

**EFFECTO DEL CARBÓN ACTIVADO PROVENIENTE DE CÁSCARA DE COCO Y
RESIDUOS DE OLIVO EN LOS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL RÍO CAPLINA,
TACNA**

**EFFECT OF ACTIVATED CARBON FROM COCONUT SHELL AND OLIVE TREE
WASTE ON THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF THE CAPLINA RIVER,
TACNA**

¹Miguel Ángel Rosas Cachicatari, ²Andrea Alejandra Velásquez Gómez, ³Luis Antonio Condori Yapuchura y ⁴Alex Ronaldo Ochoa Rivera.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-8924-9607>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-8495-8591>

³ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-4622-3641>

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0727-0786>

¹E-mail de contacto: marosasc@unjbg.edu.pe

²E-mail de contacto: aavelasquezg@unjbg.edu.pe

³E-mail de contacto: lcondoriy@unjbg.edu.pe

⁴E-mail de contacto: aachoari@unjbg.edu.pe

Afiliación: ^{1*2*3*4*}Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Artículo recibido: 31 de junio del 2025

Artículo revisado: 1 de julio del 2025

Artículo aprobado: 12 de julio del 2025

¹Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

²Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

³Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

⁴Estudiante de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, (Perú).

Resumen

La presente investigación evaluó el efecto del carbón activado elaborado a partir de cáscara de coco y residuos de olivo sobre los parámetros fisicoquímicos del agua del río Caplina, ubicado en Tacna, Perú. El estudio se realizó mediante un diseño experimental de bloques completamente al azar, aplicando diferentes dosis de carbón activado en muestras de agua recolectadas en tres puntos del río. Los tratamientos mejoraron significativamente los niveles de pH, turbidez y conductividad eléctrica, siendo el carbón activado de coco el más eficaz, elevando el pH de 4.00 a 6.00, reduciendo la turbidez de 55.17 a 1.68 NTU y la conductividad eléctrica de 1397.67 a 218.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los resultados evidencian que el uso de carbón activado, especialmente a base de cáscara de coco, representa una alternativa eficiente y de bajo costo para el tratamiento de aguas en zonas con escasez hídrica como Tacna.

Palabras clave: Carbón activado, Cáscara de coco, Residuos de olivo, Calidad del agua, Río Caplina.

Abstract

This research evaluated the effect of activated carbon made from coconut shell and olive tree residues on the physicochemical parameters of the Caplina River water, located in Tacna, Peru. A completely randomized block design was applied, using different doses of activated carbon in water samples collected from three river locations. The treatments significantly improved the pH, turbidity, and electrical conductivity values. Coconut-based activated carbon proved to be the most effective, increasing pH from 4.00 to 6.00, reducing turbidity from 55.17 to 1.68 NTU, and electrical conductivity from 1397.67 to 218.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The results demonstrate that activated carbon, especially from coconut shells, is a low-cost and efficient alternative for water treatment in water-scarce regions such as Tacna.

Keywords: Activated carbon, Coconut shell, Olive residues, Water quality, Caplina River.

Sumário

Escriba la traducción al idioma portugués del Este estudo avaliou o efeito do carvão ativado feito de cascas de coco e resíduos de oliveira nos parâmetros físico-químicos da água do Rio Caplina, localizado em Tacna, Peru. O estudo foi conduzido usando um delineamento em blocos casualizados, aplicando diferentes doses de carvão ativado a amostras de água coletadas em três pontos ao longo do rio. Os tratamentos melhoraram significativamente o pH, a turbidez e a condutividade elétrica, com o carvão ativado de coco sendo o mais eficaz, elevando o pH de 4,00 para 6,00, reduzindo a turbidez de 55,17 para 1,68 NTU e a condutividade elétrica de 1397,67 para 218,00 uS/cm. Os resultados mostram que o uso de carvão ativado, especialmente o carvão ativado à base de casca de coco, representa uma alternativa eficiente e de baixo custo para o tratamento de água em áreas com escassez hídrica, como Tacna.

Palavras-chave: Carvão ativado, Casca de coco, Resíduo de azeitona, Qualidade da água, Rio Caplina.

Introducción

En regiones áridas como Tacna, el recurso hídrico es escaso y su aprovechamiento resulta vital para el consumo humano y las actividades agrícolas. El río Caplina, fuente importante en la zona, presenta características físicoquímicas influenciadas por procesos naturales y actividades humanas, lo que afecta su calidad y limita su uso directo (Pino et al., 2017). El tratamiento del agua cruda es crucial para asegurar su uso seguro. En este contexto, el carbón activado es ampliamente empleado por su capacidad adsorbente, que permite reducir turbidez, color, olores y otros contaminantes presentes en el agua (Otañez y Caiza, 2022). Tradicionalmente, se produce a partir de materiales orgánicos mediante procesos físico-químicos que aumentan su porosidad y capacidad de retención (Donau, 2016). Diversas fuentes vegetales, como la cáscara de coco y los residuos del olivo, han sido

estudiadas por su potencial para generar carbón activado de bajo costo. La cáscara de coco, rica en carbono y con alta disponibilidad global, y los residuos de poda de olivo, abundantes en Tacna, representan alternativas sostenibles a materiales comerciales (Grisales y Rojas, 2016; García y Herrera, 2023). Estos residuos agroindustriales poseen estructura lignocelulósica, compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina, componentes clave en la generación de carbones activados de alta calidad (Martínez, 2012). Su valorización permite no solo reducir la contaminación ambiental por residuos orgánicos, sino también desarrollar tecnologías limpias para el tratamiento de agua. La presente investigación tiene como finalidad evaluar el efecto del carbón activado proveniente de cáscara de coco y residuos de olivo en la mejora de parámetros físicoquímicos del agua del río Caplina, con el propósito de proponer una alternativa eficiente y económica de purificación no convencional de aguas contaminadas.

Materiales y Métodos

Los puntos de muestreo se realizaron de acuerdo a los bloques delimitados en para la presente investigación, las cuales se delimitaron 3 bloques en diferentes localidades como se muestra en la Tabla

Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo

Ubicación	Coordenadas UTM	
	Este	Norte
C.P. Calientes (Bloque 1)	381197.00	8025554.00
Miculla (Bloque 2)	379521.00	8022686.00
Pachia (Bloque 3)	377570.00	8020930.00

Fuente: elaboración propia

Las muestras para la elaboración del carbón activado fueron recolectadas en la zona de Yarada Los Palos (Olivo) y Mercado Mayorista Grau (Coco). Se seleccionaron muestras secas de tamaño adecuado y se

sometieron a carbonización durante 4 horas en una cocina casera. Luego, se realizaron procesos de lavado, secado y granulación. La activación del carbón se llevó a cabo con ácido fosfórico (H₃PO₄) al 85%. Posteriormente, las muestras se lavaron nuevamente y se secaron en un horno a 300°C durante 4 horas. Finalmente, se sometieron a un tratamiento en mufla a 600°C durante 2 horas, obteniendo así un carbón activado de alta calidad, adecuado para la adsorción de contaminantes

Tabla 2. Pesos utilizados de cada tipo de carbón activado para los tratamientos

Tipo de carbón	Peso del carbón activado
Olivo	70g
Coco	70g

Fuente: elaboración propia

Resultados y Discusión

Las unidades experimentales se realizaron en 3 bloques, con un total de 9 unidades experimentales y 3 unidades de control; Además del nivel de remoción de turbidez del agua del río Caplina, la dosis para de coco y aceituna fueron de 1, 2 y 3 g/ litro de muestra, y la interacción entre coco y aceituna fue un total de 3 g/litros (1.5g de cada muestra).

Tabla 3. Datos recolectados

Parámetro	Unidad	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
pH	pH	4.00	4.00	4.00
Turbidez	NTU	54.95	53.34	57.21
Conductividad eléctrica (C.E.)	uS/cm	1378	1392	1405

Fuente: elaboración propia

Se realizó mediante una filtración simple utilizando papel filtro, vaso precipitado y el tipo de carbón activado. Posteriormente, se medirán los parámetros iniciales de las aguas muestreadas, posteriormente se llevará a cabo los tratamientos correspondientes. La muestra de agua fue tomada en tres diferentes bloques, se realizó la caracterización en donde se

evaluaron pH, Turbidez, Conductividad eléctrica, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Caracterización del río Caplina

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	P-valor
Tratamientos	6.06	3	2.02	97	<0.0001
Bloques	0.04	2	0.02	1	0.44219
Error	0.12	6	0.02		
Total	6.23	11			
C.V. = 2.86%					

Fuente: elaboración propia

La Tabla 5 presenta el análisis de varianza para el pH, revelando una diferencia significativa elevada entre los tratamientos, mientras que los bloques no muestran una diferencia significativa, con un 95% de confianza y un coeficiente de variabilidad del 2.86%

Tabla 5. Análisis de la varianza del efecto del carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo, en el pH

Bloque	Tratamientos	Dosis	Turbidez	Reducción%
1	Control	0	55,319	0,205
1	Olivo	1	7,224	80,166
1	Coco + Olivo	3	4,430	87,999
1	Coco	1	2,154	95,601
2	Control	0	55,029	0,165
2	Olivo	2	6,891	81,246
2	Coco + Olivo	3	4,573	88,911
2	Coco	2	1,163	96,323
3	Control	0	54,866	0,041
3	Olivo	3	6,758	81,760
3	Coco + Olivo	3	4,940	87,994
3	Coco	3	1,700	96,791

Fuente: elaboración propia

La tabla 6 muestra la tabla tukey ($p < 0.05$) para el pH donde el carbón activado de cáscara de coco aumenta el pH del agua del río Caplina y se diferenció con el tratamiento de control, los

tratamientos con olivo, solos o mezclados con coco, son similares entre sí, pero diferentes del control y del coco puro.

Tabla 6. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para evaluar el efecto del carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo sobre el pH del agua del río Caplina

Nº.	Tratamientos	Promedio (pH)	Significancia
1	Coco	6.00	a
2	Coco + Olivo	5.17	b
3	Olivo	5.00	b
4	Control	4.00	c

Fuente: elaboración propia

La Tabla 7 presenta el análisis de varianza para la turbidez, revelando una diferencia significativa elevada entre los tratamientos, mientras que los bloques no muestran una diferencia significativa, con un 95% de confianza y un coeficiente de variabilidad del 5.53%.

Tabla 7. Análisis de la varianza del efecto del carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo, en la turbidez

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	P-valor
Bloques	2.29	2	1.14	1.28	0.3441
Tratamientos	5841.8	3	1947.27	2181.63	<0.0001
Error	5.36	6	0.89		
Total	5849	11			

C.V. = 5.53%

Fuente: elaboración propia

La tabla 8 muestra la Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para la turbidez donde el tratamiento con cáscara de coco se diferenció con el de control, mostrando así una reducción en la turbidez., el carbón a base de residuo de olivo, y la mezcla (Coco, olivo) no se diferenciaron entre sí.

Tabla 8. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para evaluar el efecto del carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo sobre la turbidez del agua del río Caplina

Nº	Tratamientos	Promedio (NTU)	Significancia
1	Control	55.17	a
2	Olivo	7.03	b
3	Coco+Olivo	4.50	b
4	Coco	1.68	c

Fuente: elaboración propia

La Tabla 9 presenta el análisis de varianza para la conductividad eléctrica (C.E.), revelando una diferencia significativa elevada entre los tratamientos, mientras que los bloques no muestran una diferencia significativa, con un 95% de confianza y un coeficiente de variabilidad del 1.12%.

Tabla 9. Análisis de la varianza del efecto del carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo, en la conductividad eléctrica (C.E.)

F.V.	S.C.	gl	C.M.	F	P-valor
Bloques	2946819.58	3	982273.00	27454.84	0.16
Tratamientos	180.67	2	90.33	2.52	<0.0001
Error	214.67	6	35.78		
Total	2947214.92	11			

Fuente: elaboración propia

La tabla 10 muestra la tabla tukey ($p < 0.05$) para la conductividad eléctrica (C.E.) el carbón activado de cascara de coco mostró una considerable reducción en la C.E. y se diferenció con los demás tratamientos.

Tabla 10. Prueba de Tukey ($p < 0.05$) para evaluar el efecto del carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo sobre la conductividad eléctrica (C.E.) del agua del río Caplina

Nº.	Tratamientos	Promedio (C.E.)	Significancia
1	Control	1397.67	a
2	Olivo	275.67	b
3	Coco+Olivo	251.00	c
4	Coco	218.00	d

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 11 se puede evidenciar un p-valor menor a 0.05 (0.000001), para el tratamiento de reducción de turbidez, lo que indica que los tratamientos han removido la turbidez de forma significativa, respecto a los bloques no existe una diferencia significativa (p-valor = 0.313).

Tabla 11. Análisis de varianza para la turbidez en el uso del carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo

Fuente	Suma de cuadrados	gl	F	p-valor
Tratamiento	5813.29	3	20116.95	<0.0001
Bloque	0.27	2	1.42	0,313
Error	0.58	6		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 12 se muestra la dosis óptima de cada factor (coco, aceituna y aceituna-coco).

Tabla 12. Dosis óptima de carbón activado de cáscara de coco y residuos de olivo

Tratamiento	Dosis óptima (g/L)	Reducción (%)
Coco	2	96.3
Olivo	2	81
Coco + Olivo	3 (1.5+1.5)	89

Fuente: elaboración propia

Respecto a la dosis óptima se representa mediante la siguiente fórmula: Reducción = $95.6284 + 2.33127 * \text{Dosis} - 0.00173564 * \text{Turbidez} - 0.000469916 * \text{Dosis} * \text{Turbidez}$.

Conclusiones

Los tratamientos con carbón activado demostraron una mejora significativa en los parámetros fisicoquímicos del agua del río Caplina, especialmente en la reducción de la turbidez y la conductividad eléctrica, así como en el incremento del pH. Estos resultados reflejan el potencial del carbón activado como alternativa eficiente en el tratamiento de aguas en regiones con escasez hídrica como Tacna. El carbón activado a base de cáscara de coco fue el tratamiento más eficaz, logrando un pH final de 6.00 (partiendo de 4.00), una reducción de la turbidez de 55.17 a 1.68 NTU y una disminución de la conductividad eléctrica de 1397.67 a 218.00 $\mu\text{S/cm}$. Estos valores se acercan a los estándares de calidad ambiental para el uso agrícola. El carbón activado a base de residuos de olivo también mostró mejoras significativas, aunque en

menor medida que el de coco, elevando el pH a 5.00, reduciendo la turbidez a 7.03 NTU y la conductividad eléctrica a 275.67 $\mu\text{S/cm}$. Esto lo convierte en una alternativa viable, especialmente por su disponibilidad local en Tacna. La dosis óptima determinada fue de 2 g/L para ambos tipos de carbón activado por separado, y de 3 g/L para la mezcla (1.5 g de cada uno), obteniéndose hasta un 96.3% de remoción de turbidez con el carbón de coco, 81% con el de olivo y 89% con la mezcla.

Referencias Bibliográficas

- Carriazo, J., Saavedra, M., & Molina, M. (2010). Propiedades adsorptivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000300007
- Choque, V., & Piaggio, A. (2021). Propuesta de programa para la optimización de los recursos hídricos en zonas áridas de Tacna, Perú. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202021000400521&script=sci_arttext&tlng=enbv
- Donau C. (2016). Activated Carbon and its Applications. Donau Carbon. <https://www.donau-carbon.com/getattachment/76f78828-2139-496f-9b80-6b6b9bdc6acc/aktivkohle.aspx>
- Filippín, A., Luna, N., Pozzi, M., & Pérez, J. (2017). Obtención y caracterización de carbón activado a partir de residuos olivícolas y oleícolas por activación física. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323652916007>
- García, M., & Herrera, L. (2023). *Mejoramiento de la calidad de agua de lluvia mediante el proceso de filtración a través de carbón activado granular, zeolita y arena en la ciudad de Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad

- Privada del Norte.
<https://hdl.handle.net/11537/36449>
- Gavino, R. (2014). *Caracterización física y química de suelos y agua del sector Mitapampa-Iiasam-Tingua con fines de diseño y riesgo tecnificado para el cultivo de alfalfa*. Repositorio UNASAM. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1172>
- Grisales, A., & Rojas, W. (2016). *Obtención de carbón activado a partir de activación química de pulpa de café y su aplicación en la remoción de colorantes en aguas residuales industriales*. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/6965RR>
- Herrera, G., & Jiménez, M. (2021). Evaluación del Precursor de Carbón Activado Granular del Agua del Río Napo, Comunidad Puerto Colón. *CIENCIAMATRIA*, 7(1), 118-133. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i1.468>
- Lozada, D. (2021). *Obtención y caracterización física de carbón activado a partir de semillas de Datura stramonium para aplicaciones industriales*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16746>
- Martínez, A. (2012). *Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano*. <http://hdl.handle.net/10261/74991>
- Martínez, M., Mendoza, J., Medrano, B., Gómez, L., & Zafra, C. (2019). Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7152687>
- Melián, M., & Fernández, Á. (2016). Reutilización de agua para la agricultura y el medioambiente. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5910808>
- MINAM. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- MINAM. (2020). *Diagnóstico de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca Caplina e Intercuenca* <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5465>
- Otañez, H., & Caiza, V. (2022). *Filtro de carbón activado granular, en la mejora de la calidad del agua cruda, en la parroquia 10 de agosto, de la ciudad de Puyo*. Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4694>
- Penedo, M., Manals, E., Vendrell, F., & Salas D. (2015). Adsorción de níquel y cobalto sobre carbón activado de cascarón de coco. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852015000100010&script=sci_arttext&tlng=en
- Peña, H., Giraldo, L., & Moreno, J. (2012). Preparación de carbón activado a partir de cáscara de naranja por activación química. Caracterización física Y QUÍMICA. *Revista Colombiana de Química*, 41, 311-323.
- Pino, E., Tacora, P., Steenken, A., Alfaro, L., Valle, A., Chávarri, E., Ascencios, D., & Mejía, J. (2017). Efecto de las características ambientales y geológicas sobre la calidad del agua en la cuenca del río Caplina, Tacna, Perú. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222017000600077
- Solís, Y., Zúñiga, L., & Mora, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>
- Ramos, M., Yucra, T., & Pari, J. (2024). Elaboración de carbón activado de cáscara de coco para el tratamiento de aguas del río caplina preparation of activated carbon from coconut shell for the water treatment of the caplina river. *Ciencia UNEMI*, 17, 72-79. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol17iss46.2024pp72-79p>

Rincón, J., Rincón, S., Guevara, P., Ballén, D., Morales, J., & Monroy, N. (2015). Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorerías.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S037039082015000200004&script=sci_arttext

Ruiz, A. (2018). Obtención de carbón activado a partir de cáscara de naranja (Citrus L. Obseck) y su aplicación como adsorbente de plomo II) en disolución acuosa.

<https://hdl.handle.net/20.500.12996/4043>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Miguel Ángel Rosas Cachicatari, Andrea Alejandra Velásquez Gómez, Luis Antonio Condori Yapuchura y Alex Ronaldo Ochoa Rivera.

