

Eficiencia de filtros de carbón activado a base de capirona, bambú y cáscara de coco en la remoción de contaminantes del agua

Efficiency of capirone, bamboo, and coconut shell-based activated carbon filters in removing contaminants from water

 Lozano-Rios, Kiara ^{1*}

 Ordoñez-Sánchez, Luis Alberto ¹

 Mego-Flores, Gersson Jair ¹

 Lozano-Chung, Andi ¹

¹Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú

Recibido: 30 Abr. 2024 | Aceptado: 13 Jul. 2024 | Publicado: 20 Jul. 2024

Autor de correspondencia*: llozanori6@ucvvirtual.edu.pe

Como citar este artículo: Lozano-Rios, K., Mego-Flores, G. J., Ordoñez-Sánchez, L. A. & Lozano-Chung, A. (2024). Eficiencia de filtros de carbón activado a base de capirona, bambú y cáscara de coco en la remoción de contaminantes del agua. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 3(2), e841. <https://doi.org/10.51252/reacae.v3i2.e841>

RESUMEN

El crecimiento demográfico continuo y la inadecuada gestión de aguas residuales domésticas y municipales han provocado la contaminación de la quebrada Shitariyacu ubicada en el distrito de Zapatero, región San Martín, Perú. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de filtros elaborados con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco en la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de la quebrada. La metodología aplicada siguió un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental. Los parámetros analizados incluyen temperatura, turbidez, conductividad eléctrica, color, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), metales pesados (plomo y cadmio) y contaminantes microbiológicos como coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Los resultados indicaron que, aunque no se observaron diferencias significativas en temperatura y pH (valores de $p > 0,05$), el filtro 1, compuesto por 800 g de carbón de capirona, presentó la mayor eficiencia en la remoción de contaminantes, seguido por el filtro 3, elaborado con 800 g de carbón de cáscara de coco. Se concluye que los filtros estudiados son efectivos para mejorar la calidad físico-química y microbiológica del agua, con especial destaque para el carbón de capirona como material adsorbente de alta eficiencia.

Palabras clave: adsorción; biofiltración; indicadores de microorganismos; parámetros hidroquímicos

ABSTRACT

Continuous population growth and inadequate management of domestic and municipal wastewater have caused the contamination of the Shitariyacu stream located in the district of Zapatero, San Martín region, Peru. The objective of this research was to evaluate the efficiency of filters made with capirona, bamboo and coconut shell carbons in the removal of physical-chemical and microbiological parameters from stream water. The applied methodology followed a quantitative approach and a quasi-experimental design. The parameters analyzed include temperature, turbidity, electrical conductivity, color, pH, biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), heavy metals (lead and cadmium) and microbiological contaminants such as total coliforms, fecal coliforms and *Escherichia coli*. The results indicated that, although no significant differences were observed in temperature and pH (p values > 0.05), filter 1, composed of 800 g of capirona carbon, presented the highest efficiency in removing contaminants, followed by the filter 3, made with 800 g of coconut shell charcoal. It is concluded that the filters studied are effective in improving the physical-chemical and microbiological quality of water, with special emphasis on capirona carbon as a highly efficient adsorbent material.

Keywords: adsorption; biofiltration; microorganism indicators; hydrochemical parameters

1. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua limpia es un desafío global creciente, especialmente en regiones donde el rápido crecimiento poblacional, la urbanización descontrolada y el cambio climático ejercen presión sobre los recursos hídricos (Naciones Unidas, s. f). A nivel mundial, más de 2 mil millones de personas carecen de acceso a agua potable segura, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2020).

Según la Autoridad Nacional del Agua [ANA] (2024), El crecimiento demográfico continuo, especialmente en las zonas rurales que se están convirtiendo en áreas urbanas, ha generado una presión considerable sobre los recursos hídricos. Esta expansión desordenada ha conducido a una ocupación descontrolada de las laderas de los ríos, afectando la calidad y disponibilidad del agua. Esta expansión alterada ha conducido a una ocupación desordenada de las laderas de los ríos.

Montaño (2019), señala que, un crecimiento demográfico implicará una demanda significativa no solo del agua, sino también de energía y alimentos. Sin embargo, en el Perú, la centralización y el crecimiento poblacional ha provocado la demanda de servicios básicos en las ciudades, dando prioridad a zonas urbanas, descuidando las áreas rurales (Tuco, 2019).

Gonzales & Villobos (2020), estudiaron el proceso de obtención de carbón activado a partir de la cáscara de cacao criollo (*Theobroma cacao*), con el objetivo de establecer un proceso tecnológico adecuado para la producción de este adsorbente y evaluar sus propiedades fisicoquímicas. La investigación empleó un proceso de activación química utilizando ácido ortofosfórico como agente activador, y se analizaron las características del carbón activado obtenido para determinar su capacidad de adsorción en la depuración de aguas. Los resultados mostraron que la cáscara de cacao es una materia prima viable para producir carbón activado, destacando su efectividad como adsorbente en la mejora de la calidad del agua.

Loor & Robles (2024), en su investigación indicaron valorar la efectividad del carbón activado derivado del residuo de Bambú (*Bambusa vulgaris*) en la eliminación de impurezas del agua. La tesis se enfocó en la obtención de carbón activado a base de residuos de bambú y su uso en la purificación de agua contaminada. Implementaron un diseño experimental aleatorio con 12 unidades para comparar diferentes métodos de filtración. Realizaron mediciones de parámetros como turbidez, pH, temperatura, dureza, color, concentraciones de sulfato, nitrito, nitrato, fosfato y sólidos suspendidos totales antes y después de aplicar los tratamientos. El proceso de conversión de residuos de bambú en carbón activado logró un rendimiento del 99.3% con solo un 0.70% de cenizas.

Piai et al. (2020), en su artículo tuvieron como objetivo evaluar el potencial de la biopelícula formada en la superficie del carbón activado granular (GAC) para la biodegradación de microcontaminantes. Llevaron a cabo experimentos a 5 °C y 20 °C, utilizando tanto GAC biológicamente activo como GAC esterilizado en autoclave. De los diez microcontaminantes seleccionados, la biopelícula en el GAC logró biodegradar iopromida, iopamidol y metformina. Observó que la temperatura influía significativamente en los procesos de adsorción, variando según el microcontaminante. El GAC usado durante más de 100,000 volúmenes de lecho mostró una mayor capacidad de adsorción para guanilurea, metformina y hexametilentetramina en comparación con el GAC fresco, aunque hubo una reducción limitada en la adsorción de diclofenaco y benzotriazol.

De lo manifestado, se formula el problema general: ¿Cuánto es la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos, de las aguas de la quebrada Shitariyacu, mediante el uso de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco? Así también, los problemas específicos: PE1: ¿Cuáles son las

características físico-químicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada Shitariyacu, pre tratamiento?
PE2: ¿Cuáles son las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada Shitariyacu, post tratamiento mediante el uso de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco?
PE3: ¿Cuál de los carbones en filtros es más eficiente, en la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Shitariyacu?

El estudio se basó en la creciente necesidad global de garantizar el suministro de agua potable, explorando el uso de filtros caseros basados en el principio de adsorción. Se evaluará el potencial de materiales como el carbón de capirona, bambú y cáscara de coco para eliminar contaminantes, especialmente compuestos orgánicos que no se eliminan con los tratamientos convencionales. Los filtros de carbón activado propuestos ofrecen una solución accesible, económica y sostenible para mejorar la calidad del agua en comunidades vulnerables (Dos Santos & Daniel, 2020).

Consecutivamente se plantea el objetivo general: Determinar la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos, de las aguas de la quebrada Shitariyacu, mediante el uso de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco. Del mismo modo, se traza los objetivos específicos: OE1: Analizar las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada Shitariyacu, pre tratamiento. OE2: Evaluar las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada Shitariyacu, post tratamiento mediante el uso de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco. OE3: Comparar la eficiencia de los carbones en filtros, en la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Shitariyacu.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La investigación fue de tipo aplicada, porque se enfocó en evaluar cómo distintos tipos de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco influyeron en la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos en la quebrada Shitariyacu ubicada en el distrito de Zapatero, región San Martín, Perú. Del mismo modo, lo indica Weismayer (2022), que estos elementos son fundamentales para determinar la eficiencia, ineficiencia o deficiencia en detalle, estimando el uso del conocimiento científico y diversos recursos, como metodologías, tecnologías y regulaciones.

El diseño de la investigación fue Cuasi experimental, dado que se estudió un fenómeno en condiciones naturales, pero se realizaron intervenciones controladas, tal como el aplicar diferentes materias para los carbones en la conformación de filtros y tratar a las aguas en condiciones conocidas, para su posterior evaluación. Es por ello que, Vizcaíno et al. (2023), señala que, en la investigación cuasi experimental, se observa una característica distintiva: la asignación no aleatoria de los participantes a los grupos de intervención. Esto implica que los grupos no se seleccionan al azar.

2.2. Unidad de análisis

La población de la investigación fueron las aguas del efluente y de la quebrada Shitariyacu, Zapatero. Vizcaíno et al. (2023), indica que, la población se describe como la totalidad de elementos que comparten una característica común que es analizada en una investigación.

- Criterio de inclusión: Se tomó en cuenta las aguas del efluente y de la quebrada Shitariyacu.
- Criterio de exclusión: No se tomó en cuenta otras aguas de efluentes y quebradas distintas.

La muestra de la investigación fue de 12 muestras de un total de 30 litros: 100 m aguas arriba del efluente (2 L). En el efluente (2 L). 100 m aguas abajo del efluente (26 L). En este punto, 2 L fue enviada al laboratorio y los 24 L restantes se dividieron 8 L por filtro que de acuerdo a nuestra investigación fueron 3. Lerma et al. (2021) menciona que, la muestra es un conjunto de personas seleccionadas de una población mediante un método particular. Los resultados obtenidos del análisis estadístico de esta muestra se conocen como estadígrafos o estadísticas.

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que se tomó la muestra según la necesidad de la investigación. Hernández (2021) indica que, los muestreos no probabilísticos por conveniencia implican la posibilidad de seleccionar la muestra según la conveniencia del investigador, lo que significa que este puede elegir arbitrariamente la cantidad de participantes en el estudio.

- Unidad de análisis: Fue la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la quebrada Shitariyacu.

2.3. Procedimiento experimental

Para la realización del presente proyecto de investigación se tuvo en cuenta diversas etapas para la ejecución, indicando el paso a paso de cada una de ellas:

Etapa campo 01

Se buscó en fuentes confiables los datos y análisis correspondientes que apoyen el proyecto, utilizando las herramientas disponibles que la Universidad brinda como la Biblioteca Virtual, asimismo, otras páginas como lo son Google Académico, Alicia, Scopus, entre otros.

Se realizó el reconocimiento del área geográfica del proyecto para un mayor conocimiento de la realidad problemática en la zona a trabajar.

Se tomó las coordenadas de los lugares o puntos control-evaluación que se van a considerar como muestra.

Se evaluó la problemática en campo, tomando nota de las observaciones que se realicen, como la existencia o no de una planta de tratamiento, actividades antrópicas existentes y otros detalles importantes para la investigación.

Gabinete 01

Generamos un mapa de ubicación de los puntos de monitoreo a considerar, teniendo en cuenta el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, la guía para la determinación de la zona de mezcla, las características del lugar y las actividades antrópicas que se desarrollen.

Se buscó información para seccionar y preparar los tratamientos determinados. Cada tratamiento constó de 100 g de carbón activado por 1 litro de agua, en pocas palabras, se utilizó 800 g de carbón por cada filtro. De acuerdo a («Obtención del carbón activado a partir de la cáscara del coco» 2022).

Etapa campo 02

Para realizar las observaciones y análisis correspondientes, la muestra de la investigación fue de 12 muestras de un total de 30 litros: 100 m aguas arriba del efluente (2 L). En el efluente (2 L). 100 m aguas

abajo del efluente (26 L). En este punto, 2 L fue enviada al laboratorio y los 24 L restantes se dividieron 8 L por filtro que de acuerdo a nuestra investigación fueron 3.

Gabinete 02

Se esperaron los resultados enviados al laboratorio para luego sistematizar los datos obtenidos utilizando cuadros Excel.

Luego, para poder obtener la eficiencia de los tratamientos, se aplicó la fórmula:

$$%E = \frac{GC - GE}{GE} \times 100$$

Donde:

GC: Grupo control

GE: Grupo experimental

Aplicación de los tratamientos

Se extrajeron 24 litros de agua, 8 L por filtro, que este en relación a nuestra investigación.

Métodos para el análisis de datos

En el análisis de datos de los parámetros físico-químicos y microbiológicos pre y post tratamiento de las aguas de la quebrada Shitariyacu, se empleó el uso de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco. Inicialmente, se registraron los datos en una hoja Excel para su posterior análisis, con la aplicación de la estadística descriptiva, posteriormente la información de la hoja Excel fue transferida al software estadístico SPSS Versión 26 para llevar a cabo un análisis comparativo mediante ANOVA aplicando un arreglo factorial DCA, mediante análisis de varianza determinando la eficiencia de remoción siendo los datos obtenidos con el valor de $p < 0,05$; de igual forma se aplicó la regresión lineal múltiple determinando el porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos y microbiológicos por la incorporación de diferentes tipos de carbón utilizados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físico-químicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada Shitariyacu, pre tratamiento.

El agua de la quebrada Shitariyacu pre tratamiento; obtuvo 23,60 °C a 100 metros arriba del efluente; 27 °C en el efluente; 23,50 °C a 100 metros abajo del efluente. Estos resultados son similares a Macías (2021), donde determinó el desempeño del carbón activado a base de la cáscara de cacao como medio filtrante para la eliminación de impurezas presentes en las aguas del río Quevedo (Tabla 1).

Tabla 1*Temperatura de las aguas de la quebrada Shitariyacu pre tratamiento, Zapatero*

Evaluaciones	Temperatura (°C)
P1: 100 metros arriba	23,60
P2: En el efluente	27,00
P3: 100 metros abajo	23,50

El agua de la quebrada Shitariyacu pre del tratamiento; obtuvo un pH de 7,00 a 100 metros arriba del efluente; 6,80 en el efluente; 6,90 a 100 metros abajo del efluente. Esta investigación es similar a la realizada por Sandoval & Yupanqui (2023), quienes emplearon carbón activado granular y carbón activado en polvo como filtrantes para la mejora de la calidad de agua del río Alameda, teniendo los resultados antes de la aplicación que sobrepasan los ECA – Cat.3, en parámetros como Coliformes Fecales o Termotolerantes (240 000 NMP/100 mL), Demanda Bioquímica de Oxígeno (40,50 mg/L) y Aceites y Grasas (16,50 mg/L). En tanto el pH (7,32) se encuentra dentro del ECA Agua (Tabla 2).

Tabla 2*pH de las aguas de la quebrada Shitariyacu pre tratamiento, Zapatero*

Evaluaciones	pH
P1: 100 metros arriba	7,00
P2: En el efluente	6,80
P3: 100 metros abajo	6,90

Eficiencia de los carbones en filtros, en la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada Shitariyacu

Tabla 3*Porcentaje de remoción de la temperatura del agua de la quebrada Shitariyacu con filtros de carbón*

Tratamientos	Concentración inicial	Concentración final	Eficiencia de reducción (%)
F1: 800 g de carbón de capirona	6,9	7,4	6,8
F2: 800 g de carbón de bambú	6,9	7,0	1,0
F3: 800 g de carbón de cáscara de coco	6,9	6,5	5,8

Los tres filtros mostraron una capacidad efectiva para estabilizar los compuestos del pH, siendo una dosis de 800 g de carbón de capirona, con una estabilidad de 6.8%; estimando que el pH en los tres filtros es ligeramente neutro. Comparando estos resultados con la investigación de Rondón et al. (2020), se muestra que coinciden logrando una remoción de los parámetros de hasta 94.4% de Aceites y Grasas, 45,8% de Coliformes Termotolerantes, 82,2% de DBO, 64,8% de DQO, 94,9% de SST y se logró mantener dentro del rango establecido por la norma a los parámetros de pH y Temperatura. Finalmente, según Herrera-Morales & Jiménez-Gutiérrez (2021), utilizaron carbón activado granular para su eficiencia en la eliminación de impurezas presentes en el agua del río Napo, ubicada en la Comunidad Puerto Colón en la Provincia de Orellana. Lograron estimar una eficiencia del 35,3% en la turbidez, 71,4% en el cadmio y 81,39% en plomo.

Determinar la remoción de parámetros físico-químicos y microbiológicos, de las aguas de la quebrada Shitariyacu, mediante el uso de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco

Tabla 4

Análisis de regresión lineal de la efectividad de la remoción de los parámetros físicos con filtros

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,922
Coeficiente de determinación R ²	0,883
R ² ajustado	0,877
Error típico	8,890
Observaciones	9

Del análisis de la regresión lineal múltiple se estimó que los filtros influyeron en un 88% en el mejoramiento de los parámetros físicos del agua de la quebrada Shitariyacu.

CONCLUSIONES

Las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas de la quebrada Shitariyacu en cuanto al pre tratamiento, analizando el 23,5 °C de temperatura, 6,9 de pH, 1010 µS/cm de conductividad eléctrica, 85 UC de color, 100 NTU de turbidez, 424,8 mg/L de DBO, 874,8 mg/L de la DQO, 0,008 mg/L de plomo, 0,0003 mg/L de cadmio, 1400 (NMP/100 ml) de coliformes totales, 790 (NMP/100 ml) de coliformes fecales y 48 (NMP/100 ml) de Escherichia coli. Estimando que en el punto 1, las aguas de la quebrada Shitariyacu, ya obtenían altas concentraciones de DBO y DQO.

Se presentan las características físico-químicas de las aguas de la quebrada Shitariyacu en cuanto al post tratamiento, donde a través de un análisis de varianza se demostró que la temperatura y el pH no tuvieron significancia debido a que el valor p fue mayor a 0,05 siendo datos homogéneos, sin embargo, el resto de los parámetros obtuvieron una significancia de remoción alta ya que los datos fueron heterogéneos entre ellos menor a 0.05. En resumen, se determinó que los filtros lograron la disminución de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de la quebrada Shitariyacu.

Para la determinación de la eficiencia se aplicó la fórmula de porcentaje de remoción empleando concentraciones iniciales y finales del tratamiento, de esta manera se identificó que el filtro 1 con 800 g de carbón de capirona mostró mejor eficiencia en comparación con el filtro 3 con 800 g de cáscara de coco.

El uso de filtros con carbones de capirona, bambú y cáscara de coco, lograron remover los parámetros físico con 88%, químicos con 86% y microbiológicos con 89%, en las aguas de la quebrada Shitariyacu, Zapatero, siendo los microbiológico, el parámetro con mayor disminución, por lo tanto, se acepta la hipótesis, de la investigación, debido a que el valor de p es menor a 0,05.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

El presente artículo no presenta conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, software, supervisión, validación, visualización, redacción -borrador original y redacción - revisión y edición: Lozano-Rios, K., Mego-Flores, G. J., Ordoñez-Sánchez, L. A. y Lozano-Chung, A.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2024). Agua y población. Drupal. <https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/agua-y-poblacion>
- Dos Santos, P., & Daniel, L. (2020). A review: Organic matter and ammonia removal by biological activated carbon filtration for water and wastewater treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1). <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02567-1>
- González Martínez, G. A., & Villalobo Peña, W. E. (2020). *Estudio del proceso de obtención de carbón activado a partir de la cáscara de cacao criollo (Theobroma cacao)*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Recuperado de <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/14640/>
- Herrera-Morales, G., & Jiménez-Gutiérrez, M. (2021). *Evaluación del precursor de carbón activado granular del agua del río Napo, comunidad Puerto Colón*. *CienciaMateria*, 7(Extra 1). ISSN 2610-802X, 2542-3029.
- Loor, G., & Robles, J. (2024). *Eficiencia del carbón activado (CA) procedente de los residuos de bambú (Bambusa vulgaris) para remoción de contaminante del agua* [Tesis de licenciatura]. ESPAM MFL. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/2356>
- Lerma, A., Vásquez, J., Martínez, M., Gonzáles, L., Coronado, J., Barraza, A., Mejía, M., & Mercado, J. (2021). Manual de temas nodales de la investigación cuantitativa. Un abordaje didáctico. Universidad Pedagógica de Durango.
- Macías, G. (2021). *Aprovechamiento de residuos de cáscara de cacao en la obtención de carbón activado para ser usado como medio filtrante*. Repositorio UTEQ. Recuperado de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1382e6c6-fa8e-4f10-97a7-4038594bf622/content>
- Montaño, B. (2019). *El crecimiento de la población y la escasez hídrica*. En J. Melgarejo (Ed.), Congreso Nacional de Agua (pp. 509-519). Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/88468/1/congreso_nacional_agua_2019_509-519.pdf
- Naciones Unidas. (s. f.). El agua: En el centro de la crisis climática. Recuperado de <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2020). Drinking-water. Recuperado de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Piai, L., Blokland, M., Van der Wal, A., & Langenhoff, A. (2020). Biodegradation and adsorption of micropollutants by biological activated carbon from a drinking water production plant. *Journal of Hazardous Materials*, 388. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122028>
- Rondón, A., Castillo, L., & Miranda, J. (2020). Uso de la cáscara de coco (Cocos nucifera) como medio filtrante en el tratamiento del agua del campo El Salto, Venezuela. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(1). <https://doi.org/10.14482/inde.38.1.628.16>
- Sandoval, L., & Yupanqui, J. (2023). *Aplicación del carbón activado granular y carbón activado en polvo*

- como filtrantes para la mejora de la calidad de agua del río Alameda, Ayacucho, 2022*. Repositorio Continental. Recuperado de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13861/9/iv_fin_107_te_sandoval_y_upanqui_2023.pdf
- Tucto, E. (2019). *Eficiencia de filtros en la potabilización de agua en zonas rurales*. Repositorio Científica. Recuperado de <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1466/tb-tucto%20e.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Vizcaíno, P., Cedeño, R., & Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: Guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Weismayer, C. (2022). Applied research in quality of life: A computational literature review. *Applied Research in Quality of Life*, 17(3). <https://doi.org/10.1007/s11482-021-09969-9>