



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE CARBÓN
ACTIVADO A BASE DEL ENDOCARPIO DE COCO
PARA LA DEPURACIÓN AGUA**

AUTOR

WELLINGTON PAUL VELASQUEZ CONTRERAS

TUTOR

ING. NINOSCHTKA FREIRE MSC

MILAGRO, ECUADOR

2025



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: “ELABORACION DE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DEL ENDOCARPIO DE COCO PARA LA DEPURACIÓN AGUA” realizado por el estudiante VELASQUEZ CONTRERAS WELLINGTON PAUL; con cédula de identidad N° 0957693609 de la carrera INGENIERA AMBIENTAL, Extensión Ciudad Universitaria Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

ING. FREIRE MORÁN DENISSE NINOSCHTKA. MSc
TUTOR

Milagro, 6 de octubre del 2025



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **“ELABORACION DE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DEL ENDOCARPIO DE COCO PARA LA DEPURACIÓN AGUA”**, realizado por la estudiante **VELASQUEZ CONTRERAS WELLINGTON PAUL**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ph.D GAVILÁNEZ LUNA FREDDY
PRESIDENTE

ING. CEDEÑO BERMEO JÉSSICA, M.Sc
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. FREIRE MORÁN NINOSCHKA
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 6 de octubre del 2025

DEDICATORIA

Dedico el éxito de este logro a mis queridos padres, por ser la base de mi vida, por su amor, esfuerzo y sacrificio que me han impulsado a alcanzar cada una de mis metas; y a mis hermanos, por su constante apoyo, comprensión y por ser una fuente de motivación en cada paso de este camino. A todos ustedes, dedico con gratitud y cariño este logro, fruto del esfuerzo compartido

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Ing. **Jéssica Cedeño Bermeo, M.Sc** y a la Ing. **Ninoshctka Freire Morán, M.Sc** por su valiosa orientación, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de esta tesis. Su guía profesional y compromiso fueron fundamentales para culminar con éxito este trabajo académico.

AUTORIZACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, WELLINGTON PAUL VELASQUEZ CONTRERAS, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre “ELABORACIÓN DE UN FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO A BASE DEL ENDOCARPIO DE COCO PARA LA DEPURACIÓN AGUA” para optar el título de INGENIERO AGROINDUSTRIAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 6 de octubre del 2025

WELLINGTON PAUL VELASQUEZ CONTRERAS
C.I 0957693609

RESUMEN

El acceso a agua potable es un problema crítico en muchas comunidades debido a la contaminación y deficiencia en los sistemas de tratamiento. Esta investigación tiene como objetivo elaborar un filtro de carbón activado a partir del endocarpio de coco para mejorar la calidad del agua de consumo humano. Se realizó una caracterización de la problemática a través de encuestas y análisis de laboratorio, identificando parámetros como turbidez elevada, hierro total y sólidos suspendidos. La metodología incluyó la recolección del endocarpio, su carbonización a 350 °C y activación con ácido fosfórico a 300 °C, seguido de su implementación en un sistema de filtración piloto. Los resultados demostraron que el filtro logró una reducción significativa de contaminantes, especialmente en hierro total y sólidos suspendidos, aunque la turbidez no alcanzó completamente los límites permisibles. Se concluye que el carbón activado de coco es una alternativa viable y sostenible para el tratamiento del agua, permitiendo la reutilización de un residuo agroindustrial y ofreciendo una opción accesible para comunidades con recursos limitados. Se recomienda optimizar el diseño del filtro y evaluar su costo de implementación a gran escala.

Palabras clave: *carbón activado, filtración de agua, endocarpio de coco, tratamiento sostenible, calidad del agua.*

ABSTRACT

Access to drinking water is a critical problem in many communities due to contamination and deficient treatment systems. The objective of this research is to develop an activated carbon filter from coconut endocarp to improve the quality of water for human consumption. A characterization of the problem was carried out through surveys and laboratory analysis, identifying parameters such as high turbidity, total iron and suspended solids. The methodology included the collection of the endocarp, its carbonization at 350 °C and activation with phosphoric acid at 300 °C, followed by its implementation in a pilot filtration system. The results showed that the filter achieved a significant reduction of contaminants, especially total iron and suspended solids, although turbidity did not completely reach the permissible limits. It is concluded that coconut activated carbon is a viable and sustainable alternative for water treatment, allowing the reuse of an agro-industrial waste and offering an accessible option for communities with limited resources. It is recommended to optimize the design of the filter and evaluate its cost for large-scale implementation.

Key words: *activated carbon, water filtration, coconut endocarp, sustainable treatment, water quality.*

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Antecedentes del problema	15
1.2 Planteamiento y formulación del problema	16
1.2.1 Planteamiento del problema	16
1.2.2 Formulación del problema.....	18
1.3 Justificación de la investigación	18
1.4 Delimitación de la investigación	19
1.5 Objetivo general.....	19
1.6 Objetivos específicos	20
1.7 Hipótesis o idea a defender	20
2 MARCO TEÓRICO	21
2.1 Estado del arte.....	21
2.2 Bases científicas y teóricas de la temática.....	24
2.2.1 Agua potable.....	24
2.2.2 Importancia del recurso agua.....	24
2.2.3 Calidad de agua.....	25
2.2.4 Contaminación del agua para consumo.....	25
2.2.5 El coco (<i>Cocos nucíferas</i> . L)	27
2.2.6 Carbón activado.....	27
2.2.7 Generalidades del carbón activado.....	28
2.2.8 Propiedades físicas y químicas del carbón activado.....	28
2.2.9 Adsorción del carbón activado	28
2.2.10 Fabricación del carbón activado	28
2.2.11 Clasificación del carbón activado.....	29
2.2.12 Aplicación del carbón activado.....	29
2.2.13 Filtros de carbón activado.....	29
2.2.14 Viabilidad ambiental.....	30
2.3 Marco legal	30
2.3.1 Constitución Política de la República del Ecuador (2008).....	30
2.3.2 Código Orgánico Ambiental (COA) 2017	30
2.3.3 Anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua	31

2.3.4 Instituto Ecuatoriano de Normalización	31
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1 <i>Enfoque de la investigación</i>	32
3.1.1 Tipo y alcance de la investigación	32
3.1.2 Diseño de investigación	32
3.2 <i>Metodología</i>	33
3.2.1 Variables	33
3.2.2 La variable dependiente será el agua después del filtrado, considerando el cambio en los parámetros después de haber aplicado el filtro. Matriz de operacionalización de variables	33
3.2.3 Tratamientos	34
3.2.4 Diseño experimental.....	35
3.2.5 Recolección de datos	36
3.2.6 Análisis estadístico.....	40
4 RESULTADOS.....	41
4.1 Analizar los principales problemas de la calidad de agua para consumo humano en el área de estudio.....	41
4.2 Determinar la eficiencia del filtro de carbón activado en la depuración de parámetros físicos y químicos presentes en el agua mediante una prueba escala	47
4.3 Proponer medidas de aplicación del filtro con base a la viabilidad ambiental según los resultados obtenidos.....	51
5 DISCUSIÓN	52
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
6.1 Conclusiones	55
6.2 Recomendaciones.....	55
7 BIBLIOGRAFÍA.....	57
8 ANEXOS	62
9 APÉNDICE.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resultados de la pregunta 1 41

Figura 2. Resultados de la pregunta 2 42

Figura 3. Resultados de la pregunta 3 43

Figura 4. Resultados de la pregunta 4 43

Figura 5. Resultados de la pregunta 5 44

Figura 6. Resultados de la pregunta 6 45

Figura 7. Resultados de la pregunta 7 45

Figura 8. Resultados de la pregunta 8 46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables independientes	33
Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables dependientes.....	34
Tabla 3. Comparación de resultados con GDWQ. Muestra pre-filtrada.....	47
Tabla 4. Comparación de resultados con GDWQ. Muestra post-filtrada	48
Tabla 5. Comparación con los LMP (INEN 1108). Agua pre-filtrada	49
Tabla 6. Comparación con los LMP (INEN 1108). Agua post-filtrada.....	49
Tabla 7. Comparación del parámetro Hierro total según la OMS con el agua pre- filtrada	50
Tabla 8. Comparación del parámetro Hierro total según la OMS con el agua post- filtrada.....	50
Tabla 9. Eficiencia de filtrado según la fórmula de Concentraciones.....	51

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo N° 1. Tabla de criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, Anexo 097-a	62
Anexo N° 2. Tabla de límites máximos permisibles para agua de consumo según Instituto Ecuatoriano de Normalización 1108.....	63
Anexo N° 3. Resultado del análisis de la muestra testigo	64
Anexo N° 4. Análisis de la muestra de agua Post-Filtrada	65

ÍNDICE DE APÉNDICE

Apéndice N° 1. Imagen satelital del lugar de estudio.....	66
Apéndice N° 2. Área de estudio.....	66
Apéndice N° 3. Materiales en PVC para elaborar el filtro	66
Apéndice N° 4. Diseño del filtro de carbón activado	67
Apéndice N° 5 Diseño de prueba piloto	67
Apéndice N° 6 Parámetros para evaluar	68
Apéndice N° 7 Registro fotográfico de elaboración del carbón activado.....	69
Apéndice N° 8. Resultados de la carbonización.....	72

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

Bravo y Garzon (2017) se enfocaron en evaluar la eficiencia del carbón activado obtenido a partir de residuos de coco en la eliminación de contaminantes en el agua. Utilizó cáscara de coco para la elaboración de carbón activado mediante activación física a 700°C durante una hora y obtuvo 823,5g de carbón activado, de los cuales se usaron 525 g en las pruebas. Se construyeron nueve filtros como unidades experimentales y se realizaron análisis del agua para medir sólidos suspendidos, cloro libre residual, turbidez, color y pH. Los resultados indicaron diferencias significativas en los parámetros de cloro libre residual y sólidos suspendidos, mientras que el pH no mostró diferencias significativas. La turbidez y el color mostraron tanto diferencias como similitudes entre los tratamientos. Además, se evaluó la viabilidad económica del tratamiento más eficiente, determinando un costo de \$23,26 dólares, que incluye la construcción del filtro y la producción del carbón activado.

El derecho universal a vivir en un ambiente saludable y la importancia de preservar los recursos naturales es de vital importancia para la supervivencia de la sociedad, La eficacia del carbón activado de cáscara de coco para purificar el agua, eliminando plomo y hierro, fue puesta a prueba en un estudio centrado en determinar la viabilidad de esta técnica, con el objetivo de mejorar la calidad del agua y reducir riesgos de enfermedades. Los resultados muestran que el carbón activado de cáscara de coco es altamente efectivo en la purificación del agua, lo que sugiere su implementación a largo plazo como alternativa económica y ecológica para garantizar un suministro seguro de agua potable Ponce (2019).

La investigación realizada por Carrillo y Sanchez (2013) , se centra en abordar dos problemas comunes relacionados con el agua potable: la dureza y la alta concentración de cloro. La dureza del agua, causada por minerales disueltos como calcio y magnesio, puede provocar la acumulación de minerales en las tuberías y afectar el rendimiento de detergentes y jabones. Por otro lado, aunque el cloro es esencial para desinfectar el agua, en exceso puede ocasionar problemas de sabor y color. Se propuso el uso de carbón activado obtenido a partir del endocarpio del coco como filtro para reducir la concentración de minerales en el agua potable. Los resultados mostraron una reducción

significativa tanto en la dureza como en el cloro residual del agua potable después de pasar por el filtro de carbón activado

Por consiguiente, la preocupación global por la contaminación de los recursos hídricos ha impulsado la investigación de alternativas de tratamiento y depuración del agua para su uso en diversos ámbitos. En este contexto, se llevó a cabo un estudio que consistió en la producción de carbón activado a partir de cáscaras de cacao mediante activación química con ácido ortofosfórico, con el objetivo de utilizarlo como medio filtrante para contaminantes presentes en muestras de agua del río Quevedo. Se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua, y se observó que el carbón activado tenía una capacidad adsorbente significativa. Se diseñaron dos tipos de filtros. Ambos filtros demostraron resultados prometedores, pero el filtro compuesto mostró una mayor eficacia en la reducción de los parámetros analizados.

En resumen, este estudio pone de manifiesto el potencial del carbón activado obtenido a partir de cáscaras de cacao como un medio efectivo para la depuración del agua contaminada, especialmente en la remoción de nitratos Macías (2021).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

Para este proyecto fue necesario tener en consideración que el agua como recurso natural es básico e indispensable para el desarrollo de la vida en el planeta. No obstante, esta se ha visto comprometida con las actividades antropológicas afectando en su disponibilidad y en su calidad, provocando que un sin número de personas tengan deficiencia en el acceso a este recurso Larramendí, Millán y Plana (2021).

En muchos casos el agua es consumida sin el debido tratamiento, por lo que expone a las personas a contraer diversas enfermedades que ponen en riesgo a la población. Uno de los procesos de tratamiento de agua es la filtración, que consiste en separar contaminantes comunes del agua, a través de un medio poroso por el cual el líquido puede penetrar fácilmente (Infante, 2017).

En la actualidad las técnicas empleadas se basan en la utilización de nuevos materiales que reemplazan a los usados en los medios granulares tradicionales, mejorando así su competencia frente a otras alternativas de tratamiento. Las variaciones que podrían hacerse al proceso evidencian un tema

poco explorado a nivel mundial constituyéndose en un estudio novedoso. Lo cierto es que antes del uso de lo que en la actualidad denominamos carbones activos, es decir carbones con una estructura porosa altamente desarrollada, ya se empleó como adsorbente el carbón vegetal, o simplemente maderas parcialmente desvolatilizadas o quemadas Medina Y Manrique (2018).

La problemática presente en este proyecto toma en cuenta que el lugar de estudio, tiene problemas presentes en la calidad de agua para consumo, constatando que la antigüedad del sistema de suministro es la principal problemática teniendo décadas desde su construcción, lo que implica que el sistema de abastecimiento de agua potable está siendo afectado por factores externos. Estos incluyen el desgaste de las tuberías, la corrosión causada por el agua misma, y la acumulación de sustancias en suspensión dentro de la red de distribución, factores que explica la investigación realizada por Larramendí et al. (2021).

Los efectos nocivos provocados por consumir aguas contaminadas en el sistema de agua potable, corresponde a enfermedades relacionadas con problemas gastrointestinales ya sea por virus y bacterias. Todo esto sumado el impacto que puede provocar la presencia de minerales que contaminan el agua para consumo humano, como por ejemplo el plomo, mercurio, cobre, nitratos y fosfatos que provocan graves daños al hígado, intoxicación de la sangre y úlceras gástricas.

Por aquello uno de los mejores aliados que contribuyen en la depuración del agua para consumo humano es el uso de carbón activado para una buena filtración. En este método se utiliza la alta porosidad del carbón activado que sirve para separar los contaminantes comunes del agua de esta, es altamente eficiente ya que permite la circulación del líquido mientras el carbón activado elimina los contaminantes, como también mejoran de manera significativa el olor, sabor y color del agua (Hidalgo y Rivera, 2017)..

La estructura porosa altamente desarrollada del carbón activado, le da una excelente capacidad de absorción para ciertos contaminantes comunes. Es importante recalcar que el uso de materiales filtrantes como el carbón activo tiene un gran impacto en la sociedad, debido a su naturaleza y eficiencia a ser un adsorbente para purificar el agua (Infante, 2017).

La eficacia para mejorar la calidad de agua con carbón activado radica en su capacidad en erradicar una variedad de contaminantes, dentro de ellos están compuestos orgánicos, cloro y algunos metales pesados. En la actualidad se han desarrollado varias técnicas para mejorar la capacidad de absorción del carbón activado, convirtiéndose en una alternativa económica y eficiente, en comparación a otros procesos de purificación del agua. El campo de estudio y línea base sobre este compuesto abre una brecha para futuras investigaciones, con el potencial de dar soluciones eficaces para reducir la contaminación del agua potable mejorando la calidad de agua (Tena y Jhames, 2019).

1.2.2 Formulación del problema

Por lo expuesto anteriormente, los investigadores formulan la siguiente interrogante: ¿Cuál es la eficiencia de remoción de contaminantes en agua mediante el uso de carbón activado procedente de residuo agroindustrial de coco? ¿Es posible diseñar un filtro a base del endocarpio de coco para mejorar la calidad e inocuidad del agua para el consumo humano? ¿De qué manera el carbón activado a partir de la cáscara de coco influye en la depuración de agua para consumo humano?

1.3 Justificación de la investigación

El presente proyecto tuvo como propósito abordar la necesidad crítica de mejorar la calidad del agua consumida por las personas en una comunidad específica. La elección del endocarpio de coco como materia prima se fundamentó en su disponibilidad y bajo costo, además de su potencial para ser transformado en un material adsorbente eficaz mediante procesos de carbonización y activación química.

La implementación de estos filtros de carbón activado pretendió ofrecer una solución sostenible y accesible para la remoción de contaminantes presentes en el agua potable, mejorando así la salud y el bienestar de la población.

Este enfoque no solo buscó aprovechar un residuo agrícola, convirtiéndolo en un recurso valioso, sino que promover prácticas ecológicas y económicas en el tratamiento de agua. La justificación de este proyecto radicó en la urgente necesidad de soluciones innovadoras y asequibles para garantizar el acceso a agua de alta calidad en comunidades con recursos limitados,

contribuyendo significativamente a la reducción de enfermedades transmitidas por el agua y a la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

El uso del endocarpio de coco como base para la elaboración de filtros de carbón activado generó un impacto significativo en el ámbito ambiental. Al valorizar un residuo agrícola comúnmente desechado, se contribuye a la reducción de residuos orgánicos y se fomenta la economía circular.

Esta práctica no solo disminuye la cantidad de residuos sólidos en el medio ambiente, sino que también reduce la necesidad de materias primas vírgenes para la producción de carbón activado, disminuyendo así la huella ecológica del proceso. La implementación de estos filtros ayuda a mitigar la contaminación del agua, proporcionando una solución natural y sostenible para la purificación del agua potable. Este enfoque ecológico inspiró la conservación de los recursos naturales y refuerza el compromiso con prácticas ambientales responsables.

En conjunto, el proyecto no solo mejoró la calidad del agua para consumo humano, sino que también impulsó una gestión más sostenible de los recursos agrícolas y ambientales, contribuyendo de manera integral al bienestar ecológico de la comunidad y del entorno.

1.4 Delimitación de la investigación

En primera instancia se llevó a cabo una recolección de muestra de agua en el lugar de estudio que es la Cdla. Solís cornejo 1 / Milagro cuyas coordenadas son (2°08'17.1"S y 79°34'58.0"W) ver **Apéndice N° 1**. Posteriormente, se realizó la elaboración del carbón activado en el laboratorio de Biotecnología y la prueba piloto en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Agraria del Ecuador. El período de tiempo que tomó el desarrollo del trabajo de titulación fue de 6 meses comprendiendo los meses de Julio hasta diciembre. La comunidad en general presente en Cdla. Solís cornejo 1 fue beneficiada, al mejorar la calidad de agua para su consumo.

1.5 Objetivo general

Elaborar un filtro de carbón activado a base del endocarpio de coco (*Cocos nuciferas*, L) con el propósito de mejorar la calidad de agua de consumo humano.

1.6 Objetivos específicos

- Analizar los principales problemas de la calidad de agua para consumo humano en el área de estudio.
- Determinar la eficiencia del filtrado con el uso de carbón activado en la depuración de parámetros físicos y químicos presentes en el agua mediante una prueba escala.
- Proponer medidas de aplicación del filtro con base a la viabilidad ambiental según los resultados obtenidos.

1.7 Hipótesis o idea a defender

En el lugar de estudio la calidad de agua de consumo humano aparentemente se encuentra con una considerable deficiencia. La utilización del endocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.) como materia prima para la elaboración de un filtro de carbón activado mejoró la calidad del agua destinada al consumo humano.

La implementación de este tipo de filtro no solo contribuye a mejorar la calidad del agua de consumo humano, sino que también promueve el aprovechamiento de un residuo agrícola abundante, reduciendo así el impacto ambiental y proporcionando una solución económica, técnica y sostenible para comunidades con acceso limitado a tecnologías avanzadas de tratamiento de agua.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

En un estudio realizado para abordar la contaminación por nitratos en el agua, enfocándose en el efluente de la quebrada Kiwilluchayocc en Vista Alegre, Cusco, que presenta altas concentraciones de estos compuestos, representando un riesgo para la salud humana y el medio ambiente acuático. La investigación se centró en la producción de carbón activado utilizando cáscaras de coco, activadas químicamente con ácido fosfórico y sometidas a carbonización a alta temperatura.

Diversas pruebas determinaron las condiciones óptimas de activación para maximizar la capacidad de adsorción del carbón activado. Mediante un diseño experimental pre-experimental, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del tratamiento, mostrando que el carbón activado era altamente eficaz en la adsorción de nitratos, logrando una reducción significativa y cumpliendo con los estándares ambientales para la conservación del entorno acuático Bellido (2023).

El presente estudio fue investigar cómo la calidad del agua influye en la aparición de enfermedades en las personas que consumen agua contaminada. Se realizó una revisión detallada en diferentes bases de datos reconocidas, como Web of Science, Scopus, PubMed, SciELO, Redalyc y Latindex, utilizando términos clave como “calidad del agua” y “riesgos para la salud”. Los hallazgos revelan que los compuestos químicos, en particular los metales pesados, representan el mayor riesgo para la salud humana. Por otro lado, los contaminantes microbiológicos, principalmente bacterias de origen fecal, son responsables de problemas gastrointestinales. En contraste, los aspectos físicos del agua no parecen tener un efecto directo en la salud (Dueñas Jurado y Hinojosa Yzarra, 2021).

Esta investigación propone una solución viable y sostenible para mitigar la contaminación por nitratos en el agua, promoviendo además el aprovechamiento de residuos agrícolas y contribuyendo a una gestión más sostenible de los recursos naturales.

En la actualidad varios centros poblados enfrentan la falta de acceso a agua potable debido a la inexistencia de una planta de tratamiento adecuada. Este estudio se llevó a cabo en San Isidro, localizado en el distrito de Putina,

donde la comunidad no está consciente de la calidad deficiente del agua que consumen, resultando en una alta incidencia de enfermedades gastrointestinales que afectan la salud de los residentes. El objetivo principal de la investigación fue evaluar la calidad del agua mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Se procedió a tomar muestras en diferentes puntos de San Isidro y en distintos momentos del día. Los resultados del análisis de las muestras de agua fueron preocupantes, ya que se encontró que los niveles de coliformes totales exceden los límites permitidos.

En respuesta a estos hallazgos, se optó por instalar filtros de carbón activado en las viviendas para purificar el agua destinada al consumo humano. Como resultado de esta intervención, los análisis posteriores demostraron que el agua tratada cumplía con los estándares de calidad establecidos por la SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios y Saneamiento), lo cual contribuyó significativamente a la reducción de enfermedades gastrointestinales entre la población local. Esta solución se mostró efectiva y de bajo costo, ofreciendo una alternativa viable para mejorar la salud pública en comunidades con recursos limitados (Lipa, Rodríguez, Rivera y Mendoza, 2020).

La investigación titulada “Implementación de un filtro a base de carbón activado de cáscara de coco para la depuración de lixiviados provenientes del botadero de Chilepampa-Nauyan Rondos - Huánuco” abordó el grave problema ambiental que representan los lixiviados de residuos sólidos debido a su alto contenido de metales pesados, microorganismos patógenos y otras sustancias contaminantes. El objetivo fue demostrar la eficiencia de un filtro elaborado con carbón activado de cáscara de coco en el tratamiento de estos lixiviados. Utilizando una metodología experimental y cuantitativa, se preparó el carbón activado, se implementó el filtro y se analizaron las características de los lixiviados antes y después del tratamiento. Los resultados confirmaron que el filtro estabiliza el pH, disminuye significativamente las concentraciones de metales pesados (ppm) y reduce la presencia de coliformes (NMP/100 mL). Esto demuestra que el filtro es una solución efectiva y sostenible para minimizar el impacto ambiental de los lixiviados y proteger tanto el medio ambiente como la salud de las comunidades cercanas (Soto Polinar, 2023).

En respuesta a la escasez de tratamientos de agua en el país, se propuso investigar una materia prima de fácil acceso y bajo costo que pudiera ser

sustituto de otros tratamientos de agua. La remoción de compuestos minerales presentes en agua potable por adsorción sobre carbón activado sintetizado a partir de la cáscara (endocarpio) de coco, sometido a altas temperaturas y activado químicamente con ácido fosfórico. La porosidad del carbón se incrementó después del proceso de carbonización y activación. Se realizaron análisis a tres muestras de agua del área Metropolitana de Caracas antes y después de estar en contacto con el carbón activado elaborado a base de endocarpio de coco, evaluando su efecto y capacidad de adsorción de compuestos minerales en dichas muestras. La concentración de compuestos minerales en las tres muestras fue reducida en un 70 % aproximadamente. Se comparó el carbón activado realizado con uno comercial; a pesar de que el porcentaje de adsorción para el carbón realizado fue menor, es una ventaja utilizar el endocarpio de coco por ser un residuo, material que no iba a ser aprovechado Páez, Plazola y Pérez (2019).

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia del carbón activado obtenido a partir del endocarpio de “coco” en la reducción de turbiedad y color del agua de esorrentía y de esa manera mejorar la calidad de agua; para ello se elaboró carbón activado a una temperatura de carbonización de 700 °C en un tiempo de 30 minutos, se usó como agente activante ácido fosfórico (H_3PO_4) a una concentración de 85%, obteniéndose un total de 637 g de carbón activado, de los cuales se usaron 525 g para los diferentes tratamientos, luego de realizar las pruebas de los parámetros se pudo determinar que se obtuvo mejor eficiencia de reducción del color y turbiedad 97.56% y 97.11% respectivamente, posteriormente se instaló un filtro de carbón activado in situ donde al igual que las pruebas realizadas en laboratorio se demuestra la eficiencia de dicho producto para la reducción de las unidades de turbiedad y color del agua, logrando obtener valores aptos según los límites máximos permisibles del reglamento de calidad de agua para consumo humano (Santillán, 2020) .

La siguiente investigación cuyo tema fue la elaboración de carbón activado a partir del endocarpio de coco, aborda la producción y caracterización de carbón activado a partir del endocarpio del coco, planteando esta opción como una solución económica y sostenible frente a los carbones activados comerciales utilizados en el tratamiento de aguas. El procedimiento incluyó una

etapa inicial de pirólisis para carbonizar el endocarpio, seguida por su activación química mediante ácido fosfórico. El objetivo principal fue desarrollar un método alternativo para fabricar carbón activado utilizando este residuo agroindustrial. Los resultados demostraron que el material obtenido posee propiedades adsorbentes similares a las de los carbones comerciales, mostrando una alta eficacia en la eliminación de contaminantes del agua. Esto evidencia que aprovechar el endocarpio del coco para producir carbón activado no solo es una alternativa eficiente y rentable para el tratamiento de aguas, sino también una estrategia ambientalmente responsable que promueve la gestión de residuos y el uso sostenible de los recursos naturales (Torres y Pinto, 2024).

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 *Agua potable*

El agua potable es aquella que cumple con los estándares de calidad necesarios para ser consumida por los seres humanos sin riesgo para la salud. Para considerarse potable, el agua debe estar libre de contaminantes químicos, biológicos y físicos en niveles que podrían causar enfermedades. Su tratamiento implica varios procesos como la sedimentación, filtración y desinfección, a menudo utilizando cloro o rayos ultravioleta. Además de ser vital para la supervivencia, el acceso al agua potable es esencial para el desarrollo económico y social de las comunidades (Cruz y Centeno, 2020).

La escasez de agua potable es un desafío global, particularmente en regiones con infraestructuras inadecuadas o en áreas afectadas por desastres naturales.

2.2.2 *Importancia del recurso agua*

El agua es un recurso esencial para la vida en la Tierra, desempeñando un papel crucial en la salud humana, la agricultura, la industria y el mantenimiento de los ecosistemas. Aproximadamente el 70% del cuerpo humano está compuesto por agua, lo que resalta su importancia en procesos biológicos fundamentales como la digestión, la circulación y la regulación de la temperatura corporal. En la agricultura, el agua es vital para el riego de cultivos y la cría de ganado, constituyendo la base de la producción alimentaria mundial. En el ámbito industrial, es utilizada en la manufactura, el enfriamiento y la limpieza de procesos productivos.

Además, los ecosistemas acuáticos como ríos, lagos y humedales dependen del agua para sostener la biodiversidad. La gestión sostenible del agua es esencial para enfrentar desafíos como el cambio climático, la contaminación y la creciente demanda de una población mundial en aumento (Villarreal, 2020).

2.2.3 Calidad de agua

La calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas y biológicas del agua en relación con su aptitud para un propósito específico, como el consumo humano, la agricultura o la recreación. Los parámetros comunes para evaluar la calidad del agua incluyen el pH, la turbidez, la concentración de metales pesados, la presencia de microorganismos patógenos y la cantidad de nutrientes como nitratos y fosfatos.

El mantenimiento de una alta calidad del agua es fundamental para proteger la salud pública y el medio ambiente. Factores como la contaminación industrial, agrícola y doméstica pueden degradar la calidad del agua, haciendo necesario el monitoreo continuo y la implementación de estrategias de tratamiento. Las agencias reguladoras establecen normas y guías para asegurar que el agua cumpla con los estándares adecuados para su uso previsto (Tena y Jhames, 2019).

2.2.4 Contaminación del agua para consumo

La contaminación del agua para consumo humano es un problema grave que afecta a millones de personas en todo el mundo, causando enfermedades y, en casos extremos, la muerte. Esta contaminación puede provenir de diversas fuentes, como desechos industriales, escorrentías agrícolas, aguas residuales no tratadas y desechos domésticos. Los contaminantes pueden incluir productos químicos tóxicos, metales pesados, patógenos como bacterias y virus, y nutrientes en exceso que provocan eutrofización (Cabrera , 2023).

2.2.4.1 Turbiedad

La turbiedad mide la claridad del agua, indicando la presencia de partículas suspendidas como sedimentos y microorganismos. Se mide en unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Alta turbiedad puede indicar contaminación y proteger patógenos de desinfectantes. Es esencial monitorearla

para garantizar la calidad del agua potable y la efectividad de los procesos de tratamiento (Cabrera , 2023).

2.2.4.2 Dureza

La dureza del agua, determinada por la concentración de calcio y magnesio, puede causar depósitos de sarro y reducir la efectividad de jabones. Aunque no es peligrosa para la salud, afecta la vida cotidiana. Se mide en mg/L de CaCO_3 y se puede tratar con suavizantes de agua que intercambian iones.

2.2.4.3 Hierro total

El hierro total incluye todas las formas de hierro en el agua, tanto disueltas como suspendidas. Aunque no tóxico, altas concentraciones pueden causar un sabor metálico y manchas. El tratamiento incluye oxidación y filtración. Controlar el hierro es crucial para mantener la calidad estética y funcional del agua.

2.2.4.4 Cloruros

El cloro utilizado en la desinfección del agua (por ejemplo, hipoclorito de sodio o cloro gaseoso) puede reaccionar con compuestos en el agua y generar cloruro como subproducto. La cantidad de cloruro en el agua puede afectar el sabor y la corrosión de las tuberías. También puede dañar estructuras metálicas

Los cloruros, presentes naturalmente en el agua, pueden aumentar por actividades humanas. En altas concentraciones, dan sabor salado y corroen tuberías. El control implica manejar fuentes de contaminación y usar tratamientos como ósmosis inversa. Monitorear cloruros protege la infraestructura y la calidad del agua potable.

2.2.4.5 Potencial de hidrogeno (pH)

El pH mide la acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14. Un pH adecuado, entre 6.5 y 8.5, es crucial para la solubilidad de sustancias y la efectividad del tratamiento del agua. Un pH inadecuado puede causar corrosión y liberar metales tóxicos. Regular el pH asegura la calidad y seguridad del agua potable.

2.2.4.6 Sólidos suspendidos totales

Los sólidos suspendidos totales (SST) en el agua son partículas sólidas que permanecen en suspensión en el agua, y su presencia puede tener un

impacto significativo en la calidad del agua y la salud humana. La eliminación de los SST es importante para hacer que el agua sea potable y segura para el consumo humano. Los SST son materiales que se encuentran comúnmente en aguas residuales y naturales, y su eliminación es necesaria para mejorar la calidad del agua. En general, la medición de los SST es un parámetro importante que debe ser considerado en el tratamiento y análisis del agua para consumo humano, y su eliminación es crucial para garantizar la calidad y seguridad del agua.

2.2.4.7 Cadmio

El cadmio es un metal pesado tóxico presente en el agua por contaminación industrial y fertilizantes. Puede causar daño renal y cáncer. Se regula estrictamente en agua potable y se elimina mediante coagulación, precipitación y ósmosis inversa. Prevenir su contaminación y monitorear niveles es crucial para la salud pública.

2.2.5 El coco (*Cocos nucifera*. L)

El coco (*Cocos nucifera* L.) es una palmera tropical cultivada en regiones costeras cálidas. Sus frutos, los cocos, son altamente valorados por su agua, pulpa y aceite. El coco tiene múltiples usos alimenticios, cosméticos y medicinales. La fibra de cáscara, se utiliza en productos como cepillos y esterás. Además, el aceite de coco es un ingrediente clave en la cocina y la industria cosmética. La palma de coco también se emplea en la producción de carbón activado debido a su alta porosidad y capacidad de adsorción (Carrasco y Londa , 2018).

2.2.6 Carbón activado

El carbón activado es un material poroso utilizado para adsorber impurezas de líquidos y gases. Se produce mediante la carbonización de materiales ricos en carbono, como madera, cáscara de coco o carbón mineral, seguido de una activación que aumenta su superficie específica. El carbón activado se utiliza en filtración de agua, tratamiento de aire, purificación de químicos y en aplicaciones médicas para eliminar toxinas. Su eficacia se debe a su gran área superficial y su capacidad para adsorber una amplia variedad de contaminantes (Santillan , 2020).

2.2.7 Generalidades del carbón activado

El carbón activado es conocido por su alta capacidad de adsorción, debido a su estructura extremadamente porosa y su gran superficie específica. Se usa en diversas industrias, incluyendo la purificación de agua y aire, la recuperación de oro y en la medicina para tratar intoxicaciones. El proceso de activación crea numerosos poros que atrapan contaminantes químicos y biológicos. La versatilidad del carbón activado lo convierte en una herramienta esencial para la remoción de impurezas y mejora de la calidad de diversos productos (Portugal y Sosa, 2023).

2.2.8 Propiedades físicas y químicas del carbón activado

El carbón activado posee una alta superficie específica, con numerosos poros de diferentes tamaños que le permiten adsorber moléculas. Físicamente, es un material negro, ligero y granular. Químicamente, es principalmente carbono con una estructura amorfa, y puede tener grupos funcionales en su superficie que mejoran su capacidad adsorbente. Estas propiedades permiten al carbón activado eliminar una amplia gama de contaminantes, como compuestos orgánicos volátiles, metales pesados y cloro, haciéndolo ideal para aplicaciones en purificación y filtración (Murillo , 2020).

2.2.9 Adsorción del carbón activado

La adsorción en carbón activado es el proceso por el cual moléculas de contaminantes se adhieren a la superficie del carbón debido a sus poros microscópicos y gran área superficial. Este material es altamente eficaz en la remoción de impurezas orgánicas e inorgánicas de líquidos y gases. La adsorción es física y, en algunos casos, puede ser química, dependiendo de las interacciones entre el carbón y los contaminantes. La eficiencia de la adsorción depende del tamaño de los poros, la superficie específica y la naturaleza de los contaminantes.

2.2.10 Fabricación del carbón activado

El carbón activado se fabrica mediante dos etapas principales: carbonización y activación. En la carbonización, materiales ricos en carbono como madera, cáscara de coco o carbón mineral se calientan en ausencia de

oxígeno para formar un carbono poroso. La activación, que puede ser térmica o química, aumenta la porosidad y superficie específica del material, creando una estructura altamente adsorbente. La activación térmica involucra altas temperaturas y gases reactivos, mientras que la activación química utiliza agentes deshidratantes como ácido fosfórico (Torres, López, Corral, Carrasco y Delgado, 2020).

2.2.11 Clasificación del carbón activado

El carbón activado se puede clasificar en dos:

Granular: El carbón activado granular tiene partículas de tamaño mayor y es utilizado en filtros de agua y aire por su capacidad de permitir un flujo constante de fluidos mientras adsorbe contaminantes.

Pulverizado: El carbón activado pulverizado consiste en partículas muy finas y es utilizado principalmente en procesos de tratamiento de agua y aire donde se requiere una alta tasa de adsorción en un corto tiempo.

2.2.12 Aplicación del carbón activado

El carbón activado se aplica en diversas áreas debido a su alta capacidad de adsorción. En la purificación de agua, elimina cloro, compuestos orgánicos volátiles y contaminantes. En el tratamiento de aire, se utiliza para eliminar olores, vapores tóxicos y gases. En la industria alimentaria, se usa para decolorar líquidos como azúcar y bebidas. En medicina, trata intoxicaciones y sobredosis por adsorción de toxinas. También se emplea en la recuperación de metales preciosos y en la producción de productos químicos puros.

2.2.13 Filtros de carbón activado

Los filtros de carbón activado se utilizan ampliamente para purificar agua y aire. Estos filtros contienen carbón activado granular o en bloque que adsorbe contaminantes y mejora la calidad del agua potable, eliminando cloro, pesticidas y compuestos orgánicos. En sistemas de ventilación y purificadores de aire, los filtros de carbón activado remueven olores y vapores químicos, proporcionando un ambiente más limpio y seguro. Su eficiencia depende del tamaño de las partículas de carbón y la velocidad del flujo del medio a tratar (Bravo y Garzon, 2017).

2.2.14 Viabilidad ambiental

Analiza el impacto del proyecto sobre el entorno natural, asegurando que las operaciones sean sostenibles y minimicen el daño ecológico. Esto abarca la gestión eficiente de los residuos generados durante la producción, la emisión de gases o subproductos contaminantes y el consumo de energía. Se considera el uso de prácticas que fomenten la economía circular, como la reutilización de subproductos o el reciclaje de materiales. También se evalúa la contribución del filtro de carbón activado a la mejora de la calidad del agua o del aire, y su potencial para mitigar impactos negativos en la salud pública y el medio ambiente.

2.3 Marco legal

2.3.1 Constitución Política de la República del Ecuador (2008)

Título II. – Derechos.

Capítulo II. – Derechos del buen vivir.

Sección Primera Agua y Alimentación

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Sección segunda

Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay* (pág. 3). Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (Constitución de la República del Ecuador, 2008) .

2.3.2 Código Orgánico Ambiental (COA) 2017

Registro Oficial

Suplemento 983 de 12-abr.-2017

Estado: Vigente

Libro Preliminar Título I Objeto, Ámbito Y Fines

Art. 1.- Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o *sumak kawsay* (pág. 11). 33 Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines.

Capítulo V

Calidad y estado de los componentes abióticos y bióticos.

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto (Código Orgánico del Ambiente, 2017) .

2.3.3 Anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a. Consumo humano y uso doméstico.
- b. Preservación de la vida acuática y silvestre.
- c. Uso Agrícola o de riego.
- d. Uso Pecuário.
- e. Uso Recreativo.
- f. Uso Estético.

En los casos en los que se concedan derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, los criterios de calidad para el uso de aguas, corresponderán a los valores más restrictivos para cada referencia.

Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

5.1.1.1 Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que es obtenida de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:

- a. Bebida y preparación de alimentos para consumo humano,
- b. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,

Esta Norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en el **Anexo N° 1**.

De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN para agua potable se deben implementar procesos de tratamiento adecuados y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano (Ministerio del Ambiente, 2015).

2.3.4 Instituto Ecuatoriano de Normalización

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108

En el *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* se define LMP de parámetros físicos, químicos y biológicos, los criterios se establecieron en base a las normativas técnica ecuatoriana, también se definen las metodologías estandarizadas para la examinación de agua potable residual, presenta los parámetros tomados en cuenta para este estudio (Instituto Ecuatoriano de normalizacion, 2014) .

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

En este estudio se adoptará un enfoque cuantitativo, caracterizado por un proceso secuencial y probatorio. Comenzando con una idea clara que condujo a la formulación de objetivos y preguntas de investigación, seguidos de una revisión de la literatura y el establecimiento de un marco teórico. A partir de ahí, se determinaron variables y se diseñó un modelo mediante el cual la creación de una respuesta a la problemática definida, utilizando un método ecológico y sustentable. Las variables se medirán en un contexto específico, estadísticamente buscando conclusiones basadas en las hipótesis.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

El estudio se caracteriza como prospectivo porque se basa en la recolección de datos primarios por el propio investigador. Es experimental, ya que involucra múltiples variables, tanto dependientes como independientes. Además, es una investigación con intervención debido a la activa participación del investigador en todas las fases, desde la producción del carbón, en la obtención de materia prima a base del endocarpio de coco, hasta el muestreo y análisis de datos, después de haber creado el filtro para el agua de consumo humano. Finalmente, es un estudio longitudinal, ya que se realizarán mediciones comparativas para evaluar la efectividad del filtrado del carbón activo en la depuración de los parámetros determinados de agua para consumo humano.

La investigación será aplicada considerando que se enfocará en usar conocimientos teóricos en situaciones concretas para obtener resultados prácticos. Esta investigación tuvo como objetivos conocer, hacer, actuar, construir y cambiar, centrándose en la aplicación inmediata a las circunstancias específicas en lugar de desarrollar conocimientos de valor universal. Así, buscando resolver problemas concretos y generar cambios tangibles en el entorno estudiado.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación está dado inicialmente por la revisión bibliográfica, en lo referente a la elaboración de carbón activado a base del

endocarpio de coco, para luego por medio de instrumentos de laboratorio, llevar a cabo el experimento, buscando obtener el material poroso.

Es importante destacar que este diseño experimental investigativo tiene un enfoque innovador al utilizar el endocarpio de coco como materia prima para usarlo en un proceso de filtración.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1 Variable independiente

La variable independiente de esta investigación estará relacionada con el filtro de carbón activado, el cual nos ayudará a modificar los parámetros del agua para consumo humano.

3.2.1.2 Variable dependiente

3.2.2 La variable dependiente será el agua después del filtrado, considerando el cambio en los parámetros después de haber aplicado el filtro. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1.
Matriz de operacionalización de variables independientes

Variables	Definición operacional	Dimensión operacional	Indicadores	Nivel de medida
Independiente Filtro de carbón activado	El carbón activado es un material poroso con alta capacidad de adsorción, utilizado para purificar agua y aire, tratar intoxicaciones, y refinar productos químicos y alimentarios. Se produce mediante activación física o química de materiales ricos en carbono.	Eficiente	- Tamaño de partícula - Color - Tiempo de elaboración del carbón activado	- Milímetro - Hora - Gramos
		No eficiente		

Elaborado por: El autor, 2024

Tabla 2.*Matriz de operacionalización de variables dependientes.*

Variables	Definición operacional	Dimensión operacional	Indicadores	Nivel de medida
Dependiente:				
Depuración	La depuración es el proceso mediante el cual se eliminan impurezas y contaminantes de un medio, como agua, aire, o productos químicos, para mejorar su calidad y seguridad.	Parámetros físicoquímicos	- PH - Turbiedad - Hierro total - Cloruros	- Ph - NTU - mg/l - mg/l
Agua post tratamiento	El agua post tratamiento se refiere al agua que ha pasado por un proceso de tratamiento para remover contaminantes, impurezas, y que está lista para su uso final, ya sea para consumo humano, riego, uso industrial u otros fines (Bonilla & Ordoñez, 2024).	Metales pesados	- Cadmio	- mg/l

Elaborado por: El autor, 2024

3.2.3 Tratamientos

El objetivo principal de este proyecto fue la elaboración de carbón activado a partir del endocarpio de coco para su aplicación en la filtración de agua destinada al consumo humano. Para lograr esto, se recolectó, limpió y secó el endocarpio de coco para eliminar impurezas y humedad. Posteriormente, se sometió a un proceso de carbonización en ausencia de oxígeno, seguido de un tratamiento de activación mediante métodos químicos-físicos para mejorar su capacidad de adsorción.

Con el carbón activado obtenido, se diseñó y construyó un sistema piloto de filtrado utilizando tubos de PVC (cloruro de polivinilo) (C_2H_3Cl). El sistema piloto se compone de un flujo continuo de agua que pasa a través del carbón activado, permitiendo evaluar la eficiencia del filtrado en la eliminación de contaminantes y mejoramiento de la calidad del agua.

Para evaluar la eficiencia del sistema piloto, se realizó un experimento utilizando una muestra de agua obtenida del sistema de suministro de agua

potable en el lugar de estudio para esta parte se tomó en cuenta la norma técnica ecuatoriana para agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013). Se tomaron muestras del agua que entra y sale del sistema piloto, y se analizaron los parámetros físicos y químicos de la misma, como pH, turbidez, sólidos suspendidos totales, entre otros. Los resultados obtenidos se compararon con los valores establecidos por las normas de calidad del agua para consumo humano, con el fin de determinar la eficiencia del filtrado de carbón activado en la depuración del agua.

El sistema piloto se operó durante un período determinado, y se realizaron pruebas simples de laboratorio para evaluar la calidad del agua tratada. Los resultados obtenidos se analizaron y se discuten en el siguiente capítulo, con el fin de determinar la viabilidad del uso del carbón activado a partir del endocarpio de coco para la filtración de agua destinada al consumo humano.

3.2.4 *Diseño experimental*

En esta investigación se empleó un diseño experimental que aborda el concepto de "cuasiexperimento" en dos dimensiones distintas, empezando desde la obtención del carbón activado, hasta la evaluación de la eficiencia para la depuración del agua de impurezas. En términos más específicos, se refiere a la manipulación de variables para analizar sus resultados. Dentro del ámbito de la investigación, los experimentos se comprenden como estudios de intervención, donde el investigador crea una situación controlada para examinar cómo esta afecta a los participantes en comparación con un grupo de control que no participa activamente (Ramos , 2021) .

La elaboración del proyecto se basó en como tal la elaboración de un filtro, que aproveche las propiedades del carbón activado, para el filtrado y mejora de la calidad de agua para consumo.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1 Recursos

3.2.5.1.1 Materiales y equipos para la elaboración del carbón activado

- Endocarpio de coco
- Agua destilada: Para el lavado y enfriamiento durante el proceso.
- Agente activante: ácido fosfórico (H_3PO_4).
- Guantes y equipo de protección.
- Mufla o horno de alta temperatura:
- Cápsulas o crisoles de porcelana: Para contener la muestra durante el calentamiento.
- Trituradora o molino: Para reducir el tamaño de las partículas de carbón.
- Tamiz: Para clasificar el tamaño de las partículas.
- Recipientes resistentes al calor y químicos: Para la activación y lavado.
- Estufa de secado: Para secar el carbón activado después del lavado.
- Balanza digital: Para pesar los materiales y el producto final.

3.2.5.1.2 Materiales para la elaboración del sistema de filtrado

- Tubo de 3 pulgadas. (1m).
- Tubo de ½ pulgadas (1m).
- Tapones de 3 pulgadas. Tipo hembra (6 unidades)
- Adaptadores de tanques plastigama (4 unidades)
- Cintas de teflón (2).
- Válvula esférica de PvC (llaves de paso plegable) (2 unidades).
- Codo de 90° PvC (4 unidades).
- Pegamento de PvC
- Malla metálica
- Adaptadores de tubo roscable a pegable

3.2.5.1.3 Materiales y equipos para la toma de muestra de agua en el suministro de agua potable

- Frascos cilíndricos PET (tereftalato de polietileno) de muestreo

- Guantes quirúrgicos
- Equipo de protección
- Libreta de campo
- Hielera de espuma Flex

3.2.5.2 Métodos y técnicas

Analizar los principales problemas de la calidad de agua para consumo humano en el área de estudio.

Para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó una entrevista guiada que se basa en la recopilación de información de un grupo de persona sobre sus opiniones acerca del tema de investigación, esta herramienta sirvió para conocer los antecedentes del área de estudio.

Para el cumplimiento de este objetivo, se consideró una entrevista guiada para conocer los antecedentes del área de estudios, se obtuvo una muestra simple tomada de la red de suministro de agua del lugar de estudio ver **Anexo N° 2** , la misma que fue enviada a un laboratorio certificado por el SAE. Para la muestra se consideraron análisis físicos y químicos de los parámetros detallados en la siguiente tabla para determinar la presencia que elemento físico-químico que este alterando la calidad de consumo ver en **Anexo N°3**.

Determinar la eficiencia del filtro de carbón activado en la depuración de parámetros físicos y químicos presentes en el agua mediante una prueba escala.

En el desarrollo de este objetivo se consideró en primer lugar la elaboración del carbón activado, luego el diseño y fabricación artesanal del filtro, por consiguiente, diseño del sistema de filtrado piloto, filtración de las muestras de agua para su análisis y obtención de los resultados por medio de análisis de agua en un laboratorio para conocer la eficiencia del filtrado

Diseño y fabricación artesanal del sistema de filtrado piloto

Para el proceso de diseño del sistema de filtración, se procedió a la construcción de un modelo piloto a escala, con el objetivo de evaluar su desempeño y viabilidad. Para la fabricación de dicho modelo, se emplearon

materiales como tubos de PvC de 3 pulgadas, neplos, pegamentos, codos, y uniones de PvC.

En esta parte se tomó en cuenta las siguientes especificaciones:

- **Selección y preparación de la materia prima;** Para esta acción es importante partir desde la obtención del coco, seguido de algunos procesos, como sacar el líquido, luego abrir la fruta por la mitad, extraer el endosperma o pulpa, quitar el exocarpio o parte exterior y por último obtener en endocarpio que en conjunto darán resultado al segundo objetivo de la investigación. Se realizará lo siguiente:
- **Recolección de endocarpio de coco;** Se seleccionaron endocarpios sin presencia de agentes contaminantes como moho, y además se verificará que estos se encuentren secos por aquello para mejorar sus cualidades, se colocaran en un sitio donde puedan recibir la luz solar por un tiempo mínimo de 72 horas, para que esta contribuya a un secado más óptimo, y hayan completado con su proceso de maduración.
- **Proceso de carbonización;** para continuar con esta parte del proceso se lo llevo a cabo en el laboratorio donde se tomaron las cáscaras seleccionadas, secas , procediendo a triturarla con ayuda de un martillo para mejorar su carbonización este proceso también se puede observar en el registro fotográfico que forma parte del **Apéndice N° 4** , después de trocearlas se colocaron en un recipiente resistente al fuego (capsulas de porcelanato) , el cual se pesó con el endocarpio de coco para comparar y conocer cuál es la diferencia de peso entre la materia prima , pura y el carbón obtenido . para obtener el carbón se calientan los endocarpios troceados hasta que se carbonizan en el horno o mufle a una temperatura de 350 °C durante un tiempo de 60 minutos. Este proceso transforma el material en carbón.
- **Proceso de Activación;** después de carbonizar la materia prima (endocarpio) se determinó la temperatura óptima para lograr la porosidad y capacidad de absorción necesaria del carbón, donde se tomó en cuenta los resultados de la investigación realizada por (Carrasco y Londa , 2018), donde concluyó que, para la obtención de un mejor rendimiento en la absorción del carbón, es necesario el uso de Ácido Fosfórico ($H_3 PO_4$), a

una temperatura de 300 °C. durante 150 minutos utilizando un horno mufla de laboratorio.

- **Tamizado;** para este proceso fue necesario que las partículas trituradas obtenidas se pasan por un tamiz para separar las partículas de menor tamaño, utilizando aquellas que tienen un diámetro igual para una mejor filtración.
- **Lavado y secado del carbón activado;** Para eliminar cualquier residuo de ceniza, el carbón activado el procedimiento más óptimo es lavar con abundante agua destilada hasta que el agua de lavado no presente coloración. Finalmente, se seca en un horno precalentado a 150°C durante 2 horas, como lo concluyó la investigación de Bravo y Garzon, 2017.
- **Pruebas de filtración;** una vez obtenido el filtro se realizó una prueba piloto, luego de 20 minutos del paso de agua por el filtro se consideró la toma de muestra simple para llevar su análisis en el laboratorio, y por medio de los parámetros examinados conocer la eficiencia de filtrado considerando evaluar los parámetros físicos y químicos dentro de objeto de estudio.
- **Análisis de resultados;** para el análisis y la obtención del resultado se realizó lo siguiente, después de obtener las dos muestras se envían al laboratorio etiquetadas como muestra pre-filtrada y muestra post-filtrada. Se compararán los datos obtenidos después de la filtración para determinar la eficacia del filtrado con carbón activado a base del endocarpio de coco en la mejora de la calidad del agua. Por medio de la siguiente fórmula:

$$Ef: \frac{Co - Cf}{Co} \times 100$$

Ef: Eficiencia

Co: Concentración Inicial

Cf: Concentración Final

Proponer medidas de aplicación del filtro con base a la viabilidad ambiental según los resultados obtenidos.

Para medir la viabilidad, en relación con la función del filtro, se tomará en consideración una prueba piloto ver el **Apéndice N° 7**

Dentro de la viabilidad ambiental se analizó como una alternativa para hacer uso de un producto que ayuda a mejorar el recurso agua, partiendo del aprovechamiento de un residuo, hasta la transformación de este a un producto cuyo potencial mejorará la calidad de vida de las personas.

Este proyecto no solo pretendió aprovechar un residuo agrícola para producir un material de alta demanda, sino también evaluar la viabilidad del proceso, asegurando su implementación segura y eficiente.

3.2.6 *Análisis estadístico*

En el presente trabajo se realizaron análisis estadísticos de tipo descriptivo, en los cuales se elaboraron distribuciones de frecuencia y se representaron mediante gráficos de frecuencias relativas, lo que permitió resumir e interpretar de manera clara los datos obtenidos.

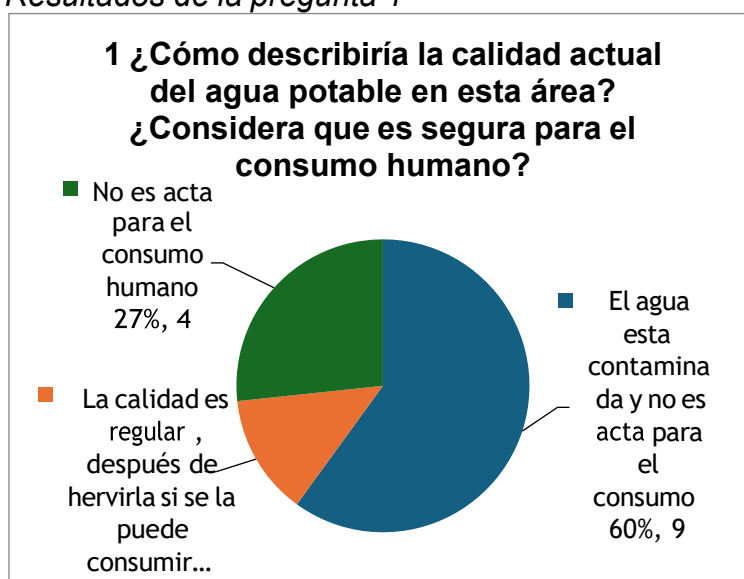
4. RESULTADOS

4.1 Analizar los principales problemas de la calidad de agua para consumo humano en el área de estudio.

Las respuestas obtenidas a partir de las entrevistas guiadas realizadas a los residentes del área de estudio fueron procesadas y representadas gráficamente, de manera que se visualicen de forma clara y ordenada. Para ello se utilizó porcentajes lo que permitió identificar con mayor precisión la relevancia de cada una de las problemáticas señaladas por lo habitantes en relación con la calidad de agua. A través de los gráficos fue posible determinar cuáles son las principales preocupaciones de la población, destacando los aspectos que afectan directamente en su uso.

Pregunta 1: ¿Cómo describiría la calidad actual del agua potable en esta área? ¿Considera que es segura para el consumo humano?

Figura 1.
Resultados de la pregunta 1



Elaborado por: El autor, 2024

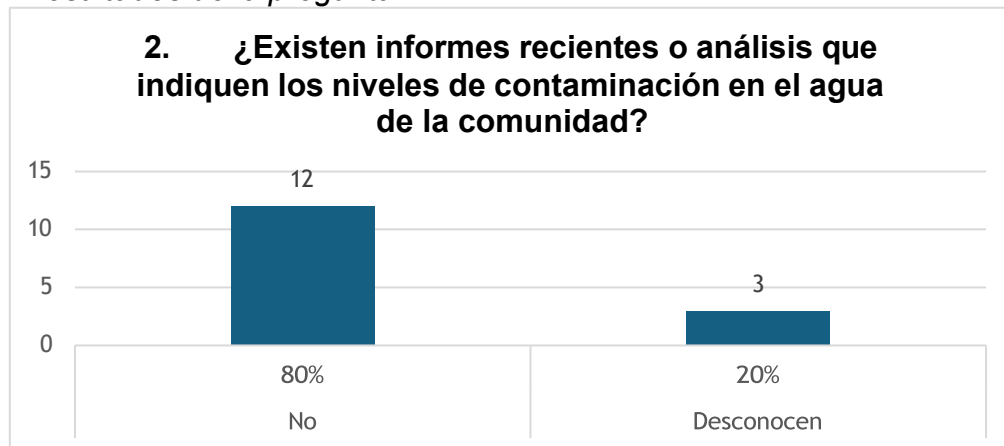
Análisis: Del total de los entrevistados el 60% perciben el agua como contaminada y no apta para el consumo, lo que refleja una marcada preocupación por los posibles efectos en su salud. Esta percepción negativa podría estar influenciada por factores observables como turbidez, la presencia de olores desagradables o su sabor. Por otro lado, un 30% calificó la calidad del agua como regular. No obstante, manifestaron que para poder consumirla con mayor seguridad recurren a prácticas como hervirla previamente, lo que evidencia

una estrategia de adaptación ante la incertidumbre sobre su potabilidad. Finalmente, solo un 10% afirmó que no es apta para el consumo, lo cual si bien, representa un porcentaje menor, refuerza la sensación generalizada de desconfianza dentro de la comunidad respecto a la seguridad del suministro de agua.

Pregunta 2: ¿Existen informes recientes o análisis que indiquen los niveles de contaminación en el agua de la comunidad?

Figura 2.

Resultados de la pregunta 2



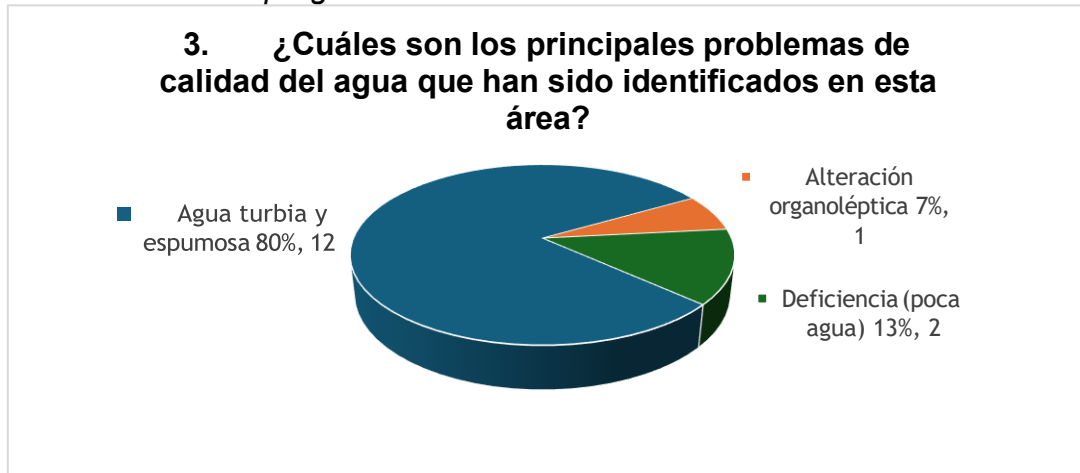
Elaborado por: El autor, 2024

Análisis: El 80% de los entrevistados afirmó que no existen informes recientes sobre la contaminación del agua en la zona, lo que evidencia una percepción generalizada de falta de monitoreo continuo y de transparencia por parte de las autoridades responsable en la calidad del recurso. Esta ausencia de información oficial genera preocupación en la comunidad, ya que impide conocer con certeza el estado real del recurso hídrico y limita la posibilidad de tomar decisiones fundamentales en cuanto a su uso y consumo. Por otro lado, un 15% declaró desconocer si existencia o no tales informes, lo cual pone de manifiesto un posible problema de comunicación o acceso a la información pública.

Pregunta 3: ¿Cuáles son los principales problemas de calidad del agua que han sido identificados en esta área?

Figura 3.

Resultados de la pregunta 3



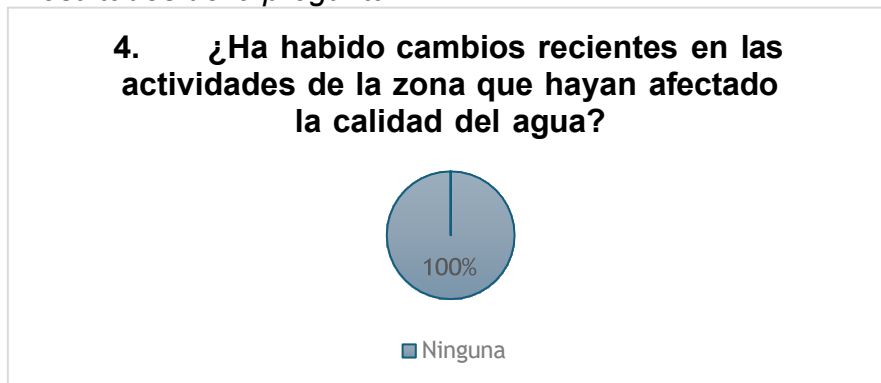
Elaborado por: El autor, 2024

Análisis: Los resultados revelan que la mayoría de los entrevistados (80%) percibe el agua como turbia y espumosa, lo cual representa un claro indicio visual de posible contaminación. En segundo lugar, un 13% de los residentes señalo problemas relacionados con la deficiencia en el suministro lo que evidencia una disponibilidad irregular del recurso hídrico en la zona. Finalmente, el restante (7%) de los participantes indico notar alteraciones en las características organolépticas del agua como el sabor y el olor. En conjunto estos hallazgos reflejan una preocupación generalizada tanto por la seguridad del agua para el consumo humano como por su acceso y aceptabilidad sensorial.

Pregunta 4: ¿Ha habido cambios recientes en las actividades de la zona que hayan afectado la calidad del agua?

Figura 4.

Resultados de la pregunta 4



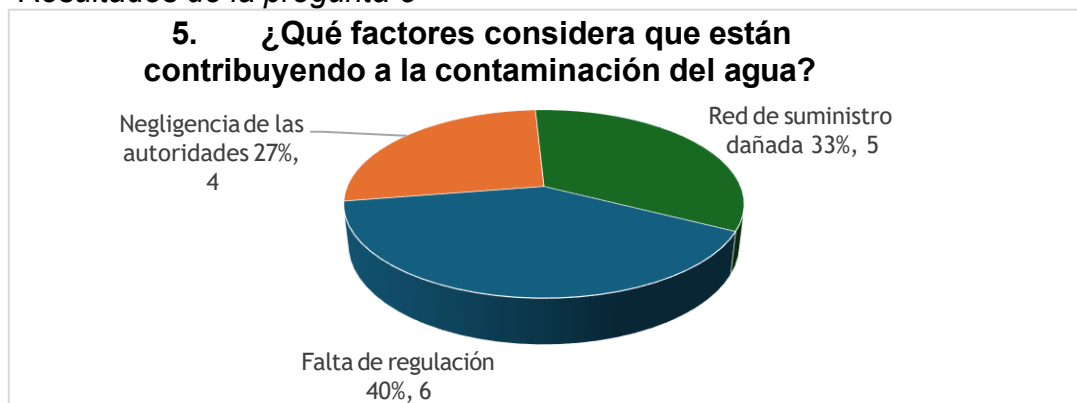
Elaborado por: El autor, 2024

Análisis: El 100% de los entrevistados manifestó que no se han producido cambios recientes en las actividades desarrolladas en la zona que pudieran influenciar en la calidad del agua. Este consenso sugiere que los problemas de contaminación identificados no responden a factores nuevos o eventuales, sino que son el resultado de causas persistentes en el tiempo. Esta situación pone en evidencia la existencia de deficiencias estructurales en la gestión del recurso hídrico o en la infraestructura encargada de su suministro y tratamiento. La falta de atención a estos problemas podría estar contribuyendo al deterioro de la calidad del agua, lo cual requiere una intervención más profunda y sostenida por partes de las autoridades competentes.

Pregunta 5: ¿Qué factores considera que están contribuyendo a la contaminación del agua?

Figura 5.

Resultados de la pregunta 5



Elaborado por: El autor, 2024

Análisis: Los resultados obtenidos revelan que el 40% de los entrevistados identifican la falta de regulación como un factor determinante en los problemas de la calidad de agua, mientras que un 33% atribuye las deficiencias a una red de suministro en mal estado. Por otro lado, el 27% señala directamente la negligencia de las autoridades responsables. Este desglose pone en evidencia que, desde la percepción de los residentes, las principales causas no son meramente naturales o accidentales, sino que responden en gran medida a fallas en la gestión administrativas y en la infraestructura del sistema de suministro. Los resultados sugieren una marcada desconfianza de la población hacia las instituciones responsables del manejo del recurso, así como una percepción generalizada de indiferencia por parte de las autoridades locales frente a una problemática que afecta a su calidad de vida.

Pregunta 6: ¿Cuál es la percepción de la comunidad respecto a la calidad del agua que consumen?

Figura 6.

Resultados de la pregunta 6



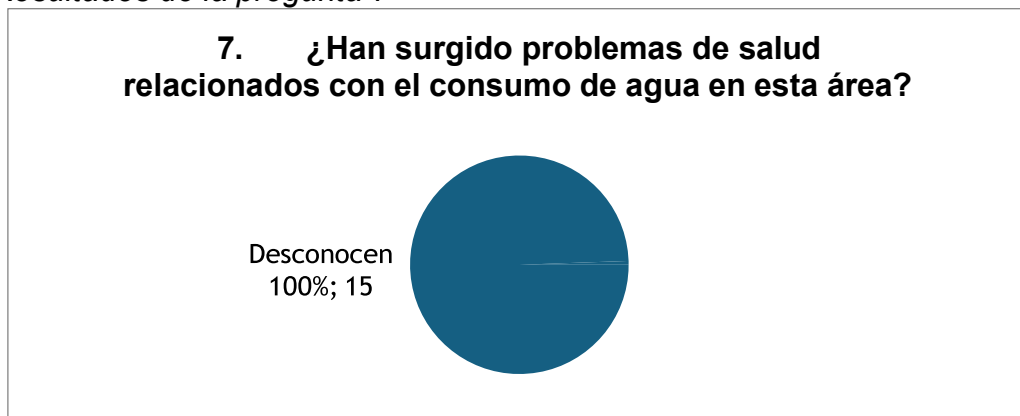
Elaborado por: El autor, 2024

Análisis: El 67% de los entrevistados calificó la calidad del agua como muy mala, lo que evidencia una preocupación generalizada en la comunidad, solo un 20% la considera regular y un 13% aceptable, lo que indica que la percepción negativa predomina ampliamente. Esta situación sugiere que gran parte de los residentes siente que el agua no es apta para su consumo, lo que podría afectar a su bienestar físico, emocional y económico. La desconfianza en el suministro obliga a muchos a buscar alternativas como tratamientos caseros o la compra de agua embotellada.

Pregunta 7: ¿Han surgido problemas de salud relacionados con el consumo de agua en esta área?

Figura 7.

Resultados de la pregunta 7



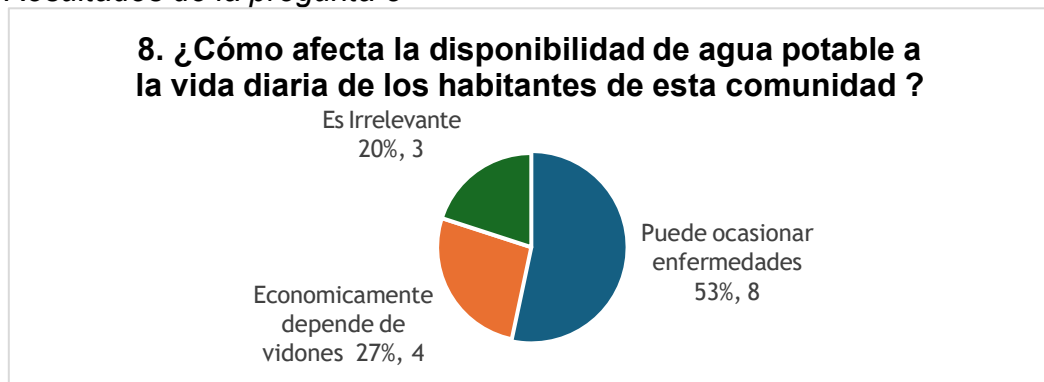
Elaborado por: El autor, 2024

Análisis: El total de los entrevistados (100%) manifestó no tener conocimiento sobre la existencia de problemas de salud específicos vinculados al consumo de agua en la zona. Este resultado pone en evidencia la falta de estudios médicos o investigaciones epidemiológicos que permitan establecer una relación entre la calidad del agua y posibles afectaciones en la salud. La falta de información limita significativamente la capacidad de la comunidad para identificar posibles riesgos sanitarios y tomar decisiones informadas sobre el consumo del recurso.

Pregunta 8: ¿Cómo afecta la disponibilidad de agua potable a la vida diaria de los habitantes de esta comunidad?

Figura 8.

Resultados de la pregunta 8



Elaborado por: El autor, 2024

Análisis: El análisis de las respuestas revelan que el 53% de los entrevistados percibe la disponibilidad de agua como un factor que puede afectar la salud, evidenciando una preocupación significativa por los posibles riesgos sanitarios. Por otro lado, un 27% señala la carga económica que representa la compra de bidones, lo que refleja una dependencia de agua embotellada ante la falta de una fuente segura. El 20% restante considera el tema irrelevante, lo que puede estar relacionado con distintas percepciones o niveles de acceso. En conjunto, estos datos muestran como la calidad y disponibilidad de agua impactan tanto en la salud como en la economía familiar, afectando la vida cotidiana de la comunidad.

4.2 Determinar la eficiencia del filtro de carbón activado en la depuración de parámetros físicos y químicos presentes en el agua mediante una prueba escala

Para realizar las comparaciones correspondientes, se tomaron en cuenta los límites máximos permisibles establecidos en la guía para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda de la Organización mundial de la salud (OMS). Estos parámetros sirvieron como referencia para evaluar si las características del agua de la zona de estudio se encontraban dentro de los rangos que se consideran seguros para el consumo (Organización Mundial de la Salud, 2011) .

Asimismo, los resultados obtenidos a través de los análisis de laboratorio fueron comparados mediante tablas. En primer lugar, se realizó una comparación entre los resultados del análisis del agua en su estado actual, antes de ser filtrada, y los límites máximos permisibles que debe cumplir el agua destinada al consumo humano, tal como se presenta en la **Tabla 3**.

Tabla 3.

Comparación de resultados con GDWQ. Muestra pre-filtrada

Guía para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda de la Organización mundial de la salud (OMS). Agua pre-filtrada

Parámetros	Unidad	LMP	Comparación de los resultados
Cloruros	mg/l	250	8.400
Solidos Suspendidos totales	mg/l	30	6.66

Elaborado por: El autor. 2025

Posteriormente, se elaboró otra tabla en la que se compararon los resultados del análisis del agua después de haber sido tratada mediante el filtro de carbón activado. Esta comparación permitió evaluar la eficacia del proceso de filtración en la mejora de la calidad del agua, en relación con los estándares establecidos para el consumo humano, tal como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4.

Comparación de resultados con GDWQ. Muestra post-filtrada

Guía para la calidad del agua de consumo humano: Cuarta edición que incorpora la primera adenda de la Organización mundial de la salud (OMS). Agua post-filtrada

Parámetros	Unidad	LMP	Comparación de los resultados
Cloruros	mg/l	250	5.402
Sólidos Suspendidos totales	mg/l	30	3.00

Elaborado por: El autor, 2024

De acuerdo con resultados obtenidos en ambos análisis y su comparación con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la Guía para la calidad del agua de consumo humano dado por la OMS, se determinó que los valores registrados se encuentran dentro de los rangos considerados seguros. Esto indica que, según los parámetros el agua analizada cumple con los estándares internacionales de calidad para el consumo humano.

A continuación, en la **Tabla 5**, se muestran los resultados de los parámetros analizados en la muestra de agua antes de ser tratada con el filtro de carbón activado. Estos resultados fueron comparados con los Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico establecidos en el Acuerdo Ministerial 097a libro VI del texto unificado de legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Esta comparación permitió identificar el grado de cumplimiento de la muestra respecto a los estándares nacionales de calidad para fuentes destinadas al consumo humano.

Tabla 5.*Comparación con los LMP (INEN 1108). Agua pre-filtrada***Comparación de los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos con el límite máximo permitido INEN 1108. Agua pre-filtrada**

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido	Comparación con los resultados
Turbiedad	NTU	5	10
Olor	---	no objetable	
Sabor	---	no objetable	
Inorgánicos			
Cadmio, Cd	mg/l	0,003	No detectado
Potencial de Hidrogeno	pH	6,5-8,0	7.56

Elaborado por: El autor, 2024

De igual manera se elaboró una **Tabla 6** complementaria en la que se presentan los resultados del análisis de la muestra de agua una vez tratada mediante el filtro de carbón activado. Esta comparación permitió evaluar los cambios en los parámetros evaluados tras el proceso de filtración y determinar si los valores obtenidos se acercan o se ajustan a los criterios establecidos en la normativa mencionada

Tabla 6.*Comparación con los LMP (INEN 1108). Agua post-filtrada***Comparación de los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos con el límite máximo permitido INEN 1108. Agua post-filtrada**

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido	Comparación con los resultados
Turbiedad	NTU	5	5.96
Olor	---	no objetable	
Sabor	---	no objetable	
Inorgánicos			
Cadmio, Cd	mg/l	0,003	No detectado
Potencial de Hidrogeno	pH	6-9	7.86

Elaborado por: El autor, 2024

Como se pudo observar en ambas tablas, el tratamiento con el filtro de carbón activado produjo una disminución notable en los niveles de turbiedad, lo que evidenció una mejora en la calidad de agua. No obstante, los resultados de ambos análisis tanto antes como después del filtrado mostraron que, en ambas muestras varios parámetros aun superan los LMP establecidos para el agua de consumo humano. A pesar de esta situación la muestra filtrada presento una calidad mejor en comparación con la muestra sin tratar.

En cuanto al potencial de hidrogeno se registró un leve aumento tras la filtración, aunque este cambio no resulta significativo desde el punto de vista sanitario.

Como se puede apreciar en la tabla de comparación, al medir el parámetro de Cadmio, según el informe del análisis en el laboratorio en el caso del Cadmio, no fue detectado, es decir que el resultado estaba por debajo del límite de detección del método utilizado por el laboratorio .

Tabla 7.

Comparación del parámetro Hierro total según la OMS con el agua pre-filtrada.

Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.			
Agua pre-filtrada			
Parámetro	Unidad	LMP	Comparación con los resultados
Hierro total	mg/l	1,0	0.94

Elaborado por: El autor, 2024

Tabla 8.

Comparación del parámetro Hierro total según la OMS con el agua post-filtrada.

Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.			
Agua post-filtrada			
Parámetro	Unidad	LMP	Comparación con los resultados
Hierro total	mg/l	1,0	0.06

Elaborado por: El autor, 2024

En el caso del parámetro de Hierro total, se observó una disminución significativa después de que el agua fue tratada mediante el filtro de carbón activado. Esta reducción contribuyó a mejorar la percepción del agua por parte de los consumidores, ya que concentraciones elevadas de hierro superiores a 0.3 mg/L, pueden impartir un sabor metálico al agua potable, haciéndola menos agradable para el consumo (Organización Mundial de la Salud, 2011).

En la siguiente **Tabla 9** se presentó la eficacia del proceso de filtrado, presentada en porcentajes, calculada según la formula descrita en la sección de metodología. Esta fórmula considero la variación entre las concentraciones iniciales y finales de los parámetros analizados, lo que permitió determinar el grado de reducción alcanzado tras el tratamiento con el filtro de carbón activado.

Tabla 9.*Eficiencia de filtrado según la fórmula de Concentraciones*

Parámetros	Unidad	Co	Cf	Ef.
Cloruro	mg/l	8.4	5.402	35.6904762 %
SST	mg/l	6.66	3	54.954955 %
Turbiedad	NTU	10	5.96	40.4 %
Cadmio	mg/l			 %
Potencial de Hidrogeno	pH	7.56	7.86	-3.9682539 %
Hierro total	mg/l	0.94	0.06	93.6170213 %

Elaborado por: El autor, 2024

4.3 Proponer medidas de aplicación del filtro con base a la viabilidad ambiental según los resultados obtenidos

Con base en los resultados obtenidos se recomienda la implementación de filtros de carbón activado en comunidades con acceso limitado a tecnologías avanzadas de tratamiento de agua. Este sistema destaca por su bajo impacto ambiental, debido a que emplea cascara de coco como materia prima renovable para su elaboración. Para maximizar su eficiencia en la remoción de contaminante, es fundamental optimizar su funcionamiento, bajo condiciones específicas como un caudal controlado, y capacitar a los usuarios en aspectos claves como su mantenimiento y la regeneración del material filtrante. Esto permitirá prolongar su vida útil y fomentar su sostenibilidad a largo plazo.

Asimismo, se propone establecer un plan para la disposición o reutilización del carbón saturado en aplicaciones secundarias, como fertilizantes, promoviendo un modelo de economía circular que minimice el impacto ambiental. Aunque el remplazo periódico del filtro sea necesario, su implementación resulta rentable a largo plazo, considerando los beneficios en términos de mejora de la calidad del agua y reducción de riesgos para la salud. El uso de carbón activado regenerado contribuye a disminuir los costos del proceso y la huella ambiental al aprovechar un residuo agrícola como material filtrante. En conjunto, estas medidas consolidan al filtro de carbón activado como una solución técnica, económica y ambientalmente viable.

5. DISCUSIÓN

Para identificar los principales problemas relacionados con la calidad de agua para consumo humano en el área de estudio, se realizó una recopilación de información in-situ mediante entrevistas a los residentes. A partir de sus testimonios se evidenció una alta percepción del riesgo de contraer enfermedades asociadas al consumo de agua. Esta percepción fue respaldada por los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio, cuyos valores fueron comparados con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente. Estos hallazgos coinciden con lo señalado por (Dueñas Jurado y Hinojosa Yzarra, 2021), quienes, a través de una investigación detallada, determinaron que la presencia de compuestos químicos especialmente metales pesados, representa un factor crítico que incrementa el riesgo para la salud humana. En contraste, los parámetros físicos del agua no mostraron una relación significativa con afectaciones a la salud.

En el contexto de las problemáticas de calidad del agua, como las elevadas concentraciones de nitratos detectadas en la quebrada Kiwilluchayocc (Bellido, 2023), la presente investigación se fundamentó en el reconocimiento de las principales dificultades hídricas presentes en la zona de estudio. Estas dificultades fueron determinadas a través de entrevistas realizadas a los habitantes locales, quienes manifestaron su preocupación por la contaminación del recurso hídrico con compuestos físico-químicos. Ante esta situación, y en concordancia con lo reportado por (Bellido, 2023), se evidencio la necesidad de diseñar un medio filtrante eficiente. En ese estudio se empleó carbón activado obtenido a partir de cascaras de coco, tratado químicamente con ácido fosfórico y sometido a un proceso de carbonización a alta temperatura, lo que mostro resultados prometedores en la remoción de contaminantes. Los hallazgos de ambas investigaciones refuerzan el potencial del carbón activado como una herramienta sostenible y de bajo costo para la mitigación de contaminantes, contribuyendo así a la protección de la salud pública y el medio ambiente.

Los resultados de este estudio confirman la efectividad del carbón activado derivado del endocarpio de coco en la reducción de la turbidez y el hierro total en el agua, alineándose con los hallazgos previos de Páez et al. (2019) y Santillán (2020). Sin embargo, mientras que Páez et al. reportaron una

reducción del 70% de compuestos minerales y Santillán alcanzó una eficiencia del 97% en la eliminación de color y turbidez, nuestro enfoque en el hierro total aporta una perspectiva distinta al uso de este material como filtro. Además, la reducción significativa observada en la turbidez complementa los hallazgos previos y subraya el potencial del carbón activado de coco como una solución sostenible para el tratamiento del agua.

Por otro lado, cabe destacar que las metodologías utilizadas difieren en aspectos clave. Mientras que Santillán empleó una carbonización a 700 °C durante 30 minutos con una alta concentración de ácido fosfórico, nuestro enfoque adaptó estas variables para ajustarse a las necesidades específicas del contexto local. Estas diferencias pueden explicar la variación en la eficiencia observada, subrayando la importancia de adaptar los procesos de activación a los objetivos específicos del tratamiento de agua.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los hallazgos de Páez, Plazola y Pérez (2019), quienes evidenciaron la efectividad del carbón activado elaborado a partir de cascara de coco en la remoción de contaminantes de compuestos minerales presentes en el agua potable. Aunque reportaron una capacidad de adsorción ligeramente inferior a comparación del carbón activado comercial, destacaron los beneficios ambientales y económicos asociados al aprovechamiento de un residuo agrícola como materia prima. De forma similar, en el presente estudio se corrobora que el uso del residuo como no es solo técnicamente viable, sino que además presenta un bajo impacto ambiental y fomenta prácticas sostenibles. Este conjunto de resultados refuerza la pertinencia del filtro propuesto como una alternativa eficaz y ambientalmente responsable para el mejoramiento de la calidad del agua.

Por otro lado, los hallazgos de esta investigación guardan concordancia con los resultados reportados por Santillán (2020), quien evidenció la alta eficiencia del carbón activado elaborado a partir del endocarpio de coco en la remoción de turbiedad y color en aguas de escorrentía. Si bien existen diferencias en las condiciones operativas y en los parámetros evaluados entre ambos estudios. Ambos coinciden en destacar la capacidad del carbón activado de coco, como un medio filtrante eficaz para la mejora de la calidad del agua. Esta coincidencia no solo refuerza la validez de los resultados obtenidos en el estudio, sino que también pone en evidencia la versatilidad del material filtrante

frente a otros contextos y matrices hídricas. Además, el presente trabajo contribuye al enfoque de sostenibilidad al considerar la reutilización del carbón activado una vez saturado, promoviendo su posible aplicación en usos secundarios como enmienda para suelos o precursores de fertilizantes. Este planteamiento se alinea con los principios de la economía circular, ya que no solo existe el ciclo de vida del material, sino que también reduce la generación de residuos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a los residentes del área de estudio, se evidenció una marcada preocupación por la seguridad sanitaria del agua destinada al consumo humano. Esta inquietud ha llevado a la comunidad a adoptar medidas alternativas como hervir el agua o recurrir a la compra de agua embotellada, prácticas que, si bien mitigan parcialmente el riesgo, no constituyen soluciones sostenibles a largo plazo. Estos hallazgos ponen de manifiesto no solo la necesidad urgente de implementar sistemas eficientes y accesibles para el tratamiento de agua, si no también la carencia de una comunicación efectiva por parte de las autoridades responsables.

Los resultados del análisis de agua tratada mediante un sistema de filtración con carbón activado a base de endocarpio de coco evidenciaron una disminución significativa en las concentraciones de hierro total, cloruros y sólidos suspendidos, lo que indica una mejora notable en la calidad del agua. Si bien la turbidez también disminuyó tras el proceso de filtrado, no se logró alcanzar completamente los límites máximo permisibles establecidos en la normativa vigente. No obstante, una menor turbidez representa un avance importante en términos de seguridad para el consumo humano, ya que reduce la presencia de partículas en suspensión que podrían albergar microorganismos patógenos, además de favorecer la eficiencia de los procesos de desinfección.

La implementación del filtro de carbón activado elaborado con endocarpio de coco representa una solución ambientalmente sostenible, ya que permite la reutilización de un residuo agroindustrial y reduce la dependencia de tratamientos químicos convencionales. Aunque no se tiene información precisa sobre el costo del filtro, su potencial para ser fabricado a partir de un recurso local lo convierte en una opción viable para comunidades con recursos limitados.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda modificar y perfeccionar el diseño del filtro para mejorar su eficiencia en la eliminación de contaminantes. Optimizar su estructura y materiales podría aumentar la capacidad de adsorción del carbón activado, asegurando una mayor reducción de turbidez y otras impurezas presentes en el

agua. Asimismo, se recomienda investigar formas de optimizar el tiempo de elaboración del carbón activado, de manera que se pueda reducir el proceso sin comprometer su calidad, lo que facilitaría su producción a mayor escala y su implementación en más comunidades.

Además, es fundamental investigar formas de optimizar el tiempo de elaboración del carbón activado, ya que reducir este proceso sin afectar su calidad permitiría mejorar la eficiencia y viabilidad de su producción a mayor escala. Como también tomar en cuenta estudios adicionales para evaluar la capacidad de regeneración del carbón activado y su reutilización en otras aplicaciones, como fertilizantes. Se recomienda promover su uso a través de capacitaciones sobre su mantenimiento y regeneración, así como explorar su reutilización en aplicaciones secundarias para maximizar su eficiencia y sostenibilidad.

Por otro lado, se recomienda realizar estudios adicionales sobre la capacidad de regeneración del carbón activado utilizado en el filtro, con el fin de evaluar su posible reutilización en procesos de purificación o su aplicación en otras áreas, como la mejora de suelos agrícolas. La exploración de estas aplicaciones fomentaría un modelo de economía circular, reduciendo el impacto ambiental y maximizando el aprovechamiento del material. Esto permitiría no solo extender la vida útil del carbón activado, sino también generar un sistema de tratamiento de agua más sostenible y eficiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, K., & Garzon, A. (2017). *Eficiencia del carbon activado procedente del residuo de coco (cocos nuciferas) para remoción de contaminantes en agua*. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí [Tesis previa a la obtencion del titulo de Ingeniero en Medio Ambiente], Calceta. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/606/TMA124.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Medina , K., & Manrique , R. (2018). Uso del carbón activado para el tratamiento de aguas. Revisión y estudios de caso. *Revista nacional de Ingeniería*, Vol 1(1).
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Reforma de Texto Unificado Legislacion secundaria , Medio Ambiente, LibroVI, Decreto Ejecutivo 3516 , Registro Oficial Suplemento 2 ,31/03/2023*. Ecuador. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf
- Organización Mundial de la Salud . (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la adenda*. Ginebra : Licencia: CC.
- Ramos , C. (2021). Diseños de investigación experimental. *Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, Vol 10(1), 1-7.
- Soto Polinar, C. (2023). *Implementación de un filtro a base de carbón activado de cascara de coco para la depuración de lixiviados provenientes del botadero de Chilepampa - Nauyan Rondós, Huánuco, 2022 - 2023*. UNIVERSIDAD DE HUANUCO, Perú.

- Torres, J., López, P., Corral, A., Carrasco, K., & Delgado, M. (2020). Preparación de carbón activado a partir de residuos de Zea mays para eliminar tartrazina. *Cultura Científica Y Tecnológica*, 17(1). doi:DOI: <https://doi.org/10.20983/culcyt.2020.1.2.1>
- Bellido, D. (2023). *Nivel de adsorción del carbón activado de la cáscara de coco en aguas contaminadas con nitratos en la comunidad de Vista Alegre, distrito de Kimbiri, Cusco*. AYACUCHO – PERÚ: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Obtenido de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5958>
- Bonilla, A., & Ordoñez, D. (2024). *Tratamiento de agua para consumo humano empleando la osmosis inversa, en el centro poblado de Champamarca-Pasco-2023*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Cabrera , W. (2023). *Diseño de un sistema de monitoreo y control de turbiedad en la planta de tratamiento de agua potable EMAPASI-EP*. Universidad Saleciana Politécnica [Trabajo de titulacion previo a la obtencion del Título de Ingeniero en Mecatronica], Cuenca-Ecuador.
- Carrasco , B., & Londa , E. (2018). *Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco “Cocos Nucífera L”*. Cuenca , Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31705/1/Trabajo%20de%20Titulaci%c3%b3n.pdf>
- Código Orgánico del Ambiente. (2017, 12 de abril). *Registro Oficial Suplemento 983*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *art.328*.

- Constitución de la República del Ecuador. (2008, 20 de octubre). *Registro Oficial* 449. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Cruz , N., & Centeno, E. (2020). Evaluación de la calidad del servicio de abastecimiento de agua potable a partir de la percepción de personas usuarias: El caso en Cartago, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales (Tropical Journal Environmental Sciences)*, Vol 54(1), 95-122. doi:: <https://doi.org/10.15359/rca.54-1.6> .
- Dueñas Jurado, C., & Hinojosa Yzarra, L. (2021). Calidad del agua potable y su influencia en la salud humana. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA*, 1(3). doi:<https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v1i3.19>
- Hidalgo, C., & Rivera, S. (2017). *Obtención de carbón activado a partir del bagazo del café como una propuesta de utilización del residuo de una industria cafetera*. Escuela Superior Politecnica del Litoral [Previo a la obtención del título de Ingeniero Químico], Guayaquil-Ecuador.
- Infante, D. (2017). *Carbón activo granular, en la mejora de la calidad del agua potable*. Repositorio de la Universidad Privada del Norte.
- Instituto Ecuatoriano de normalizacion. (2014). *Norma tecnica Ecuatoriana 1108:2011*. Obtenido de <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%201108%20-%20AGUA%20POTABLE.%20REQUISITOS.pdf>
- Larramendí, , E., Millán, G., & Plana, M. A. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *Revista 16 de Abril*, Vol 60(279).

- Lipa, Y., Rodríguez, C., Rivera, J., & Mendoza, J. (2020). *Uso de Filtros de Carbón Activado para Mejorar la Calidad del Agua para Consumo Humano en Centros Poblados de la Región de Puno*. Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, Juliaca, Perú. doi:DOI: <http://dx.doi.org/10.35306/rev.%20cien.%20univ..v20i2.867>
- Murillo , Y. (2020). *Estudio del efecto de las propiedades fisicoquímicas del carbón activado como soporte catalítico y fotocatalizador para la degradación de fenol desde solución acuosa*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10045/109411>
- Organizacion Mundial de las Salud. (22 de Marzo de 2022). *Agua para consumo humano*. Recuperado el 2023, de Pan American Heath Organisation : <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Páez, I., Plazola, I., & Pérez, M. (2019). *Obtención y Evaluación de Carbón Activado a partir del Endocarpio de Coco (Cocos Nucifera) para la Remoción de Compuestos Minerales en Agua Potable*. Caracas, Venezuela. Obtenido de <https://www.unimet.edu.ve/wp-content/uploads/2023/09/Revista-Anales-Vol.19-No.1-web.pdf#page=38>
- Portugal, J. A., & Sosa, L. M. (2023). *Eficacia del filtro con carbón activado a base del bagazo de la caña de azúcar para la mejora de las características organolépticas del agua en la poza de la Asociación de Villa Hidropónica a nivel laboratorio*. Arequipa, 2022. Universidad Tecnológica de Perú [Trabajo para optar el título de Ingeniero de Seguridad Industrial y Minera], Arequipa-Perú.

- Santillan , K. (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*. San Lorenzo.
- Santillán, K. (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*. Perú.
- Tena, Y., & Jhames, E. (2019). *Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar 2018*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUND_c11b088be2c1a36e76027bfcbee332da
- Torres Rivera, J., & Pinto Sancán, L. (2024). *Elaboración de carbón activado a partir del endocarpio de coco*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Guayaquil -Ecuador.
- Villarreal, C. (2020). *Importancia del recurso agua para el consumo doméstico en el distrito de la chorrera de la republica de Panamá*. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología. Obtenido de <file:///C:/Users/USER%7D/Downloads/1372-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2216-1-10-20200710.pdf>

8. ANEXOS

Anexo N° 1.

Tabla de criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, Anexo 097-a

CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO			
PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de PlatinoCobalto	75
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/ l	0, 006
Nitratos	NO3	mg/l	50,0
Nitritos	NO2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ²	mg/l	500
Hidrocarburos	TPH	mg/l	0,2
Totales de Petróleo			
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Fuente: Acuerdo Ministerial **097-A**

Anexo N° 2.

Tabla de límites máximos permisibles para agua de consumo según Instituto Ecuatoriano de Normalización 1108.

Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas		
PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color Unidades de color aparente	(Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04
¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos * Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ²¹⁰ Po, ²²⁴ Ra, ²²⁶ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu ** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleídos: ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁸ Ra		
Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización 1108		

Anexo N° 3.
Resultado del análisis de la muestra testigo.



INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS
25-008-AG02



DATOS DEL CLIENTE	
Empresa(3): Elaboración de carbon activado para depuración agua de consumo	
Dirección(3): Milagro - UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR	
Persona de Contacto(3): Wellington Velasquez	
DATOS DE LA MUESTRA	
(3)Tipo de Muestra/Ítem de Ensayo: Agua de consumo humano y uso doméstico	(3)Fecha/Hora Toma de Muestra: 27 de enero de 2025 / 08:03
(3)Tipo toma de Muestra/Procedimiento: Puntual Simple	(3)Cantidad de Muestra / Condición del ítem de ensayo: 1800 mL / Muestra transparente
(3)Lugar/Punto de Toma de Muestra: Después del filtrado - Cerca de Papallacta, Milagro -2.1381080,-79.5827548	(3)Muestra Tomada por: Muestra proporcionada por el cliente
Código de Identificación de la Muestra: 57-25	Fecha/Hora de Ingreso de Muestra al laboratorio: 27 de enero de 2025 / 16:42

RESULTADOS DE LOS ANALISIS	
Desviaciones/Adiciones/Exclusiones a los Procedimientos:N/A	Con. Amb. del Laboratorio: 23.6°C 31.9%HR

Parámetro	Resultados Unidades	Incert. K=2± Unidad	(4) Valores de Referencia	(4) Declaración de Conformidad	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Hidrógeno	7.86 UpH	0.43 UpH	-	-	PEE/IPSCMARY/10-16 S.M. Ed. 23th 4500 H+B, 2017	28/01/2025
Turbidez	< 5.96 NTU	± NTU	-	-	PEE/IPSCMARY/14-15 S.M. Ed. 23th 2130 B, 2017	28/01/2025
Sólidos Suspendedos Totales	3.00 mg/L	0.20 mg/L	-	-	PEE/IPSCMARY/15-12 S.M. Ed. 23th 2540 B, 2017	28/01/2025
Hierro Total	< 0.06 mg/L	0.01 mg/L	-	-	PEE/IPSCMARY/21-10 S.M. Ed. 23th 3500 Fe B, 2017	28/01/2025
(2) Cadmio	No Detectado	-	-	-	PEE/IPSCMARY/38-07 S.M. Ed. 23th 3120 B, 2017	28/01/2025
Cloruros	<5.402 mg/L	0.196 mg/L	-	-	PEE/IPSCMARY/37-03 S.M. Ed. 23th 4500 Cl-B, 2017	28/01/2025

"No Detectado" Resultado por debajo del Límite de Detección del método.
La versión utilizada para la realización de los análisis corresponde a la Ed. 23, 2017 del SM - Standard Methods. La actualización a la Ed. 24, 2022, se encuentra en proceso.
(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación por el SAE.
(2) Parámetro ACREDITADO cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
(3) Información proporcionada por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
(4) Declaración de conformidad:
- En este informe NO SE REALIZA declaración de conformidad.
Cuándo el cliente es responsable de la toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que estas fueron recibidas por el laboratorio.



Firmado digitalmente por
ANGIE LISSETTE
ESPINOZA VERGARA
Fecha: 2025.01.31
09:03:30 -05'00'

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO



Firmado digitalmente por
MARLON FRANCISCO
VILLAMAR FRANCO
Fecha: 2025.01.31
09:08:07 -05'00'

DIRECTOR TÉCNICO
AUTORIZACIÓN DEL INFORME

- Este informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad con la autorización por escrito de IPSOMARY S.A.

Anexo N° 4.**Análisis de la muestra de agua Post-Filtrada.**



INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS
25-008-AG01



DATOS DEL CLIENTE						
Empresa(3): Elaboración de carbón activado para depuración agua de consumo						
Dirección(3): Milagro - UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR						
Persona de Contacto(3): Wellington Velasquez						
DATOS DE LA MUESTRA						
(3)Tipo de Muestra/Ítem de Ensayo: Agua de consumo humano y uso doméstico			(3)Fecha/Hora Toma de Muestra: 27 de enero de 2025 / 08:03			
(3)Tipo toma de Muestra/Procedimiento: Puntual Simple			(3)Cantidad de Muestra / Condición del ítem de ensayo: 1000 mL / Muestra transparente			
(3)Lugar/Punto de Toma de Muestra: Antes del filtrado - Cerca de Papallacta, Milagro +2.1381080, +79.5827548			(3)Muestra Tomada por: Muestra proporcionada por el cliente			
Código de Identificación de la Muestra: 56-25			Fecha/Hora de Ingreso de Muestra al laboratorio: 27 de enero de 2025 / 16:42			
RESULTADOS DE LOS ANALISIS						
Desviaciones/Adiciones/Exclusiones a los Procedimientos: N/A			Con. Amb. del Laboratorio: 23.5°C 31.9%RH			
Parámetro	Resultados Unidades	Incert. K=2f Unidad	(4) Valores de Referencia	(4) Declaración de Conformidad	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Hidrógeno	7.56 UpH	0.41 UpH	-	-	PEE/IPSOMARY/10-16 S.M. Ed. 23th 4500 H+B, 2017	28/01/2025
Turbidez	< 10.00 NTU	1 NTU	-	-	PEE/IPSOMARY/14-15 S.M. Ed. 23th 2130 B, 2017	28/01/2025
Sólidos Suspendedos Totales	6.68 mg/L	0.31 mg/L	-	-	PEE/IPSOMARY/15-12 S.M. Ed. 23th 2540 D, 2017	28/01/2025
Hierro Total	0.94 mg/L	0.11 mg/L	-	-	PEE/IPSOMARY/21-10 S.M. Ed. 23th 3500 Fe B, 2017	28/01/2025
(2) Cadmio	No Detectado	-	-	-	PEE/IPSOMARY/38-07 S.M. Ed. 23th 3120 B, 2017	28/01/2025
Cloruros	<8.400 mg/L	0.196 mg/L	-	-	PEE/IPSOMARY/37-03 S.M. Ed. 23th 4500 Cl-B, 2017	28/01/2025

"No Detectado" Resultado por debajo del Límite de Detección del método.
 La versión utilizada para la realización de los análisis corresponde a la Ed. 23, 2017 del SM - Standard Methods. La actualización a la Ed. 24, 2022; se encuentra en proceso.

(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación por el SAE.
 (2) Parámetro ACREDITADO cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
 (3) Información proporcionada por el cliente, el laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
 (4) Declaración de conformidad:
 - En este informe NO SE REALIZA declaración de conformidad.
 Cuando el cliente es responsable de la toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que estas fueron recibidas por el laboratorio.



Firmado digitalmente por
ANGIE USSETTE ESPINOZA
VERGARA
Fecha: 2025.01.31 09:03:10
+05'00'

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO



Firmado digitalmente por
MARLON FRANCISCO
VILLANAR FARIAS
Fecha: 2025.01.31
09:07:32 -05'00'

DIRECTOR TÉCNICO
AUTORIZACIÓN DEL INFORME

- Este informe afecta exclusivamente a las muestras sometidas a ensayo.
 - Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad con la autorización por escrito de IPSOMARY S.A.

PG1810-06
 Fecha: 31/01/24

29 de junio Manz. E Solar 04 • Telf. 593-4-6013531 / 6013532
 Email: serviciosambientales@ipsomary.com • www.ipsomary.com • Guayaquil, Ecuador

IPSOMARY S.A.
 Página 1 de 1

Fuente: El autor, 2024.

9. APÉNDICE

Apéndice N° 1.

Imagen satelital del lugar de estudio



Elaborado por: El autor, 2024

Apéndice N° 2.

Área de estudio



Elaborado por: El autor, 2024

Apéndice N° 3.

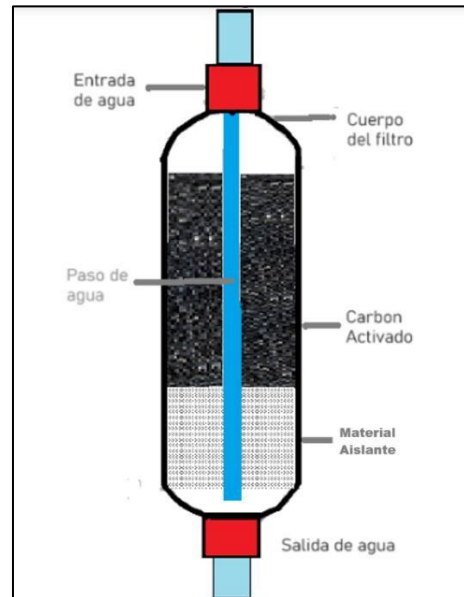
Materiales en PVC para elaborar el filtro



Elaborado por: El autor, 2024

Apéndice N° 4.

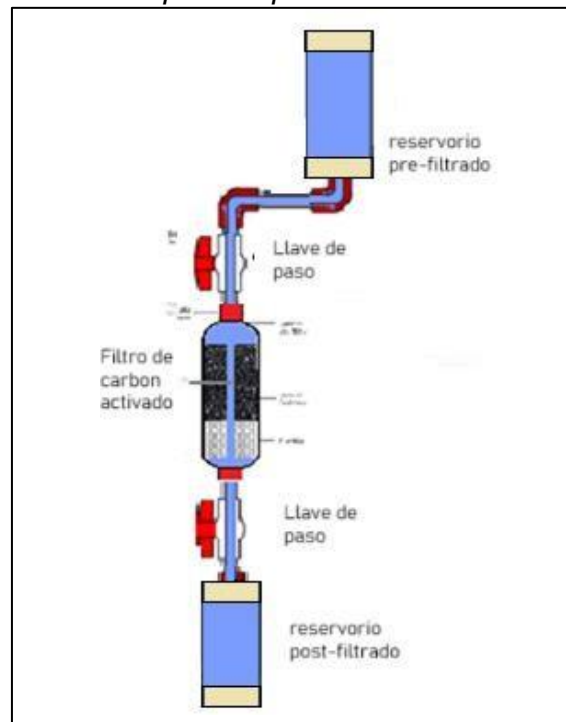
Diseño del filtro de carbón activado



Elaborado por: El autor, 2024

Apéndice N.º 5-

Diseño de prueba piloto



Elaborado por: El autor, 2024

Apéndice N.º 6.*Parámetros para evaluar*

Parámetro	Efecto en el agua para consumo humano
pH	Afecta el sabor del agua, la eficacia de la desinfección y la corrosión de las tuberías. Valores extremos pueden ser nocivos.
Turbiedad	Puede indicar la presencia de contaminantes, microorganismos o materiales en suspensión, lo que afecta la calidad y seguridad.
Hierro total	Puede dar al agua un sabor metálico y causar manchas en la ropa y en la plomería. En exceso, no es recomendable para el consumo.
Cloruros	Contribuyen al sabor salado del agua. En concentraciones altas, pueden ser corrosivos y afectar el sistema cardiovascular.
Sólidos Suspendidos totales	La presencia de SST en el agua puede afectar la calidad del agua y, por lo tanto, es importante controlar y reducir su cantidad para hacerla potable y segura para el consumo humano.
Cadmio	Es altamente tóxico, incluso en bajas concentraciones. Puede causar daño renal, óseo y es carcinogénico a largo plazo.

Elaborado por: El autor, 2024

Apéndice N° 7.

Registro fotográfico de elaboración del carbón activado.

	
Obtención de Endocarpio de coco	Selección de la materia prima
	
Trituración del Endocarpio	Peso del Endocarpio de coco
	

Carbonización de materia prima	Post carbonización
	
Peso del material carbonizado	Trituración de material carbonizado
	
Activación del carbon por acido fosforico	Obtencion del material carbonizado
	
Material PVC para el filtro	Elaboracion del filtro

	
Elaboracion del filtro	Realizacion del filtro
	
Filtro terminado	Obtención de las muestras de agua
	
Recolección de muestra 1 (Testigo)	Recolección de muestra 2 (agua para filtrar)



Elaborado por: El autor, 2024

Apéndice N° 8.

Resultados de la carbonización

Resultados adicionales en la carbonización		
Peso del crisol		404.8 g
Peso de endocarpio		523.3 g
Peso del Carbón		444.4 g
Tiempo		30 min
Temperatura		300 °C
	Activación	
Tiempo		150 min
Temperatura		

Elaborado por: El autor, 2024