 2017) tal como se muestra en la Tabla 1. Estas cantidades se añadieron sobre los filtros y posterior a ello se agregaron 50 ml de muestra del río Caplina a cada tratamiento.

Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue un diseño completamente aleatorizado, que consistió en tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, sumando un total de 9 unidades experimentales (Bravo y Garzon, 2017).

Tabla 1. Composición de los filtros

Unidad experimental	Unidad experimental	
	Carbón activado (g)	Agua (ml)
T1R1	7.3	50
T1R2	7.3	50
T1R3	7.3	50
T2R1	12.5	50
T2R2	12.5	50
T2R3	12.5	50
T3R1	25	50
T3R2	25	50
T3R3	25	50

III. RESULTADOS

Tabla 2. Características de la muestra inicial de agua

pH	Conductividad eléctrica(uS/cm)	Turbidez (NTU)
5.6	1407	95.14

La Tabla 2 muestra los parámetro de pH, conductividad eléctrica y turbidez de la muestra inicial de agua recolectada del río Caplina.

Tabla 3. Nivel de parámetros del agua post-tratamiento

Unidad experimental	Carbón activado (g)	Turbidez (NTU)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)
T1R1	7.3	0.99	6.1	132.7
T1R2	7.3	1.12	6.0	146.8
T1R3	7.3	1.02	5.9	166.9
T2R1	12.5	1.12	6.3	152.7
T2R2	12.5	1.21	6.5	154.9
T2R3	12.5	2.18	6.4	145
T3R1	25	1.91	6.3	132.2
T3R2	25	1.94	6.5	161.1
T3R3	25	1.83	6.2	151.7

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos a partir de la medición de parámetros (pH, conductividad eléctrica y turbidez) después de que el agua haya sido sometida al tratamiento

de potabilización por carbón activado con cáscara de coco mostrando niveles óptimos de remoción de turbidez con niveles cercanos a los ECA Categoría 1 para el uso poblacional y recreacional.

Tabla 4. Remoción de turbidez

Tratamiento	Turbidez inicial (NTU)	Turbidez final(NTU)	% Remoción de turbidez
T1	95.14	1.043333333	98.90%
T2	95.14	1.503333333	98.42%
T3	95.14	1.893333333	98.01%

Tabla ANOVA para pH por Cantidad de carbón activado

Tabla 5. ANOVA para pH por cantidad de Carbón activado de cáscara de coco

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.275556	2	0.137778	9.54	0.0137
Intra grupos	0.0866667	6	0.0144444		
Total (Corr.)	0.362222	8			

Debido a que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, podemos decir que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Cantidad de carbón activado y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para pH por Cantidad de carbón activado

Tabla 6. Método 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
7.3	3	6.0	X
25	3	6.33333	X
12.5	3	6.4	X

La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. Se identificaron 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla ANOVA para Conductividad eléctrica por Cantidad de carbón activado

Tabla 7. ANOVA para Conductividad eléctrica por cantidad de Carbón activado de cáscara de coco

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	10.0862	2	5.45333	0.03	0.9703
Intra grupos	1079.47	6	179.912		
Total (Corr.)	1090.38	8			

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Conductividad eléctrica entre un nivel de Cantidad de carbón activado y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para Conductividad eléctrica por Cantidad de carbón activado

Tabla 8. Método 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
25	3	148.333	X
7.3	3	148.8	X
12.5	3	150.867	X

No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla ANOVA para turbidez por Cantidad de carbón activado

Tabla 9. ANOVA para turbidez por cantidad de Carbón activado de cáscara de coco

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.0862	2	0.5431	4.61	0.0612
Intra grupos	0.7066	6	0.117767		
Total (Corr.)	1.7928	8			

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Turbidez entre un nivel de Cantidad de carbón activado y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para Turbidez por Cantidad de carbón activado

Tabla 10. Método 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
7.3	3	1.04333	X
12.5	3	1.50333	X
25	3	1.89333	X

No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5.0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La conductividad eléctrica se encuentra por debajo del límite establecido por los ECAs establecidos de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017), esto nos indica que el agua filtrada tiene una mínima cantidad de iones disueltos, indicando la calidad del agua.

La turbidez del agua del río Caplina después del filtro de carbón activado se encuentra entre el rango de 0.99 NTU - 2.18 NTU por debajo de 100 UNT, según lo establecido por el (MINAM, 2017), la turbidez resultó mucho menor (Bravo y Garzón, 2017) siendo del rango de 31 NTU a 43 NTU.

V. CONCLUSIONES

El carbón activado elaborado a partir de cáscaras de coco demostró ser altamente efectivo en la purificación del agua. Con reducciones de hasta el 99% en la turbidez del agua, una conductividad eléctrica promedio de 132.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un pH de 6.4, se evidencia que este material es un adsorbente eficaz y prometedor para mejorar la calidad del agua en el río Caplina. Los resultados muestran un potencial significativo en la remoción de impurezas

y contaminantes, lo que lo convierte en una opción valiosa para el tratamiento de aguas con problemas de calidad. Además, se observó que el carbón activado a base de cáscara de coco cumplió con los estándares establecidos para la calidad del agua en términos de turbidez y conductividad eléctrica, lo que respalda su eficacia en la purificación del agua del río Caplina. mismo los parámetros después del tratamiento están dentro de los Ecas establecidos.

VI. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Aristides, A. R. (2020). Capacidad de adsorción del carbón activado a partir de residuos orgánicos para el tratamiento de aguas residuales: Revisión sistemática. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_66b043e902dbc42d162597c5fbf2dob2/Details
- Bastidas, M., Buelvas, L. M., Márquez, M. I., & Rodríguez, K. (2010). Producción de carbón activado a partir de precursores carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia. *Información tecnológica*, 21(3), 87-96. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642010000300010&script=sci_arttext&tlng=en
- Berdonces, J. L. (2008). La problemática del tratamiento del agua potable. *Medicina naturista*, 2(2), 22-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2574510>
- Bravo y Ganzon (2017). Eficiencia Del Carbón Activado Procedente Del Residuo Agroindustrial De Coco (Cocos Nucifera) Para Remoción De Contaminantes En Agua. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/606/1/TMA124.pdf>
- Canchari Salazar, K. A., & Vergaray Salvatierra, N. K. (2022). Obtención del carbón activado de los residuos del café para el tratamiento de aguas residuales de la industria textil. <http://repositorio.unep.edu.pe/handle/20.500.12894/9944>
- Chambi Hancco, Z. (2018). Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación-floculación y adsorción. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RNAP_89d33a0of2aba61c-76bfc4d6abac6c9b
- Chiclote Gonzales, Y. E. (2018). Mejora de la calidad del agua del río Cumbe empleando filtro de carbón activado. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13839>
- Cruz, G., et al., (2016). Tratamiento complementario de agua potable utilizando un filtro de carbón activado impregnado con quitosano producidos a partir de biomasa residual. *Manglar*, 12(1), 65-74. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/36>
- El carbón activado en tratamiento de aguas | Cropaia. (2018, septiembre 28). <https://cropaia.com/es/blog/carbon-activado-en-tratamiento-de-aguas/>
- Escobar Peñafiel, F. L. (2018). *Análisis del carbón activado como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de un camal ubicado en el barrio El Porvenir del Cantón Tisaleo, Provincia de Tungurahua* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil). <https://repositorio.uta.edu.ec/8443/handle/123456789/27017>
- Fierro, M. C. M. (2012). Preparación y caracterización de carbón activo a partir de lignina para su aplicación en procesos de descontaminación de aguas (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Madrid). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=39139>
- Franco, J. H. R., Ávila, Ó. M. M., & Ospina, L. M. F. (2013). Remoción de contaminantes en aguas residuales industriales empleando carbón activado de pino pátula. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 10(1), 42-49. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/2725>
- Gonzalez, K. D. M., & Abril, R. A. M. (2018). Uso del carbón activado para el tratamiento de aguas. Revisión y estudios de caso. *Revista Nacional de Ingeniería*, 1(1), 8-21. <https://agenf.org/ojs/index.php/RNI/article/view/269>

- Huamán Siuce, M. (2020). Aprovechamiento de lodos activados provenientes de planta de tratamiento de aguas residuales para la obtención de carbón activado. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8492>
- Infante Chipile, D. (2018). Carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12672>
- Novelo, R. I. M., Hernández, E. M., Franco, C. Q., Borges, E. R. C., & Riancho, M. R. S. (2002). Tratamiento de lixiviados con carbón activado. *Ingeniería*, 6(3), 19-27. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46760302.pdf>
- Maldonado Páez, S. L. (2008). *Estudio de la remoción de detergentes aniónicos tipo sulfato con carbón activado* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2008). <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/964>
- Méndez Verduga, R. A. (2019). Producción de carbón activado con raquis de banano y su efecto en el tratamiento de agua destinada al consumo humano, Quevedo año 2018. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6018/1/T-UTEQ-0021.pdf>
- Ortiz-Quintero, J. N., & Puerto-Angarita, N. F. (2019). Uso del carbón activado de guadua para el tratamiento de aguas residuales: revisión y vigilancia tecnológica. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23859>
- Penedo et al., (2015). Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cáscara de coco. *Tecnología Química*, 35(1), 110-124. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852015000100010&script=sci_arttext&tlng=en
- Ponce (2019). Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha—Pasco 2018. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1563>
- Ponce y Marcelo (2019). *Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha -Pasco 2018*. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1563/1/To26_73665141_T.pdf
- Reátegui (2017). OBTENCIÓN DE CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LA CÁSCARA DEL FRUTO DE LA CALABAZA (*Curcubita ficifolia* Bouché). <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2882/Q70-R4-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Salvador (2022). Carbón Activado A Partir De La Cáscara De Coco Para La Remoción De Cobre En Relave Minero Metalúrgico, Callao, 2022. <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7562/TESIS%20-%20FAJARDO%20SANCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santillan (2020). Eficiencia del carbón activado obtenido del endocarpo de coco (*Cocos nucifera*), para la reducción de color y turbiedad en el agua de escorrentía del sector San Lorenzo - Moyobamba 2018. *Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto*. <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3942/4/ING.%20SANITARIA%20-%20Karla%20Milagros%20Santill%C3%A1n%20Gutierrez%202.pdf>
- Sepúlveda Cervantes, C. V. (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* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/4366/1/1080253757.pdf>
- Torres-Pérez, J., Girón, P. N. L. T., Avitia, A. Y. C., Urrutia, K. A. C., & Rios, M. D. (2020). Preparación de carbón activado a partir de residuos de Zea mays para eliminar tartrazina. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 17(1), 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7349879>
- Valdés, H., Sánchez-Polo, M., & Zaror, C. A. (2011). Impacto del tratamiento con ozono sobre las propiedades superficiales del carbón activado. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 19(2), 174-185. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052011000200003&script=sci_arttext&tlng=en

Valencia Ríos, J. S., & Castellar Ortega, G. C. (2013). Predicción de las curvas de ruptura para la remoción de plomo (II) en disolución acuosa sobre carbón activado en una columna empacada. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (66), 141-158. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302013000100012&script=sci_arttext

Vayas Torres, J. M. (2018). *Análisis del carbón activado de origen vegetal con las costras de coco como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la textilera "andelas" cia ltda., ubicada en el parque industrial de Ambato, provincia de Tungurahua* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27014>