

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Eficiencia del carbón activado de tusa de maíz
para la remoción de coliformes termotolerantes
de aguas residuales domésticas en el Centro
Poblado de Huamanmarca 2024**

Charlie Luis Hinostroza Astuñaup

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Pablo César Espinoza Tumialán
Asesor de trabajo de investigación

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación

FECHA : 11 de Junio de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Eficiencia del carbón activado de tusa de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales domésticas generadas en el Centro Poblado Huamanmarca 2024

Autor:

Charlie Luis Hinostroza Astuñaupá – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☐ | NO ☒ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores | SI ☐ | NO ☒ |
| Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | | |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☒ | NO ☐ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original
(no se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)**

ASESOR:

Ing. Pablo Cesar Espinoza Tumialán

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres por la ayuda brindada en toda mi etapa universitaria y mi vida.

A la Universidad Continental mi Alma Máter y mi centro de estudios cuyos recuerdos siempre los tendré presente.

A mis docentes y maestros por impartirme conocimientos y experiencias enriquecedoras.

El autor

DEDICATORIA

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo y sacrificio a lo largo de mi trayectoria académica. A mi familia, por su constante aliento y comprensión en los momentos difíciles. A mis amigos y seres queridos, por su amistad y aliento inquebrantable. A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este logro, su dedicación y apoyo nunca serán olvidados.

El autor

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1. Planteamiento del problema.....	14
1.1.1. Problema general	16
1.1.2. Problemas específicos.....	16
1.2. Objetivos.....	17
1.2.1. Objetivo general	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificación e importancia	17
1.3.1. Justificación Práctica	17
1.3.2. Justificación Teórica.....	18
1.3.3. Justificación Metodológica.....	18
1.3.4. Importancia.....	18
1.4. Delimitación del proyecto.....	19
1.4.1. Delimitación conceptual	19
1.4.2. Delimitación espacial	19
1.4.3. Delimitación temporal	20
1.5. Hipótesis y variables.....	20
1.5.1. Hipótesis general	20

1.5.2.	Hipótesis específicas.....	20
1.5.3.	Variables	20
1.5.4.	Operacionalización de Variables	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		22
2.1.	Antecedentes de la investigación	22
2.1.1.	Antecedentes internacionales	22
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	26
2.2.	Bases teóricas.....	29
2.2.1.	Aguas residuales domésticas	29
2.2.2.	Coliformes	34
2.2.3.	Coliformes termotolerantes	35
2.2.4.	Carbón activado (CA).....	36
2.2.5.	Tusa de maíz	43
2.2.6.	Carbón activado de tuza de maíz	44
2.3.	Definición de términos básicos	45
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		48
3.1.	Método, tipo y alcance de la investigación	48
3.1.1.	Método de investigación.....	48
3.1.2.	Método específico de la investigación.....	48
3.1.3.	Tipo de la investigación.....	48
3.1.4.	Nivel de la investigación	48
3.2.	Diseño metodológico de la investigación	49
3.3.	Población y muestra.....	50
3.3.1.	Población	50
3.3.2.	Muestra	50
3.4.	Técnicas e Instrumentos de datos	51
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	51

3.4.2.	Técnicas de análisis de datos	51
3.4.3.	Instrumentos para la recolección y análisis de datos	52
3.5.	Equipos, materiales y métodos	52
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		69
4.1.	Resultados del tratamiento de la información.....	69
4.2.	Resultados descriptivos.....	70
4.2.1.	Dosificación de carbón activado.....	70
4.2.2.	Tiempo de aplicación de carbón activado	72
4.3.	Prueba de hipótesis	73
4.3.1.	Prueba de hipótesis general	74
4.3.2.	Prueba de hipótesis específica 1	75
4.3.3.	Prueba de hipótesis específica 2	76
4.4.	Discusión de resultados	78
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		82
5.1.	Conclusiones.....	82
5.2.	Recomendaciones	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		84
Anexo 1: Matriz de Consistencia.....		90
Anexo 2: Cadena de custodia.....		91
Anexo 3: Resultado de las muestras de Coliformes Termotolerantes de la empresa Ambiental Laboratorios S.A.C.		95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	21
Tabla 2. Análisis proximal de la tusa de maíz	44
Tabla 3 Equipos y materiales.....	53
Tabla 4 Resultado antes y después de tratamiento	69
Tabla 5. Resultados comparativos de las diferentes dosis aplicadas y el antes.....	70
Tabla 6. Resultados comparativos de los diferentes tiempos aplicadas y el antes	72
Tabla 7 Prueba de la normalidad antes y después del tratamiento.	74
Tabla 8. Prueba U de Mann Whitney de dos factores	75
Tabla 9 Prueba de normalidad de la diferente dosis aplicada según la muestra.....	75
Tabla 10 Kruskal-Wallis para muestras independientes.....	76
Tabla 11 Prueba de Normalidad de los diferentes tiempos aplicados para el tratamiento.	77
Tabla 12 Kruskal-Wallis para muestras independientes.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación.	20
Figura 2. Fuentes crudas del carbón.	37
Figura 3. Activación física.	40
Figura 4. Contactor de carbón activado de flujo descendente en serie.....	41
Figura 5. Preparación carbón activado con 4.5 kg de tusa de maíz secado a temperatura ambiente	54
Figura 6. Traslado a la mufla a 500 °C para su combustión y carbonización.	55
Figura 7. Adición de agua destilada para ebulir y decantar para eliminar el color de los lavados.....	56
Figura 8. Traslado a la mufla por 8 horas a 900°C para su activación y enfriado posterior	57
Figura 9. Poza de oxidación del Centro Poblado Huamanmarca.	58
Figura 10. Toma de muestra de agua residual domestica ingreso a la poza de oxidación.	59
Figura 11. Triplicado de tratamiento con 30 g de carbón activado en un tiempo de 5 min.	60
Figura 12. Triplicado de tratamiento con 40g de carbón activado en un tiempo de 5 min.	61
Figura 13. Triplicado de tratamiento con 50g de carbón activado en un tiempo de 5 min	62
Figura 14. Triplicado de tratamiento con 30g de carbón activado en un tiempo de 10 min	63
Figura 15. Triplicado de tratamiento con 40g de carbón activado en un tiempo de 10 min	64
Figura 16. Triplicado de tratamiento con 50g de carbón activado en un tiempo de 10 min	65
Figura 17. Triplicado de tratamiento con 30g de carbón activado en un tiempo de 15 min	66
Figura 18. Triplicado de tratamiento con 40g de carbón activado en un tiempo de 15 min	67
Figura 19. Triplicado de tratamiento con 50g de carbón activado en un tiempo de 15 min	68
Figura 20. Diagrama de muestra de niveles de coliformes termotolerantes (NPM/100 mg/L) antes de la aplicación de dosis.....	70
Figura 21. Diagrama de cajas de la muestra según las dosis aplicadas.	71

Figura 22. Resultado descriptivo de muestra, según el tiempo de la aplicación de la dosis.	
.....	73

RESUMEN

La presencia de coliformes termotolerantes en aguas residuales representa un riesgo significativo para el medio ambiente y la salud pública, especialmente en comunidades que carecen de sistemas adecuados de tratamiento de agua residual. En el Centro Poblado Huamanmarca, las aguas residuales domésticas son vertidas sin un tratamiento efectivo, lo que genera contaminación y posibles enfermedades de origen hídrico. Ante esta problemática, el presente estudio tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024. Se empleó un enfoque hipotético-deductivo, con un diseño experimental de nivel explicativo. Se trabajó con muestras de agua residual a las que se aplicaron diferentes dosis de carbón activado (30g, 40g y 50g) y tiempos de contacto (5 min, 10 min y 15 min) para determinar su impacto en la reducción de coliformes termotolerantes. Los resultados indicaron que el carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes, reduciendo en promedio un 85 %. Sin embargo, se requiere optimización del proceso para cumplir completamente con los límites normativos de calidad del agua. El análisis estadístico mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($p = 0.004$) confirmó que la dosis de carbón activado influye significativamente en la eficiencia del tratamiento. No obstante, el tiempo de aplicación no mostró una influencia estadísticamente significativa ($p = 0.195$), lo que sugiere que, dentro del rango evaluado, la variación temporal no impacta de manera relevante en la eficiencia de remoción de coliformes. Se concluye que el uso de carbón activado de tusa de maíz es una alternativa efectiva y sostenible para la descontaminación microbiológica de aguas residuales domésticas, con potencial de aplicación en comunidades con acceso limitado a sistemas de tratamiento convencionales.

Palabras clave: Carbón activado de tusa de maíz, remoción de coliformes termotolerantes, tratamiento de aguas residuales.

ABSTRACT

The presence of thermotolerant coliforms in wastewater poses a significant risk to the environment and public health, especially in communities lacking adequate wastewater treatment systems. In the Huamanmarca Population Center, domestic wastewater is discharged without effective treatment, leading to contamination and potential waterborne diseases. Given this issue, the present study aimed to evaluate the efficiency of corn husk-derived activated carbon in the removal of thermotolerant coliforms from domestic wastewater. A hypothetical-deductive approach was employed, using an explanatory-level experimental design. Wastewater samples were treated with different doses of activated carbon (30g, 40g, and 50g) and contact times (5 min, 10 min, and 15 min) to determine their impact on the reduction of thermotolerant coliforms. The results indicated that corn husk-derived activated carbon significantly influences the removal of thermotolerant coliforms, achieving an average reduction of 85%. However, process optimization is required to fully comply with regulatory water quality standards. Statistical analysis using the Kruskal-Wallis test ($p = 0.004$) confirmed that the activated carbon dose significantly affects treatment efficiency. Nonetheless, application time did not show a statistically significant influence ($p = 0.195$), suggesting that within the evaluated range, temporal variation does not substantially impact coliform removal efficiency. It is concluded that the use of corn husk-derived activated carbon is an effective and sustainable alternative for the microbiological decontamination of domestic wastewater, with potential applications in communities with limited access to conventional treatment systems.

Keywords: Corn husk-derived activated carbon, thermotolerant coliform removal, wastewater treatment.

INTRODUCCIÓN

El uso de carbón activado de la tusa de maíz es una alternativa potencialmente eficaz y sostenible para el tratamiento de aguas residuales, especialmente en la remoción de coliformes termotolerantes, un indicador clave de contaminación microbiológica. Este enfoque se centra en la eficiencia del carbón activado para adsorber contaminantes, la correcta dosificación y el tiempo de aplicación, elementos críticos que influyen directamente en la efectividad del proceso (1). La comparación entre la concentración inicial y final de coliformes permite evaluar el impacto del tratamiento, con el objetivo de alcanzar los estándares normativos establecidos para la calidad del agua. En esta investigación, se exploran estos aspectos con el fin de optimizar el uso del carbón activado de la tusa de maíz, proporcionando una alternativa viable y económica para comunidades que enfrentan problemas similares de contaminación del agua.

Existe una escasez de agua principalmente porque no se tiene tratamientos adecuados no solo en la localidad de Huamanmarca sino en muchas partes del Perú he ahí la importancia del tratamiento del agua. Por ello, se presentó el objetivo: Determinar la influencia de la aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024. Con una metodología de enfoque cuantitativo de nivel correlacional, de diseño experimental con una muestra de diferentes cantidades de carbono a diferentes tiempos

Se detalla que este estudio está dividido en los siguientes capítulos:

- Primer capítulo: Planteamiento del estudio, en el que se introduce el contexto de la problemática, define el problema general y los problemas específicos, establece los objetivos del estudio, y justifica su relevancia teórica, práctica y metodológica.
- Segundo capítulo: Marco teórico, donde se revisan los antecedentes nacionales e internacionales relacionados con la temática del estudio, y se desarrollan las bases teóricas necesarias para comprender el uso del carbón activado de tusa de maíz como material adsorbente en el tratamiento de aguas residuales. También se definen los términos clave utilizados a lo largo de la investigación
- El tercer capítulo: Metodología, donde se describe el enfoque metodológico, el diseño experimental empleado, las técnicas de muestreo y los procedimientos para la recolección y análisis de datos.
- El cuarto capítulo: Resultados, se presentan los datos obtenidos a partir de los experimentos realizados, incluyendo los resultados descriptivos y estadísticos.

Además, se discuten los hallazgos en relación con los objetivos planteados, evaluando la eficacia del carbón activado de tusa de maíz y las implicancias de estos resultados.

- El quinto capítulo: Conclusiones y recomendaciones, este capítulo se presentan las conclusiones derivadas del estudio, destacando su aporte al conocimiento y la práctica en el tratamiento de aguas residuales. Asimismo, se formulan recomendaciones para mejorar la eficiencia del uso del carbón activado y proponer líneas de investigación futura

El autor

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

La detección de coliformes termotolerantes en aguas residuales indica la presencia de contaminación fecal, lo que representa un riesgo significativo tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Este problema constituye una preocupación global en términos de salud pública y sostenibilidad ambiental. La contaminación de los ecosistemas acuáticos puede provocar daños considerables, así como facilitar la propagación de enfermedades de origen hídrico, especialmente cuando las aguas residuales no se gestionan adecuadamente (2). Según proyecciones de la ONU, sólo el 81% de la población mundial poseerá acceso a agua potable en sus hogares en 2030. Además, sólo el 67% de la población tendrá acceso a instalaciones sanitarias suficientes, lo que significa que 2.800 millones de personas carecerán de ellas (3). La Fundación AQUAE, menciona que más del 80% de las aguas excedentes se vierten en cursos de agua, lagos, mares, suelos o subsuelos sin haber sido sometidas a un tratamiento de saneamiento, lo que añade a la polución de las fuentes de agua y al esparcimiento de diversas patologías (4).

En América Latina, a pesar de los recientes avances en la reutilización de las aguas tratadas, la industria del agua y el saneamiento sigue enfrentando importantes obstáculos en lo que respecta al creciente uso de las aguas residuales tratadas, en particular debido a los persistentes bajos niveles de tratamiento. La cubierta de hogares con aguas residuales tratadas en la región varía considerablemente, oscilando entre el 22% y el 40%, con una falta de garantía en cuanto al nivel de tratamiento recibido por los efluentes recogidos. Además, el nivel de reutilización de estas aguas apenas alcanza el 5%, esto resalta la necesidad de ocuparse de esta cuestión para maximizar los beneficios del segundo uso de las aguas depuradas (5).

En el Perú, según el informe de la SUNASS (6), existen actualmente 202 plantas de sistema de aguas residuales, de las cuales 171 están en funcionamiento, lo que equivale al 85% de ellas cumpliendo su propósito de eliminar las partículas contaminantes. Entre el 2016 y el 2020, el tratamiento proveniente del uso doméstico en las EPS ha aumentado del 66.40% al 77.70%, representando un incremento del

11.30%. Sin embargo, el Instituto del Agua señala que persiste un desafío significativo, ya que una proporción considerable de las aguas residuales formadas en el país no recibe un tratamiento adecuado antes de ser liberada en cuerpos hídricos o en el medio ambiente, lo que ocasiona problemas graves de contaminación. Esto se debe a que casi el 70% de las aguas provenientes del uso doméstico en el país no reciben un tratamiento adecuado, lo cual representa una seria amenaza para tanto el entorno natural como la salud de la población (7).

Las aguas residuales representan un desafío ambiental significativo, originado principalmente por las actividades humanas asociadas al crecimiento urbano y al desarrollo industrial. Sectores como la industria y la agricultura intensiva descargan grandes cantidades de agua contaminada con sustancias químicas, fertilizantes y pesticidas, lo que deteriora la calidad de los recursos hídricos. Esta contaminación no solo perjudica los ecosistemas acuáticos, sino que también incrementa el riesgo de propagación de enfermedades, afectando tanto al medio ambiente como a la salud pública (8).

En Huancayo, la contaminación del agua en la cuenca del río Mantaro se debe principalmente a la descarga directa de aguas residuales en los ríos. Esta preocupante situación fue destacada tanto por usuarios de agua como por estudiantes universitarios de la región Junín, quienes coinciden en señalar que los vertidos de aguas residuales sin tratamiento constituyen la principal causa de contaminación en la cuenca del río Mantaro (9). Dentro de este contexto, el tratamiento de estas aguas en el Centro Poblado Huamanmarca, del municipio de Huayucachi a 5.5 km al sur del centro de Huancayo y con una población de 3500 habitantes, presenta desafíos significativos. Este centro genera 445 m³ de aguas residuales al día, las cuales son dirigidas a una PTAR inoperativa que enfrenta graves problemas de infraestructura y diseño, impidiendo así el cumplimiento de parámetros permitidos y contaminando el río Mantaro (10).

La gestión inadecuada de las aguas residuales deriva en varios problemas, entre las que se incluyen la contaminación del agua, lo que afecta la vida acuática y el provisión de agua limpia para uso humano; enfermedades relacionadas con el agua, como cólera y hepatitis, debido a la presencia de bacterias y virus en las aguas

residuales; impacto en los ecosistemas, con alteraciones en el equilibrio ecológico y la biodiversidad debido a la eutrofización; y deterioro de los suelos, que puede afectar la fertilidad y producción agrícola al regar con agua residual sin tratar (8).

Los coliformes termotolerantes, entre ellos *Escherichia coli*, *Klebsiella* sp. y *Enterobacter* sp., son bacterias capaces de sobrevivir y desarrollarse en ambientes con temperaturas elevadas, por lo que se utilizan como indicadores de contaminación fecal en cuerpos de agua. La presencia de estos microorganismos en aguas residuales sin tratamiento adecuado representa un peligro para la salud pública, ya que pueden contribuir a la propagación de enfermedades de origen hídrico (11). Aunque actualmente existen varias formas de deshacerse de estos microorganismos, ponerlas en práctica resulta bastante caro. En este contexto, se presenta como una solución el uso de carbón activado derivado de la tusa de maíz, un material barato, natural y eficaz para eliminar los coliformes termotolerantes de las aguas sin tratar. Este enfoque podría representar una solución sostenible y accesible para comunidades con recursos limitados, dado que dicho material es renovable y de bajo costo (12).

Por lo tanto, este estudio abordará el problema de cómo influye la aplicación de carbón activado de la tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca

1.1.1. Problema general

¿Cómo influye la aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera influye la dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024?

- ¿Cómo influye el tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto que tiene la dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.
- Analizar el efecto que tiene el tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación Práctica

Este proyecto de tesis responde a una necesidad en términos de calidad ambiental y saneamiento de aguas residuales. Los niveles elevados de coliformes termotolerantes en las aguas residuales, representan un riesgo alto para los ecosistemas la salud de la colectividad, especialmente en áreas donde no existen sistemas de tratamiento de aguas adecuados. En este sentido el estudio buscó proporcionar una solución práctica, efectiva y sostenible para mejorar la calidad de los efluentes antes de su descarga al ambiente, lo que beneficia directamente a los habitantes de C.P. Huamanmarca y otras comunidades que padecen circunstancias parecidas. Además, al promover prácticas sostenibles de depuración de aguas, el proyecto tiene una proyección social importante al contribuir a la salud de los pobladores y al fomento de entornos más saludables y seguros.

1.3.2. Justificación Teórica

Este proyecto de tesis buscó llenar un vacío en el conocimiento científico al explorar el potencial del carbón activado proveniente de la tusa de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes en aguas residuales domésticas. Aunque existen investigaciones previas sobre la utilización de carbón activado para la separación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, hay una falta de estudios específicos sobre su eficacia para eliminar coliformes termotolerantes en aguas residuales de origen doméstico. Al contribuir a la comprensión de este tema, el estudio proporcionará información valiosa sobre una tecnología de tratamiento alternativa y que podría ser ampliamente aplicable en diversas comunidades con recursos limitados. Además, al mostrar los hallazgos del empleo de la tusa de maíz, el estudio contribuirá al desarrollo y la mejora de métodos de descontaminación de aguas residuales en contextos similares.

1.3.3. Justificación Metodológica

La metodología experimental utilizado en este estudio, que implica la adición de diferentes cantidades de carbón activado a muestras de agua residual y la exposición a diferentes tiempos de contacto, permitió una evaluación rigurosa y sistemática de la eficiencia del tratamiento. Al emplear una ficha de observación para registrar los resultados de manera estandarizada, se garantizó el recojo de datos de manera confiable. Además, al ser un estudio correlacional - explicativo, se buscó establecer relaciones causales entre las variables manipuladas y los hallazgos obtenidos. Además, la investigación contribuyó a la creación de directrices útiles para la aplicación del carbón activado derivado del rastrojo de maíz en la descontaminación de aguas servidas.

1.3.4. Importancia

La importancia de investigación se basa en su capacidad para abordar un problema real de salud pública y medioambiental en comunidades como C.P. Huamanmarca y áreas similares que enfrentan altas concentraciones de coliformes termotolerantes en sus aguas residuales domésticas. Mediante este estudio se ofreció una alternativa viable y asequible que pueda elevar el nivel del agua apta para el gasto

humano. Además, al abordar un vacío de conocimientos en la comunidad científica sobre este tema concreto, el estudio contribuyó a la creación de tecnologías y procedimientos novedosos en la administración de aguas residuales. En última instancia, la relevancia de este estudio radicó en su potencial para generar un impacto favorable en la vida de los individuos y en la protección del medio ambiente.

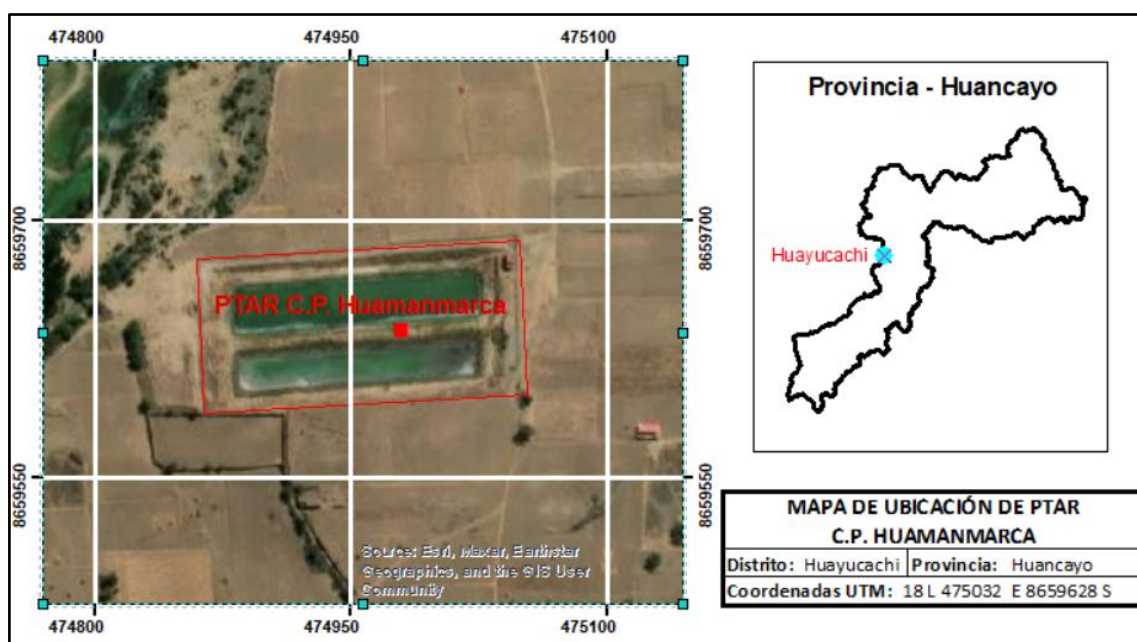
1.4. Delimitación del proyecto

1.4.1. Delimitación conceptual

El estudio se enfocó en evaluar la eficacia del carbón activado elaborado a partir de la tusa o rastrojo de maíz para eliminar coliformes termotolerantes de aguas no tratadas. Estos coliformes son bacterias que indican contaminación fecal y son utilizadas como indicadores de la calidad microbiológica del agua. Se investigó la capacidad de este material adsorbente para eliminar estos contaminantes del agua residual.

1.4.2. Delimitación espacial

En cuanto a la delimitación espacial, la indagación se llevó a cabo en el área geográfica específica de C.P. Huamanmarca, donde se generan las aguas residuales domésticas objeto de análisis. Esto implicó que las muestras de agua se recolectaron exclusivamente de esta localidad para su evaluación en el laboratorio.



*Figura 1. Mapa de ubicación.
Nota. Elaboración propia*

1.4.3. Delimitación temporal

El estudio se desarrolló durante el año 2024. Este lapso temporal permitió realizar la recopilación de muestras de agua para el desarrollo del proyecto. Además, dicho periodo de tiempo proporcionó un marco temporal claro para la ejecución de todas las etapas del estudio, desde el recojo de muestras hasta la evaluación de hallazgos y conclusiones.

1.5. Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

1.5.1.1 Hipótesis Nula

La aplicación de carbón activado de la tusa de maíz no influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.
- El tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

1.5.3. Variables

- Variable Independiente: Carbón activado de tusa de maíz
- Variable Dependiente: Remoción de coliforme termotolerantes

1.5.4. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Tipo de variable		Dimensiones	Definición Conceptual	Indicador	Unidad de medida	Tipo de variable	Escala de medición
Variable independiente	Eficiencia del carbón activado de la tusa de maíz	Cantidad de carbón activado de la tusa de maíz	Dosis para la reducción de coliformes termotolerantes	Dosificación de carbón activado	g	Cuantitativa continua	Razón
		Tiempo de aplicación de carbón activado de la tusa de maíz	Tiempo de aplicación para la reducción de coliformes termotolerantes	Tiempo de aplicación de carbón activado	min.	Cuantitativa continua	Razón
Variable dependiente	Remoción de coliformes termotolerantes	Presencia de coliformes termotolerantes en las aguas residuales domésticas del C.P. Huamanmarca	Grupo de bacterias que se encuentra en las aguas residuales	Concentración inicial de coliformes termotolerantes	NMP/100mL	Cuantitativa continua	Razón
				Concentración final de coliformes termotolerantes.	NMP/100mL	Cuantitativa continua	Razón

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Assirey y Altamimi, en el 2021, realizaron el estudio “Análisis químico del biocarbón a base de mazorca de maíz y su función como descontaminante del agua” artículo publicado en la “Journal of Taibah University for Science”.

El estudio tuvo como propósito investigar las propiedades químicas y físicas del biocarbón derivado de residuos de coronta de maíz y su capacidad de adsorción de iones Pb^{2+} en solución acuosa. Se llevó a cabo un enfoque experimental, empleando varias técnicas para evaluar las propiedades del biocarbón. Se elaboraron experimentos por lotes para la adsorción de iones Pb^{2+} , modificando el nivel de acidez o alcalinidad, así como el período de interacción, la cantidad de biocarbón utilizada y la cantidad inicial de Pb^{2+} . Se utilizó biocarbón producido a diferentes temperaturas de pirólisis ($350^{\circ}C$ y $450^{\circ}C$) como adsorbente. Los resultados mostraron una estructura carbonosa prístina para ambas temperaturas de pirólisis, con BC-450 presentando una mayor área superficial específica y volumen de poros en comparación con BC-350. El nivel de alcalinidad influyó en cómo los iones Pb^{2+} fueron retenidos o absorbidos. La medida de adsorción se ajustó a la igualdad de Langmuir con un fuerte coeficiente de asociación, según los modelos cinéticos. La energía libre de sorción para la eliminación de iones Pb^{2+} fue alrededor de 11.0 kJ/mol , indicando una sorción endotérmica. En conclusión, el biocarbón a base de coronta de maíz se considera un material prometedor para la descontaminación del agua de metales (13).

Liu Zhinyuan en el 2020, realizó el estudio “Preparación, caracterización y aplicación de carbón activado de mazorca de maíz por activación KOH para la eliminación de Hg (II) de solución acuosa”, artículo publicado en la revista “Bioresource Technology”.

En este estudio, se abordó la elaboración de carbón activado (CA) a partir de mazorca de maíz, a través de la activación con hidróxido potásico, con el propósito de explorar su eficacia como adsorbente de Hg (II) en aguas residuales. Se utilizó un

enfoque experimental, empleando distintas técnicas de evaluación para caracterizar los patrimonios físicas y químicas del CA obtenido. Investigó la velocidad de eliminación del ion mercurio en relación con los siguientes factores: pH, dosis de adsorbente, duración de la adsorción y la cantidad inicial de Hg (II). El material tenía una superficie específica de 1054,2 m² g⁻¹, según los datos. Se comprobó que la adsorción de Hg (II) por el CA de mazorca de maíz sigue la isoterma de adhesión de Langmuir y el modelo agitante de pseudo - segundo orden. Se descubrió que la tasa de eliminación de Hg (II) alcanzaba el 97,2% a los 120 minutos utilizando 20 mg L⁻¹ de CA y una concentración inicial de Hg (II) de 60 µg L⁻¹. El informe concluyó que el CA fabricado a partir de mazorcas de maíz tiene potencial como adsorbente para eliminar el Hg (II). Además, este estudio destacó el aprovechamiento de desechos agropecuarios para la elaboración de materiales de tratamiento de aguas, ofreciendo una solución ambientalmente sostenible para la contaminación por metales pesados (14).

Chaves y Franceschi, en el 2019, realizaron la tesis “Eficiencia de remoción de materia orgánica mediante carbón activado, en agua residual de la industria lechera”; para alcanzar el grado de Ingeniero Civil en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia.

Debido a su capacidad para absorber moléculas orgánicas, el objetivo de esta publicación era examinar la aplicación del carbón activado en polvo en el procedimiento de efluentes del sector lácteo. El estudio fue de diseño experimental, en el cual se recogieron muestras de agua no tratada. Se evaluaron tres variedades de carbón vegetal: una variedad artesanal fabricada a partir de hojas de mazorca de maíz y dos variedades comerciales (una de origen mineral y otra de origen vegetal). Se realizaron experimentos variando las concentraciones y la duración del contacto para examinar la eliminación de sólidos, el color y las fluctuaciones del pH. A los 180 minutos de tiempo de contacto, la cantidad de 20 g/L de carbón mineral y de carbón de mazorca produjeron los resultados más notables. El carbón vegetal comercial mostró una eficacia deficiente en la remoción del color y fue excluido del análisis. Se observó que el carbón artesanal de tusa podría ser una opción viable y potencialmente más económica para el procedimiento de aguas procedentes de plantas industriales. En

conclusión, tanto el carbón mineral como el carbón de tusa de maíz demostraron ser alternativas efectivas para la técnica utilizada (15).

Kodag et al. en el 2019 realizaron el estudio “Una revisión: la mazorca de maíz residual como adsorbente natural para el tratamiento del agua”, artículo publicado en la revista “International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research”, Vol. 6, p. 630-634.

El estudio tuvo por finalidad abordar la preocupación por el contagio del recurso hídrico debido a la presencia de elementos tóxicos, como metales pesados, colorantes y toxinas, especialmente provenientes de desechos industriales. Empleó un estudio descriptivo para examinar la eficacia de los residuos de rastrojo de maíz como absorbente para eliminar estos contaminantes del agua mediante la lectura de investigaciones publicadas. Utilizando CA de rastrojo de maíz, se trasladaron a cabo saberes comparativos de la eficacia de eliminación de varios metales pesados y otros contaminantes. La eliminación de elementos como Ni, Cr, etc empleando CA de rastrojo de maíz demostró ser muy eficaz, con el siguiente orden de aumento de la eficacia de eliminación: Ni>Cr>Fe>Zn>Pb>Cr+6>Cu. Además, se descubrió que el CA de las estufas de maíz era útil para eliminar otros contaminantes, como detergentes y colorantes. Las conclusiones del estudio dejaron claro lo rentable y eficaz que resulta tratar metales pesados y otros contaminantes del agua utilizando residuos de rastrojo de maíz como medio de adsorción, aprovechando sus propiedades naturales de filtración y su disponibilidad como material de bajo costo (16).

Medhat et al. en el 2020 realizaron el artículo “Carbones activados eficientemente a partir de mazorca de maíz para la adsorción de azul de metileno”, trabajo publicado en la revista “Applied Surface Science Advances”, Vol. 3, p. 1-8.

El propósito de esta investigación fue conocer la viabilidad del uso de la coronta de maíz para la elaboración de carbón activado (CA). Llevó a cabo un diseño experimental para examinar el impacto de dos agentes activadores diferentes, KOH y sulfato de amonio, en las propiedades de adsorción del CA resultante. Preparó CA utilizando coronta de maíz mediante activación química asistida por microondas con los dos agentes activadores mencionados. Los resultados fueron que el calentamiento

por microondas podría acortar el período de procesamiento y producir un CA de alta calidad. A una relación de impregnación de 5, el carbón activado producido por activación asistida por microondas con KOH demostró una superficie BET máxima de 492 m²/g y una capacidad adsorbida máxima de q max (333 mg/g). El modelo que simulaba una segunda disposición fue el que excelente se ajustó a los hallazgos cinéticos, mientras que el tipo de isoterma de adsorción de Langmuir ofreció una correlación más precisa para la adsorción de azul de metileno en el CA creado. Concluyó que la muestra de carbón activado activada por microondas a través de KOH puede ser utilizado para la remediación de aguas secundarios de contaminantes orgánicos con alta eficiencia y estabilidad superior (17).

Loor y Robles en el 2024 realizaron la tesis “Eficiencia del carbón activado (ca) procedente de los residuos de bambú (*bambusa vulgaris*) para remoción de contaminante del agua”; para graduarse como Ingeniera Ambiental, en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.

El estudio evaluó la efectividad de un tipo de carbón activado (CA), obtenido a partir de rastrojos de bambú, esto para la eliminación de contaminantes del agua. La indagación se realizó a través de un enfoque experimental, utilizando también métodos bibliográficos y técnicas de observación. Se establecieron cuatro tratamientos, cada uno con tres repeticiones, totalizando así 12 unidades experimentales. Se establecieron cuatro tratamientos, y se encontró que el T4 fue el más eficiente en filtración rápida (56,20% de eficiencia), mientras que el T2 fue el más eficaz en filtración forzada (64,09%). No obstante, el examen estadístico demostró que el T3 logró un desempeño superior en la mayoría de los aspectos evaluados. Los nitratos, nitritos, sulfatos y sólidos disueltos totales se eliminaron en mayor proporción. Según la investigación económica, el tratamiento más eficaz con filtración rápida fue de 444,29 dólares, pero el coste con filtración forzada fue de 535,4 dólares. En conclusión, el estudio demostró que el carbón activado (CA) de residuo de bambú es prometedor para la separación de edificadores del agua, especialmente cuando se consideran factores económicos y de eficiencia (18).

2.1.2. Antecedentes nacionales

De la Cruz y Gutiérrez, en el 2020, realizaron la tesis “Eficiencia del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes en el agua de riego Terrazas-Carapongo”; para optar el grado de Ingeniería Ambiental en la Universidad Peruana Unión.

El propósito del estudio era evaluar la eficacia de un filtro de arena que contiene nanopartículas de carbono procedentes del rastrojo de maíz para la eliminación de bacteria fecales. Se utilizó un enfoque experimental, con un diseño de estudio cuantitativo. La muestra estaba dada por muestras de agua de riego tomadas de diferentes fuentes en el Perú. El procedimiento consistía en aplicar las muestras de agua a través de los filtros de arena que habían sido preparados con nanopartículas de carbono de rastrojo de maíz. El CA de rastrojo de maíz aumentó considerablemente la capacidad de adsorción de contaminantes de los filtros de arena, como lo demuestra la eliminación media del 85% de los coliformes termotolerantes presentes en el agua de riego. Además, se comprobó que los filtros lentos que contenían carbono de rastrojo de maíz eran un método rentable y eficaz de potabilizar el agua de riego. Esto ofrecía una forma viable y duradera de reducir la contaminación microbiana del suministro de agua utilizada para la agricultura. En conclusión, los hallazgos demostraron el potencial de los desperdicios de biomasa lignocelulósica, como el rastrojo de maíz, para mejorar el agua de riego y, por tanto, apoyar la agricultura peruana y la seguridad alimentaria (1).

Bellido en el 2023 realizó la tesis “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”: para graduarse como Ingeniero Químico en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.

El propósito del estudio era determinar qué cantidad de carbón activado (CA) fabricado con cáscaras de coco adsorbe el agua contaminada con nitratos en un poblado rural. El estudio fue experimental, aplicado y de alcance explicativo. La muestra consistió en 30 litros de agua obtenida de una fuente natural. Significativamente, la asamblea de NO_3^- resultó ser inferior a 10 mg/L cuando los CA

con un contenido de CA-75% y CA-35% eliminaron el 46% y el 40% de los nitratos, respectivamente. Sin embargo, se pensó que otros materiales solubles encontrados en el agua contaminada habían interferido, contribuyendo al escaso % de eliminación. Cuando se identificaron las mejores circunstancias y se evaluó la cantidad de nitrato eliminado, se descubrió que CA-75 y CA-35 producían carbón activo con una media de 5,43 y 4,54 mg de NO₃-adsorbido por gramo, respectivamente, y que el grado de eliminación de nitrato era mayor con ellos. En conclusión, se demostró que el CA derivado de la cáscara de coco tenía capacidad para eliminar los nitratos del agua contaminada. Sin embargo, para maximizar su eficacia en entornos reales de purificación de aguas servidas, son necesarios más estudios (19).

Arteaga en el 2019 desarrolló la tesis “Tratamiento de aguas residuales mediante aplicación de carbono activado para riego de parques y jardines sector Rosa Luz, Puente Piedra, Lima, 2019”, presentado en la Universidad César Vallejo para graduarse como Ingeniero Civil, Lima.

La finalidad de esta indagación fue valorar la validez del procedimiento de aguas residuales utilizando carbón activado. Para ello desarrolló un estudio de alcance explicativo, cuantitativo y experimental. Una planta de procedimiento de aguas residuales incluyó la muestra. Se empleó observación como técnica, donde se destacan tres hallazgos principales: primero, se encontró que la eficacia del tratamiento con carbono activado fue del 85,30% para TRAT-P y del 70,34% para TRAT-G, demostrando ser más efectivo en respecto a la supresión de contaminantes. De forma similar, se descubrió que el uso de carbón activo en polvo fabricado a partir de semillas de calabaza con un tamaño molecular óptimo de mm mejoraba su eficacia en el procedimiento de aguas residuales. Por último, se comprobó que la eliminación de aceites y grasas era del 99,90% y el 99,96%, respectivamente, siendo el TRAT-P el método más eficaz. En conclusión, el tratamiento con carbono activado, especialmente utilizando polvo de tamaño adecuado, es altamente efectivo para suprimir contaminantes en aguas residuales, con TRAT-P destacándose como el método más competente (20).

Maldonado en el 2023 realizó la tesis “Eficiencia del carbón activado de endocarpio de coco, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del

Botadero Municipal de Yacucatina”; presentado en la Universidad Nacional de San Martín, para alcanzar el grado de Maestría en Gestión Ambiental, Tarapoto.

El propósito de este estudio fue emplear un residuo lignocelulósico para extraer y/o eliminar contaminantes encontrados en los lixiviados del botadero municipal de Yacucatina. Se utilizó un diseño experimental, aplicado y de alcance explicativo donde se analizó una muestra de 1 litro de los lixiviados generados en dicho botadero. Los resultados de la caracterización inicial indicaron niveles preocupantes de DBO5 (244.3 mg/L), nitratos (21.1 mg/L) y un pH elevado (8.72), excediendo los límites máximos permisibles en ciertos casos. Sin embargo, los parámetros de DQO y fosfatos se encontraron dentro de los rangos establecidos. La eficiencia del tratamiento se evaluó, siendo el ensayo N°4 el más efectivo, con remociones del 85.26% para la DBO5, 89.57% para los nitratos, 2.31% para los fosfatos y 18.58% para el pH. Se establecieron condiciones óptimas para el tratamiento, donde se aplicó carbón activado del coco, logrando hallazgos satisfactorios en la adsorción de nitratos y ajuste del pH del lixiviado. En conclusión, la indagación demostró que el carbón activado producido a partir del coco es eficiente para la eliminación de contaminantes químicos, específicamente nitratos y ajuste del pH, en los lixiviados del botadero municipal de Yacucatina (21).

Obregón en el 2019 desarrolló la tesis “Eficiencia del carbón activado de cáscara de maracuyá y endocarpio de durazno en la remoción de nitratos y fósforo total del purín, Végueta-Huaura”; para graduarse como Ingenieras Ambiental en Universidad Católica Sedes Sapientiae, Huara.

Con el fin de determinar la eficacia del carbón activado derivado del endocarpio del durazno (T2) y de la cáscara de la fruta de maracuyá (T1) para eliminar el fosfato total y los nitratos de los purines de un establo de vacas, se llevó a cabo este estudio. El estudio fue de alcance explicativo y empleo un diseño factorial sin replicación, donde la muestra de estudio consistió en el purín filtrado con diferentes dosis y tiempos de filtración de los carbones activados. De acuerdo con los hallazgos, los T1 y T2 presentaron las mayores tasas de adsorción de nitratos, con una adsorción de carbono que llegó a alcanzar 0.102 mg de nitrato y 0.051 mg de nitrato, respectivamente, y porcentajes de eliminación del 97.58%. Con una adsorción máxima

de carbono de 1.370 mg P.g-1 y 0.544 mg P.g-1, respectivamente, y porcentajes de eliminación de 81.45% y 64.66%, se demostró que los tratamientos T2 y T1 fueron los más eficaces en términos de adsorción y eliminación de fósforo total. Se concluyó que, aunque tanto el endocarpio del durazno (T2) como la cáscara de la fruta de maracuyá (T1) podrían ser sustitutos eficaces del tratamiento con purines en la eliminación de nitratos y fósforo total, el T1 sería generalmente más eficaz (22).

Portugal y Sosa en el 2023 sustentaron el estudio denominado “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”; para graduarse en la carrera de Ingeniero de Seguridad Industrial, en la Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa.

El propósito de este estudio fue hasta qué punto un sistema de filtrado de carbón impulsado a base de bagazo de caña de azúcar puede mejorar las propiedades organolépticas del agua de un pozo de pueblo. Se utilizó un diseño preexperimental, tipo aplicado y la muestra de estudio consistió en el agua presente en los pozos de la asociación. Se evaluaron dos tipos de filtros: el F1, compuesto por restrojo de caña, y el F2, que además incluía cuarzo. Los hallazgos mostraron que el filtro F1, construido con carbón activado derivado del bagazo, podía eliminar el 20,31% de las características organolépticas, mientras que el filtro F2, construido con una mezcla de cuarzo y bagazo, era capaz de eliminar el 62,74%. Además, se observó que el segundo filtro cumplía mejor los estándares permitidos, ya que redujeron la turbidez y la coloración que presentaba el agua. Concluyendo que el sistema de filtración que empleaba una combinación de restrojo de caña y cuarzo demostró ser más efectivo. Este sistema logró una mayor eliminación de parámetros organolépticos en comparación con otros métodos de filtración evaluados. Además, se observó que redujo significativamente la turbidez y la coloración del agua, lo que significó que se cumplía con normativas de calidad (23).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales domésticas

El agua doméstica residual es comúnmente conocida como aguas servidas, poseen su origen en actividades rutinarias de las personas, que son descargada mediante sistemas de

alcantarillas o al aire libre. Su composición manifiesta características fisicoquímicas y biológicas, que no le brindan la potabilidad para el consumo del ser humano; por ello, necesita un tratamiento específico. Las características se basan en la determinación o identificación de elementos como el olor, temperatura, color, turbiedad, pH, etc. De esta forma, estas aguas hacen referencia a los que son usados para fines domésticos como baños, lavanderías, cocinas, etc.; es decir, son residuos de las personas que llegan a las alcantarillas a través de los drenajes y tubos de las casas, comercios, instituciones, etc. Las personas usualmente son las que introducen la contaminación en fuentes de agua potables, alterando la potabilidad del agua; además de que utilizan este recurso, para diversos procesos industriales que lo contaminan de forma aún más grave (24).

A. Características físicas y químicas

- Olor: Es una característica necesaria para conocer la existencia de gases dispersos en la descomposición de elementos orgánicos, donde el agua residual tiene un color particular por el sulfuro de hidrógeno debido a la reducción de sulfatos por los microorganismos (24).
- Temperatura: Es un aspecto específico, porque las aguas contaminadas poseen una temperatura mayor de las no contaminadas, por una actividad bioquímica mayor de los microorganismos; asimismo, es un rango importante porque afecta en el crecimiento de organismos acuáticos porque el oxígeno posee menor solubilidad en este tipo de aguas contaminadas (24).
- Densidad: Es la cuantía de masa por mecanismo de volumen en Kg/m³, se utiliza como opción para conocer el peso específico residual que se obtiene la diferencia entre la densidad del agua potable y residual; esto es de acuerdo a la temperatura y la concentración de los sólidos (24).
- Turbiedad: Proceso que especifica la calidad de agua reducida por la relación de la elemento coloidal y residual suspendida. El cálculo se realiza por técnicas prácticas-físicas, esta característica es necesaria porque los elementos coloidales dispersadas en las fuentes de agua que absorbe la luz, impiden la transmisión, en el que existe una variación proporcional que es relacionado a la turbiedad y concentración de sólidos (24).

- Contenido de sólidos: Este término describe la gama de partículas visibles y coloidales presentes en esta masa líquida. La mayoría de estas partículas están formadas por materiales orgánicos, como celulosa, fibras, quinina y carbohidratos (24).
- Sólidos totales: Son los restos posteriormente de la evaporación a una temperatura de 105° C, durante 24 horas (24).
- Color: Es debido a la existencia de sólidos en recursos hídricos; el color verde se origina por el resultado de elementos coloidales y disueltos; asimismo, es una característica que evidencia las sustancias vertidas en las fuentes de agua (24).
- Distribución de partículas. La distribución varía dependiendo de su magnitud. Las sustancias disueltas tienen un tamaño menor a 0,08 micrómetros, mientras que las partículas coloidales tienen un tamaño que va desde 0,08 hasta 1,0 micrómetros (24).
- PH. La acidez o alcalinidad de una fuente de agua consigue deducirse de la concentración de iones de hidrógeno que contiene. Se mide utilizando un grado numérico de 0 a 14, siendo 7 el valor neutro. La alcalinidad se indica con números superiores a 7, mientras que la acidez se indica con valores inferiores a 7. Esta medida es crucial para averiguar lo básica o ácida que es el agua, ya que esto puede afectar a la idoneidad del recurso para distintas aplicaciones y a su calidad general (24).
- Conductividad eléctrica: Son condiciones favorables que posee el agua para conducir la electricidad, que involucra iones dentro de fuentes de agua; asimismo, estos valores se pueden usar para analizar las sales concentradas en el agua; de esta forma, el valor máximo debe tener ($\mu\text{S}/\text{cm}$) para cumplir con las normas (25).
- Demanda bioquímica de oxígenos: Es la característica que realiza la oxidación por la acción de agentes químicos en un medio de elementos ácidos y que presenta catalizadores inorgánicos; de esta forma, los valores de la

bioquímica de oxígenos indica la clase de contaminación evidenciada de acuerdo a $DQO < 0.2$ indica la presencia de materiales inorgánicos y poco biodegradables, $DQO > 0.4$ indica que el material vertido es bio degradable, $DQO > 0.65$, que evidencia material orgánico y biodegradables en fuentes hídricas (26).

- Fósforo: Elemento presente en aguas superficiales por el saneamiento, siendo uno de los elementos principales para la eutrofización del agua. Además, las clases de este elemento ingresan en aguas superficiales a través de las fuentes hídricas residuales domésticas y los riesgos agrícolas, que genera un desarrollo de algas; para que cumpla con la calidad especificada, no debe poseer un valor que sobrepase a 0.1 mg/L (25).

B. Características inorgánicas

- Nitratos: Compuestos con tres átomos de oxígeno y uno de nitrógeno. Son un tipo típico de nitrógeno que se halla en el suelo, el agua y la ambiente. Dado que los nitratos pueden ser absorbidos por las raíces y utilizados como nutrientes, son principales para el progreso de las plantas. (24).
- Sulfatos: Son elementos solubles que provienen de la oxidación de bacterias de sulfuros; además, la concentración se define entre 20 y 50 mg/l (24).
- Cromo: Es encontrado de forma natural, pero en aguas residuales con metales contaminantes que generan complejos aminados, cianurados y de la estabilización de otros elementos como sales amoniacas, cloruros, nitratos, sulfatos que originan un grado alto de toxicidad (24).
- Hierro: El hierro está presente en las aguas excedentes oriundos de la elaboración de acero y otros compuestos trivalentes en las aguas superficiales; la solubilidad del hierro varía en función del pH y del redox del agua; las concentraciones superiores a 0,3 mg/L se consideran dentro de los límites reglamentarios (25).

- Cloruro: Su presencia se realiza debido a la mezcla de la acumulación de minerales, que vienen de distintos vertederos de industrias y fuentes domésticas; y puede ser tomado como indicador para identificar la contaminación de tipo microbiológico de patógenos tóxicos (24).
- Calcio: El calcio es un elemento metálico que tiene la capacidad de unirse con otros elementos para formar sales solubles. La presencia y la cantidad de estas sales están asociadas con el nivel de mineralización, es decir, la cantidad de minerales presentes en un determinado material, como los huesos o los dientes (24).
- Zinc: Está presente en aguas superficiales y subterráneas es inusual, se encuentra de forma inorgánica, coloidal e iónica, que en grandes proporciones generar turbidez, por ejemplo; el vertimiento de aceites de motores, pilas, etc. (24).
- Plomo: Es un elemento que no es tan relevante en la naturaleza, distribuida en mínimas cantidades y concentraciones en sedimentos rocosos y suelos sin contaminación; pero es un elemento toxico para especies vegetales y acuáticos, sus parámetros no deben ser mayores a los 0.01 mg/L para cumplir con la norma (25).
- Manganeso: Es un metal común que se halla en rocas y suelo, como óxidos e hidróxido, su evaluación es importante para identificar metales trazas que están presentes en fuentes de agua, se selecciona para evaluar su presencia; mientras, los valores no pueden ser mayor a 04 mg/L para ser considerada dentro de la norma (25).
- Arsénico: Es un metal pesado que se encuentra en agua natural, que se origina por el uso de insecticidas y las industrias; de acuerdo al ANA, este elemento se puede encontrar en cuencas hidrográficas por su aporte litológico; asimismo, la actividad minera vierte cantidades significativas de arsénico en las fuentes de agua, y su presencia no puede poseer un valor mayor de 0.01 mg/L (25).

C. Características microbiológicas

- Coliformes termotolerantes: Elementos fecales y está presente en cuerpos de agua superficiales por los vertidos domésticos por el inapropiado tratamiento de residuos sólidos en ríos y cauces, y el valor no debe sobrepasar 20 NMP/100 ml para ser considerado dentro de la norma (25).
- Coliformes totales: Son organismos como los bacilos de gramnegativos aerobios, no esporulados, que fermentan la lactosa en un intervalo de 48 horas a 35 °C; este conjunto está conformado por: *Enterobacter*, *Escherichia*, *Citrobacter* y *Klebsilla*. Además, los coliformes totales involucra a los coliformes de cualquier tipo de origen e indica su nivel de contaminación y este no debe ser mayor a 50 NMP/100 ml.

2.2.2. Coliformes

Son indicadores que miden la contaminación del agua y los alimentos. Asimismo, son bacterias Gram negativas, poseen la cabida de fermentar la lactosa como fuente de carbono; de esta manera, los coliformes se desarrollan en temperaturas desde el 35° a 37° por 48 horas; se manifiesta mediante contaminación de tipo fecal. Esta categoría de coliformes incluye a la bacteria *Escherichia coli*; que se hace presente a una temperatura de 44°C, siendo un indicador de contaminación. Para conocer la cantidad de este, se elabora el método de Número más Probable (NMP), y se usa la técnica de filtración por membranas (27).

Asimismo, son microorganismos Gram negativos que se ubican en el intestino de mamíferos y aves; cuyo aspecto importante es la fermentación de la lactosa a 35°C. Los grupos dentro de los coliformes son: *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia Serratia*, *Edwadsiella*; puede estar dentro como saprófitas, de origen fetal. Esto tiene una diferenciación entre coliformes termotolerantes y totales, que poseen la fermentación a 44.5°C. Los coliformes totales se desarrollan a temperaturas mayores a 35°C, y la presencia de este, es señal de contaminación; además, los enterococos son utilizados como medidores adicionales de contaminación de tipo fecal (2).

La definición de los coliformes, por los primeros microbiólogos que estudiaron estos fenómenos; son las bacterias que aumentan su volumen en temperaturas mayores de 37°C, cuando está en presencia de sales de tipo biliar; además, producen ácidos y gas que se originan desde la fermentación de la lactosa. Asimismo, su origen se desarrolla de materia fecal humana y se definen como parte de *Enterobacteriaceae*, poseen el gen que cambia la elaboración de b-galactosidasa. El género *Aeromona* puede copiar coliformes cuando se producen pruebas de laboratorio de tipo estándar (28).

2.2.3. Coliformes termotolerantes

Los coliformes termotolerantes son un grupo de bacterias, que están presentes en el intestino de algunos ganados; asimismo, la existencia de coliformes fecales poseen un principio característico en equiparación de los coliformes totales. Por otro lado, se consideran como un factor definido de material fecal de humanos y animales; de esta manera a los coliformes fecales son denominados como coliformes termotolerantes por su capacidad de desarrollarse en temperaturas muy altas; asimismo, posee las características de proliferación debido a la humedad, temperaturas altas, materia orgánica, pH del agua y otros aspectos presentes en los intestinos. Por otro lado, en fuentes de agua con presencia de agentes vegetales existen estas bacterias de tipo endógeno, y se pueden reproducir mediante biopelículas en las tuberías de agua potable. Asimismo, los coliformes termotolerantes son evaluados mediante la eficiencia de una PTAR (27).

A. *Escherichia Coli*

Se presenta en elevadas concentraciones de materia fecal de las personas, convirtiéndose en un indicador del contagio, usada por las autoridades. La MS dice que no se puede encontrar estos patógenos en muestras mayores de 100 ml de agua potable (2). Asimismo, es una especie dispersa que se considera dentro de tres subconjuntos; las cepas colonizan el colon del individuo y generan una enfermedad extraintestinal, estos pueden causar síntomas diarreicos; pero no causan infecciones extraintestinales. Sin embargo, tienen una capacidad única para entrar y sobrevivir en sitios extraintestinales normalmente estériles del cuerpo y causar enfermedades

cuando lo hacen. Las cepas ExPEC son la principal causa de infecciones extraintestinales humanas por *E. coli* (29).

Los dos principales subconjuntos clínicos o patotipos de *E. coli* (comensal, y ExPEC) pueden distinguirse mediante un análisis comparativo del genoma. Aunque comparten un conjunto de genes que es común a todas las *E. coli*, es decir, el genoma central de *E. coli*, los dos patotipos difieren según la presencia/ausencia de múltiples rasgos, los llamados accesorios, que son prescindibles para el crecimiento vegetativo, pero determinan los comportamientos clínicos distintivos de las cepas. Los dos patotipos también tienden a segregarse dentro del árbol filogenético de *E. coli*, con ExPEC ocurriendo principalmente en los grupos B2 y D y cepas comensales y diarreogénicas en otros grupos (29).

B. Remoción de coliformes termotolerantes

Un método inventivo de procedimiento de aguas residuales denominado electrocoagulación utiliza una corriente eléctrica que se aplica a electrodos compuestos de distintos materiales. Los iones del agua son disueltos por la corriente eléctrica a lo largo del proceso, creando coagulantes que conducen a la afluencia de las partículas contaminantes en el suministro de agua. Como resultado, se forman flóculos más estables, lo que facilita su sedimentación o flotación posterior cuando las potencias de afinidad prevalecen a las de repulsión. Se ha observado que este procedimiento alcanza una sorprendente eficacia de eliminación del 99,63% para los coliformes termotolerantes, muy superior a la eficacia de eliminación de otras técnicas estándar como la DBO2 (30).

2.2.4. Carbón activado (CA)

El carbón activado (CA), es una forma áspera y estructurada imperfectamente de grafito. Tiene un amplio espectro de poros de tamaños variables, desde fracturas y fisuras evidentes hasta dimensiones moleculares. De acuerdo a su espacio superficial significativa, el CA usa con frecuencia para una variedad de propósitos, incluida la eliminación de impurezas del aire y el agua. Los poros pequeños y de bajo volumen que están presentes en el CA mejoran el área superficial que está disponible para reacciones químicas como la adsorción (31).

A. Estructura del Carbón Activado (CA)

Presenta una estructura fundamental que influye significativamente en su capacidad para absorber sustancias. Cotejado con el grafito puro, el CA tiene una estructura química básica muy similar, con capas de hexágonos fusionados mantenidas fusionadas por enlaces fuerzas de Van Der Waals. Sin embargo, difiere del grafito en términos de la diferencia entre capas, siendo de 0,34 a 0,35 nm en el CA y 0,33 nm en grafito. Se clasifica en variedades grafenizantes y no grafenizantes según su capacidad para formar grafito, con la presencia de enlaces carbono-carbono que mantienen unidas las capas (31). La estructura final del carbón, incluyendo su estructura porosa, está influenciada principalmente por la materia prima, es decir la procedencia, también del proceso de fabricación. La Figura 2 muestra varias formas de fuentes crudas que son la materia inicial para formar los carbones.



Figura 2. Fuentes crudas del carbón.

Nota. Tomado de “Activated Carbon: Fundamentals, Classification, and Properties”, por Ganjoo, 2023, p. 3.

La estructura de los CAs ha sido objeto de controversia durante mucho tiempo, con diversos modelos propuestos para describirla. Recientes investigaciones utilizando microscopía electrónica de transmisión corregida por aberración sugieren que la estructura de los CAs consiste en anillos heptagonales y pentagonales similares a la estructura de los fullerenos. La estructura porosa y las propiedades útiles de los adsorbentes carbonáceos también se ven perjudicado por la estructura de la materia

prima, lo que resalta la importancia de seleccionar adecuadamente el material y el procedimiento de producción (31).

La utilización de residuos de biomasa para la fabricación de CAs podría tener beneficios económicos y ambientales significativos. Investigaciones han demostrado la viabilidad de producir CAs a partir de diversos recursos derivados de biomasa mediante la activación con KOH. Estudios detallados de la estructura porosa y las características de adsorción de los carbones derivados de biomasa han revelado un gran potencial para la producción de CAs con alta capacidad de adsorción y espacio específico significativo. Esto podría ser especialmente relevante en sectores como la industria maderera y la agricultura, donde existen grandes cantidades de residuos de biomasa disponibles (31).

B. Activación del carbón

La formación o fabricación del carbón activado (CA) implica la utilización de diversos subproductos industriales y materiales de desecho, destacando su papel en la gestión sostenible de recursos. La activación, el proceso a través del cual el carbón activado adquiere sus propiedades únicas, se lleva a cabo mediante medios físicos y químicos (31).

a) La activación química

Este tipo de activación es la más económicamente viable, destaca por sus temperaturas de activación más bajas, tiempos de procesamiento reducidos y mayor eficiencia de carbono en comparación con su contraparte física. Además, el método de activación química fomenta el desarrollo de estructuras porosas más intrincadas dentro del carbón activado, mejorando su eficacia en una miríada de aplicaciones (32).

Varios productos químicos se emplean como activadores potenciales en la fabricación de CA, incluyendo hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, cloruro de calcio, carbonato de potasio, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, sales metálicas intermedias como el cloruro de zinc y otros agentes activadores. Estos compuestos desarrollan un papel importante en el procedimiento de la activación, conociendo las propiedades totales del carbón activado (32).

La aceleración con ácido fosfórico destaca por su menor impacto ambiental y toxicológico en comparación con el cloruro de zinc, además de requerir una temperatura de activación más baja que el hidróxido de potasio. Sin embargo, la activación con hidróxido de potasio suele ofrecer mejores resultados en términos de área superficial y rendimiento en diversas aplicaciones. Aunque el hidróxido de sodio es más económico y menos perjudicial que el hidróxido de potasio, este último demuestra una superioridad evidente en aplicaciones industriales y en la eficiencia de absorción del carbón activado (32).

Las sales de metales alcalinos se emplean mediante dos métodos fundamentales: mezcla física e impregnación, en la activación del carbón activado. La comparación entre estos dos enfoques ha demostrado que el carbón activado producido por mezcla física exhibe una estructura más porosa y un volumen de poros mayor que el obtenido por impregnación. A pesar de la abundancia de investigaciones sobre la eliminación de contaminantes con carbón activado, pocos estudios han contrastado el desempeño de diferentes factores de activación en la producción de carbón activado usando diversos precursores primarios (32).

Diversos elementos influyen en el proceso de activación del CA, lo que pone de relieve la escasez de realizar numerosas investigaciones para mejorar la comprensión del mecanismo de adsorción y aumentar el aforo de adsorción de contaminantes mediante la rutina de carbón activado procedente de diversos tamaños mundiales. Para que el CA tenga más éxito como agente purificador en diversas aplicaciones industriales y medioambientales, es necesario realizar más estudios para optimizar los procesos de activación (32).

b) La activación física

La activación física es una técnica empleada para generar carbón activado, desde materiales de origen mediante la aplicación de gases calientes. Durante este procedimiento, los gases son eliminados mediante la ayuda de aire, dando como resultado una forma refinada y pulida de carbón activado (31). Este proceso implica una serie de etapas, las cuales son ejecutadas para llevar a cabo la activación física, como se desarrolla en la *Figura 3*.

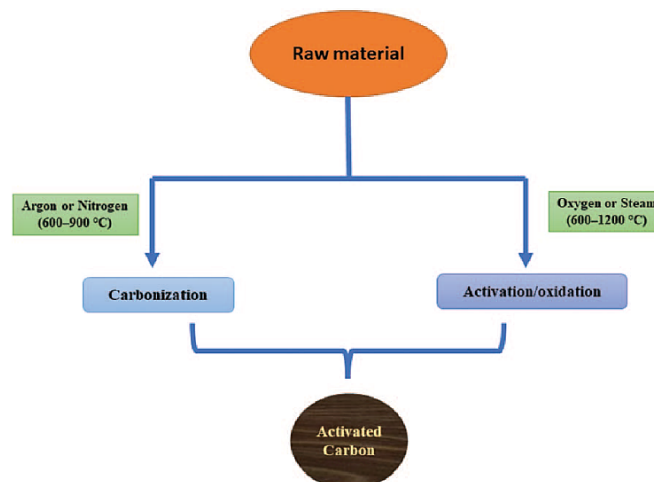


Figura 3. Activación física.

Nota. Tomado de “Activated Carbon: Fundamentals, Classification, and Properties”, por Ganjoo, 2023, p. 5.

Durante la fase de carbonización, el material con contenido de carbono experimenta pirólisis en presencia de gases inertes como argón y el nitrógeno, a temperaturas típicamente entre 600 y 900 grados Celsius. Este proceso es fundamental ya que descompone el material y da lugar a la formación de una estructura elemental de carbón (31).

Posteriormente, en la etapa de activación u oxidación, el basto carbonizado se exhibe a una atmósfera oxidante, como vapor de agua u oxígeno, a temperaturas que suelen estar entre 600 y 1200 grados Celsius. Durante esta fase, el carbón activado se activa térmicamente para desarrollar una mayor área de superficie y porosidad, lo que aumenta su capacidad de adsorción (31).

C. Tratamiento de aguas residuales con carbón activado

a) Tratamiento con carbón activado en polvo (PAC)

En un sistema alternativo de aplicación, se agrega carbón activado en polvo al efluente de procedimiento de tratamiento biológico o a las unidades de tratamiento, o se incluye en los diagramas de flujo de procesos físico-químicos. Cuando se añade al efluente, se coloca en un tanque de contacto donde se deja sedimentar durante un tiempo determinado antes de extraer el agua a tratar. Dado que el carbón es muy fino,

puede ser necesario usar un coagulante o realizar filtración en un filtro de arena para facilitar su eliminación (33).

Se ha demostrado que la adición directa de carbón impulsado en polvo al tanque de ventilación es un método eficaz para disminuir los compuestos orgánicos refractarios solubles. Este método facilita la adsorción de compuestos orgánicos difíciles de manejar mediante la introducción directa de carbón impulsado en polvo en el proceso de aireación. Se ha demostrado que el uso de esta técnica para reducir la cuantía de edificadores orgánicos persistentes en el agua puede mejorar su calidad (33).

b) Tratamiento con carbón activado granular (GAC)

Por otro lado, el carbón activado granular (GAC) se presenta en forma de gránulos más grandes y uniformes. Estos gránulos se utilizan comúnmente en puntales de lecho fijo o lecho móvil, donde el agua pasa a través de ellos para la expulsión de contaminantes. Las columnas de flujo descendente, como se observa en la *Figura 4*, son una opción popular para el tratamiento terciario, donde el agua se desplaza hacia abajo a través del lecho de GAC. Este tipo de configuración permite una mejor eficiencia en la supresión de contaminantes, ya que el agua tiene más tiempo de contacto con el carbón activado (33).

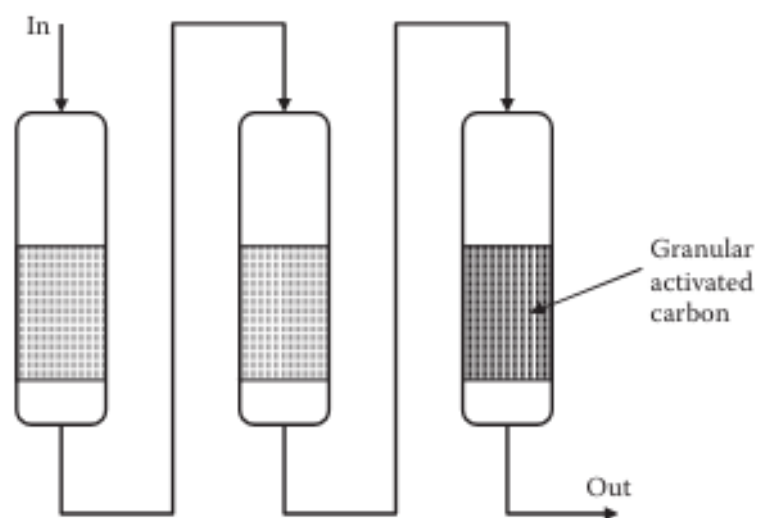


Figura 4. Contactor de carbón activado de flujo descendente en serie.

Nota. Extraído de “*Fundamentals of wastewater treatment and engineering*”, por Riffat, 2013, p.312.

Las columnas de GAC pueden limpiarse mediante contra lavado, un proceso que compromete el paso de agua en sentido contrario a través del lecho de carbón para eliminar los sólidos acumulados y limitar la carga. Cuando la capacidad de adsorción del GAC se agota, puede regenerarse aplicando calor bajo condiciones controladas para eliminar los contaminantes adsorbidos. Sin embargo, en algunos casos, la columna de GAC debe desecharse como residuo peligroso y reemplazarse por una nueva, especialmente si el carbón está contaminado con compuestos tóxicos o peligrosos (33).

D. Adsorción con carbón activado

El empleo de carbón activado en la causa de adsorción se emplea como una medida terciaria para eliminar compuestos orgánicos resistentes y diversos compuestos inorgánicos, como sulfuros, nitrógeno y metales pesados. Los compuestos orgánicos refractarios son resistentes a la biodegradación y, por lo tanto, permanecen en el efluente secundario. Cuando estos incluyen contaminantes químicos de preocupación, la adsorción con carbón activado puede usarse para eliminarlos. La adsorción con carbón también se utiliza cuando se reutiliza el agua residual. El pretratamiento del agua residual mediante filtración con medios granulares y cloración generalmente se realiza antes de la adsorción con carbón para optimizar la eficiencia del proceso (33).

La indagación en el ejido de la adsorción ha experimentado un notable impulso gracias al uso extendido del carbón activado. Este material, ampliamente estudiado, ha sido objeto de numerosos análisis y experimentos para comprender su eficacia en la contracción de edificadoras presentes en diversos espacios de agua. Uno de los aspectos fundamentales de esta investigación ha sido la síntesis del carbón activado, un proceso que ha sido meticulosamente descrito a lo largo de numerosos estudios. La síntesis implica el uso de una variedad de precursores que son sometidos a procesos de carbonización, así como activación química y física, con el fin de lograr las propiedades deseadas en el carbón activado final (34).

Los resultados obtenidos de estos procesos de síntesis han demostrado consistentemente que el carbón activado generado posee un área superficial amplia y

una porosidad más desarrollada en comparación con otros materiales similares. La gran superficie de su estructura porosa lo hace increíblemente eficaz para adsorber los contaminantes de las fuentes de agua. Las pruebas han comprobado su eficacia, verificando que el carbón activado resultante puede eliminar una serie de contaminantes presentes en las aguas excedentes, contribuyendo así a la purificación del agua y a la preservación de la salud medioambiental (34).

Además de los resultados empíricos de las pruebas de adsorción, se han elaborado análisis más detallados para comprender mejor los mecanismos subyacentes del proceso de adsorción. Esto incluye la evaluación de datos de equilibrio y cinéticos, que se han modelado bajo diversos enfoques para determinar la mejor manera de describir y predecir el comportamiento de la adsorción. Estos modelos han permitido conocer los factores clave que se relacionan en la eficacia de la adsorción, lo que a su vez ha facilitado la optimización del proceso y el diseño de sistemas más eficientes para la supresión de contaminantes del agua (34).

2.2.5. Tusa de maíz

El maíz, un elemento necesario en la dieta de la población latinoamericana, científicamente conocido como *Zea mays*, produce diversos desechos durante su consumo, incluyendo la parte que rodea los granos que se conoce como tusa del maíz. El residuo poroso de la planta conocido como rastrojo de maíz posee cualidades de adsorción inherentes que pueden mejorarse mediante activación química o física. Esta estructura, tiene un contenido óptimo de carbono, lo que la convierte en un predecesor perfecto para la síntesis de carbón activado (35).

El rastrojo (tusa) de maíz cumple una serie de requisitos importantes, lo que lo convierte en una opción sumo para producir carbón activado. Esta materia prima ofrece una notable cantidad de carbono estable, lo que resulta crucial para la efectividad del proceso. Además, posee una baja proporción de materia volátil, lo que contribuye a la estabilidad del producto final. Su alta densidad de empaquetamiento es esencial para obtener una estructura porosa óptima para la adsorción de contaminantes. También su escasa cantidad de cenizas minimiza las impurezas en el producto final, asegurando así su eficacia en diversas aplicaciones industriales y ambientales (35).

Tabla 2. *Análisis proximal de la tusa de maíz*

Descripción	Valores
Precursor	TMO (tusa de maíz después del proceso de molienda y secado)
Humedad	12.4%
Materia volátil	75.6%
Cenizas	3.5%
Carbono fijo	8.5%

La *Tabla 2* proporciona un análisis proximal de la tusa de maíz realizado en el estudio de Fonseca, donde se muestra sus componentes principales en términos de comisión de humedad, materia volátil, cenizas y carbono fijo. En el caso de la tusa de maíz se observa que tiene un contenido de humedad del 12,4%, lo que indica el conjunto de agua actual en la muestra. El porcentaje de materia volátil es del 75,6%, lo que sugiere la proporción de compuestos orgánicos que pueden evaporarse cuando la muestra se calienta a altas temperaturas (35).

El contenido de cenizas es del 3,5%, lo que representa los residuos inorgánicos que son restos luego de la combustión completa de la muestra. Por último, el carbono fijo, que representa la porción de carbono aún presente en la muestra una vez eliminados la humedad, la materia volátil y las cenizas, constituye el 8,5% restante. Para comprender el potencial del rastrojo de maíz como precursor en la creación de carbón activado, es imprescindible conocer los datos básicos sobre su composición y características (35).

2.2.6. Carbón activado de tuza de maíz

El carbón activado de tuza de maíz es un material poroso generado desde la piña o coronta del maíz que ha sido sometida a un proceso de carbonización y activación. Este proceso implica exponer la coronta de maíz a altas temperaturas en ausencia de oxígeno para convertirla en carbono y luego activarla mediante tratamientos químicos o térmicos para aumentar su porosidad y área superficial. El carbón activado resultante tiene una estructura altamente porosa con una gran cantidad de sitios de adsorción, lo que le confiere propiedades únicas de adsorción de contaminantes químicos, gases y compuestos orgánicos presentes en diferentes medios, como el agua (12).

A. Procedimiento de obtención de CA de tuza de maíz

a) Troceado y Carbonización:

El troceado a un tamaño reducido es un paso crucial para garantizar una mayor uniformidad en el material y una mejor eficiencia en los procesos posteriores. Al reducir la tuza a un tamaño mínimo, se facilita su manipulación y se incrementa la superficie de contacto, lo que mejora la eficacia de la carbonización y la activación. La carbonización es un proceso controlado que transforma la materia orgánica de la tuza de maíz en carbono sólido. Este paso se lleva a cabo en un horno de tipo mufla para garantizar condiciones óptimas de temperatura y atmósfera, siendo 500°C por un tiempo de 15 minutos lo esencial para evitar reacciones no deseadas durante la activación, asegurando así la estabilidad del proceso (36).

b) Lavado:

Este procedimiento es crucial para eliminar el color residual que queda atrapado en los poros del carbón. La eliminación completa de estas impurezas asegura que el carbón esté en óptimas condiciones para su uso, maximizando su eficacia y garantizando resultados precisos en las aplicaciones que se le dará. Para llevar a cabo el proceso, primero se coloca el carbón en un vaso de precipitados y añade agua destilada. Se calienta la mezcla hasta que el agua hierva, y luego se realiza el proceso de decantación repetidas veces (36).

c) Activación Física – Térmica:

Este paso final es fundamental para garantizar que el carbón activado esté completamente libre de contaminantes y listo para su uso. La exposición prolongada a temperaturas mayores a 900 °C asegura que cualquier resto de impurezas o contaminantes residuales sea eliminado, dejando el carbón en su estado óptimo para aplicaciones que requieren alta pureza y eficacia (36).

2.3. Definición de términos básicos

- **Agua:** Sustancia química que se compone por átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, necesaria para el desarrollo y supervivencia de cualquier ser vivo (25).

- **Adsorción.** El empleo de CA en el proceso de adsorción se emplea como una medida terciaria para eliminar compuestos orgánicos resistentes y diversos compuestos inorgánicos, como sulfuros, nitrógeno y metales pesados (33).
- **Aguas residuales domésticas:** Es el agua doméstica residual que es comúnmente conocida como aguas servidas, poseen su origen en actividades rutinarias de las personas (24).
- **Activación química:** Este tipo de activación es la más económicamente viable, destaca por sus temperaturas de activación más bajas, tiempos de procesamiento reducidos y mayor eficiencia de carbono en comparación con su contraparte física (32).
- **Activación física.** La activación física es una técnica empleada para generar carbón activado, desde materiales de origen mediante la aplicación de gases calientes. Durante este procedimiento, los gases son eliminados mediante la ayuda de aire, dando como resultado una forma refinada y pulida de carbón activado (31)
- **Calidad hídrica:** La calidad del agua es una agrupación de concentraciones, aspectos químicos y físicos que generan característico de cuerpo de agua (37).
- **Carbón activado de tusa de maíz:** Tras someterlo a un procedimiento de carbonización y activación, el material poroso se extrae de los granos de maíz o piña (12).
- **Carbonización de la tusa de maíz:** La carbonización es un proceso controlado que transforma la materia orgánica de la tusa de maíz en carbono sólido (35).
- **Coliformes termotolerantes:** Los coliformes termotolerantes son un conjunto de bacterias, que están presentes en el intestino de algunos animales y personas (24).
- **Evapotranspiración:** Proporción de agua que retorna a la atmósfera después de las lluvias y proviene desde la tierra, ríos, lagunas, transpiración vegetal, etc. (38).

- **Materia fecal:** Se originan en el aparato digestivo de los seres vivos, están compuestas por alimentos que no fueron digeridos, células del intestino, etc. (39).
- **Molienda de la tusa del maíz:** La molienda a un tamaño de partícula específico es un paso crucial para garantizar una mayor uniformidad en el material y una mejor eficiencia en los procesos posteriores (35).
- **Remoción de coliformes termotolerantes:** Es la eliminación de bacterias presentes en fuentes de agua contaminadas, se puede realizar mediante procedimientos como: Cloración de choque, ionización, desinfección continua, luz ultravioleta, etc. (40).
- **Sólidos en suspensión:** Son depósitos de fango que se originan debido a la evaporación de fuentes de agua contaminadas (41).
- **Tusa del maíz:** Un residuo poroso que se extrae de la planta llamado tusa o rastrojo de maíz tiene cualidades adsorbentes inherentes que pueden mejorarse mediante activaciones químicas o físicas (35).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

El método general de esta investigación es Hipotético –Deductivo. Según Cegarra (2004), es un método para solucionar conflictos planteados; consiste en la emisión de hipótesis respecto las posibles alternativas de solución al conflicto planeado y comprobar la información que está involucrada (42). En este estudio este método permitió ir de formulación de supuestos para luego probarlos a partir de los hallazgos del estudio.

3.1.2. Método específico de la investigación

El método específico fue experimental. Según Bernal (2004), esta investigación desarrolla una acción y posteriormente las consecuencias son observadas; es decir, se manipula las variables de estudio para generar un resultado de acuerdo a tema desarrollado; ya que dicha investigación tiene una unidad conceptual y operativa, según el problema definido, se puede observar diferencias entre sus tipos (43). En la investigación, este método permitió realizar ensayos para la determinación de los diferentes parámetros, antes y después del método, relacionados al tratamiento de las aguas residuales.

3.1.3. Tipo de la investigación

La investigación fue de tipo aplicada. Según Bernal (2004), se enfoca en los hallazgos que involucran la solución de conflictos específicos o sociales por su practicidad; donde el problema está delimitado y es determinado por el indagador, por lo que se utilizó la investigación para responder algunas interrogantes (43). Su motivación fue la resolución de los problemas; de esta forma, este estudio solucionó el problema mediante la aplicación de carbón activado de tusa de maíz con fin de remover los coliformes termotolerantes de las aguas residuales domésticas.

3.1.4. Nivel de la investigación

La investigación es de nivel Explicativo. Según Hernández (2014), la investigación de este tipo se enfoca en asociar variables y conocer el grado de asociación en un contexto particular, es decir, enfocó dos o más conceptos, categorías o variables, con relación a las características de aplicación propia del tratamiento no convencional (44). Asimismo, se centró en explicar la ocurrencia de una situación y las condiciones que se muestran. El estudio desarrolló el propósito de analizar la asociación que existe entre la cabida de remoción de carbón movido de tusa de maíz en coliformes termotolerantes presente en aguas residuales domésticas y explicar cómo se manifiesto (causa- efecto).

3.2. Diseño metodológico de la investigación

El diseño de investigación fue experimental. Según Bernal (2004) necesita la manipulación intencional de variables para evaluar sus consecuencias (43); de esta forma, en este informe se desarrolla la aplicación de carbón activado de tusa de maíz en las aguas residuales del Centro Poblado Huamanmarca para la remoción de coliformes termotolerantes.

El tipo diseño de investigación fue pre experimental, porque presenta un control bajo de las variables y no desarrollan asignación de tipo aleatorio de la muestra de estudio (43). En este estudio existe manipulación de la variable independiente, donde incluye prepruebas y pospruebas. Se aplicó 3 cantidades diferentes de carbón activado (30g, 40g y 50g) en 3 tiempos diferentes (5 min, 10 min y 15 min) para evaluar el proceso del tratamiento experimental.

Ge: O1 X O2

DONDE:

Ge: GRUPO EXPERIMENTAL

O1: CONCENTRACION INICIAL

O2: CONCENTRACION FINAL

X: CARBÓN ACTIVADO DE TUSA DE MAÍZ

La determinación del carbón activado de tuza de maíz sigue un proceso sistemático que consta de 3 pasos:

- Troceado y Carbonización: La tuza de maíz se reduce a un tamaño de 5 cm mediante un proceso de troceado. Posteriormente, se seca a una temperatura de 500 °C durante 15 minutos, lo que da como resultado una muestra inicial denominada carbón.
- Lavado: Se coloca el carbón dentro de un vaso precipitado y se le añade agua destilada. Después, se lleva a ebullición y se realiza el proceso de decantación 7 veces para eliminar el color residual que se encuentran en los poros del carbón.
- Activación Física - Térmica: El carbón limpio se ingresa nuevamente a la mufla para someterse a 900 °C durante 8 horas, en última instancia, el carbón activado queda completamente desembarazado listo para su utilización.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población del estudio es un conjunto de factores que se caracterizan por poseer los mismos aspectos que involucran el objetivo de la indagación (44). En la investigación, la población fue las aguas residuales originadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024 con concentraciones altas de coliformes termotolerantes.

3.3.2. Muestra

La muestra es un conjunto de elementos que poseen características en común; además, es un subgrupo que tiene una diferenciación particular (44). Para este estudio, la delimitación de la muestra fue en un entorno no probabilístico “asistido” para el estudio según Hernández Sampieri, debido a que no se dieron parámetros de muestreo en correspondencia al azar en términos técnicos, es decir el muestreo se basó en el proceso de toma de decisiones del investigador, considerando las razones asociadas con las particularidades del estudio. La muestra se constituyó en 20 L de agua residual

domestica originadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024, de la cual, para los experimentos, se tomó 250 mL de agua residual doméstica a cada ensayo.

3.4. Técnicas e Instrumentos de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se llevó a cabo siguiendo los lineamientos generales del “Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales”, aprobado mediante la Resolución Ministerial N.º 273-2013-MINAM, adaptándolo a las necesidades del estudio.

Para la obtención de los datos, se realizó la toma de muestra en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Centro Poblado Huamanmarca – 2024, bajo condiciones controladas para evitar alteraciones en la calidad de la muestra. Se utilizó un recipiente esterilizado para la recolección, asegurando que no se introduzcan contaminantes externos que puedan comprometer los resultados. Posteriormente, la muestra fue transportada al laboratorio manteniendo las condiciones adecuadas para su análisis. En el laboratorio, se aplican los procedimientos experimentales establecidos, asegurando que la recolección y procesamiento de datos se realizarán bajo parámetros estandarizados. La información obtenida en esta etapa permitió evaluar el comportamiento del tratamiento aplicado, garantizando la confiabilidad y representatividad de los resultados. (45)

3.4.2. Técnicas de análisis de datos

A. Nivel de Significancia

Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ (95% de confianza) para todas las pruebas estadísticas realizadas. Esto significa que cualquier valor de p menor o igual a 0.05 se consideró como evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. (46)

B. Evaluación de Normalidad

La prueba Shapiro-Wilk fue utilizada para analizar la distribución de los datos debido a su eficacia en muestras pequeñas (< 50 observaciones). Se aplicó tanto antes como después del tratamiento para determinar si los datos cumplían con la normalidad, lo cual permitió seleccionar pruebas estadísticas apropiadas para los análisis posteriores (47).

C. Comparación Antes y Después del Tratamiento

Para evaluar la diferencia en la concentración de coliformes antes y después del tratamiento planteado en la hipótesis general, se empleó la prueba U de Mann-Whitney, que es la idónea para comparar dos grupos independientes cuando los datos no cumplen el supuesto de normalidad. Este método permitió analizar si la aplicación del carbón activado tuvo un impacto significativo en la reducción de coliformes (47).

D. Análisis del Efecto de la Dosis

Debido a que los datos no tienen una distribución normal, por lo cual no cumple la homogeneidad de varianzas, para validar la primera hipótesis específica se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para comparar la efectividad de tres niveles de dosis (30g, 40g y 50g). Esta prueba es ideal para analizar diferencias de muestras independientes entre grupos sin necesidad de asumir normalidad en los datos (47).

E. Análisis del Efecto del Tiempo de Exposición

Similar procedimiento al párrafo anterior; en la segunda hipótesis, para determinar que el tiempo de contacto con el carbón activado (5, 10 y 15 minutos) influye en la remoción de coliformes, se utilizó la prueba Kruskal-Wallis. Este método permitió comparar múltiples grupos sin requerir normalidad ni varianza homogénea, asegurando resultados estadísticamente sólidos (47).

3.4.3. Instrumentos para la recolección y análisis de datos

Para la recolección de datos, se empleó la cadena de custodia, donde se detalló el código de identificación, coordenadas geográficas, altitud, parámetros analizados y otra información relevante. Este instrumento garantizó la trazabilidad y el control de las muestras desde su recolección hasta su análisis en laboratorio.

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos, se empleó Microsoft Excel para la organización y estructuración de la información, asimismo, se utilizó el software IBM SPSS Statistics 25, el cual facilitó el análisis estadístico, proporcionando una interpretación más precisa de los resultados experimentales.

3.5. Equipos, materiales y métodos

A. Equipos y materiales

Para llevar a cabo el trabajo de laboratorio, se recurrió a las instalaciones de la Estación Experimental Yauris, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Metalúrgica de la UNCP. A continuación, se presenta detalles de los materiales y herramientas utilizados en el proceso.

Tabla 3 Equipos y materiales

Materiales	Cantidad
Recipiente de 20 l	1
Recipiente de 1 l	1
Jarra de 1 l	1
Aguas residuales domesticas generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024	20 l
Carbón activado de tusa de maíz	360 g
Crisol de 500 ml	6
Vaso de precipitación de 600 ml	3
Soporte universal	3
Catéter	27
Guantes termoaislantes	1
Guantes de látex	50
Lentes	1
Equipos	Cantidad
Mufla	1
Estufa	3
Balanza	1
GPS	1

B. Método

EL método empleado es la observación directa. Según Espinoza (48), la observación se utiliza para recopilar datos detallados acerca del objeto de investigación, lo que nos permite obtener una comprensión profunda de su funcionamiento. Dado que se recogió información respecto a la efectividad del carbón activado de tusa de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes, la técnica de observación fue la más adecuada. Además, se empleó una ficha de estructurada de cogida de datos donde se inspeccionaron los indicadores de las variables.

C. Procedimiento experimental



Figura 5. Preparación carbón activado con 4.5 kg de tusa de maíz secado a temperatura ambiente
Nota. Fotografía propia

Según la *Figura 5* el proceso comenzó con la preparación de carbón activado utilizando tusa de maíz como materia prima, donde se recolectaron 4.5 kg de tusa, que es el residuo fibroso que queda tras retirar los granos de maíz que se dejó secar a temperatura ambiente.



*Figura 6. Traslado a la mufla a 500 °C para su combustión y carbonización.
Nota. Fotografía propia*

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. 6** se muestra que una vez que la tusa estuvo seca en integridad, se procedió a llevarla a una mufla, el cual se ajustó a 500 °C, lo que permitió la combustión parcial de la tusa y su conversión en un material carbonizado.

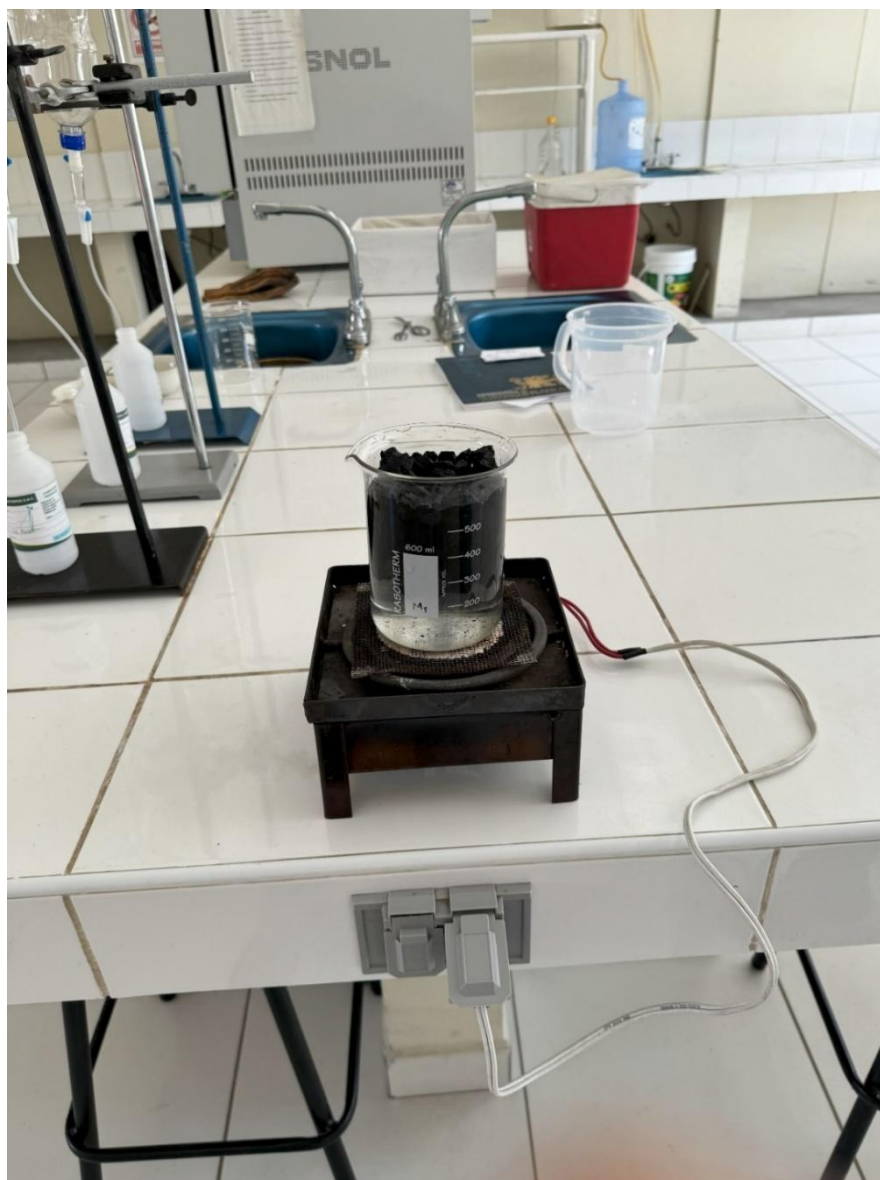


Figura 7. Adición de agua destilada para ebullicir y decantar para eliminar el color de los lavados

Nota. Fotografía propia

Según la *Figura 7* tras la carbonización, se añadió agua destilada al carbón obtenido para someterlo a un proceso de ebullición y decantación. Este paso se realizó para eliminar cualquier residuo de color y purificar el material.



Figura 8. Traslado a la mufla por 8 horas a 900°C para su activación y enfriado posterior

Nota. Fotografía propia

Como siguiente paso en la *Figura 8* se muestra el carbón fue sometido a un segundo tratamiento térmico en la misma mufla, pero una temperatura de 900 °C durante 8 horas. Este proceso de activación térmica fue sumamente crucial para incrementar la superficie activa del carbón, lo que le da sus propiedades adsorbentes. Finalmente, se permitió que el carbón activado se enfriara antes de utilizarlo en las pruebas posteriores.



Figura 9. Poza de oxidación del Centro Poblado Huamanmarca.

Nota. Fotografía propia

Con el carbón activado ya preparado, se procedió a su aplicación en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Para ello, se tomaron muestras de agua de la poza de oxidación ubicada en el Centro Poblado Huamanmarca como se nota en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**Figura 9.



Figura 10. Toma de muestra de agua residual domestica ingreso a la poza de oxidación.

Nota. Fotografía propia

En la *Figura 10* se tomaron muestras de agua de la poza de oxidación ubicada en el Centro Poblado Huamanmarca. Estas muestras fueron tratadas con diferentes cantidades de carbón activado, variando tanto la masa de carbón como el tiempo de exposición.



Figura 11. Triplicado de tratamiento con 30 g de carbón activado en un tiempo de 5 min.

Nota. Fotografía propia

En la *Figura 11* se muestra el primer triplicado de tratamiento se hizo con 30g de carbón activado con el tiempo estimado de 5 minutos.



*Figura 12. Triplicado de tratamiento con 40g de carbón activado en un tiempo de 5 min.
Nota. Fotografía propia*

En la *Figura 12* se realizó el segundo triplicado de tratamiento sometiendo 40g de carbón activado en un tiempo de 5 minutos.



*Figura 13. Triplicado de tratamiento con 50g de carbón activado en un tiempo de 5 min
Nota. Fotografía propia*

En la *Figura 13* se realizó un tercer triplicado de tratamiento con 50g de carbón activado sometido a 5 minutos.



Figura 14. Triplicado de tratamiento con 30g de carbón activado en un tiempo de 10 min

Nota. Fotografía propia

En la *Figura 14* se realizó el cuarto triplicado de tratamiento, sometiendo a 10 minutos los 30g de carbón activado.



Figura 15. Triplicado de tratamiento con 40g de carbón activado en un tiempo de 10 min

Nota. Fotografía propia

Según la *Figura 15* se realizó el quinto triplicado de tratamiento, a un tiempo 10 minutos. Sometiendo 40g de carbón activado.



*Figura 16. Triplicado de tratamiento con 50g de carbón activado en un tiempo de 10 min
Nota. Fotografía propia*

En la *Figura 16* se realizó el sexto triplicado de tratamiento, a un tiempo 10 minutos. Sometiendo 50g de carbón activado.



Figura 17. Triplicado de tratamiento con 30g de carbón activado en un tiempo de 15 min

Nota. Fotografía propia

Según la *Figura 17* se realizó el séptimo triplicado de tratamiento, a tiempo de 15 minutos. Sometiendo 30g de carbón activado.



Figura 18. Triplicado de tratamiento con 40g de carbón activado en un tiempo de 15 min

Nota. Fotografía propia

Como detalla la *Figura 18* se realizó el octavo triplicado de tratamiento, a un tiempo de 15 minutos. Sometiendo 40g de carbón activado.



Figura 19. Triplicado de tratamiento con 50g de carbón activado en un tiempo de 15 min

Nota. Fotografía propia

Según la *Figura 19* se realizó el noveno triplicado de tratamiento, a un tiempo de 15 minutos. Sometiendo 50g de carbón activado.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento de la información

Seguidamente, se presentan los valores obtenidos en la cuantificación de coliformes termotolerantes antes y después de la aplicación de carbón activado de tusa de maíz. Los datos corresponden a nueve combinaciones experimentales de dosis y tiempo de contacto, cada una con tres repeticiones y tres momentos previos al tratamiento.

Tabla 4 Resultado antes y después de tratamiento

Muestra	Tiempo	Dosis	Código de muestra	Valor (NMP/100mL)
Antes	-	-	C01	210000
Antes	-	-	C02	220000
Antes	-	-	C03	220000
Después	5	30	P01	32000
Después	10	30	P04	32000
Después	15	30	P07	31000
Después	5	40	P02	26000
Después	10	40	P05	25000
Después	15	40	P08	22000
Después	5	50	P03	25000
Después	10	50	P06	23000
Después	15	50	P09	21000
Después	5	30	Q01	32000
Después	10	30	Q04	33000
Después	15	30	Q07	32000
Después	5	40	Q02	27000
Después	10	40	Q05	26000
Después	15	40	Q08	23000
Después	5	50	Q03	27000
Después	10	50	Q06	22000
Después	15	50	Q09	17000
Después	5	30	R01	31000
Después	10	30	R04	31000
Después	15	30	R07	31000
Después	5	40	R02	25000
Después	10	40	R05	21000
Después	15	40	R08	21000
Después	5	50	R03	26000
Después	10	50	R04	22000
Después	15	50	R05	13000

Nota. Resultados obtenidos del análisis de laboratorio

En la *Figura 20* se detalla el nivel de coliformes termotolerantes tomados del lugar de muestra establecido, el cual se encuentra muy significativamente por encima de la valla.

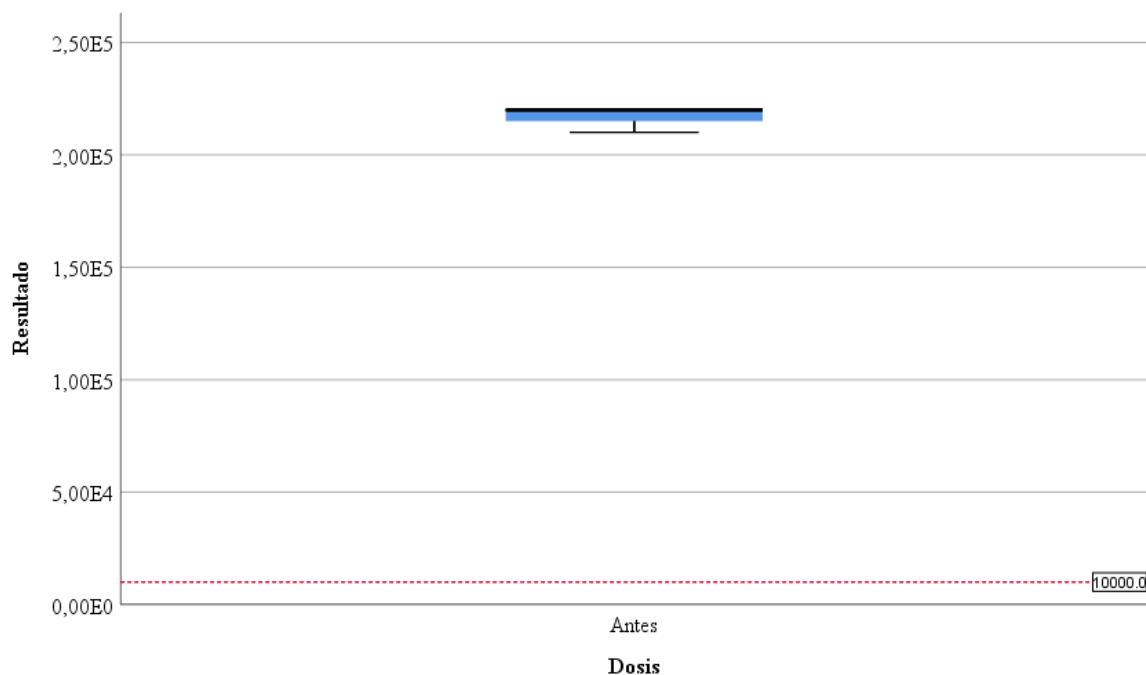


Figura 20. Diagrama de muestra de niveles de coliformes termotolerantes (NPM/100 mg/L) antes de la aplicación de dosis.

4.2. Resultados descriptivos

4.2.1. Dosificación de carbón activado

A continuación, se muestra los diferentes dosis aplicadas y el nivel contaminante que se alcanza, de esta manera se puede ver cual dosis es la mejor o cual se aleja más del factor inicial en donde señala que los contaminantes son muy altos:

Tabla 5. Resultados comparativos de las diferentes dosis aplicadas y el antes

Muestra	Recuento	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Antes	3	2.E+05	2.E+05	2.E+05	6.E+03
P (30gr)	3	3.E+04	3.E+04	3.E+04	6.E+02
P (40gr)	3	2.E+04	2.E+04	3.E+04	2.E+03
P (50gr)	3	2.E+04	2.E+04	3.E+04	2.E+03
Q (30gr)	3	3.E+04	3.E+04	3.E+04	6.E+02
Q (40gr)	3	3.E+04	2.E+04	3.E+04	2.E+03
Q (50gr)	3	2.E+04	2.E+04	3.E+04	5.E+03
R (30gr)	3	3.E+04	3.E+04	3.E+04	0.E+00
R (40gr)	3	2.E+04	2.E+04	3.E+04	2.E+03
R (50gr)	3	2.E+04	1.E+04	3.E+04	7.E+03

Nota. Resultados obtenidos del análisis de laboratorio

En la *Tabla 5* se detalla que, es eficaz en la adsorción de contaminantes orgánicos y microorganismos como los coliformes termotolerantes, la reducción significativa en los recuentos de coliformes termotolerantes sugiere que el carbón activado de tusa de maíz puede ser una alternativa viable y económica para el tratamiento de aguas residuales domésticas; además, la desviación estándar relativamente baja indica consistencia en los

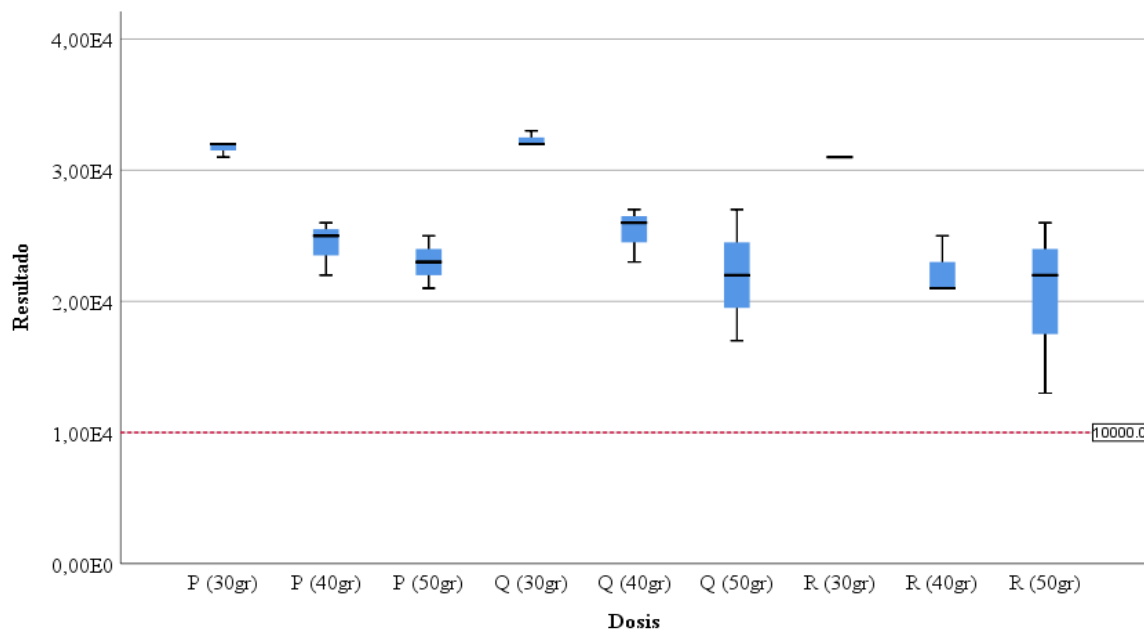


Figura 21. Diagrama de cajas de la muestra según las dosis aplicadas.

resultados, fortaleciendo la confiabilidad del carbón activado de tusa de maíz como medio eficaz de remoción de coliformes.

En la *Figura 21* se refuerza visualmente la eficiencia del carbón activado de tusa de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes; donde, la marcada disminución en los recuentos después del tratamiento evidencia que incluso dosis relativamente pequeñas de carbón activado pueden ser altamente efectivas, sin embargo, aún se mantienen por encima de la normativa establecida por el MINAN el cual permite como límite máximo de 10 000 NPM/100 mg/L de coliformes termotolerantes, de modo que esto tiene importantes implicancias teóricas y prácticas, ya que sugiere que este método podría ser escalable y utilizado en otras comunidades con problemas similares de contaminación de aguas residuales, ofreciendo una solución económica y accesible para mejorar la calidad del agua; además, la consistencia en los resultados refleja la confiabilidad del método, lo cual es fundamental para su posible implementación en aplicaciones reales.

4.2.2. Tiempo de aplicación de carbón activado

Se detalla los resultados de los diferentes tiempos al cual fueron sometidos el proceso de purificación de agua con una comparación con el antes de la aplicación que se detalla a continuación:

Tabla 6. Resultados comparativos de los diferentes tiempos aplicadas y el antes

Muestra	Recuento	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Antes	3	2.E+05	2.E+05	2.E+05	6.E+03
P (5min)	3	3.E+04	3.E+04	3.E+04	4.E+03
P (10min)	3	3.E+04	2.E+04	3.E+04	5.E+03
P (15min)	3	2.E+04	2.E+04	3.E+04	6.E+03
Q (5min)	3	3.E+04	3.E+04	3.E+04	3.E+03
Q (10min)	3	3.E+04	2.E+04	3.E+04	6.E+03
Q (15min)	3	2.E+04	2.E+04	3.E+04	8.E+03
R (5min)	3	3.E+04	3.E+04	3.E+04	3.E+03
R (10min)	3	2.E+04	2.E+04	3.E+04	6.E+03
R (15min)	3	2.E+04	1.E+04	3.E+04	9.E+03

Nota. Resultados obtenidos del análisis de laboratorio

En la *tabla 6* se detalla que la capacidad adsorbente del carbón activado para remover microorganismos de aguas residuales. La disminución en el recuento de coliformes termotolerantes después del tratamiento indica que el carbón activado de tusa de maíz puede ser un método efectivo y sostenible para mejorar la calidad del agua. Sin embargo, la variación en los valores mínimos y máximos y las desviaciones estándar más elevadas en algunos casos sugieren que la eficiencia podría depender de factores como la homogeneidad del carbón activado, el tiempo de contacto y la concentración de contaminantes iniciales. Estos hallazgos tienen implicaciones prácticas importantes, ya que apuntan a la necesidad de optimizar las condiciones del tratamiento para garantizar la máxima eficiencia en la remoción de coliformes.

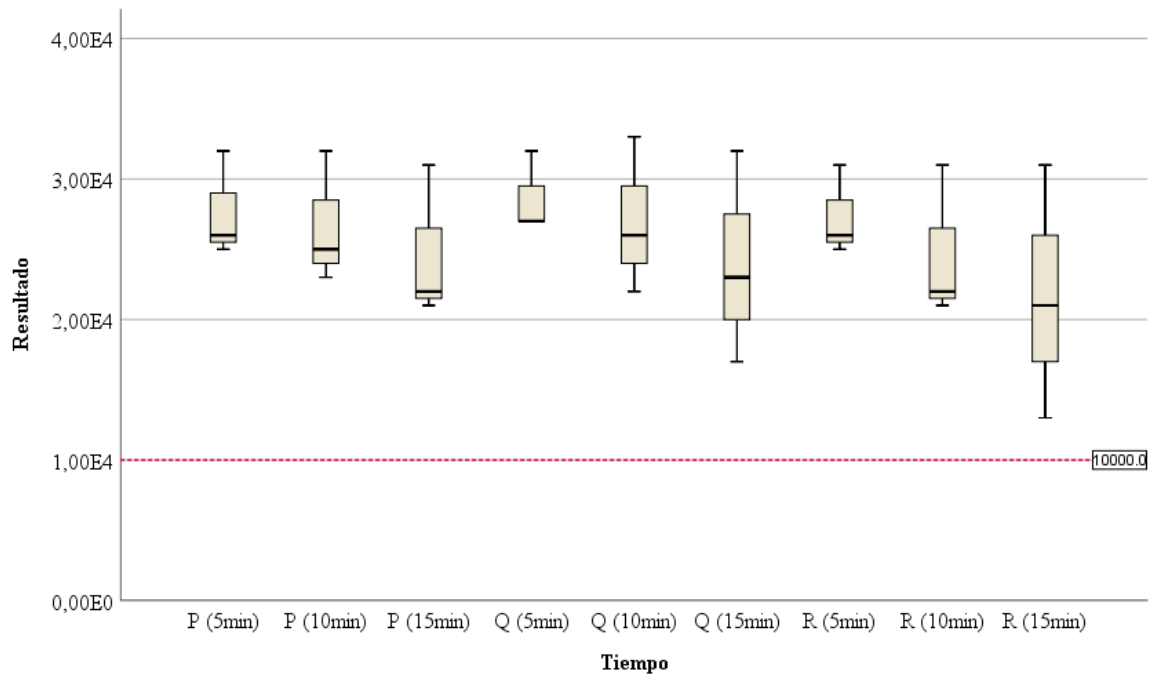


Figura 22. Resultado descriptivo de muestra, según el tiempo de la aplicación de la dosis.

En la *Figura 22* se muestra la tendencia decreciente en el recuento de coliformes a medida que acrecienta el tiempo de exposición al carbón activado es coherente con los principios de adsorción, donde un mayor tiempo de contacto permite una mayor interacción entre los contaminantes y la superficie del carbón. En la práctica, esto implica que el uso de carbón activado de tusa de maíz podría ser una solución viable y efectiva para mejorar la calidad del agua en comunidades rurales, como Huamanmarca. No obstante, sería prudente considerar la implementación de pruebas adicionales para optimizar los tiempos de exposición y asegurar la máxima eficiencia del proceso en diferentes condiciones operativas, dado que a los tiempos sometidos a prueba aún están por encima de lo establecido por el D.S. 003-2010 del MINAM, donde establece un límite máximo de 10 000 NPM/100 mg/L, sin embargo la reducción es significativa por que tienen los valores de reducción más cercanos a la establecido por la normativa, a comparación de las muestras antes de la aplicación de las dosis en estudio.

4.3. Prueba de hipótesis

Los resultados obtenidos tienen implicancias significativas en la interpretación de la eficiencia del carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes, en primer lugar, la desviación de la normalidad en las muestras antes del tratamiento sugiere

una alta variabilidad en los niveles de contaminación, lo cual es coherente con la naturaleza de la investigación.

Por lo cual el proceso de prueba de hipótesis estará planteado de la siguiente manera:

Prueba de hipótesis

- i. Hipótesis estadísticas:
- ii. Alfa de riesgo $\rightarrow \alpha = 0.05$. Se trabajará con una confianza del 95%.
- iii. Prueba Estadística
- iv. Análisis de la prueba:

4.3.1. Prueba de hipótesis general

Para la correcta elección de la prueba a usar se detalla el análisis de normalidad de los datos Antes y Después de la dosis aplicada:

Tabla 7 *Prueba de la normalidad antes y después del tratamiento.*

Muestras	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Antes	,750	3	,000
Después	,929	27	,067

Nota. Resultados obtenidos del análisis de laboratorio

- i. Hipótesis estadísticas:
 - Hipótesis Nula (H_0): La aplicación de carbón activado de tusa de maíz no influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.
 - Hipótesis Alterna (H_1): La aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

ii. Nivel de significancia (Sig. o P_valor) $\rightarrow Sig. \leq \alpha$, siendo $\alpha = 0.05$; por lo tanto, se trabajó con una confianza del 95%.

iii. Prueba U de Mann Whitney

Tabla 8. Prueba U de Mann Whitney de dos factores

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de la concentración de coliformes es la misma antes y después del tratamiento.	U de Mann-Whitney para muestras independientes	0.005	Rechazar la hipótesis nula.

Nota. Resultados obtenidos del análisis de laboratorio

iv. Análisis de la prueba U de Mann-Whitney:

El análisis estadístico mediante la prueba U de Mann-Whitney reveló una diferencia significativa en la concentración de coliformes termotolerantes antes y después del tratamiento con carbón activado de tusa de maíz, evidenciado por un p-valor menor a 0.05, rechazando así la hipótesis nula (H_0), confirmando que la aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1

Para la correcta elección de la prueba a utilizar se señala el análisis de normalidad que se detalla en la siguiente prueba:

Tabla 9 Prueba de normalidad de la diferente dosis aplicada según la muestra

Dosis	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Antes	0,750	3	0,000
P (30gr)	0,750	3	0,000
P (40gr)	0,923	3	0,463
P (50gr)	1,000	3	1,000
Q (30gr)	0,750	3	0,000
Q (40gr)	0,923	3	0,463
Q (50gr)	1,000	3	1,000
R (30gr)	0,750	3	0,000
R (40gr)	0,750	3	0,000
R (50gr)	0,953	3	0,583

Nota. Resultados obtenidos del análisis de laboratorio

i. Hipótesis estadísticas:

- Hipótesis Nula (H_0): La dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz no influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024.
- Hipótesis Alterna (H_1): La dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca -2024.

ii. Alfa de riesgo $\rightarrow \alpha = 0.05$. Se trabajará con una confianza del 95%.

iii. Kruskal-Wallis

Tabla 10 Kruskal-Wallis para muestras independientes

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Resultado es la misma entre las categorías de Dosis.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.004	Rechazar la hipótesis nula.

Nota. Hallado con los datos de las pruebas de laboratorio.

iv. Análisis de la prueba *Kruskal-Wallis*:

El análisis de la *Tabla 10*, basado en la prueba de Kruskal-Wallis, muestra un valor de significancia de 0.004 ($\text{Sig.} \leq 0.05$), lo que permite rechazar la hipótesis nula. Esto indica que la dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

4.3.3. Prueba de hipótesis específica 2

Para la correcta elección de la prueba a usar se detalla el análisis de normalidad de los datos de los diferentes tiempos de la dosis aplicada:

Tabla 11 Prueba de Normalidad de los diferentes tiempos aplicados para el tratamiento.

Tiempo	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Antes	0,750	3	0,000
P (5min)	0,855	3	0,253
P (10min)	0,907	3	0,407
P (15min)	0,824	3	0,174
Q (5min)	0,750	3	0,000
Q (10min)	0,976	3	0,702
Q (15min)	0,987	3	0,780
R (5min)	0,871	3	0,298
R (10min)	0,824	3	0,174
R (15min)	0,996	3	0,878

Nota. Resultados obtenidos del análisis de laboratorio

De manera similar, al analizar el tiempo de aplicación del carbón activado, los resultados indican que no todas las muestras siguen una distribución normal. Por lo tanto, la prueba Kruskal-Wallis sería más apropiada para comparar las medianas entre los diferentes tiempos de aplicación. Esto asegurará que las conclusiones sobre la eficiencia del carbón activado según el tiempo de exposición sean válidas, sin depender de la normalidad de los datos.

i. Hipótesis estadísticas:

- Hipótesis Nula (H_0): El tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz no influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024.
- Hipótesis Alterna (H_1): El tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.

ii. Alfa de riesgo $\rightarrow \alpha = 0.05$. Se trabajará con una confianza del 95%.

iii. Kruskal-Wallis

Tabla 12 Kruskal-Wallis para muestras independientes.

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Resultado es la misma entre las categorías de Dosis.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.195	No se rechazar la hipótesis nula.

Nota. Hallado con los datos de las pruebas de laboratorio.

iv. Análisis de la prueba Kruskal-Wallis:

El análisis de la *Tabla 12*, basado en la prueba de Kruskal-Wallis, muestra un valor de significancia de 0.195 (Sig. > 0.05), lo que impide rechazar la hipótesis nula. Esto indica que el tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024. En otras palabras, las diferencias en los resultados de los tiempos 5, 10 y 15 minutos no son estadísticamente significativos, lo que sugiere que la variación en el tiempo de aplicación no influye de manera determinante en la eficiencia del proceso de remoción de coliformes.

4.4. Discusión de resultados

Generalmente, el estudio demostró que la aplicación de carbón activado de la tusa de maíz tiene un efecto significativo en la remoción de coliformes termotolerantes en aguas residuales, de tal modo que, este resultado es consistente con los antecedentes revisados, como la de De la Cruz y Gutiérrez (1), quienes encontraron que los filtros de arena con nanopartículas de carbono de rastrojo de maíz lograron una eliminación media del 85% de coliformes termotolerantes, del mismo modo, Arteaga (20) demostró una alta eficiencia del carbón activado en la eliminación de contaminantes en aguas residuales. Así mismo, estudios de Assirey y Altamimi (13) y Medhat et al. (17) respaldan la efectividad y significancia del carbón activado de biomasa en la remoción de contaminantes del agua, y por último, el resultado es coherente con los hallazgos de Liu Zhiyuan (14), donde demostraron la capacidad de materiales basados en residuos agrícolas para la remoción de metales pesados y otros contaminantes, así este hallazgo es relevante para la gestión ambiental en el Centro Poblado Huamanmarca, ya que ofrece una solución sostenible y accesible para mejorar la calidad del agua.

Teóricamente el resultado tiene respaldo en el modelo de adsorción con carbón activado el cual es ampliamente reconocido por su capacidad para eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua, como se menciona en las bases teóricas del tratamiento de aguas residuales con carbón activado. Por otro lado, la alta porosidad y la gran área superficial del carbón activado de tusa de maíz, como carbón activado, son fundamentales para su efectividad en la remoción de coliformes termotolerantes. Esto se alinea con las teorías de adsorción como explica Freundlich (33), que ya indicaban la eficiencia de materiales como el carbón activado en la eliminación de contaminantes, lo que refuerza la validez de los resultados obtenidos. Así mismo antes del procesamiento de los materiales, los coliformes termotolerantes era ampliamente mayor a lo que menciona la normativa de Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda (49) donde se establece que el límite máximo permisible de coliformes termotolerantes es de 10 000 NPM/100 mg/L.

En primera instancia, el estudio reveló que la dosis de aplicación del carbón activado de tusa de maíz tiene un efecto significativo en la remoción de coliformes termotolerantes, pues, este resultado es avalado por Bellido (19), quien encontró que la efectividad del carbón activado aumenta con la dosis aplicada, en símil, el estudio de Chaves y Franceschi (15) destacó que mayores concentraciones de carbón activado lograron una mejor eliminación de contaminantes, así también, Liu et al. (14) encontraron que una mayor dosis de adsorbente incrementa la eficiencia de remoción de Hg(II) en soluciones acuosas y por último es respaldado por Medhat et al. (17), donde demostraron que la eficacia del carbón activado aumenta con una mayor dosis del material adsorbente. En síntesis, este hallazgo es importante para el diseño de tratamientos de agua en Huamanmarca, ya que proporciona una guía sobre la cantidad de aplicación de carbón activado de forma óptima.

La teoría de adsorción de Langmuir detallado por Freundlich (33) apoya esta hipótesis ya que se indicaba que la capacidad de adsorción aumenta con la dosis del adsorbente hasta alcanzar un punto de saturación. Sumando a ello, la capacidad de la estructura porosa del carbón activado permite una mayor capacidad de adsorción a medida que se incrementa la dosis, lo que sustenta los hallazgos obtenidos en el estudio.

El tiempo de aplicación del carbón activado de tusa de maíz no mostró un efecto significativo en la remoción de coliformes termotolerantes. Sin embargo, estudios previos

han documentado la influencia del tiempo de contacto en la eficiencia de remoción de contaminantes. Maldonado (21), encontró que la eficiencia de remoción de contaminantes mejora con un mayor tiempo de contacto en el tratamiento de lixiviados, sumado a ello, los estudios de Chaves y Franceschi (15) y Liu et al. (14) también respaldan que un mayor tiempo de adsorción conduce a una mayor eliminación de contaminantes, así mismo el hallazgo se parece al de Kodag et al. (16), los cuales observaron una mayor eficacia en la remoción de metales pesados con un tiempo prolongado de adsorción. En síntesis, aunque la literatura respalda la relación entre el tiempo de adsorción y la eficiencia de remoción de contaminantes, los hallazgos de la investigación resaltan la importancia de considerar tiempos de exposición más prologado, características del material adsorbente y las condiciones del tratamiento para optimizar los procesos de remoción de coliformes termotolerantes en aguas residuales.

También la investigación confirmó que la concentración inicial de coliformes termotolerantes en las aguas residuales es superior a los límites máximos permisibles. Este resultado es avalado por lo encontrado por De la Cruz y Gutiérrez (16), quienes también reportaron concentraciones elevadas de coliformes en aguas residuales de riego. Además, estudios como los de Bellido (19) y Arteaga (20) han documentado la presencia de altos niveles de contaminantes en cuerpos de agua no tratados, lo que resalta la gravedad del problema en el contexto estudiado. La influencia registrada en estudios previos ya lo advertía, indicando que es crucial implementar sistemas de tratamiento eficientes en áreas rurales como Huamanmarca.

El resultado tiene respaldo en la normativa de Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda (49), que establece límites estrictos para la presencia de coliformes termotolerantes en aguas residuales ($>10\,000$ NPM/100 mg/L). Las bases teóricas sobre la caracterización de aguas residuales (24) también sustentan que concentraciones iniciales altas son comunes en áreas con tratamiento insuficiente, lo que valida los resultados obtenidos.

Finalmente se observó qué, la concentración final de coliformes termotolerantes en el agua sigue siendo superior a los límites máximos permisibles. Este resultado es similar al estudio de Obregón (22), quien encontró que ciertos tratamientos con carbón activado no lograron reducir significativamente los contaminantes a niveles aceptables. Arteaga (20)

también reportó que algunos métodos de tratamiento, aunque efectivos, no siempre cumplen con las normativas de calidad. Este hallazgo indica que, aunque el carbón activado de tusa de maíz disminuyó la concentración de coliformes termotolerantes, después del tratamiento, este aún era superior a lo que establece la normativa (49).

El resultado es respaldado por la teoría de adsorción de Langmuir detallado por Freundlich (33), que ya indicaba que la capacidad de adsorción puede ser limitada en casos de alta concentración de contaminantes, así también, las bases teóricas sobre el tratamiento de aguas residuales (24) sugieren que, en ciertos casos, es necesario complementar el tratamiento con técnicas adicionales para cumplir con las normativas, lo que refuerza la necesidad de mejorar las estrategias de tratamiento en el Centro Poblado Huamanmarca.

CAPÍTULO V:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó que la aplicación de carbón activado de tusa de maíz tuvo influencia estadísticamente significativa en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024. La prueba U de Mann-Whitney mostró una reducción significativa en la concentración de coliformes termotolerantes después del tratamiento, con un p-valor de 0.005. La disminución promedio fue del 85% en el valor de NMP/100 mL, lo que confirma la efectividad del tratamiento. Este hallazgo es fundamental para el desarrollo de estrategias sostenibles de tratamiento de aguas residuales, destacando la necesidad de ajustar adecuadamente las condiciones de aplicación para maximizar la eficiencia en la remoción de coliformes termotolerantes

Se comprobó que la dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024. La prueba de Kruskal-Wallis arrojó un p-valor de 0.004, permitiendo rechazar la hipótesis nula. Las dosis evaluadas (30 g, 40 g y 50 g) mostraron diferencias significativas en la eficiencia de remoción, siendo la dosis de 50 g la más efectiva, con un promedio de reducción del 90% de coliformes. Este resultado es clave para optimizar el uso del carbón activado, ya que demuestra que aumentar la dosis incrementa de manera directa la eficiencia del tratamiento, mejorando la efectividad de las intervenciones en comunidades con condiciones similares.

A diferencia de la dosis, el tiempo de aplicación del carbón activado no presentó un efecto estadísticamente significativo en la remoción de coliformes termotolerantes en las aguas residuales tratadas, según la prueba de Kruskal-Wallis (p-valor = 0.195). Las remociones observadas en tiempos de contacto de 5, 10 y 15 minutos no mostraron diferencias relevantes en la eficiencia del tratamiento, lo que sugiere que el proceso alcanza su máxima efectividad en un tiempo mínimo de contacto. Este hallazgo resalta la importancia de considerar otros factores fisicoquímicos (como el pH, la temperatura o la concentración inicial de contaminantes) y operacionales (como la homogeneización de la mezcla) que podrían influir en la eficiencia del tratamiento en relación con el tiempo de contacto.

5.2. Recomendaciones

Para las autoridades municipales del Centro Poblado Huamanmarca: Se recomienda llevar a cabo una campaña de divulgación de los resultados obtenidos en este estudio sobre la efectividad del carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes. Esta campaña debería incluir talleres de capacitación para la comunidad, donde se explique la importancia de mantener la calidad del agua y se promueva el uso de este tratamiento en hogares y sistemas de tratamiento de aguas residuales locales.

Para los futuros investigadores en el área de tratamiento de aguas residuales: Se recomienda realizar estudios adicionales que profundicen en la optimización de la dosis y tiempo de evaluados, considerando variables adicionales como la influencia del pH, temperatura y presencia de otros contaminantes. Así mismo, se sugiere el uso de carbón activado de tusa de maíz en combinación de otros métodos de tratamiento para identificar las condiciones óptimas que puedan ser aplicadas en el Centro Poblado Huamanmarca y comunidades similares.

Para la DIRESA, ANA, SUNASS y las autoridades locales de Huamanmarca: Se recomienda intensificar los esfuerzos para reducir la alta concentración inicial de coliformes termotolerantes en las aguas residuales mediante la implementación de tecnologías de tratamiento eficaces como el uso de carbón activado de tusa de maíz. Además, se sugiere establecer programas de monitoreo regular de la calidad del agua, asegurando que las intervenciones sean efectivas y cumplan con los estándares de salud pública.

Para los directivos de instituciones educativas y futuras investigaciones en el área de saneamiento ambiental: Se recomienda realizar estudios complementarios que permitan identificar las condiciones óptimas de tratamiento con carbón activado para alcanzar concentraciones de coliformes que cumplan con los límites permisibles. Asimismo, se sugiere que las instituciones educativas locales integren estos hallazgos en sus programas de enseñanza para formar profesionales capacitados en el diseño y la implementación de soluciones efectivas de saneamiento en comunidades rurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **DE LA CRUZ, Jhumeyne Estefania y GUTIERREZ, Sandra.** *Eficiencia del filtro de arena mediante nanopartículas de carbón de coronta de maíz para la remoción de coliformes termotolerantes en el agua de riego Terrazas-Carapongo.* Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión. Lima : s.n., 2020. pág. 14, Tesis de Pregrado.
2. **GIANOLI, Ariana, HUNG, Armando y SHIVA, Carlos.** *Relación entre coliformes totales y termotolerantes con factores fisicoquímicos del agua en seis playas de la bahía de Sechura-Piura 2016-2017.* 2018. págs. 62-71. Vol. 2.
3. **OMS.** Miles de millones de personas se quedarán sin acceso a servicios de agua potable, saneamiento e higiene antes de 2030. [En línea] Organización Mundial de la Salud, 1 de Junio de 2021. [Citado el: 15 de Mayo de 2024.] <https://www.who.int/es/news/item/01-07-2021-billions-of-people-will-lack-access-to-safe-water-sanitation-and-hygiene-in-2030-unless-progress-quadruples-warn-who-unicef>.
4. **FUNDACIÓN AQUAE.** Aguas residuales: datos y usos. [En línea] Fundación AQUAE, 12 de Junio de 2019. [Citado el: 13 de Mayo de 2024.] <https://www.fundacionaquae.org/aguas-residuales-datos-usos/>.
5. **DE LA PEÑA, Marua Eugenia, LARREA, Chistian y SASAKI, Keisuke.** *El reúso de agua residual tratada en América Latina y el Caribe: 10 estudios de caso.* San José : Banco Interamericano de Desarrollo, 2022. pág. 79.
6. **SUNASS.** En el país existen 202 plantas de tratamiento de agua potable, de las cuales 171 están operativas. [En línea] Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 8 de Junio de 2022. [Citado el: 13 de Mayo de 2024.] <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/618836-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru-aumento-en-11-entre-el-2016-y-el-2020>.
7. **INSTITUTO DEL AGUA.** Aguas Residuales en el Perú: Un Análisis Profundo sobre su Impacto y Desafíos. [En línea] Instituto del Agua, 12 de Agosto de 2021. [Citado el: 13 de Mayo de 2024.] https://institutodelagua.es/aguas-residuales/aguas-residuales-en-el-peruaguas-residuales/#google_vignette.
8. **INSTITUTO DEL AGUA.** Aguas Residuales: Causas y Consecuencias de la Contaminación Hídrica. [En línea] 23 de Junio de 2021. [Citado el: 13 de Mayo de 2024.] <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/causa-de-las-aguas-residualesaguas-residuales/>.

9. **RAMOS, Carmen.** Río Mantaro: extracción ilegal, basura y desagües generan contaminación y peligro de desbordes. [En línea] Diario Correo, 2 de Febrero de 2023. [Citado el: 13 de Mayo de 2024.] <https://n9.cl/yj4st>.

10. **GARCIA REMIGIO, Zoraya.** Efecto del tratamiento contingente de coliformes termotolerantes en efluente de PTAR del Centro Poblado Huamanmarca - Huayucachi, Huancayo 2021. Huancayo : Facultad de Ingeniería, Universidad Continental, 2022. pág. 29.

11. **LARREA, Jeny Adina, ROJAS, Marcia María y ROMEU, Beatriz.** *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura.* La Habana : Revista CENIC. Ciencias Biológicas, 2013. págs. 24-34. Vol. 44. ISSN: 0253-5688.

12. **FENG, Ping, LI, Jie y WANG, Huan.** *Carbón activado y activadores a base de biomasa: Preparación de carbón activado a partir de mazorca de maíz mediante activación química con líquidos de pirólisis de biomasa.* New York : American Chemical Society, 2020. pág. 24064–24072. Vol. 5.

13. **ASSIREY, Eman y ALTAMIMI, Lenah.** *Análisis químico del biocarbón a base de mazorca de maíz y su función como descontaminante del agua.* Arabia Saudi : Journal of Taibah University for Science, 2021. págs. 111-121. Vol. 15.

14. **LI, Zhiyuan, y otros.** *Preparación, caracterización y aplicación de carbón activado de mazorca de maíz por activación KOH para la eliminación de Hg(II) de solución acuosa.* 2020. págs. 1-6. Vol. 3.

15. **CHAVES, Jenny Paola y FRANCESCHI, Marco Rafael.** *Eficiencia de remoción de materia orgánica mediante carbón activado, en agua residual de la industria lechera.* Bogotá : s.n., 2019. pág. 53, Tesis de Maestría.

16. **KODAG, Vaibhav, ADSULE, Ajay y KAMBLE, Kishor.** *La mazorca de maíz residual como adsorbente natural para el tratamiento del agua.* 2019. Vol. 6.

17. **MEDHAT, Ahmed, y otros.** *Carbones activados eficientemente a partir de mazorca de maíz para la adsorción de azul de metileno.* 2020, Vol. 3, págs. 1-8.

18. **LOOR REYES, Génesis y ROBLES MOLINA, Jeniffer.** *Eficiencia del carbón activado (ca) procedente de los residuos de bambú (bambusa vulgaris) para remoción de contaminante del agua.* 2024. pág. 98.

19. **BELLIDO, Denis Irvin.** *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. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho : s.n., 2023. pág. 121, Tesis de Pregrado.

20. **ARTEAGA, Segundo Hilario.** *Tratamiento de aguas residuales mediante aplicación de carbono activado para riego de parques y jardines sector Rosa Luz, Puente Piedra, Lima, 2019.* Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo. Lima : s.n., 2019. pág. 70, Tesis de pregrado.

21. **MALDONADO, Liz Jessy.** *Eficiencia del carbón activado de endocarpio de “coco”, en la adsorción de contaminantes químicos del lixiviado del Botadero Municipal de Yacucatina.* Unidad de Posgrado de la Facultad de Ecología. Programa de Maestría en Ciencias, Universidad nacional de San Martín. Tarapoto : s.n., 2023. pág. 72, Tesis de Posgrado.

22. **OBREGÓN, Rosangela Diana.** *Eficiencia del carbón activado de cáscara de maracuyá y endocarpio de durazno en la remoción de nitratos y fósforo total del purín, Végueta-Huaura.* Programa de estudios en Ingeniería Ambiental. Huara : s.n., 2019. pág. 131, Tesis de Pregrado.

23. **PORTUGAL, José Antonio y SOSA, Luis Miguel.** *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.* Facultad de ingeniería, Universidad tecnológica del Perú. Arequipa : s.n., 2023. pág. 110, Tesis de Pregrado.

24. **OSORIO, Miguel, y otros.** *La calidad de las aguas residuales domésticas.* Santiago : s.n., 2021. págs. 228-245. Vol. 6. ISSN-e 2550-682X.

25. **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA.** *Metodología para la determinación del índice de calidad de agua de los recursos hídricos superficiales en el Perú (ICA-PE).* Lima : s.n., 2018.

26. **INNOVACIÓN Y CUALIFICACIÓN S.L.** *Esperto en gestión medioambiental.* segunda. Andalucía : Ic editorial, 2016. ISBN: 978-84-16758-56-2.

27. **HIDALGO, Alba, ARÉVALO, Olga y CARREÑO, Henry.** *Contaminación por Coliformes Totales y Escherichia Coli en Concha (Anadara Tuberculosa y Anadara Similis) en Jambelí, El Oro, Ecuador.* 2020. págs. 1–11. Vol. 14. ISSN: 1390-6399.

28. **CENTENO, Cesario y QUISPE, Marvin.** *Análisis de variables físico-químicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación, Salguero, Valledupar (Colombia).* 2021. Vol. 32. ISSN 0718-0764.

29. **SORA, Valerio M., y otros.** *Escherichia coli patógena extraintestinal : factores de virulencia y resistencia a los antibióticos.* Milán : s.n., 2021.

30. **PANTOJA, Agerico y SANCHEZ, Odon.** *Reducción de a DBO5 y coliformes termotolerantes mediante la electroquímica en aguas servidas domésticas del Citart-Uni-Perú.* 2021 : s.n., 2021. págs. 18-32. Vol. 1. ISSN:2788.

31. **GANJOO, Richika y SHARMA, SHVETA.** *Activated Carbon: Fundamentals, Classification, and Properties.* Punjab : The Royal Society of Chemistry, 2023. pág. 450. ISBN 978-1-83916-780-5.

32. **HEIDARINEJAD, Zoha, y otros.** *Methods for preparation and activation of activated carbon: a review.* Tehran : Environmental Chemistry Letters, 2020. págs. 393–415. Vol. 18. ISSN 1610-3653.

33. **RIFFAT, Rumana.** *Fundamentals of wastewater treatment and engineering.* New York : Taylor & Francis Group, 2013. pág. 353. ISBN13 9781780401317.

34. **SOONMI, Ho y KABBASHI, Nassereldeen.** *Review On Activated Carbon: Synthesis, Properties And Applications.* Thennur : Seventh Sense Research Group, 2021. págs. 124-139. Vol. 69. ISSN: 2231 – 5381.

35. **FONSECA, Rafael, GIRALDO, Liliana y MORENO, Juan Carlos.** *Adsorción de Cr(III) desde solución acuosa sobre carbones activados obtenidos de residuos de Zea mays.* Bogotá : Afinidad: Revista de química teórica y aplica, 2015. págs. 31-36. Vol. 72. ISSN 0001-9704.

36. **JANQUI GUZMAN, Gustavo.** *Remoción de molibdeno del agua del río Challhuahuacho de Cotabambas-Apurímac con carbón de tusa de maíz (zea mays).* Puno : s.n., 2018. págs. 55 - 56.

37. **SIERRA, Carlos.** *Calidad del agua.* Medellín : Ediciones de la U, 2011. ISBN:978-958-8692-06-7.

38. **ALLEN, Richard, PEREIRA, Luis y DIRK, Raes.** *Evapotranspiración del cultivo.* 2006. ISBN 92-5-304219-2.

39. **KRISCHBAUM, Agustín.** *Test de sangre oculta en materia fecal para screening de cáncer colorrectal.* Ciudad de México : s.n., 2019. pág. 23. ISBN 978-987-3945-66-3.
40. **MUÑOZ, Hipólito y BAUMANN, Jürgen.** *Remoción de bacterias coliformes en un sistema de lodos activados y humedal construido.* Juárez, Mexico : s.n., 2016. págs. 287-297. Vol. 4.
41. **AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA.** *Política y estrategia nacional de recursos hídricos.* 2015.
42. **CEGARRA, José.** *Metodología de la Investigación Científica y Tecnológica.* s.l. : ISE, 2004. ISBN: 84-7978-624-8.
43. **BERNAL, César.** *Metodología de la investigación.* Tercera. s.l. : Pearson, 2015. pág. 322.
44. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, Fernandez, Carlos y Baptista, Piar.** *Metodología de la Investigación.* Cuarta. Iztapalapa : Interamericana, 2014.
45. **MINAM.** Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. *Resolución Ministerial N.º 273.* 2013.
46. **WALPOLE, Ronald, y otros.** *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias.* 9.^a ed. México : Pearson Educación, 2012. págs. 322-334.
47. **FLORES RUIZ, Eric, MIRANDA NOVALES, Maria Guadalupe y VILLASÍS KEEVER, Miguel Ángel.** *El protocolo de investigación VI: Cómo elegir la prueba estadística adecuada. Estadística inferencial.* s.l. : Revista Alergia México, 2017. págs. 364-370.
48. **ESPINOZA, Ciro.** *Metodología de investigación tecnológica. Pensando en Sistemas.* Segunda edición. Huancayo : Soluciones Gráficas S.A.C., 2014. pág. 206. ISBN: 978-612-00-1667-1.
49. **EL PERUANO.** Decreto supremo 003-2010-MINAM. *Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda.* 17 de marzo de 2010, págs. 415675-415676.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general: ¿Cómo influye la aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024?	Objetivo general: Determinar la influencia de la aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.	Hipótesis general: La aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.	Variable Independiente: Carbón activado de tusa de maíz Indicadores • Dosificación de carbón activado. • Tiempo de aplicación	Método general: Hipotético-deductivo
Problemas específicos: • ¿De qué manera influye la dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca -2024? • ¿Cómo influye el tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca - 2024?	Objetivos específicos: • Evaluar el efecto de la dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024. • Analizar el efecto que tiene el tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.	Hipótesis específicas: • La dosis de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024. • El tiempo de aplicación de carbón activado de tusa de maíz influye significativamente en la remoción de coliformes termotolerantes de las aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca – 2024.	Variable Independiente: Remoción de coliforme termotolerantes Indicadores • Concentración inicial de coliformes termotolerantes • Concentración final de coliformes termotolerantes	Tipo de Investigación: Aplicada Nivel de Investigación: Explicativo Diseño de investigación: Diseño experimental Tipo de diseño: Pre experimental Población: Aguas residuales generadas en el Centro Poblado Huamanmarca 2024 con concentraciones altas de coliformes termotolerantes. Muestra: 20 litros de agua residual generadas en el Centro Poblado Huamanmarca 2024, con concentraciones altas de coliformes termotolerantes.

Anexo 2: Cadena de custodia

		AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C		CÓDIGO: LAB-FR-001						
		CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO – AGUA Y SUELO		VERSION: 01						
				F.E: 12/2020						
Cliente:	Charlie Luis Huinostroza Astuñaza		Lugar de muestreo: Estación Experimental Yayuri (UNCP)	N° de informe de ensayo ⁽¹⁾ : M/E - 2624-06						
RUC:		Proyecto:	Evaluación del Carbono Activo de tuzo de Maiz para la Remoción de Contaminantes de los Aguas Residuales Domésticos Generados en el C.P. Huamantla							
N° de cotización ⁽²⁾ :	A/COT - 2024-207-1	Termotubos:								
e-mail:	luis.charlie.22@outlook.com	Tel.:	913739020							
		PARAMETROS ⁽³⁾								
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE LABORATORIO ⁽²⁾	PUNTO DE MONITOREO & CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		MATRIZ ⁽⁴⁾	UBICACIÓN UTM ⁽⁵⁾	N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO		VOLUMEN TOTAL	Observaciones
			FECHA (d-m-a)	HORA (24:00)			P	V		
M-24121	C01	20/06/24	9:08	AR	182	474794 8666189	1	250	✓	Sin tratamiento
M-24124	P01	20/06/24	9:08	AR		474794 8666189	1	250	✓	30g carbon activado 5min
M-24133	Q01	20/06/24	9:08	AR		474794 8666189	1	250	✓	30g carbon activado 5min
M-24142	R01	20/06/24	9:08	AR		474794 8666189	1	250	✓	30g Carbon Activado 5 min
M-24125	P02	20/06/24	9:20	AR		474794 8666189	1	250	✓	40g carbon activado 5min
M-24134	Q02	20/06/24	9:20	AR		474794 8666189	1	250	✓	40g Carbon Activado 5min
M-24143	R02	20/06/24	9:20	AR		474794 8666189	1	250	✓	40g Carbon Activado 5min
M-24126	P03	20/06/24	9:36	AR		474794 8666189	1	250	✓	50g carbon activado 5min
M-24135	Q03	20/06/24	9:36	AR		474794 8666189	1	250	✓	50g Carbon Activado 5min
TOTAL						4				
										RECIBIDO 20 JUN 2024 HORA 17:00 FIRMA.....
										PRESERVACION
										PH>8 PH<8 OTROS

(1) Campo exclusivo para el laboratorio.
(2) Parámetros según requerimiento del cliente.
(3) Tomar las coordenadas UTM utilizando un GPS.
(4) AP(Agua Potable); AR(Agua Residual); AS(Agua Superficial); AT(Agua Subterránea); AM(Agua de Mar); AL(Agua Pluvial); EF(Efluente); VE(Ventilamientos); SE(Sedimentos); B(Biofilms); DP(Duplicado); BC(Blanco de Campo).

DATOS	MUESTREADO POR /ANALISTA DE CAMPO	RESPONSABLE O SUPERVISOR EN CAMPO	LABORATORIO – RECEPCION DE MUESTRAS
NOMBRES Y APELLIDOS: FIRMA:	Charlie Huinostroza <i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	 Ambiental Laboratorios MUESTRAS RECIBIDAS INTACTAS SI ☒ NO ☐ TIPO DE RECIPIENTE ADECUADO SI ☒ NO ☐ MUESTRAS ENTREGADAS DE PERIODO DE ANALISIS SI ☒ NO ☐ CONSERVACION DE MUESTRAS FRIAS SI ☒ AMBIENTE:
OBSERVACIONES:	Monitoreado por: Cliente		

248-2024-060

	AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C		CÓDIGO: LAB-FR-001
	CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO – AGUA Y SUELO		VERSION: 01
			F.E: 12/2020

Cliente:	Charlie Luis Huelstroff Astunaza	Lugar de muestreo:	Estación Experimental Vauris (UNCP)	N° de informe de ensayo (1):	04/06-2024-064
RUC:		Proyecto:	eficiencia del Carbon Activado de lecho de Maza para el Tratamiento de Coliformes		
N° de cotización (2):	04/06-2024-202-1	Termotolerantes de las Aguas Residuales Domésticos Generados en el Centro			
e-mail:	luis-charlie22@outlook.es	Tel.:	913739020	PARAMETROS (3)	

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE LABORATORIO ⁽¹⁾	PUNTO DE MONITOREO 6 CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		MATRIZ ⁽⁴⁾	UBICACIÓN UTM ⁽³⁾	N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO	VOLUMEN TOTAL	Observaciones Temperatura en los																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
---------------	--------------------------------------	---	----------	--	-----------------------	------------------------------	-------------------------------------	---------------	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(1) Campo exclusivo para el laboratorio.

(2) Parámetros según requerimiento del cliente.

(3) Tomar las coordenadas UTM utilizando un GPS.

(4) AP(Agua Potable); AR(Agua Residual); AS(Agua Superficial); AT(Agua Subterránea); AM(Agua de Mar); AL(Agua Pluvial); EF(Efluente); VE(Vertimientos); SE(Sedimentos); BV(Blanco Viajero); DP(Duplicado); BC(Blanco de Campo).

DATOS	MUESTREO POR /ANALISTA DE CAMPO	RESPONSABLE O SUPERVISOR EN CAMPO	LABORATORIO – RECEPCION DE MUESTRAS
NOMBRES Y APELLIDOS:	Charlie Luis Huelstroff		MUESTRAS RECIBIDAS INTACTAS
FIRMA:			TIPO DE RECIPIENTE ADECUADO
OBSERVACIONES:			MUESTRAS DENTRO DEL PERIODO
			DE ANALIS
			CONSERVACION DE MUESTRAS
			FRIJO: ☒ AMBIENTE: ☐

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi.
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

04/06-2024-064

	AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C		CÓDIGO: LAB-FR-001
	CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO – AGUA Y SUELO		VERSION: 01
			F.E: 12/2020

Cliente:	Charlie Luis Huestroz Astuñanza	Lugar de muestreo:	Estación Experimental Yauris (UNICP)	N° de informe de ensayo (1)	14/EE-2024-064
RUC:		Proyecto:	Eficiencia del Carbon Activado de tusa de Marz para la Remoción de Coliformes Termotolerantes de las Aguas Residuales Domésticas Generadas en el CP Huancayo 2024		
N° de cotización (2)	14/OT-2024-207-1	Telf.:	913 739020	PARAMETROS (3)	
e-mail:	luis.charlie22@outlook-es				

N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE LABORATORIO ⁽¹⁾	PUNTO DE MONITOREO ó CODIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		MATRIZ ⁽²⁾	UBICACIÓN UTM ⁽²⁾	N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO		VOLUMEN TOTAL	Coliformes Termotolerantes											OBSERVACIONES				
			FECHA (d-m-a)	HORA (24:00)			P																		
								V																	
	H-24138	Q 06	20/04/24	10:25	AR	474794 8666124	1		250	✓														50g Carbon Activado 10 min	
	H-24147	R 06	20/04/24	10:25	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
	H-24123	C 03	20/04/24	10:40	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
	H-24130	P 07	20/04/24	10:40	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
	H-24139	Q 07	20/04/24	10:40	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
	H-24148	R 07	20/04/24	10:40	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
	H-24131	P 08	20/04/24	11:00	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
	H-24140	Q 08	20/04/24	11:00	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
	H-24149	R 08	20/04/24	11:00	AR	474794 8666124	1		250	✓															50g Carbon Activado 10 min
TOTAL							9																		

RECIBIDO

20 JUN 2024

HORA 12:00 FIRMA

PH>8	PRESERVACION
PH<8	
OTROS	

(1) Campo exclusivo para el laboratorio.

(2) Parámetros según requerimiento del cliente.

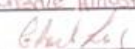
(3) Parámetros: ITM, ultravioleta, GPS

(1) Campo exclusivo para el laboratorio.

(2) Parámetros según requerimiento del cliente.

(3) Tomar las coordenadas UTM utilizando un GPS.

(4) AP(Agua Potable); AR(Agua Residual); AS(Agua Superficial); AT(Agua Subterránea); AM(Agua de Mar); AL(Agua Pluvial); EF(Efluente); VE(Vertimientos); SE(Sedimentos); BV(Banco Viajero); DP(Duplicado); BC(Banco de Campo).

DATOS		MUESTREADO POR /ANALISTA DE CAMPO	RESPONSABLE O SUPERVISOR EN CAMPO	LABORATORIO – RECEPCION DE MUESTRAS	
NOMBRES Y APELLIDOS:		Charlie Huestroz		MUESTRAS RECIBIDAS INTACTAS	
FIRMA:				TIPO DE RECIPIENTE ADECUADO	
OBSERVACIONES:				MUESTRAS DENTRO DEL PERIODO	
				DE ANALIS	
				CONSERVACION DE MUESTRAS	
				FRIO: ☒ AMBIENTE: ☐	

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

14/EE-2024-060

Anexo 3: Resultado de las muestras de Coliformes Termotolerantes de la empresa Ambiental Laboratorios S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYOS “AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.”

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2024-064

NOMBRE DEL CLIENTE	: CHARLIE HINOSTROZA ASTUÑAUPA.
DOMICILIO LEGAL	: NO DECLARA.
SOLICITADO POR	: CHARLIE HINOSTROZA ASTUÑAUPA.
REFERENCIA DEL CLIENTE	: EFICIENCIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE TUSA DE MAÍZ PARA LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS GENERADAS EN EL C.P HUAMANMARCA.
PROCEDENCIA	: DISTRITO DE HUMANMARCA.
ORDEN DE SERVICIO N°	: AL/OS - 2024 - 060.
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 30 FRASCOS ESTERILIZADOS.
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 20/06/2024.
PERIODO DE ENSAYO	: 20/06/2024 - 02/07/2024.
TOMA DE MUESTRA	: POR EL CLIENTE.
CONDICION DE LA MUESTRA	: LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
C01	M-24121	0474794	8666189	20/06/2024	09:08	AGUA RESIDUAL
C02	M-24122	0474794	8666189	20/06/2024	09:50	AGUA RESIDUAL
C03	M-24123	0474794	8666189	20/06/2024	10:40	AGUA RESIDUAL
P01	M-24124	0474794	8666189	20/06/2024	09:08	AGUA RESIDUAL
P02	M-24125	0474794	8666189	20/06/2024	09:20	AGUA RESIDUAL
P03	M-24126	0474794	8666189	20/06/2024	09:36	AGUA RESIDUAL
P04	M-24127	0474794	8666189	20/06/2024	09:50	AGUA RESIDUAL
P05	M-24128	0474794	8666189	20/06/2024	10:06	AGUA RESIDUAL
P06	M-24129	0474794	8666189	20/06/2024	10:25	AGUA RESIDUAL
P07	M-24130	0474794	8666189	20/06/2024	10:40	AGUA RESIDUAL
P08	M-24131	0474794	8666189	20/06/2024	11:00	AGUA RESIDUAL
P09	M-24132	0474794	8666189	20/06/2024	11:19	AGUA RESIDUAL



LAB-FR-004 VERSIÓN 02/ F.E: 01/2022

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
Ing. Arvin A. Lavrentyev
GERENTE GENERAL
CIP N° 175912

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 15 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 1 de 4

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Cel.: 998900666 - 956000691

LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2024-064

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
Q01	M-24133	0474794	8666189	20/06/2024	09:08	AGUA RESIDUAL
Q02	M-24134	0474794	8666189	20/06/2024	09:20	AGUA RESIDUAL
Q03	M-24135	0474794	8666189	20/06/2024	09:36	AGUA RESIDUAL
Q04	M-24136	0474794	8666189	20/06/2024	09:50	AGUA RESIDUAL
Q05	M-24137	0474794	8666189	20/06/2024	10:06	AGUA RESIDUAL
Q06	M-24138	0474794	8666189	20/06/2024	10:25	AGUA RESIDUAL
Q07	M-24139	0474794	8666189	20/06/2024	10:40	AGUA RESIDUAL
Q08	M-24140	0474794	8666189	20/06/2024	11:00	AGUA RESIDUAL
Q09	M-24141	0474794	8666189	20/06/2024	11:19	AGUA RESIDUAL
R01	M-24142	0474794	8666189	20/06/2024	09:08	AGUA RESIDUAL
R02	M-24143	0474794	8666189	20/06/2024	09:20	AGUA RESIDUAL
R03	M-24144	0474794	8666189	20/06/2024	09:36	AGUA RESIDUAL
R04	M-24145	0474794	8666189	20/06/2024	09:50	AGUA RESIDUAL
R05	M-24146	0474794	8666189	20/06/2024	10:06	AGUA RESIDUAL
R06	M-24147	0474794	8666189	20/06/2024	10:25	AGUA RESIDUAL
R07	M-24148	0474794	8666189	20/06/2024	10:40	AGUA RESIDUAL
R08	M-24149	0474794	8666189	20/06/2024	11:00	AGUA RESIDUAL
R09	M-24150	0474794	8666189	20/06/2024	11:19	AGUA RESIDUAL



AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
Ing. Irvin A. Lozano Balarza
GERENTE GENERAL
DIP N° 173912

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Esta prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 15 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 2 de 4

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Cel.: 998900666 - 95600691

LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2024-064

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
Coliformes Fecales*	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1, 23rd Ed.2017	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

* Coliformes Fecales es lo mismo que Coliformes Termotolerantes.

III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
C01	Coliformes Fecales	2.1 X 10 ³	NMP/100mL
C02	Coliformes Fecales	2.2 X 10 ³	NMP/100mL
C03	Coliformes Fecales	2.2 X 10 ³	NMP/100mL
P01	Coliformes Fecales	3.2 X 10 ⁴	NMP/100mL
P02	Coliformes Fecales	2.6 X 10 ⁴	NMP/100mL
P03	Coliformes Fecales	2.5 X 10 ⁴	NMP/100mL
P04	Coliformes Fecales	3.2 X 10 ⁴	NMP/100mL
P05	Coliformes Fecales	2.5 X 10 ⁴	NMP/100mL
P06	Coliformes Fecales	2.3 X 10 ⁴	NMP/100mL
P07	Coliformes Fecales	3.1 X 10 ⁴	NMP/100mL
P08	Coliformes Fecales	2.2 X 10 ⁴	NMP/100mL
P09	Coliformes Fecales	2.1 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q01	Coliformes Fecales	3.2 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q02	Coliformes Fecales	2.7 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q03	Coliformes Fecales	2.7 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q04	Coliformes Fecales	3.3 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q05	Coliformes Fecales	2.6 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q06	Coliformes Fecales	2.2 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q07	Coliformes Fecales	3.2 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q08	Coliformes Fecales	2.3 X 10 ⁴	NMP/100mL
Q09	Coliformes Fecales	1.7 X 10 ⁴	NMP/100mL



AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
Ing. Arroyo, L. Lorente, B. Lorente
GERENTE GENERAL
CIP N° 175912

LAB-FR-004 VERSIÓN 02/ F.E: 01/2022

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 15 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 3 de 4

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Cel.: 998900666 - 956000691

LABORATORIO DE ENSAYOS “AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.”

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-2024-064

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
R01	Coliformes Fecales	3.1 X 10 ⁴	NMP/100mL
R02	Coliformes Fecales	2.5 X 10 ⁴	NMP/100mL
R03	Coliformes Fecales	2.6 X 10 ⁴	NMP/100mL
R04	Coliformes Fecales	3.1 X 10 ⁴	NMP/100mL
R05	Coliformes Fecales	2.1 X 10 ⁴	NMP/100mL
R06	Coliformes Fecales	2.2 X 10 ⁴	NMP/100mL
R07	Coliformes Fecales	3.1 X 10 ⁴	NMP/100mL
R08	Coliformes Fecales	2.1 X 10 ⁴	NMP/100mL
R09	Coliformes Fecales	1.3 X 10 ⁴	NMP/100mL

Huancayo, 03 de Julio del 2024

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
[Firma]
Ing. Bruno A. Laurente Balarzo
GERENTE GENERAL
CIP N° 175912

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
LABORATORIO - CONSULTORÍA



LAB-FR-004 VERSIÓN 02 / F.E. 01/2022

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 15 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Página 4 de 4

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Cel.: 998900666 - 956000691