Ciencia & Desarrollo, (2024) Vol. 23, Num. 2, pp. 36-46
ISSN-e 2304-8891
DOI: http://doi.org/10.33326/26176033.2024.2.2394
© Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Unidad Editorial Universitaria. Tacna, Perú.

Remoción de turbidez de aguas grises mediante filtración utilizando carbón activado de cáscara de coco (*Cocos nucífera*)

Removal of turbidity from grey water by filtration using activated carbon from coconut shell (Cocos nucifera)

Gian Marco Quispe Yujra[1], Miryam Milagros Vera Alcázar [2],, Florencia Beatriz Herrera Córdova [3], Juana Alejandrina Rojas Benites [4], Yessenia Danidtza Gomez Aguilar [5], Alvaro Nilton Herrera Villanueva [6] y Jorge Fernando Pacompia Vega [7] *

ARTÍCULO ORIGINAL

[1]*Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú*
ORCID: 0009-0005-0754-6190

[2] *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú*
ORCID: 0000-0003-1127-5870

[3]*Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú*
ORCID: 0000-0002-7584-9549

[4]*Universidad Nacional de Moquegua. Moquegua, Perú*
ORCID: 0000-0002-2847-0536

[5]*Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú*
ORCID: 0009-0003-8468-1877

[6]*Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú*
ORCID: 0000-0002-4186-9269

[7]*Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú*
ORCID: 0000-0002-5159-430X

Correspondencia:
**Autor para correspondencia: jpacompiav@unjbg.edu.pe*

RESUMEN

La creciente preocupación por la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental, ha llevado a la búsqueda de métodos efectivos para el tratamiento de aguas contaminadas, la ciudad de Tacna no es ajena a la escasez hídrica, debido a que se encuentra en una zona desértica. En este contexto, la presente investigación tuvo por objetivo utilizar carbón activado a base de cáscara de coco (*Coco nucífera*) para la remoción de la turbidez de aguas grises. Se utilizó un diseño completo al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, los tratamientos fueron con 0 g, 10 g, 15 g y 20 g de carbón activado (C.A.), en cada prueba se empleó 100 ml de agua gris. Se analizó la remoción de la turbidez, el pH y la conductividad eléctrica. El mejor resultado de remoción de turbidez del agua gris fue de un 81.61 % con la dosis de 20 g de carbón activado. Se concluye que a medida que se aumenta la adición del carbón activado en la filtración del agua gris, disminuye el pH, la turbidez y la conductividad eléctrica obteniéndose agua tratada de mejor calidad.

Palabras clave: Carbón activado, agua gris, remoción, turbidez, *Coco nucífera*

ABSTRACT

Growing concerns about water quality and environmental sustainability have led to the search for effective methods for treating contaminated water. The city of Tacna is no stranger to water scarcity due to its location in a desert area. In this context, the present investigation aimed to use coconut shell-based activated carbon (Coco nucifera) to remove turbidity from greywater. A completely randomized design with four treatments and three replicates was used; the treatments were 0 g, 10 g, 15 g, and 20 g of activated carbon (AC); 100 ml of greywater was used in each test. Turbidity removal, pH, and electrical conductivity were analyzed. The best result for turbidity removal of greywater was 81.61% with the 20 g dose of activated carbon. It is concluded that as the addition of activated carbon increases in grey water filtration, the pH, turbidity and electrical conductivity decrease, resulting in better quality treated water.

Keywords: Activated carbon, grey water, removal, turbidity, Cocos nucifera

INTRODUCCIÓN

El agua es considerado como el elemento vital para el ser vivo, también como un nutriente que se encuentra en mayor cantidad en el cuerpo humano '(Salas-Salvadó et al., 2020).

La escasez de agua es uno de los principales problemas que viene afectando a los consumidores —(Gavrilescu, 2021; —Xu et al., 2022).

La disposición de agua potable es la finalidad de los países, su contaminación se viene dando por medios naturales y principalmente por la actividad antrópica (Ramos-Mancheno, 2024). Los seres humanos en sus actividades del hogar generan aguas residuales que es un problema sanitario para su eliminación y disposición final (Núñez et al., 2014).

Según Murcia-Sarmiento et al. (2014) y González (2013) mencionan que la mayor cantidad de agua que se contamina en los hogares son las aguas grises, estas se definen como efluentes domiciliarios que provienen de los lavaderos, duchas y de la cocina, en algunas zonas urbanas de Argentina vienen siendo eliminadas en zanjas a cielo abierto generando riesgo a sus habitantes. En las universidades, los estudiantes consumen 275 l/persona-d, mayor al de las referencias utilizadas a nivel mundial que se encuentra entre 200 a 250 l/persona-d (Blanco et al., 2014). Según Burbano (2015), menciona que las aguas grises de duchas y lavamanos es factible reutilizarlas, cada habitante utiliza por día 48 l en la ducha y 17,6 l en el lavamanos. ——Anaya et al. (2022) indican que las aguas grises deben tratarse por medios fisicoquímicos. El tratamiento y reusó de aguas grises en países en vías de desarrollo es una alternativa que podría solucionar en parte su carencia (Hernández-Aguilar et al., 2022).

El agua apta para consumo humano pasa por múltiples tratamientos y al final debe ser inocua, de excelente calidad que cumpla con los requisitos establecidos para ser considerado agua potable '(Toi Bissang et al., 2024). Disminuir la turbidez del agua es un proceso unitario en el tratamiento de agua. Se denomina turbidez a la claridad del agua, a la oposición del material suspendido para que pase la luz en el agua (Marín-Velásquez & Arriojas-Tocuyo, 2020).

El agua gris clara proveniente de los servicios higiénicos del quinto piso de la Facultad de Química e Ingeniería Química de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos contiene una elevada turbidez ——(Anaya et al., 2022).

Lo primero que se observa en el agua gris es su elevada turbidez, una alternativa para su disminución es mediante un proceso de filtración utilizando carbón activado. Algunos investigadores mencionan que el carbón activado es muy utilizado para el tratamiento de agua, principalmente para su purificación y clarificación (O. Cabrera et al., 2020).

Existen diversos residuos agroindustriales que son considerados recursos renovables potenciales para su aprovechamiento, dentro de ellos se encuentra la cáscara de coco que es de interés económico y social (Cabrera et al., 2016).

El proceso de filtración es una etapa de purificación del agua, la cáscara de coco (*Cocos nucífera*) en tamaño de partículas pequeños es un medio filtrante alternativo ideal con características de porosidad

y permeabilidad (Rondón et al., 2021). Más aun, el carbón activado de cáscara de coco al ser usado como bioadsorbente en diferentes dosis elimina el arsénico del agua y la vuelve apta para el consumo humano cumpliendo el DS N°031.2010-S.A –(Cueva & Lazarte, 2021). Así mismo, 'Carriazo et al. (2010) mencionan que el carbón activado de cáscara de coco es un material de bajo costo y adsorbe moléculas coloridas del agua haciéndola más clara.

El carbón activado representa una alternativa fácil y económica para el filtrado de aguas residuales (Domínguez et al., 2017). De acuerdo a Prías et al. (2023), el carbón activado es una estructura altamente porosa, elaborado a elevada temperatura constante y sin la presencia de oxígeno.

La falta de agua en zonas desérticas de la costa, como es el caso de Tacna, es un problema que se viene agravando por el crecimiento poblacional, por la contaminación del agua y el cambio climático; sin embargo, en los hogares existe abundante agua gris proveniente del lavamanos, duchas, cocina, otros, que se puede tratar para la disminución de la turbidez, es por tal motivo que, el objetivo de la presente investigación es disminuir la turbidez de muestras de agua gris que se producen en los hogares de la ciudad de Tacna mediante el uso de carbón activado elaborado a partir de residuos de coco, contribuyendo así con el aprovechamiento de residuos orgánicos como parte del desarrollo sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de la investigación

El experimento se realizó en el laboratorio de análisis de aguas de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, ubicado en el distrito, provincia y región de Tacna, Perú.

Zona de recolección de la materia prima

Para la obtención de los residuos de coco utilizados en la elaboración de carbón activado, estos fueron obtenidos del mercado mayorista Grau, ubicado en las coordenadas E 366540.70 y N 8009020.40.

Elaboración de carbón activado

El proceso comienza con la recolección de cáscaras de coco (*Cocos nucífera*) provenientes de la actividad comercial del mercado mayorista Grau, en una bolsa blanca de polietileno de baja densidad de 10 kg de capacidad se recolectaron 3 kg de cáscaras de coco. Luego se trasladó al laboratorio de análisis de aguas donde con un martillo de fierro y en un batán de piedra se trituró hasta reducirlo a trozos de 5 cm de diámetro, se colocó en bandejas de plástico con papel, seguidamente, las cáscaras fueron expuestas al sol durante 120 horas (Figura 1).

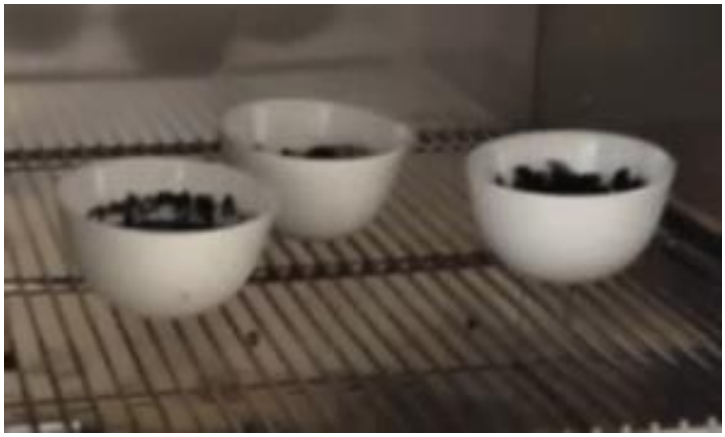
Figura 1
Secado de la cáscara de coco al Medio Ambiente

Para el proceso de carbonización se siguió la metodología de 'Carriazo et al. (2010) modificado, en un depósito de aluminio a 400 °C por 20 min los trozos de coco de 4 a 5 cm se sometieron al proceso de carbonización con poca presencia de oxígeno, donde la materia orgánica se convirtió en carbón. El producto carbonizado fue triturado con ayuda de un mortero de madera hasta pulverizarlo con un diámetro de 0,5 a 4 mm (Figura 2).

Figura 2
Pulverización del carbón de coco

El carbón se activó de forma química impregnándolo con ácido fosfórico preparado (100 ml de ácido fosfórico al 90 % + 200 ml de agua destilada) durante 4 horas, posteriormente se llevó a una mufla durante 3 horas a una temperatura de 400 °C, lo que ayudó a desarrollar una estructura porosa extensa (Figura 3). Por último, se extrajo del horno previamente enfriado y se lavó con agua destilada tres (03) veces en recipiente donde el agua cubría al carbón para la eliminación de restos de ácido fosfórico obteniéndose 250 g de carbón activado en polvo.

Figura 3
Secado en el horno del carbón activado con ácido fosfórico



Remoción de la turbidez del agua gris

Se empleó vasos de precipitado de 500 ml donde se añadió el carbón activado con las muestras de agua gris de la siguiente manera: las pruebas se realizaron con 0, 10, 15 y 20 g de carbón activado con cuatro repeticiones, cada tratamiento tuvo 100 ml de agua gris y se mezcló durante 120 min sin agitación, en la filtración se utilizó papel filtro Watman N° 4, en los matraces de 250 ml se colocó un embudo de vidrio con papel filtro y, finalmente, las muestras se filtraron.

La turbidez de las muestras de agua gris antes y después de los tratamientos fueron analizados con un turbidímetro de la marca Turbiquant 1100T. Para evaluar la eficacia de la remoción de la turbidez del agua gris por medio del carbón activado de cáscara de coco, se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$Remoción\ (\%) = \frac{(Vi - Vf)}{Vi} \times 100 \qquad (1)$$

Donde:
Remoción (%): Porcentaje de remoción de la turbidez
Vi: Valor inicial de la turbidez
Vf: Valor final de la turbidez

Determinación del pH y conductividad eléctrica

Las muestras de agua gris antes y después de la filtración con carbón activado fueron analizadas, donde el potencial de hidrógeno y la conductividad eléctrica fue determinado a lectura directa con un multiparámetro de la marca Hach.

Análisis estadístico

La investigación se condujo mediante un diseño experimental completamente aleatorio con cuatro tratamientos y tres repeticiones haciendo un total de 12 unidades experimentales, se les realizo un análisis de varianza complementado con la prueba de rango múltiple de Tukey ($p<0,05$)(Chino et al., 2019).

RESULTADOS

El análisis de varianza del porcentaje de remoción de turbidez del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco (Tabla 1) reportó que existe una elevada diferencia significativa entre los tratamientos ($p<0,01$), el carbón activado tuvo influencia positiva en la remoción de la turbidez.

Tabla 1

Análisis de varianza del porcentaje de remoción de turbidez del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	13415,45	3	4471,89	9846,21	<0,0001
Error	3,63	6	0,12		
Total	13419,08	9			

CV = 1,15 %

En la Tabla 2 se presenta la prueba de medía de Tukey ($p<0,05$) para la remoción de turbidez (%) del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco, los resultados obtenidos muestran que hubo un mayor porcentaje de remoción en el tratamiento T3 con 81,61 % y se diferenció con respecto a los demás tratamientos; sin embargo, entre los tratamientos T2 (76,73 %) y tratamiento T1 (75,73 %) no se diferenciaron entre sí, pero si se diferenciaron con respecto al tratamiento To (0,98 %).

Tabla 2

Prueba de medía de Tukey (p<0,05) para la remoción de turbidez (%) del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco

Tratamiento	Media (%)	Significancia		
T3	81,61	a		
T2	76,73		b	
T1	75,73		b	
T0	0,98			c

El análisis de varianza para el pH del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco (Tabla 3) reportó que existe una elevada influencia ($p<0,01$) del carbón activado de cáscara de coco sobre el pH del agua gris, con un coeficiente de variabilidad de 0,96 %.

Tabla 3

Análisis de varianza para el pH del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	3,50	3	1,17	158,02	<0,0001
Error	0,06	6	0,01		
Total	3,56	9			
CV = 0,96 %					

En la Tabla 4 se muestra la prueba de medía de Tukey (p<0,05) del pH usando carbón activado de cáscara de coco en el agua gris, donde los resultados reflejan que el mejor pH fue 8,23 del tratamiento T3 y se diferenció con respecto a los demás tratamientos, el tratamiento T2 tuvo un pH de 8,77 y se diferenció con respecto al tratamiento T1 que tuvo un pH de 9,13.

Tabla 4

Prueba de medía de Tukey (p<0,05) del pH usando carbón activado de cáscara de coco en el agua gris

Tratamiento	Media (pH)	Significancia			
T3	8,23	a			
T2	8,77		b		
T1	9,13			c	
T0	9,71				d

La Tabla 5 muestra el análisis de varianza de la conductividad eléctrica del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco, los resultados mostraron que existe una elevada influencia significativa (p<0,01) del carbón activado sobre la conductividad eléctrica con un coeficiente de variabilidad de 2,27 %.

Tabla 5

Análisis de varianza de la conductividad eléctrica del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	37,58	2	12,53	107,55	<0,0001
Error	0,70	6	0,12		
Total	38,28	9			
CV = 2,27 %					

En la Tabla 6 se muestra la prueba de medía de Tukey (p<0,05) de la conductividad eléctrica (mS/cm) del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco, donde los resultados muestran una diferencia significativa de la conductividad eléctrica, siendo el mejor el tratamiento T3 con 12,83 mS/cm con respecto a los demás tratamientos, los tratamientos T2 y tratamiento T1 se diferenciaron entre sí.

Tabla 6
Prueba de medía de Tukey (p<0,05) de la conductividad eléctrica (mS/cm) del agua gris tratada con carbón activado de cáscara de coco

Tratamiento	Media (mS/cm)	Significancia			
T3	12,83	a			
T2	14,23		b		
T1	15,39			c	
T0	17,66				d

DISCUSIÓN

La muestra inicial de la turbidez del agua gris de la presente investigación (46,48 NTU) fue inferior a lo reportado por ——Anaya et al. (2022) quienes encontraron en aguas grises recolectadas en los servicios higiénicos turbiedad entre 295 a 305 NTU. Investigaciones realizadas por Rondón et al. (2021) al utilizar cáscara de coco como un medio filtrante redujeron los sólidos suspendidos de 170 mg/L a 53 mg/L teniendo una eficacia de 68,82 % inferior a lo reportado en la presente investigación donde el mejor tratamiento removió el 81,61 % de la turbidez; sin embargo, Marín-Velásquez & Arriojas-Tocuyo (2020) reportaron valores similares de remoción de la turbidez (76,4 %) cuando utilizaron cáscara de coco. De acuerdo a Pereira et al. (2012) encontraron una remoción global por encima de 95 % al utilizar carbón activado granular en las columnas de pulimento.

El agua superficial requiere utilizar tratamientos complementarios para garantizar el suministro de agua apta para consumo humano, estudios realizados con doble filtración con carbón activado granular (CAG: vegetal- cáscara de coco y mineral-bituminoso) permiten remover materia orgánica y es una alternativa eficiente para la producción de agua potable segura (Torres-Lozada et al., 2018). El uso de carbones activados para el tratamiento de agua en los países con economías emergentes es una tecnología accesible –(Njewa & Shikuku, 2023), en algunos países como Brasil los carbones activados pueden complementar de manera efectiva el tratamiento de agua –'(Oliveira et al., 2024). Es muy importante reducir los costos en el tratamiento de agua, eliminar de manera eficiente la turbidez cumpliendo los requisitos internacionales (Rachid et al., 2024).

Algunos investigadores como Tolkou et al. (2024) mencionan que el agua residual es una fuente potencial para su recuperación y su posterior uso, ellos trataron el agua residual y tuvieron éxito utilizando carbón activado derivado de residuos orgánicos como adsorbentes ecológicos.

El pH en la presente investigación fue afectado de la siguiente manera; a medida que se aumenta la adición de carbón activado a la muestra de agua gris esta disminuye su pH teniendo una relación inversamente proporcional, el pH de la muestra patrón fue de 9,71 y el agua tratada con carbón activado tuvieron pH entre 8,23 a 9,13; sin embargo, estos valores fueron superiores a lo encontrado por ——Anaya et al. (2022) quienes reportaron valores de pH en una muestra de agua gris de 7,32 a 8,03. Los resultados

encontrados por Oladimeji et al. (2021) al utilizar carbón activado en el tratamiento de agua indicaron que influye sobre el pH disminuyendo de pH 7,7 a 7,10.

Los resultados obtenidos en la presente investigación referente a la conductividad eléctrica son favorables, es decir a medida que se aumente la cantidad de carbón activado sobre el agua gris, esta disminuye su conductividad eléctrica teniendo una relación inversamente proporcional. Según ——Anaya et al. (2022) en una muestra de agua gris reportó valores inferiores de conductividad eléctrica (873 - 1083 µS/cm).

En la presente investigación el uso de carbón activado de cáscara de coco permite disminuir la turbidez del agua gris, el carbón activado de cáscara de coco es una alternativa económica y fácil de usar para el filtrado de aguas residuales (Domínguez et al., 2017).

CONCLUSIONES

Se concluye que el carbón activado a base de cáscara de coco demuestra ser un método alternativo eficiente para la remoción de turbidez en aguas grises, siendo su porcentaje de remoción superior al 75 % ($p<0,05$).

A medida que se aumenta la adición del carbón activado en la filtración del agua gris, disminuye el pH, la turbidez y la conductividad eléctrica obteniéndose agua tratada de mejor calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anaya, F., Espinosa, E. N., Loayza, J. E., Zamudio, R. A., & Yáñez, M. A. (2022). Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises claras para reúso como agua de regadío. *Revista de La Sociedad Química Del Perú, 88(1), 52–62*. https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i1.375

Blanco, H., Lara, M., Velezmoro, A. C., & Aguilar, V. H. (2014). Consumo de agua en actividades domésticas. Caso de estudio: Estudiantes de la asignatura saneamiento ambiental de la UCV. *Revista de La Facultad de Ingeniería, 29(1), 51–56*. https://ve.scielo.org/pdf/rfiucv/v29n1/art07.pdf

Burbano, J. L. (2015). Análisis de la reutilización de las aguas grises en edificaciones domiciliarias [Universidad de Especialidades Espíritu Santo]. *In Ekp (Vol. 13)*. http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/420/1/analisis de la reutilizacion de aguas grises en edificaciones domiciliarias.pdf

Cabrera, E., León, V., Montano, A., & Dopico, D. (2016). Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Centro Azúcar, 43(4), 27–35*. http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v43n4/caz03416.pdf

Cabrera, O., Bautista, C. L., Ortega, Y., Cabrera, D., & Cuello, M. (2020). Obtención de carbón activado a partir de la cáscara del coco (Cocos nucífera L) y su evaluación en la remoción de residuos líquidos coloreados. *UTC, 7(3), 36–47*. http://investigacion.utc.edu.ec/index.php/utciencia/article/view/321

Carriazo, J. G., Saavedra, M. J., & Molina, M. F. (2010). Propiedades adsortivas de un carbón activado y determinación de la ecuación de Langmuir empleando materiales de bajo costo. *Educación Química, 21(3), 224–229*. https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30087-9

Chino, E., Miranda, R., & Del Castillo, C. (2019). Comportamiento agronómico del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa willd.) con la aplicación de niveles de estiércol camélido. 6(1), 41–49. http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v6n1/v6n1_a07.pdfCueva, P. S., & Lazarte, D. A. (2021). Biofiltro

con carbón activado de cáscara de coco para remoción de Arsénico del agua del río Tablachaca, Ancash – 2021 [Universidad César Vallejo]. *In Google Académico*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Domínguez, O., Gómez, E., Mendoza, E., Vásquez, J., Franco, Y., & Tejedor de León, A. (2017). Tratamientos de efluentes industriales mediante biomasas tropicales activadas. *RIC, 3(1), 0–4*. https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1692/2428

Gavrilescu, M. (2021). Water, soil, and plants interactions in a threatened environment. *Water (Switzerland), 13(19), 2746*. https://doi.org/10.3390/w13192746

González, C. M. I. (2013). Un futuro a favor de la protección del agua. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 51(2), 126–128*. http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v51n2/hie01213.pdf

Hernández-Aguilar, H., García-Lara, C. M., Nájera-Aguilar, H., Gutiérrez-Hernández, R., Martínez-Salinas, R., & Araiza Aguilar, J. A. (2022). *Evaluation of the Toxicity of Cafeteria Wastewater Treated by a Coupled System (ARFB-SD). 10(8), 1442*. https://doi.org/10.3390/pr10081442

Marín-Velásquez, T. D., & Arriojas-Tocuyo, D. D. J. (2020). Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco (Cocos nucífera) a nivel de laboratorio. *Revista ION, 33(2), 99–110*. https://doi.org/10.18273/revion.v33n2-2020008

Murcia-Sarmiento, M. L., Calderón-Montoya, O. G., & Díaz-Ortiz, J. E. (2014). Impacto de aguas grises en propiedades físicas del suelo. *TecnoLógicas, 17(32), 57–65*. https://doi.org/10.22430/22565337.204

Njewa, J. B., & Shikuku, V. O. (2023). Recent advances and issues in the application of activated carbon for water treatment in Africa: A systematic review (2007–2022). *Applied Surface Science Advances, 18(June), 100501*. https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2023.100501

Nuñez, L., Molinari, C., Paz, M., Tornello, C., Mantovano, J., & Moretton, J. (2014). Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 30(4), 341–350*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400003

Oladimeji, T. E., Odunoye, B. O., Elehinafe, F. B., Obanla, Oyinlola, R., & Odunlami, Olayemi, A. (2021). *Production of activated carbon from sawdust and its efficiency in the treatment of sewage water. Heliyon, 7(1), e05960*. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e05960

Oliveira, N. dos S., Ginoris, Y. P., & Ratnaweera, H. (2024). Removal of Bisphenol S (BPS) by Adsorption on Activated Carbons Commercialized in Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 21(6), 792*. https://doi.org/10.3390/ijerph21060792

Pereira, E., Botini, M., & Sánchez, I. A. (2012). *Utilización de columnas verticales de filtración de manta y arena como pre-tratamiento de un sistema de filtración lenta. 35(1), 40–51*. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702012000100006

Prías, J. J., Rojas, C. A., Echeverry, N. A., Fonthal, G., & Ariza, H. (2023). Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a partir del precursor Guadua Angustifolia Kunth. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 35(135), 157–166*. https://doi.org/10.18257/raccefyn.35(135).2011.2500

Rachid, E. B., Abderrahim, S., Hafid, A., & Souad, R. (2024). Water treatment: Aluminum sulfate, polymer, and activated carbon between efficacy and overdosing. Case of Oum Er-Rbia River, Morocco. *Desalination and Water Treatment, 317(February), 100273*. https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100273

Ramos-Mancheno, A. (2024). Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas. *Polo Del Conocimiento, 9(1), 614–632. https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6396Rondón, A. Y., Castillo, L. A., & Miranda, J. (2021). Uso de la cáscara de coco (Cocos nucifera) como tratamiento del*

agua del medio filtrante en el campo El Salto, Venezuela. Ingeniería y Desarrollo, 38(1), 125–147. https://doi.org/10.14482/inde.38.1.628.16

Salas-Salvadó, J., Maraver, F., Rodríguez-Mañas, L., de Pipaon, M. S., Vitoria, I., & Moreno, L. A. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: situación actual. *Nutrición Hospitalaria, 37(5), 1072–1086.* https://doi.org/10.20960/nh.03160

Toi Bissang, B., Aragón-Barroso, A. J., Baba, G., González-López, J., & Osorio, F. (2024). Integrated Assessment of Heavy Metal Pollution and Human Health Risks in Waters from a Former Iron Mining Site: A Case Study of the Canton of Bangeli, Togo. *Water (Switzerland), 16(3), 471.* https://doi.org/10.3390/w16030471

Tolkou, A. K., Maroulas, K. N., Theologis, D., Katsoyiannis, I. A., & Kyzas, G. Z. (2024). Comparison of Modified Peels: Natural Peels or Peels-Based Activated Carbons for the Removal of Several Pollutants Found in Wastewaters. *C-Journal of Carbon Research, 10(1), 22.* https://doi.org/10.3390/c10010022

Torres-Lozada, P., Amezquita-Marroquín, C. P., Agudelo-Martínez, K. D., Ortiz-Benítez, N., & Martínez-Ducuara, D. S. (2018). Evaluación de la remoción de turbiedad y materia orgánica disuelta mediante la tecnología de doble filtración con carbón activado. *DYNA (Colombia), 85(205), 234–239.* http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v85n205/0012-7353-dyna-85-205-00234.pdf

Xu, X., Wu, F., Yu, Q., Chen, X., & Zhao, Y. (2022). *Invisible Effect of Virtual Water Transfer on Water Quantity Conflict in Transboundary Rivers — Taking Ili River as a Case. 19(15), 8917.* https://doi.org/10.3390/ijerph19158917