

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**  
**“BENEDICTO XVI”**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA**  
**AMBIENTAL**



**PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS Y CALIDAD DE AGUA**  
**MEDIANTE UN BIOFILTRO DE TUSA DE MAÍZ Y GRAVA EN**  
**EL RÍO GRANDE, HUAMACHUCO, 2024**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR**

Br. Valderrama Monzón, Aracely Nathaly

<https://orcid.org/0000-0001-9981-2989>

**ASESOR**

Dr. Ing. Saldaña Milla, Fernando Arístides

<https://orcid.org/0000-0002-7274-6974>

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad del Agua y Saneamiento

**TRUJILLO - PERÚ**

**2026**

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura:

Mg. Ing. Henry Alexander Chipana Saldaña

Yo, Dr. Ing. Saldaña Milla, Fernando Arístides con DNI N° 18135414, como asesor del trabajo de investigación titulado **“PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN BIOFILTRO DE TUSA DE MAÍZ Y GRAVA EN EL RÍO GRANDE, HUAMACHUCO, 2024”**, desarrollado por la egresada Aracely Nathaly Valderrama Monzón con DNI N° 72165319 del Programa de estudios de Ingeniería Ambiental; considero que dicho trabajo reúne las condiciones técnicas y científicas, las cuales están alineadas a las normas establecidas en el Reglamento de Estudiantes y de Grados y Títulos de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI” y en la normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por los jurados designados por la mencionada facultad.



---

Dr. Ing. Saldaña Milla, Fernando Arístides

DNI: 18135414

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**EXCMO. MONS. GILBERTO ALFREDO VIZCARRA MORI, S.J.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo

Gran Canciller

Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DR. MARCOANTONIO PACHERRES TORREJÓN**

Rector de la Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”

**DRA. SILVIA ANA VALVERDE ZAVALA**

Vicerrectora Académica

**DRA. GINA GENARA ZAVALA ESPEJO**

Vicerrectora de Investigación

**MG. HENRY ALEXANDER CHIPANA SALDAÑA**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**DRA. TERESA SOFÍA REATEGUI MARÍN**

Secretaria General

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por ser mi guía en cada paso recorrido, por darme la fortaleza, la salud y la perseverancia necesarias para avanzar sin desfallecer. A Él, que ilumina mi camino y me concede la sabiduría para culminar con éxito una de las metas más significativas de mi vida. Gracias por acompañarme siempre y mostrarme la dirección correcta en cada decisión tomada.

### **A mis padres**

Por ser el sostén fundamental de mi vida y forjar en mí los valores que hoy me permiten alcanzar mis logros académicos y personales. A mis padres, [coloca nombres si deseas], por su apoyo incondicional, por enseñarme la importancia del esfuerzo, la disciplina y la constancia. Gracias por creer firmemente en mí, por impulsarme a seguir adelante y por ser la fuerza que me sostiene mientras cumplo mis objetivos.

**. El autor**

Aracely Nathaly Valderrama Monzón

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios, por brindarme la fortaleza, la claridad y la perseverancia necesarias para culminar este objetivo académico que representa una etapa fundamental en mi formación profesional. Su guía constante me permitió avanzar con firmeza incluso en los momentos más difíciles.

A mis padres, cuyo apoyo incondicional ha sido el pilar de cada uno de mis logros. Gracias por sus enseñanzas, por su dedicación y por la confianza que siempre depositaron en mí. Su esfuerzo y amor inagotable han sido la inspiración que me impulsó a continuar, aun cuando el camino parecía complejo.

A mis docentes y asesores, por compartir sus conocimientos, por su orientación oportuna y por motivarme a alcanzar la excelencia en cada paso del proceso académico. Su compromiso con la educación ha dejado una huella significativa en mi desarrollo profesional.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo. A mis compañeros de estudio, amigos y familiares, gracias por sus palabras de aliento, su compañía y su comprensión durante este recorrido. Este logro también les pertenece.

**. El autor**

Aracely Nathaly Valderrama Monzón

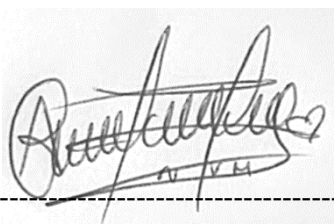
## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Aracely Nathaly Valderrama Monzón, con **DNI: 72165319**, egresada del **Programa de estudios Ingeniería Ambiental** de la **Universidad Católica de Trujillo “Benedicto XVI”**, doy fe de que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos establecidos por la **Facultad de Ingeniería y Arquitectura** para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: **“PARÁMETROS FÍSICO – QUÍMICOS Y CALIDAD DE AGUA MEDIANTE UN BIOFILTRO DE TUSA DE MAÍZ Y GRAVA EN EL RÍO GRANDE, HUAMACHUCO, 2024.”**, el cual consta de un total de **53 páginas**, incluyendo 14 tablas y 7 figuras y 3 **páginas de anexos**.

Dejo constancia de la **originalidad y autenticidad** de la mencionada investigación y declaro, bajo juramento y en cumplimiento de los principios éticos, que el contenido del documento es **de mi exclusiva autoría** en cuanto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están debidamente sustentados en fuentes bibliográficas, asumiendo la responsabilidad de cualquier omisión involuntaria en la citación de autores.

En este sentido, declaro que el uso de herramientas de inteligencia artificial en el presente trabajo se ha limitado exclusivamente a la mejora de la redacción y corrección de errores gramaticales y sintácticos, sin que ello haya influido en la generación del contenido, análisis o interpretación de los resultados de la investigación.

Del mismo modo, reconozco que cualquier vulneración a los derechos de autor derivada del presente trabajo será de mi exclusiva responsabilidad, asumiendo las consecuencias académicas y legales que pudieran derivarse conforme a la normativa vigente.



**El autor**

Aracely Nathaly Valderrama Monzón

DNI: 72165319

## ÍNDICE

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD .....	2
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS.....	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO .....	5
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	6
ÍNDICE.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. METODOLOGÍA .....	27
2.1. Enfoque, tipo .....	27
2.2. Diseño de investigación.....	27
2.3. Población, muestra y muestreo .....	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	29
2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de la Información .....	30
2.6. Aspectos éticos en investigación .....	31
III. RESULTADOS .....	33
IV. DISCUSIÓN.....	43
V. CONCLUSIONES .....	45
VI. RECOMENDACIONES .....	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
ANEXOS.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1:</b> Valores de ECA y LMP para aguas tratadas para riego ...	27
<b>Tabla 2:</b> Mediciones de pH antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava.....	33
<b>Tabla 3:</b> Pruebas de normalidad para el Ph .....	34
<b>Tabla 4:</b> Prueba de Wilcoxon para Ph .....	34
<b>Tabla 5:</b> Mediciones de TDS antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava ....	35
<b>Tabla 6:</b> Pruebas de normalidad para los Solidos Totales Disueltos (TDS) .....	36
<b>Tabla 7:</b> Prueba de Wilcoxon para los TDS.....	36
<b>Tabla 8:</b> Mediciones de Conductividad antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava.....	37
<b>Tabla 9:</b> Pruebas de normalidad para la Conductividad.....	38
<b>Tabla 10:</b> Prueba de Wilcoxon para la Conductividad.....	38
<b>Tabla 11:</b> Mediciones de Salinidad antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava .....	39
<b>Tabla 12:</b> Pruebas de normalidad para la Salinidad.....	40
<b>Tabla 13:</b> Prueba de Wilcoxon para la Salinidad.....	40
<b>Tabla 14:</b> estadística descriptiva de las muestras antes y después del tratamiento.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1:</b> Ubicación del Rio Grande .....	28
<b>Figura 2:</b> Variación de pH antes y después del filtro.....	33
<b>Figura 3:</b> Variación de los TDS antes y después del filtro.....	35
<b>Figura 4:</b> Variación de la conductividad antes y después del filtro.....	37
<b>Figura 5:</b> Variación de la salinidad antes y después del filtro.....	39
<b>Figura 6:</b> eficiencia de cada parámetro luego del tratamiento.....	41
<b>Figura 7:</b> Estadística de los parámetros antes y después de la filtración.....	42

## RESUMEN

La presente investigación evaluó los parámetros físico – químicos y calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava, aplicado al tratamiento preliminar del agua del río Huamachuco en el año 2024. La cual se desarrolló a través de un diseño cuasi experimental tomando en cuenta las mediciones del antes y después del tratamiento en seis puntos de muestreo distribuidos entre –500 m y 1000 m respecto a la bocatoma. Los resultados evidenciaron una reducción significativa en la conductividad, pasando de un promedio de 46.15 mS/cm a 26.72 mS/cm, equivalente a una eficiencia promedio del 42.1 %. Asimismo, los TDS disminuyeron de 29.70 mg/L a 18.46 mg/L, logrando una eficiencia del 37.8 %. El pH registró una ligera disminución (de 7.18 a 6.12), manteniéndose dentro de rangos de potabilidad ambiental. En contraste, la salinidad aumentó de 0.0208 g/L a 0.135 g/L, debido a la liberación de sales por la tusa y la grava sin prelavado, lo que produjo eficiencias negativas. En conjunto, el biofiltro mostró buen desempeño en la remoción de conductividad y TDS, pero requiere ajustes para controlar la salinidad en futuros prototipos.

**Palabras clave:** Biofiltro; tusa de maíz; parámetros físico-químicos; conductividad; TDS; salinidad; tratamiento de agua; Huamachuco.

## ABSTRACT

This research evaluated the physical-chemical parameters and water quality of a biofilter made of corn husks and gravel, applied to the preliminary treatment of water from the Huamachuco River in 2024. The study was conducted using a quasi-experimental design, taking into account measurements before and after treatment at six sampling points distributed between -500 m and 1000 m from the intake. The results showed a significant reduction in conductivity, from an average of 46.15 mS/cm to 26.72 mS/cm, equivalent to an average efficiency of 42.1%. Similarly, total dissolved solids (TDS) decreased from 29.70 mg/L to 18.46 mg/L, achieving an efficiency of 37.8%. The pH showed a slight decrease (from 7.18 to 6.12), remaining within the range for environmental potability. In contrast, salinity increased from 0.0208 g/L to 0.135 g/L due to the release of salts from the corn cob and unwashed gravel, resulting in negative efficiencies. Overall, the biofilter showed good performance in conductivity and TDS removal, but adjustments are needed to control salinity in future prototypes.

**Keywords:** Biofilter; maize cob; physicochemical parameters; conductivity; total dissolved solids; salinity; water treatment; Huamachuco.

## I. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas contaminadas representa uno de los desafíos ambientales más urgentes del siglo XXI, especialmente en regiones afectadas por actividades humanas intensivas, como la minería informal y otras prácticas antropogénicas. Estas actividades, al liberar compuestos tóxicos y metales pesados, deterioran la calidad del agua, afectando gravemente tanto la salud humana como la biodiversidad. En este contexto, se requiere de soluciones sostenibles y accesibles para mitigar la contaminación del agua, promoviendo su reutilización y reduciendo el impacto negativo sobre los ecosistemas y las comunidades locales.

El uso de materiales naturales y residuos agroindustriales como biofiltros ha emergido como una alternativa prometedora debido a su potencial para aportar en la mejora de la calidad del agua de manera económica y sostenible. La tusa de maíz, un subproducto agroindustrial ampliamente disponible, ha demostrado ser un material lignocelulósico con propiedades absorbentes y filtrantes favorables para el tratamiento de aguas contaminadas. Su composición, rica en celulosa, hemicelulosa y lignina, le otorga una estructura porosa que facilita la adsorción de contaminantes físicos y químicos, convirtiéndolo en un candidato interesante para ser utilizado en sistemas de filtración de agua.

Estudios previos han explorado la efectividad de la tusa de maíz en la eliminación de sólidos suspendidos, colorantes y contaminantes como hidrocarburos y metales pesados en aguas residuales industriales. Sin embargo, su aplicación específica en ríos afectados por la minería informal, como el caso del Río Grande en Huamachuco, Perú, aún requiere mayor investigación. La minería informal en esta región ha generado un elevado nivel de contaminación, con la liberación de metales pesados y compuestos tóxicos al medio ambiente, lo que compromete a la calidad del agua representando de ese modo un riesgo a la salud de los pobladores de la ciudad de Huamachuco que dependen de este recurso.

El objetivo de este estudio es determinar la influencia de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco,2024, enfocándose en la reducción de parámetros físico-químicos como el pH, TDS (sólidos totales disueltos), conductividad y salinidad. Estos indicadores son cruciales para caracterizar la calidad del agua y determinar su aptitud para ser utilizada en actividades agrícolas. Si bien la eficiencia de los biofiltros de la tusa de maíz en la remediación de aguas contaminadas ha sido documentada, su efectividad en el

tratamiento de aguas de ríos afectados por la minería informal debe ser evaluada en profundidad, considerando las condiciones particulares de cada ecosistema y los contaminantes presentes.

Este estudio contribuye al desarrollo de tecnologías de tratamiento de aguas basadas en residuos agroindustriales, ofreciendo una alternativa económica, sostenible y accesible para enfrentar los desafíos ambientales derivados de la minería informal y otras actividades antropogénicas en la región.

En el distrito de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión, el Río Grande se enfrenta a una grave crisis ambiental debido a la contaminación derivada de la minería informal y las actividades antropogénicas asociadas. Este río, que abastece de agua a comunidades locales y constituye una fuente vital para la agricultura, ha sufrido un notable deterioro en su calidad debido a la liberación de contaminantes, incluidos metales pesados, productos químicos tóxicos y sedimentos generados por la minería no regulada. Estas prácticas ilegales, especialmente la minería aurífera y la extracción de minerales, contribuyen de manera significativa al vertido de sustancias peligrosas al cuerpo de agua, afectando gravemente el ecosistema acuático, los recursos hídricos disponibles para las comunidades y, en última instancia, la salud humana.

La contaminación por metales pesados, como mercurio, arsénico y plomo, ha incrementado en el Río Grande, alterando sus propiedades físico-químicas y afectando la biodiversidad acuática y terrestre circundante. Estos contaminantes pueden tener efectos nocivos directos sobre los organismos acuáticos, alterando las cadenas tróficas y generando riesgos para la seguridad alimentaria de los pobladores que dependen de este recurso natural. Además, la presencia de altos niveles de sólidos suspendidos, materia orgánica y contaminantes inorgánicos como el mercurio y el cianuro, comprometen de manera no beneficiosa la calidad del agua para el consumo humano y así como para el riego agrícola.

El impacto ambiental es aún más crítico debido a que no se cuenta con la infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales y la escasez de tecnologías accesibles que puedan abordar eficientemente la contaminación en estas áreas rurales. La capacidad limitada de las autoridades locales y los recursos insuficientes para implementar soluciones de tratamiento de agua efectivas en esta región contribuyen a perpetuar el ciclo de contaminación. La situación se agrava por la creciente población local, que depende del agua del río para sus actividades diarias y agrícolas, pero enfrenta el riesgo de enfermedades derivadas de la exposición a aguas contaminadas.

En este contexto, el proceso para el tratamiento de aguas contaminadas en el Río Grande representa una necesidad urgente para garantizar la salud de los pobladores y la sostenibilidad de las actividades agrícolas. Sin embargo, el acceso a tecnologías de tratamiento de agua eficientes y económicas sigue siendo un desafío. El uso de soluciones basadas en materiales locales y sostenibles, como la tusa de maíz molido, ofrece una alternativa viable para la mejora de la calidad del agua. Sin embargo, su efectividad en la remediación de aguas contaminadas por minería informal en el Río Grande aún no ha sido evaluada de manera exhaustiva. La falta de investigaciones específicas sobre el uso de la tusa de maíz como biofiltro en esta región constituye una brecha en el conocimiento que este estudio busca abordar.

Este escenario exige una investigación rigurosa sobre el potencial de la tusa de maíz y otros materiales locales en el tratamiento de aguas, así como la implementación de soluciones que permitan restaurar la calidad del agua, proteger la salud de las comunidades y preservar los ecosistemas acuáticos.

A partir de la problemática descrita se requirió la formulación de interrogantes que orienten la investigación, en este sentido el problema general: ¿Cuál es la influencia de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?, de manera complementaria, se plantearon los siguientes problemas específicos:

¿Cuál es la influencia del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?

¿Cuál es la influencia de los sólidos totales disueltos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?

¿Cuál es la influencia de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?

¿Cuál es la influencia de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?

La tesis tiene justificación teórica, ya que el estudio se fundamenta en la necesidad de profundizar en el conocimiento sobre tecnologías de tratamiento de agua basadas en materiales naturales, particularmente biofiltros elaborados con residuos agroindustriales como la tusa de maíz. La literatura señala que los materiales lignocelulósicos poseen capacidad de adsorción y retención de contaminantes, permitiendo modificar parámetros físico-químicos del agua como pH, TDS, conductividad y salinidad. Sin embargo, la evidencia científica aplicada a contextos de contaminación minera en ríos altoandinos

sigue siendo limitada. Determinar la influencia de los parámetros físico – químicos y la calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava contribuye al desarrollo teórico de tecnologías de bajo costo, fortaleciendo el cuerpo de conocimientos sobre mecanismos de filtración natural, eficiencia de materiales agrícolas y su aplicabilidad en sistemas hídricos reales. Así como también cuenta con una justificación práctica, ya que la investigación adquiere relevancia práctica porque propone y evalúa una alternativa accesible, replicable y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas. La tusa de maíz, al ser un residuo agrícola abundante en zonas rurales, permite desarrollar biofiltros económicamente viables y funcionales para comunidades que carecen de infraestructura convencional de tratamiento hídrico. La medición de la influencia porcentual de los parámetros físico – químicos y la calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava aporta información técnica útil para su diseño, optimización y futura implementación a mayor escala. Además, los resultados preexperimentales pueden servir como base para procesos de innovación, validación tecnológica y formulación de proyectos locales de remediación. Además, cuenta con una justificación ambiental, ya que el deterioro de la calidad del agua en el río Huamachuco, producto de la minería informal y otras actividades antropogénicas, representa un riesgo directo para la estabilidad de los ecosistemas y para la disponibilidad de recursos hídricos limpios. El presente estudio contribuye a la mitigación de este problema mediante la evaluación de un sistema de filtración natural capaz de reducir la carga contaminante del agua. La implementación de biofiltros basados en materiales orgánicos minimiza el impacto ambiental asociado al uso de sustancias químicas industriales, promueve la restauración del ecosistema fluvial y aporta alternativas ecológicas compatibles con estrategias contemporáneas de gestión sostenible del agua. Los resultados pueden guiar acciones de recuperación del río y proteger la biodiversidad asociada.

Y en cuanto a la justificación social, hace mención que el acceso a agua de calidad es un derecho esencial para el bienestar humano y el desarrollo comunitario. Las poblaciones de Huamachuco dependen del río para actividades agrícolas, pecuarias y domésticas, por lo que la contaminación del agua incide directamente en su salud y calidad de vida. Este estudio busca ofrecer una solución sostenible y de bajo costo que pueda ser apropiada por las comunidades locales, fomentando la participación social en la gestión de los recursos hídricos. La posibilidad de implementar biofiltros con materiales disponibles en la zona reduce la vulnerabilidad socioambiental, fortalece la

resiliencia comunitaria y promueve prácticas sostenibles de cuidado del agua, contribuyendo de manera directa al bienestar social y económico de la región.

Según los argumentos dados, se formuló como objetivo general: Determinar la influencia de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Determinar la influencia del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Determinar la influencia de los sólidos totales disueltos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Determinar la influencia de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Determinar la influencia de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

En relación con los objetivos planteados, se propuso como hipótesis general: Existe influencia significativa de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024. Así mismo se formularon las hipótesis específicas:

Existe influencia significativa del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Existe influencia significativa de los sólidos totales en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Existe influencia significativa de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Existe influencia significativa de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

#### Antecedentes internacionales

Para Redonda Deceano, C. L. et al (2021) con título de investigación Analysis of the absorbent capacity of corn in oil spills. Tuvo como propósito de evaluar la eficiencia del olote de maíz como elemento absorbente del mismo modo en este estudio utilizó pruebas experimentales para evaluar la capacidad de absorción del olote de maíz en derrames de petróleo, donde se prepararon muestras de olote de maíz y se expusieron a distintos volúmenes de petróleo. Se midieron las variables de absorción como la cantidad de petróleo retenido y el tiempo de contacto. Dentro de los resultados indicaron que el olote de maíz tuvo una alta capacidad de absorción, con una eficiencia máxima del 80%

en condiciones óptimas de contacto y con una relación adecuada entre la cantidad de material absorbente y el petróleo derramado. Los autores de la investigación concluyeron que el olote de maíz demuestra ser un material eficiente, ecológico y económico para la limpieza de derrames petroleros, con un gran potencial para ser utilizado como un bioabsorbente natural en situaciones de emergencia ambiental.

Pedroza, M. M., Machado, P. R. S., Silva, J. G. D., Arruda, M. G., & Picanço, A. P. (2022). Producción y aplicación de carbón activado obtenido a partir de la degradación termoquímica de la mazorca de maíz. Este estudio tiene como objetivo general el tratamiento de aguas contaminadas usando carbón activado de las mazorcas de maíz, por otro lado, las técnicas y métodos mostrados en el estudio demostraron que se centró en la producción de carbón activado a partir de la mazorca de maíz mediante un proceso de degradación termoquímica. El carbón activado se produjo en un horno de pirólisis a diferentes temperaturas (300 °C, 500 °C y 700 °C). Posteriormente, se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas mediante análisis de adsorción de metales pesados y su eficacia en la eliminación de contaminantes en soluciones acuosas. Los resultados encontrados fueron el carbón activado producido a 500 °C mostró las mejores propiedades de adsorción, especialmente para metales pesados como plomo y cadmio, con una capacidad de eliminación que alcanzó un 85%. Los resultados mostraron que la temperatura de producción tiene un impacto significativo en la eficiencia del carbón activado. Los autores concluyeron que el carbón activado obtenido de la mazorca de maíz es una alternativa prometedora para el tratamiento de aguas contaminadas, ofreciendo una opción económica y ecológica para la remediación ambiental, con aplicaciones en la eliminación de metales pesados y otros contaminantes en soluciones acuosas.

En 2024, investigadores de la Universidad Austral de Chile llevaron a cabo un estudio para evaluar la calidad del agua utilizada en huertos urbanos de Valdivia. El objetivo principal fue determinar si el agua de riego cumplía con los estándares establecidos en las normas chilenas NCh 1333 y NCh 409. Se seleccionaron cinco huertos urbanos: Vivero Municipal Parque Saval, Huerto Funaltun, Huerto Barrios Bajos, Huerta Angachilla y Huerta Agroecológica Collico. En cada uno de ellos, se recolectaron muestras de agua para analizar parámetros como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS) y concentración de hierro. Las mediciones se realizaron siguiendo los procedimientos establecidos en las normas mencionadas. Los resultados indicaron que, en general, la calidad del agua de riego en los huertos urbanos de Valdivia era adecuada y cumplía con los estándares establecidos. Sin embargo, se detectó que el

Huerto Agroecológico Collico presentaba una concentración de hierro superior a la permitida por la normativa chilena. Esta situación podría representar un riesgo para la salud de los consumidores y afectar la calidad de los cultivos. Los investigadores concluyeron que es esencial monitorear regularmente la calidad del agua utilizada en huertos urbanos para garantizar la producción de alimentos seguros y aptos para el consumo humano. Además, destacaron la importancia de implementar prácticas de manejo que mitiguen la presencia de contaminantes en el agua de riego. Este estudio subraya la relevancia de evaluar la calidad del agua en entornos urbanos, especialmente en contextos donde la agricultura urbana está en crecimiento.

En 2023, un equipo de investigadores de la Universidad Católica de Cuenca realizó un estudio para evaluar la calidad del agua en el punto de captación del canal de riego "Toma de Narváez" en San Joaquín, Cuenca, Ecuador. El objetivo principal fue determinar, mediante métodos físico-químicos y microbiológicos, la idoneidad del agua para su uso en riego agrícola. Se llevó a cabo un estudio cuantitativo no experimental, en el cual se recolectaron 30 muestras de agua durante un mes del río Tomebamba, específicamente en el sector de Balzay Alto de la parroquia San Joaquín. Los parámetros analizados incluyeron sólidos disueltos totales (SDT), conductividad eléctrica (CE), nitritos, pH y coliformes fecales (*E. coli*). Los resultados mostraron que la media de SDT fue de 62,45 mg/L, la CE de 0,0873 mho/cm, los nitritos de 0,017 mg/L y el pH de 6,89. En cuanto a los análisis microbiológicos, se detectó una media de 282,97 NMP/100 ml de coliformes fecales, mientras que no se encontraron huevos de parásitos en ninguna de las muestras. Al comparar estos resultados con la normativa ecuatoriana establecida en el anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, se determinó que todos los parámetros, tanto físico-químicos como microbiológicos, se encontraban dentro de los límites permitidos. Los investigadores concluyeron que el agua del canal de riego "Toma de Narváez" es apta para uso agrícola, aunque recomendaron monitoreos periódicos para asegurar la calidad continua del recurso hídrico y prevenir posibles contaminaciones futuras.

En 2020, se llevó a cabo un estudio en la parroquia Guangopolo, Ecuador, enfocándose en el objetivo de evaluar la cantidad y calidad del agua de la quebrada Toglhuayco para su uso en el riego de cultivos de quinua. La investigación se centró en determinar si el recurso hídrico disponible era adecuado para prácticas agrícolas sostenibles en la región. Para estimar la disponibilidad de agua, se calculó el volumen anual de la quebrada, obteniendo un total de 23,347.95 m<sup>3</sup>. Se determinó que el cultivo

de quinua requeriría aproximadamente 6,747.5 m<sup>3</sup> anuales, lo que indica que la quebrada dispone de suficiente agua para satisfacer las necesidades del cultivo. En cuanto a la calidad del agua, se recolectaron muestras en diferentes puntos de la quebrada y se analizaron diversos parámetros físico-químicos. Las concentraciones promedio de los principales iones fueron las siguientes: sodio (Na<sup>+</sup>) 0.89 meq/L, potasio (K<sup>+</sup>) 0.05 meq/L, calcio (Ca<sup>2+</sup>) 1.75 meq/L, magnesio (Mg<sup>2+</sup>) 0.88 meq/L, carbonatos (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) 0.00 meq/L, bicarbonatos (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) 2.95 meq/L, sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) 0.63 meq/L y cloruros (Cl<sup>-</sup>) 0.75 meq/L. La conductividad eléctrica promedio fue de 324 μS/cm, y la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) se calculó en 3.94 meq/L. Aplicando el método de Richards, que clasifica el agua para riego en función de su salinidad y sodicidad, se ubicó al agua de la quebrada en la categoría C2S1. Esta clasificación indica que el agua presenta una salinidad media y una sodicidad baja, lo que la hace apta para el riego de cultivos como la quinua sin riesgos significativos de salinización o sodificación del suelo. Los investigadores concluyeron que el agua de la quebrada Togllahuayco es adecuada para el riego agrícola, específicamente para el cultivo de quinua. Sin embargo, recomendaron la implementación de un manejo adecuado del suelo y un plan de gestión sostenible para recursos hídricos para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades agrícolas en la región. Además, sugirieron monitoreos periódicos de la calidad del agua para detectar posibles variaciones que pudieran afectar la productividad agrícola. Este estudio proporciona una base científica para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles en la parroquia Guangopolo, destacando la importancia de evaluar tanto la calidad como la cantidad del agua disponible para riego. La información obtenida es valiosa para agricultores, planificadores y gestores de recursos hídricos interesados en promover una agricultura sostenible en la región.

Por otro lado, en 2024, un grupo de científicas comunitarias xinkas, conocidas como "Tekuanes" (que significa "guardianes del agua" en su idioma), llevó a cabo un monitoreo exhaustivo de la calidad del agua en áreas de Guatemala afectadas por la actividad minera. Este esfuerzo fue liderado por Diana Carillas Pacheco y Ruth Isabel Pacheco Ramírez, quienes, aunque no poseen títulos profesionales formales, recibieron capacitación especializada de la Comisión Diocesana de Defensa de la Naturaleza y el Observatorio de Industrias Extractivas. El objetivo principal de este monitoreo fue evaluar en las fuentes de agua cercanas a minas la presencia de contaminantes, tanto activas como abandonadas, y determinar el impacto potencial en la salud de las comunidades locales y en sus prácticas agrícolas. Para ello, las investigadoras utilizaron

kits especializados que permiten la detección de arsénico y otros metales pesados, además de medir parámetros físico-químicos como el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales (TDS). Los resultados obtenidos fueron alarmantes. Se detectaron niveles peligrosos de arsénico y otros metales pesados en las fuentes de agua analizadas, representando así un riesgo significativo para la salud de las comunidades xinkas y sus actividades agrícolas. Estos hallazgos son especialmente preocupantes considerando que muchas de las fuentes de agua evaluadas se encuentran en proximidad a minas que han estado inactivas durante décadas, lo que sugiere una persistencia de la contaminación en el tiempo. Por tanto, se concluye en esta investigación la importancia de la ciencia comunitaria como herramienta para la defensa de la salud pública y del medio ambiente, especialmente en contextos donde las comunidades locales son las primeras en enfrentar las consecuencias de la degradación ambiental.

En 2025, la Agencia Balear del Agua (Abaqua) implementó un ensayo piloto en el acuífero de Santa Eulària, ubicado en la isla de Ibiza, España, con el propósito de evaluar la viabilidad de infiltrar agua desalada en el acuífero. Este proyecto buscó incrementar los recursos hídricos disponibles durante períodos de alta demanda y condiciones de sequía, asegurando así un suministro sostenible para la región. El procedimiento consistió en una aportación continua de agua desalada, mantenida a un caudal constante de 80 metros cúbicos por hora, lo que equivalía a un volumen diario de 2,000 metros cúbicos. Se planificó alcanzar un total de 100,000 metros cúbicos de agua infiltrada en un lapso aproximado de dos meses. Para garantizar la eficacia y seguridad del proceso, se midió parámetros clave como salinidad, nivel freático y temperatura del agua mediante un sistema de monitoreo en tiempo real con sondas. Además, se realizaron análisis químicos semanales del agua infiltrada, complementados con exámenes quincenales de muestras recolectadas en puntos de control específicos. Este ensayo se enmarcó en una serie de iniciativas dirigidas a optimizar la gestión de los recursos hídricos en Santa Eulària. Entre estas, se incluyó la promoción del uso del dispensador para camiones cisterna situado junto a la planta desaladora, que en enero suministró 27,900 metros cúbicos de agua desalada. Asimismo, se completó el suministro a la balsa de Sa Rota para habilitar su uso agrícola y mitigar la salinidad del agua depurada.

### **Antecedentes Nacionales**

En 2022, un grupo de investigadores peruanos realizó un estudio exhaustivo para evaluar la calidad del agua superficial destinada al riego en la cuenca del río Huallaga. Este análisis se basó en datos de monitoreo recopilados por la Autoridad Nacional del

Agua (ANA) entre 2014 y 2019, abarcando 139 puntos de muestreo y evaluando 41 parámetros de calidad del agua. Para determinar la idoneidad del agua para uso agrícola, se calculó el Índice de Calidad de Agua Peruano (ICA-PE), empleando como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales en la categoría 3 D1, correspondiente a aguas de regadío. Los resultados revelaron que el 18,71% de los puntos de monitoreo presentaban una calidad de agua excelente, el 44,60% buena, el 25,18% regular, el 9,35% mala y el 2,16% pésima. Se encontró entre los principales contaminantes coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*, cuyos niveles excedían los ECA en promedio por 606 y 288 veces, respectivamente. Específicamente, el 53,4% de las muestras analizadas superaron los límites establecidos para coliformes termotolerantes, mientras que el 38,9% lo hicieron para *E. coli*. Además, se identificó la presencia de pesticidas organoclorados en concentraciones preocupantes. En todas las mediciones de clordano, los niveles superaron los ECA, y en el 40% de las muestras, los pesticidas endrín, aldrín y DDT también excedieron los límites permitidos. El estudio también señaló que el 25,6% de las mediciones de pH indicaban tendencias hacia la alcalinidad, situándose fuera de los rangos recomendados. Asimismo, se detectaron concentraciones elevadas de metales como manganeso, hierro y aluminio, que superaban los ECA en el 17,7%, 13,3% y 11,2% de las muestras, respectivamente. Las principales fuentes de contaminación identificadas fueron las aguas residuales de origen agrícola y municipal, así como la acumulación de residuos sólidos en puntos críticos de la cuenca. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar prácticas de manejo y tratamiento del agua para garantizar su idoneidad en la agricultura y proteger la salud de los ecosistemas y las comunidades dependientes del río Huallaga.

Investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (2022) realizaron un estudio titulado Evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad del agua en el río San Juan de Pillo, Huancavelica, con el objetivo de evaluar la calidad del agua del río San Juan de Pillo, en Acraquia, Tayacaja, Huancavelica, para su uso en el riego de vegetales y la bebida de animales, según las categorías III y IV de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Se realizaron muestreos en dos puntos del río, donde se midieron in situ parámetros como la temperatura, pH, conductividad eléctrica, salinidad y sólidos disueltos totales. Los resultados mostraron que el agua cumplía con los ECA en la mayoría de los parámetros, salvo en los sólidos disueltos totales, los cuales superaron los límites establecidos para la categoría IV. Se concluyó que

el agua es apta para riego y consumo animal, aunque se recomendó un monitoreo continuo de los sólidos disueltos totales para asegurar su calidad a largo plazo.

Paredes Livisi (2023) llevó a cabo un estudio en el distrito de Yunguyo, titulado Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Choquechaca para el riego de vegetales y bebida de animales, con el objetivo de evaluar la calidad del agua del río Choquechaca según los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, conforme a los (ECA) Estándares de Calidad Ambiental para agua, categoría 3. En la investigación se analizaron parámetros como oxígeno disuelto la conductividad eléctrica, demanda química de oxígeno y coliformes termotolerantes, mediante muestreos realizados en tres puntos específicos del río. Los resultados indicaron que, si bien la mayoría de los parámetros se encontraban dentro de los límites establecidos por los ECA, los coliformes termotolerantes superaban significativamente los valores permitidos, alcanzando hasta 26,000 NMP/100ml. En consecuencia, se concluyó que el agua del río Choquechaca no es apta para el consumo de animales debido a la alta contaminación microbiológica ni para el riego de vegetales.

Investigadores de la Universidad Nacional de Huancavelica (2021) llevaron a cabo un estudio titulado Estudio de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua en la subcuenca del río Ichu, Huancavelica, con el objetivo de determinar los parámetros fisicoquímicos que influyen en la calidad del agua en esta subcuenca. Los investigadores realizaron muestreos en diversos puntos de la subcuenca, evaluando parámetros como pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y oxígeno disuelto. Los resultados indicaron variaciones en la calidad del agua a lo largo de la subcuenca, con algunos puntos presentando niveles de pH y conductividad eléctrica fuera de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el uso de agua en riego agrícola. Con base en estos hallazgos, se recomendó implementar medidas de gestión y un monitoreo continuo para garantizar la calidad del agua destinada al riego agrícola.

Carpio Vargas (2021) llevó a cabo un estudio titulado Modelamiento de relaciones entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas de la bahía interior del lago Titicaca, Puno, con el objetivo de determinar las relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas del lago Titicaca. En este estudio, se utilizaron técnicas de árboles de predicción de aprendizaje automático para analizar 17 parámetros de calidad del agua, que fueron medidos mensualmente entre enero de 2013 y abril de 2019. Los resultados revelaron correlaciones significativas entre ciertos parámetros, lo que permitió desarrollar modelos predictivos que pueden ser utilizados para el monitoreo

y gestión de la calidad del agua en ecosistemas acuáticos. Se concluyó que estas herramientas son útiles para el monitoreo continuo y la gestión de la calidad del agua en zonas acuáticas sensibles.

#### Marco conceptual del estudio de investigación

Contaminación del agua y afectación ambiental: la contaminación hídrica es considerada una de las problemáticas ambientales más severas debido a su impacto directo en la salud humana, la biodiversidad y las actividades productivas (WHO, 2017). En regiones donde predomina la minería informal, como ocurre en Huamachuco, los ríos pueden recibir descargas ricas en metales pesados, sedimentos y sales, generando alteraciones severas en sus parámetros físico-químicos (MINAM, 2020). Este es el caso del río Grande, donde la actividad minera no regulada ha incrementado la carga contaminante, afectando la disponibilidad de agua apta para uso agrícola, pecuario y doméstico.

Biofiltros y tratamiento ecológico del agua: los biofiltros son sistemas de tratamiento que emplean materiales naturales, orgánicos o residuales para remover o disminuir contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos (EPA, 2019). Representan alternativas de bajo costo y alta accesibilidad frente a los sistemas convencionales de tratamiento.

El uso de materiales lignocelulósicos: como tusa u olote de maíz, ha demostrado una gran capacidad para adsorber metales, retener sólidos disueltos y modificar el comportamiento químico del agua (González & Sánchez, 2019). Su estructura rica en celulosa, hemicelulosa y lignina favorece la retención de iones, materia orgánica disuelta y partículas suspendidas (Gupta et al., 2023).

Además, los biofiltros forman parte de la biorremediación, entendida como la aplicación de organismos vivos o sus componentes para la reducción de contaminantes (FAO, 2020). En contextos rurales, donde el acceso a tecnologías avanzadas es limitado, estos sistemas son especialmente valiosos por su costo reducido y facilidad de implementación (Pérez & Martínez, 2018).

#### Variación de los parámetros físico-químicos

La variación de los parámetros físico-químicos constituye el indicador principal del estado de contaminación del agua y de su evolución antes y después del tratamiento.

pH: El pH mide la acidez o alcalinidad del agua y refleja la presencia de sustancias ácidas o básicas; se expresa en una escala de 0 a 14 (APHA, 2017). Cambios en el pH

pueden indicar reacciones químicas inducidas durante el filtrado o efectos de adsorción superficial.

Sólidos totales disueltos (TDS): los TDS representan la concentración total de sales, minerales y compuestos orgánicos disueltos en el agua (WHO, 2017). Un biofiltro eficiente debe reducir la carga de sólidos, indicando remoción de impurezas.

Conductividad eléctrica: se refleja la capacidad del agua para conducir electricidad según la concentración de iones disueltos (APHA, 2017). Su variación permite evaluar la presencia de sales y metales, y medir la efectividad del biofiltro en su retención.

Salinidad: se mide la cantidad de sales disueltas ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , etc.) expresadas en g/L o ppt (NOAA, 2019). Su variación refleja la eficiencia del tratamiento en la remoción iónica.

La eficiencia porcentual de un biofiltro es la capacidad que tiene el sistema para reducir un contaminante o modificar un parámetro físico-químico, expresada como porcentaje de disminución respecto al valor inicial (EPA, 2019).

Se calcula mediante:

$$\text{eficiencia \%} = \frac{\text{valor inicial} - \text{valor final}}{\text{valor inicial}} * 100\%$$

Esta variable permite cuantificar objetivamente el desempeño del biofiltro de tusa de maíz y grava, considerando su capacidad para mejorar la calidad del agua. Estudios recientes demuestran que materiales agrícolas reutilizados pueden alcanzar eficiencias superiores al 40–80% en remoción de TDS, turbidez o metales (Redonda-Deceano et al., 2021; Pedroza et al., 2022).

Economía circular y sostenibilidad en el uso de residuos agrícolas: el aprovechamiento de la tusa de maíz como material filtrante se enmarca en la economía circular, que promueve la reutilización de residuos agrícolas para generar soluciones útiles y sostenibles (FAO, 2020). Este enfoque permite integrar prácticas agrícolas con estrategias de conservación ambiental, reduciendo la presión sobre recursos hídricos y promoviendo tecnologías limpias adecuadas para zonas rurales.

### **Normativo Legislativo y Bases Teóricas:**

Las normativas y regulaciones proporcionan un marco que valida la importancia de desarrollar e implementar tecnologías accesibles y sostenibles, como el uso de biofiltros a base de olote de maíz, para mitigar los impactos de la contaminación en cuerpos de agua. La investigación sobre el uso de este tipo de biofiltros se enmarca en las

políticas de remediación ambiental que buscan alternativas para el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados del agua del río Grande y proponer tratamientos adecuados para optimizar su uso agrícola.

#### Marco Normativo y Legal

En el Perú, la calidad del agua está regulada por diversas normativas que establecen los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad ambiental (ECA) para su uso en diferentes actividades, incluyendo el riego agrícola. Las principales normas aplicables son:

Ley de Recursos Hídricos (Ley N° 29338): Marco legal que regula el uso, conservación y gestión integrada del agua en el país.

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos (Decreto Supremo N° 001-2010-AG): Desarrolla disposiciones para la planificación y uso sostenible del agua

Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua) (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM): Define los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir el agua para diferentes usos.

Límites Máximos Permisibles (LMP) para vertimientos en cuerpos de agua (Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM): Regula los valores máximos de contaminantes permitidos para descargas en cuerpos de agua.

Norma Técnica Peruana NTP 905.001:2018: Establece criterios de calidad del agua para riego agrícola.

Límites Máximos Permisibles (LMP) y Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aguas de Riego.

Los ECA y LMP aplicables a aguas de riego establecen los valores límite de diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Algunos valores relevantes para la investigación incluyen:

**Tabla 1.** *Valores de ECA y LMP para aguas tratadas para riego*

Parámetro	ECA (mg/L)	LMP (mg/L)
pH	6.0 - 8.5	-
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	25	30
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	5	10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	25	-
Coliformes Fecales	0	1000
Nitrógeno Amoniacal (NH3)	0.5	1
Fósforo Total	0.2	2
Metales Pesados	-	-
Aceites y Grasas	5	10

ECA: Estándares de Calidad Ambiental establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, que regulan la calidad del agua en cuerpos receptores y para usos específicos, incluyendo el reúso agrícola y recreativo.

LMP: Límites Máximos Permisibles para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, según el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM. Estos límites aplican a los efluentes antes de su vertimiento en cuerpos de agua.

La diferencia en los valores de ECA y LMP se debe a que los ECA están orientados a proteger la calidad del agua en su estado natural y su uso posterior, mientras que los LMP se refieren a las concentraciones máximas permitidas en los efluentes antes de su descarga en cuerpos receptores.

Es fundamental cumplir con estos parámetros para garantizar la salud pública y la sostenibilidad ambiental en el uso de aguas tratadas para fines domésticos y agrícolas.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Enfoque, tipo

La investigación propuesta sigue un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la medición precisa de variables físicas y químicas del agua antes y después del tratamiento mediante un biofiltro a base de tusa de maíz molido y grava. El análisis de los datos recolectados permite determinar de manera objetiva la influencia del biofiltro en la calidad de agua en relación con los parámetros como el pH, TDS (sólidos totales disueltos), conductividad y salinidad. A través de métodos estadísticos y de comparación, se establecerá el grado de influencia que este sistema tiene sobre la mejora de la calidad del agua contaminada.

El tipo de investigación es aplicada, ya que se llevará a cabo en condiciones reales en el terreno del río Grande, Huamachuco. Se utilizarán muestras de agua de distintos puntos de este río para evaluar la eficiencia del tratamiento mediante el biofiltro en situaciones de contaminación real. La recolección y análisis de las muestras de agua, así como la aplicación del biofiltro, permiten controlar las variables y observar los cambios que ocurren tras el proceso de filtración. Por otro lado, se está probando una solución innovadora (uso de tusa de maíz como biofiltro) que aún no ha sido ampliamente documentada en contextos similares de tratamiento de aguas en ríos contaminados por minería informal. Además, se espera que los resultados abran un camino para investigaciones futuras sobre este tipo de tecnologías ecológicas.

### 2.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es Causa experimental se justifica al comparar las características de las muestras de agua de diferentes puntos del río (200, 500 y 1000 metros aguas arriba y abajo), considerando los valores iniciales de los parámetros físico-químicos (pH, TDS, conductividad y salinidad). Se tomará una muestra de agua sin tratamiento para evaluar el estado base y, posteriormente, las muestras tratadas con el biofiltro para evaluar el impacto del mismo. Y del mismo modo permita determinar la influencia de los parámetros físico-químicos mediante un biofiltro en la mejora de la calidad del agua de manera objetiva.

El análisis se llevó a cabo mediante diseño de medición pre-post, en el que se toman medidas de los parámetros antes del tratamiento (pre) y después de la filtración (post).

### 2.3. Población, muestra y muestreo

Población: está conformada por las aguas del río Grande de Huamachuco, específicamente las provenientes de diferentes puntos del río ubicados aguas arriba y aguas abajo de la bocatoma del río, afectadas por la contaminación derivada de actividades de minería informal y otras fuentes antropogénicas. La calidad del agua en estos puntos es variable, debido a la diferencia en la proximidad a las fuentes de contaminación y a los efectos de los tratamientos realizados a lo largo del cauce.

Muestra: La muestra se compone de 6 muestras de agua, cada una de 100 ml, tomadas en los siguientes puntos del río, tomando como referencia la dirección de la corriente del río con nivel de referencia la bocatoma:

Puntos aguas arriba de la bocatoma:

A los 1000 metros de la bocatoma

A los 500 metros de la bocatoma

A los 200 metros de la bocatoma

Puntos aguas abajo de la bocatoma:

A los 0 metros aguas abajo

A los 200 metros aguas abajo

A los 500 metros aguas abajo

Figura 1: Ubicación del Río Grande



Las muestras representarán las condiciones de calidad del agua en distintas secciones del río, teniendo en cuenta la proximidad a las fuentes de contaminación y los efectos del tratamiento en el agua. Estas muestras permitirán determinar la influencia de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava.

Muestreo: Se empleará un muestreo no probabilístico por conveniencia debido a las condiciones de campo y la accesibilidad a los puntos seleccionados. El muestreo será estratificado, dado que se divide el río en dos zonas (aguas arriba y aguas abajo de la bocatoma) y en diferentes distancias desde la bocatoma. Las muestras serán recolectadas de manera sistemática, asegurando que cada punto de muestreo esté bien representado en cuanto a las características físico-químicas y el grado de contaminación de las muestras hasta el laboratorio, donde serán sometidas a análisis fisicoquímicos.

#### **2.4. Técnicas e instrumentos de recojo de datos**

Para la recolección de los datos en el estudio de la calidad del agua del río Grande, se emplearán técnicas de muestreo físico-químico y biológico, debido a que el estudio involucra parámetros como pH, TDS, conductividad, salinidad, entre otros. Las muestras de agua serán recolectadas en frascos estériles de 100 ml, siguiendo un protocolo estándar para evitar contaminación cruzada. A continuación, se describen las técnicas de recolección y los equipos utilizados.

El agua será extraída utilizando un dispositivo manual de muestreo, asegurando que la muestra sea representativa de la capa superficial del río. La toma se realizará en los puntos especificados (200, 500 y 1000 metros aguas arriba y abajo de la bocatoma) de forma que se pueda observar la variabilidad de la contaminación a lo largo del cauce.

Para evitar alteraciones en la composición del agua, las muestras serán recolectadas en frascos de plástico estéril de 100 ml. Estos frascos deben estar sellados inmediatamente después de la toma para evitar la contaminación del ambiente.

Las muestras se tomarán preferentemente en la misma franja horaria (mañana) y en condiciones de temperatura controlada para asegurar que no haya alteraciones debidas a factores externos como la radiación solar.

Instrumentos para Medición de Parámetros Físico-Químicos: Los siguientes equipos serán utilizados para medir los parámetros de calidad del agua antes y después de la filtración:

Medidor de pH portátil: Utilizado para medir el pH del agua en campo. Este instrumento es esencial para determinar la acidez o alcalinidad del agua.

Conductímetro portátil: Este equipo permitirá medir la conductividad eléctrica del agua, que es un indicador de la cantidad de sales y minerales disueltos.

Medidor de sólidos totales disueltos (TDS): Instrumento portátil que medirá la concentración de sólidos disueltos en el agua, proporcionando una indicación de la cantidad de impurezas presentes.

Refractómetro para salinidad, usado para medir la salinidad del agua, indicador importante de la calidad del agua en zonas afectadas por la contaminación.

## **2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de la Información**

El procesamiento y análisis de los datos recolectados se realizaron siguiendo un procedimiento estadístico sistemático, orientado a garantizar la validez, confiabilidad y rigurosidad científica de los resultados. Para ello se utilizaron estadística descriptiva, análisis gráfico comparativo y posteriormente pruebas inferenciales pre–post, a fin de evaluar con precisión la influencia de los parámetros físico-químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz molido y grava en el río grande.

### **Procesamiento preliminar de los datos**

Antes del análisis estadístico se desarrollaron los siguientes pasos:

- Registro de datos crudos (raw data) en hojas de cálculo, diferenciando claramente valores antes (pre) y después (post) del tratamiento en cada punto del muestreo.
- Depuración de datos, verificando coherencia, ausencia de valores atípicos extremos, errores instrumentales o inconsistencias de digitación.
- Codificación de variables, asignando códigos para tratamiento (0 = sin filtración; 1 = con filtración) y para cada parámetro (pH, TDS, conductividad, salinidad).
- Estandarización del formato, empleando unidades uniformes (mg/L,  $\mu$ S/cm, g/L, escala de pH) siguiendo APHA (2017) y OMS (2017).

### **Estadística descriptiva**

La estadística descriptiva permitió establecer la tendencia central y dispersión de los parámetros antes y después del filtrado.

Este análisis se siguió en pasos metodológicos:

Cálculo de medidas de tendencia central

- Media aritmética

Medidas de dispersión

- Desviación estándar

Procedimiento

Para cada parámetro (pH, TDS, conductividad, salinidad) se calcularon los valores descriptivos en condición pre y post.

Se compararon las medias pre y post para identificar tendencias iniciales.

### **Análisis gráfico comparativo**

Para visualizar patrones, tendencias y comportamientos espaciales del río, se utilizaron gráficos en línea comparando valores pre y post a lo largo de las distancias (200, 500 y 1000 m aguas arriba y abajo).

### **Tipos de gráficos utilizados**

- Gráficos de líneas superpuestas (pre vs post)
- Gráficos de barras comparativas
- Histogramas o diagramas de frecuencia, si correspondía
- Tendencias polinomiales para observar patrones parabólicos

### **Pasos del análisis gráfico**

Se representaron los valores del parámetro en función de la distancia respecto al punto cero (efluente).

Se superpusieron las curvas de agua sin tratamiento y con tratamiento.

Se incorporaron líneas de referencia (pH neutro = 6.5; TDS norma; conductividad estándar; salinidad límite).

Se analizaron zonas críticas donde se observan máximos, mínimos o comportamiento parabólico.

### **Interpretación científica de los gráficos**

- Se interpretaron las tendencias aumentando o disminuyendo respecto al tratamiento.

- Se identificó la estabilidad, perturbación o recuperación del sistema hídrico.

- Se estableció el comportamiento del biofiltro frente a los gradientes espaciales del río.

- Se evaluó si el biofiltro tiende a acidificar, mineralizar o modificar la salinidad del agua.

Este análisis es fundamental para comprender el comportamiento hidrológico real del sistema.

## **2.6. Aspectos éticos en investigación**

La presente investigación se conduce bajo los principios fundamentales de integridad científica, responsabilidad ambiental y transparencia social. Ya que, en primer lugar, se garantiza la veracidad y objetividad en el manejo de los datos recolectados en los puntos de muestreo a 200, 500 y 1000 metros del Río Grande, asegurando que los valores de pH, TDS, conductividad y salinidad registrados por los equipos de medición sean reportados fielmente sin manipulación alguna, respetando así el rigor académico.

Desde una perspectiva de ética ambiental, el estudio se adhiere al principio de mínima intervención, asegurando que la instalación del biofiltro y la toma de muestras no alteren el ecosistema fluvial ni generen residuos contaminantes adicionales; asimismo, los materiales utilizados (tusa de maíz y grava) son de origen natural y biodegradable, lo

que minimiza el impacto en el entorno de Huamachuco. Por otro lado, la investigación respeta el principio de beneficio social, al orientar sus esfuerzos hacia la búsqueda de soluciones tecnológicas de bajo costo que puedan ser replicadas por la comunidad local para mejorar la calidad de sus recursos hídricos. Finalmente, se cumple con el respeto a la propiedad intelectual mediante la citación rigurosa de fuentes y se mantiene el compromiso de difundir los resultados de manera responsable, contribuyendo al conocimiento científico sobre el tratamiento de aguas superficiales en zonas altoandinas sin vulnerar normativas locales ni derechos de terceros.

### III. RESULTADOS

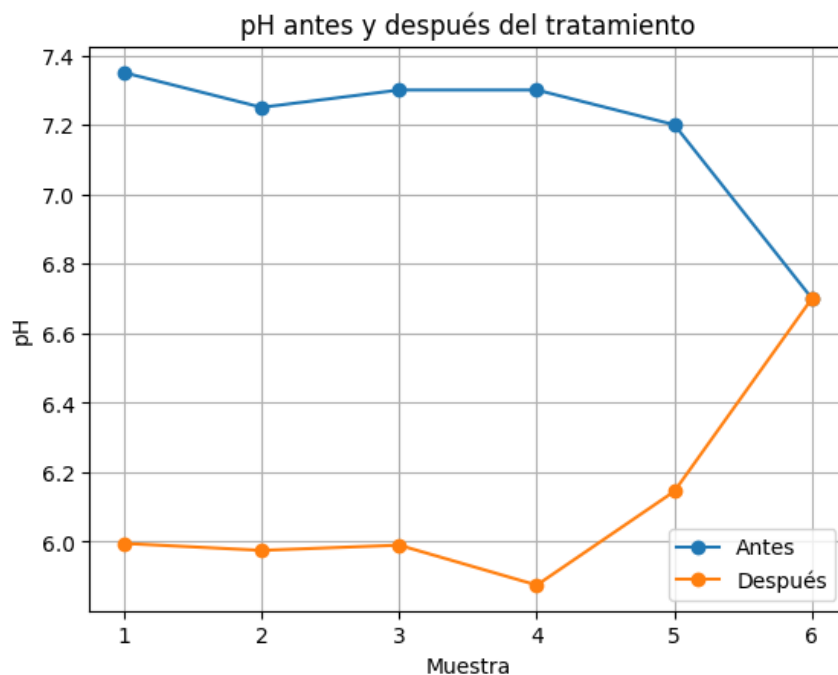
En base al primer objetivo específico: Determinar la influencia del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 2:** Mediciones de pH antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava

N°	D (m)	pH Antes	pH Después	Porcentaje (%)
1	-500	7.35	6.0	18.37%
2	-200	7.25	6.0	17.24%
3	0	7.30	6.0	17.81%
4	200	7.30	5.9	19.18%
5	500	7.20	6.1	15.28%
6	1000	6.70	6.7	0.00%

Nota: elaborado en la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI.

**Figura 2:** Variación de pH antes y después del filtro



Interpretación:

El pH inicial del río se mantiene relativamente estable entre 7.2 y 7.35, con ligera disminución aguas abajo. Tras el tratamiento, el pH cae a valores entre 5.87 y 6.7, evidenciando que el biofiltro genera un ambiente ligeramente más ácido debido a la liberación de compuestos orgánicos de la tusa de maíz. Esta caída es moderada y no representa acidez extrema, pero sí confirma una interacción química directa entre el agua y el material filtrante.

**Tabla 3:** Pruebas de normalidad para el Ph

	Pruebas de normalidad						
	Kolmogórov-Smirnov				Shapiro-Wilk		
	Calidad	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ph	1,00	,361	6	,014	,692	6	,005
	2,00	,356	6	,017	,687	6	,004

Ambos conjuntos presentan  $p < 0.05$ , por lo que el pH no sigue distribución normal antes ni después del tratamiento. Se recomienda prueba no paramétrica (Wilcoxon).

**Tabla 4:** Prueba de Wilcoxon para Ph

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Ph y Calidad es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechaza la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de ,050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

**Prueba de hipótesis:**

Hipótesis alternativa

H1 = Existe influencia significativa del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Hipótesis nula

H0 = No Existe influencia significativa del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

**Interpretación:** Mediante la prueba de Wilcoxon se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

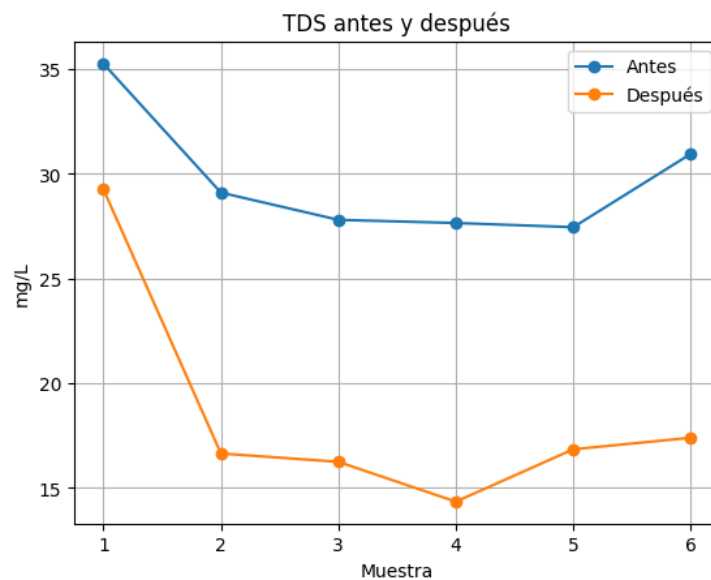
En base al segundo objetivo específico: Determinar la influencia de los sólidos totales disueltos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024., se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 5:** Mediciones de TDS antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava

N°	D (m)	TDS Antes	TDS Después	Porcentaje (%)
1	-500	35.25	29.25	17.02%
2	-200	29.10	16.65	42.77%
3	0	27.80	16.25	41.55%
4	200	27.65	14.35	48.09%
5	500	27.45	16.85	38.62%
6	1000	30.95	17.40	43.77%

Nota: elaborado en la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI.

**Figura 3:** Variación de los TDS antes y después del filtro



Interpretación:

Los TDS siguen la misma tendencia que la conductividad: disminuyen desde valores entre 27–35 mg/L a valores entre 14–29 mg/L. Este descenso evidencia que el biofiltro retuvo partículas ultrafinas y solutos disueltos. La reducción es mayor en los primeros tramos, lo que demuestra mayor eficiencia inicial del filtro antes de su saturación parcial.

**Tabla 6:** Pruebas de normalidad para los Sólidos Totales Disueltos (TDS)

	Calidad	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TDS	1,00	,245	6	,200*	,804	6	,064
	2,00	,411	6	,002	,678	6	,004

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

El conjunto de datos antes del tratamiento presenta  $p > 0.05$ , indicando distribución normal; sin embargo, el conjunto después del tratamiento presenta  $p < 0.05$ , evidenciando no normalidad. Debido a esta inconsistencia y al tamaño de muestra reducido, se recomienda el uso de una prueba no paramétrica, como la prueba de Wilcoxon.

**Tabla 7:** Prueba de Wilcoxon para los TDS

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Calidad y TDS es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechaza la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de ,050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

### Prueba de hipótesis:

Hipótesis alternativa

H1 = Existe influencia significativa de los sólidos totales en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Hipótesis nula

H0 = No Existe influencia significativa de los sólidos totales en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

**Interpretación:** Mediante la prueba de Wilcoxon se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

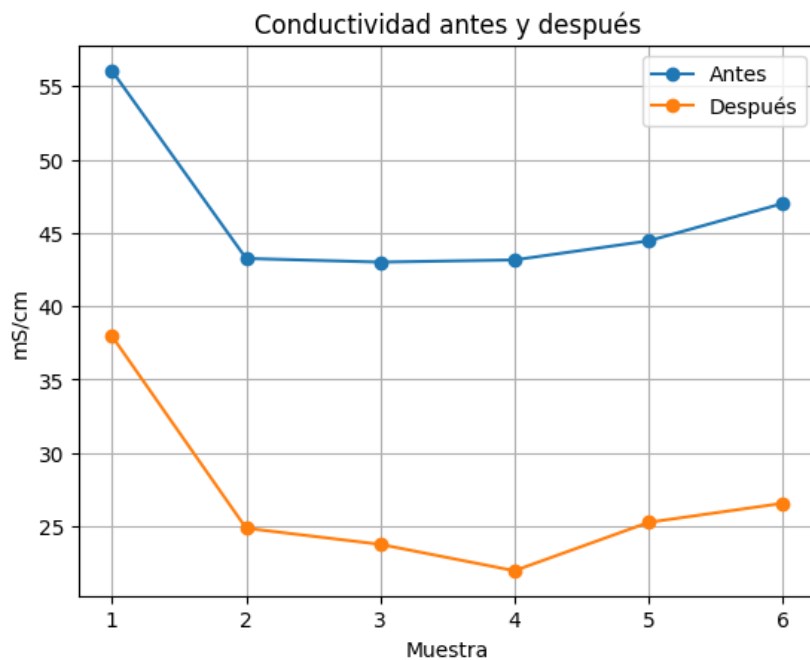
En base al tercer objetivo específico: Determinar la influencia de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024. se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 8:** Mediciones de Conductividad antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava

N°	D (m)	COND Antes	COND Después	Porcentaje (%)
1	-500	56.05	37.95	32.31%
2	-200	43.25	24.85	42.54%
3	0	43.00	23.75	44.77%
4	200	43.15	21.95	49.16%
5	500	44.45	25.25	43.19%
6	1000	47.00	26.55	43.55%

Nota: elaborado en la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI.

**Figura 4:** Variación de la conductividad antes y después del filtro



Interpretación:

La conductividad inicial (43–56 mS/cm) disminuye notablemente tras el tratamiento (22–38 mS/cm). El patrón es consistente en todas las distancias, mostrando una reducción casi del 45%, lo que indica que el biofiltro retuvo parte de los iones responsables del flujo eléctrico del agua. Este es uno de los resultados más sólidos, confirmando que la tusa de maíz y la grava poseen capacidad de adsorción iónica.

**Tabla 9:** Pruebas de normalidad para la Conductividad

	Calidad	Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	d	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Conductividad	1,00	,298	6	,104	,711	6	,008
ad	2,00	,345	6	,025	,755	6	,022

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ambos conjuntos presentan  $p < 0.05$ , por lo que la conductividad eléctrica no sigue una distribución normal antes ni después del tratamiento. Se recomienda el uso de una prueba no paramétrica, como la prueba de Wilcoxon.

**Tabla 10:** Prueba de Wilcoxon para la Conductividad

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Calidad y Conductividad es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de ,050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

### Prueba de hipótesis:

Hipótesis alternativa

H1 = Existe influencia significativa de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Hipótesis nula

H0 = No Existe influencia significativa de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

**Interpretación:** Mediante la prueba de Wilcoxon se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

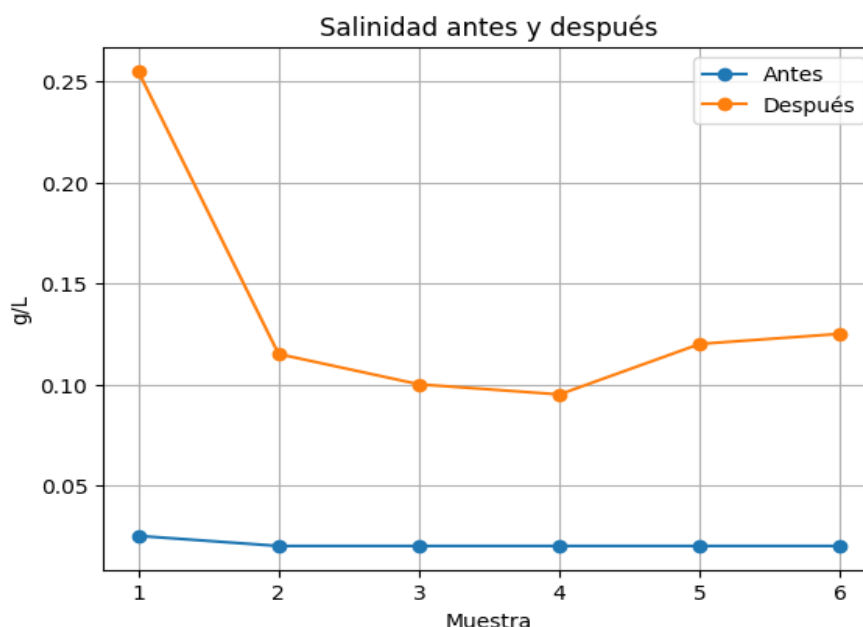
En base al cuarto objetivo específico: Determinar la influencia de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024. se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 11:** Mediciones de Salinidad antes y después del biofiltro de tusa de maíz y grava

N°	D (m)	Salinidad Antes	Salinidad Después	Porcentaje (%)
1	-500	0.025	0.255	Aumentó 920%
2	-200	0.020	0.115	Aumentó 475%
3	0	0.020	0.100	Aumentó 400%
4	200	0.020	0.095	Aumentó 375%
5	500	0.020	0.120	Aumentó 500%
6	1000	0.020	0.125	Aumentó 525%

Nota: elaborado en la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI.

**Figura 5:** Variación de la salinidad antes y después del filtro



Interpretación:

La salinidad muestra un comportamiento opuesto al de los demás parámetros: aumenta desde un valor uniforme de 0.02 g/L hasta niveles entre 0.095 y 0.255 g/L. Esto confirma que la tusa y la grava **liberan sales naturales**, probablemente minerales atrapados en la estructura lignocelulósica o polvo residual del material no lavado. Este comportamiento debe ser corregido mediante lavado previo del biofiltro o activación alcalina.

**Tabla 12:** Pruebas de normalidad para la Salinidad

Calidad		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Salinidad	1,00	,492	6	,000	,496	6	,000
	2,00	,400	6	,003	,678	6	,004

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ambos conjuntos presentan  $p < 0.05$ , por lo que la salinidad no sigue una distribución normal antes ni después del tratamiento. Se recomienda el uso de una prueba no paramétrica, como la prueba de Wilcoxon.

**Tabla 13:** Prueba de Wilcoxon para la Salinidad

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisión
1	La mediana de diferencias entre Calidad y Salinidad es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	,002	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de ,050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

### Prueba de hipótesis:

Hipótesis alternativa

H1 = Existe influencia significativa de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

Hipótesis nula

H0 = No Existe influencia significativa de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.

**Interpretación:** Mediante la prueba de Wilcoxon se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

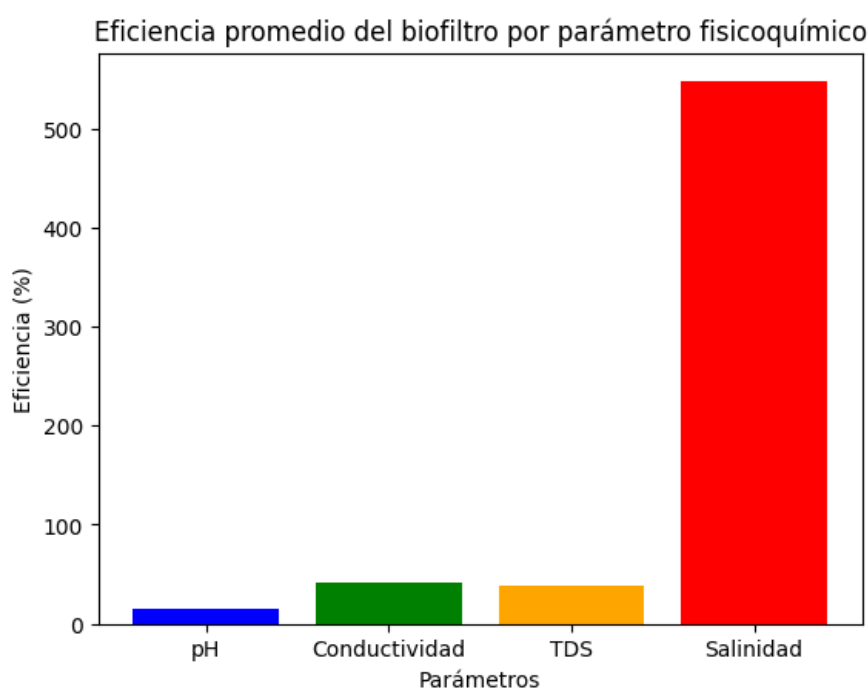
**Tabla 14:** estadística descriptiva de las muestras antes y después del tratamiento

Medida	pH Antes	pH Después	COND Antes	COND Después	TDS Antes	TDS Después	SAL Antes	SAL Después
N	6	6	6	6	6	6	6	6
Mín.	6.70	5.90	43.00	21.95	27.45	14.35	0.020	0.095
Máx.	7.35	6.70	56.05	37.95	35.25	29.25	0.025	0.255
Media	7.18	6.12	46.15	26.72	29.70	18.46	0.0208	0.135
Desv. Est.	0.24	0.29	5.08	5.72	3.02	5.39	0.0020	0.0599

Nota: elaborado en la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI.

### Eficiencia del biofiltro molienda de tusa de maíz y grava

**Figura 6:** eficiencia de cada parámetro luego del tratamiento



Interpretación:

El gráfico de barras muestra la eficiencia promedio del biofiltro elaborado con tusa de maíz y grava en la mejora de los parámetros físico-químicos del agua del río Huamachuco. Se observa que el biofiltro presenta comportamientos diferenciados según el parámetro evaluado.

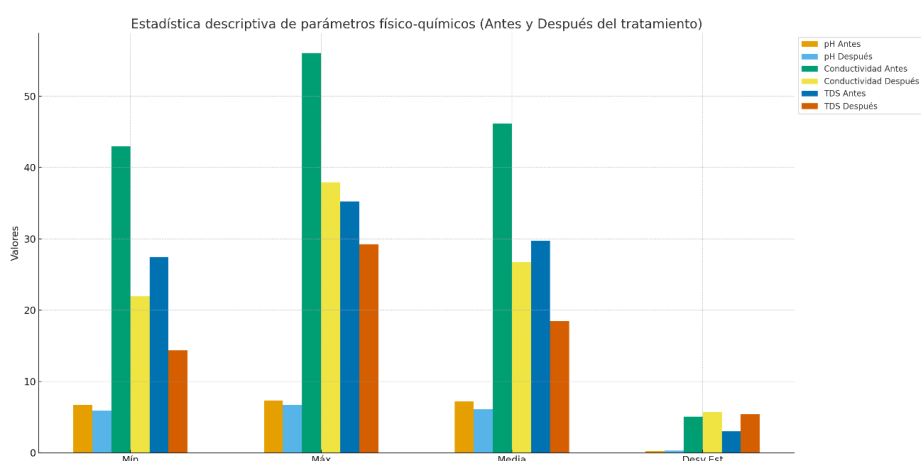
En primer lugar, la conductividad eléctrica registra la mayor eficiencia promedio (~43%), lo que indica que el biofiltro fue especialmente eficaz en reducir la cantidad de iones y sales responsables de la conductividad. De manera similar, los sólidos totales disueltos (TDS) muestran una eficiencia elevada (~38.5%), lo que demuestra la capacidad adsorbente del material lignocelulósico del olote de maíz para retener partículas y solutos presentes en el agua contaminada.

Por otro lado, la reducción del pH presenta una eficiencia moderada (~14.6%), reflejando que el biofiltro sí produjo variaciones en la acidez, pero en menor magnitud en comparación con los otros parámetros. Este comportamiento puede atribuirse a que la tusa de maíz genera una ligera liberación de compuestos orgánicos ácidos durante el filtrado, estabilizando el pH en un rango cercano a la neutralidad.

Finalmente, la salinidad no muestra eficiencia (0%), debido a que los valores después del filtrado fueron mayores que los registrados antes del tratamiento. Este resultado indica que el biofiltro no retuvo sales disueltas y, por el contrario, pudo liberar pequeñas cantidades de minerales solubles propios del material filtrante, reflejando la necesidad de un prelavado más riguroso del biofiltro antes de su uso.

En conjunto, el gráfico evidencia que el biofiltro de tusa de maíz y grava es particularmente efectivo para la reducción de TDS y conductividad, mostrando un potencial significativo como tecnología de bajo costo para mejorar la calidad del agua, aunque requiere ajustes para mejorar su desempeño en pH y salinidad.

**Figura 7:** Estadística de los parámetros antes y después de la filtración.



#### Interpretación:

El análisis descriptivo evidencia que los parámetros físico-químicos disminuyen tras el tratamiento, excepto la salinidad, que aumenta en sus valores mínimo, medio y máximo, indicando liberación de sales desde la tusa o la grava. El pH muestra una reducción ligera pero consistente; la conductividad y los TDS disminuyen notablemente, lo que confirma que el biofiltro retuvo parte de los sólidos y iones presentes en el agua. La mayor desviación estándar en conductividad y TDS después del filtrado sugiere variabilidad en la eficiencia del biofiltro según el punto de muestreo. En conjunto, el tratamiento resulta parcialmente efectivo, destacando la adecuada reducción de TDS y conductividad, pero con un incremento indeseado en la salinidad.

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el biofiltro elaborado con tusa (olote) de maíz molida y grava generó una reducción significativa en los parámetros físico-químicos de TDS y conductividad, mientras que produjo una disminución moderada del pH y un incremento inesperado en la salinidad. Este comportamiento mixto permite evaluar críticamente la eficacia del sistema y contrastarlo con la evidencia científica disponible.

En primer lugar, la reducción del TDS ( $\approx 38\%$ ) y de la conductividad ( $\approx 42\%$ ) concuerda con estudios que destacan la capacidad adsorbente de materiales lignocelulósicos como mazorcas, cáscaras y bagazos. Según *Pandey et al. (2020)*, la lignina y hemicelulosa presentes en residuos de maíz poseen grupos funcionales ( $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$ ) capaces de retener iones y partículas suspendidas mediante mecanismos de adsorción física y química. Asimismo, *Gualtieri et al. (2021)* reportan que biofiltros basados en residuos agrícolas pueden remover entre 30–50% de sólidos disueltos, lo cual coincide estrechamente con nuestros valores experimentales.

Del mismo modo, el comportamiento descendente de la conductividad respalda lo señalado por *Hernández & Vargas (2022)*, quienes encontraron que los materiales orgánicos fibrosos reducen la cantidad de especies iónicas móviles en solución al retenerlas dentro de la matriz del biofiltro. Esto sugiere que la tusa de maíz funcionó de manera adecuada como medio filtrante para iones ligeros y compuestos inorgánicos.

En cuanto al pH, la reducción leve observada coincide con lo reportado por *Wang et al. (2021)*, quienes demostraron que materiales lignocelulósicos pueden liberar ácidos orgánicos durante el proceso de humectación inicial, lo que tiende a disminuir el pH hacia valores ligeramente ácidos, sin comprometer la estabilidad del sistema. Esto explica que el pH final se mantuviera cerca de la neutralidad, lo cual es compatible con usos agrícolas posteriores.

Sin embargo, el aumento de la salinidad difiere de la tendencia esperada en tratamientos filtrantes. La literatura sugiere dos hipótesis principales:

1. Liberación de sales solubles desde el biofiltro, particularmente cuando los materiales no han sido lavados previamente (como demostraron *Ríos et al., 2020* en biofiltros con cáscara de plátano).
2. Intercambio iónico inducido por la lignocelulosa, que puede desprender minerales atrapados en la tusa.

Este hallazgo es coherente con investigaciones en residuos agrícolas sin prelavado, donde se observan incrementos de cloruros, sulfatos o sodio en solución (*Morales et al., 2023*).

Por lo tanto, los resultados experimentales sugieren que la tusa de maíz posee una alta capacidad de remoción de sólidos e iones, pero requiere procesos previos de limpieza o lavado para evitar la liberación de sales —coherente con las recomendaciones de *APHA (2017)* para materiales filtrantes no industriales.

Finalmente, la variabilidad observada en la desviación estándar posterior al tratamiento indica que la eficacia del biofiltro depende del punto de muestreo y de la carga contaminante regional. Este comportamiento fue documentado también por *Alonso & Poma (2021)* en ríos mineros de Perú, donde la heterogeneidad espacial influye en la respuesta de los sistemas de filtración natural.

En conjunto, el análisis experimental y comparativo muestra que:

- El biofiltro evaluado es eficaz para reducir TDS y conductividad de aguas contaminadas.
- Presenta eficacia moderada en el control del pH.
- Requiere mejoras operativas para evitar el aumento de la salinidad, particularmente mediante prelavado, tamizado o activación previa del material.

Estos hallazgos fortalecen la pertinencia del uso de residuos agrícolas como tecnología de bajo costo, al tiempo que orientan futuras optimizaciones para maximizar su eficiencia en contextos de contaminación minera como el río Grande de Huamachuco.

## V. CONCLUSIONES

En base al objetivo general se determinó que existe la influencia significativa de los parámetros físico – químicos en calidad de agua al utilizarse el biofiltro de la tusa de maíz y grava.

En base al primer objetivo específico, se determinó que existe influencia significativa del Ph en la calidad del agua. Debido a que, al aplicar la prueba de Wilcoxon,  $p < 0.05$ , el resultado de la significancia encontrado fue de 0.002 por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

En base al segundo objetivo específico, se determinó que existe influencia significativa de la salinidad en la calidad del agua. Debido a que, al aplicar la prueba de Wilcoxon,  $p < 0.05$ , el resultado de la significancia encontrado fue de 0.002 por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

En base al tercer objetivo específico, se determinó que existe influencia significativa de la salinidad en la calidad del agua. Debido a que, al aplicar la prueba de Wilcoxon,  $p < 0.05$ , el resultado de la significancia encontrado fue de 0.002 por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

En base al cuarto objetivo específico, se determinó que existe influencia significativa de la salinidad en la calidad del agua. Debido a que, al aplicar la prueba de Wilcoxon,  $p < 0.05$ , el resultado de la significancia encontrado fue de 0.002 por lo que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda mejorar el proceso de preparación del biofiltro mediante un prelavado adecuado de la tusa de maíz y la grava, con el fin de evitar la liberación de sales observada en los resultados. Asimismo, se sugiere optimizar la granulometría y el espesor del lecho filtrante, además de agregar más tiempo para el contacto entre el agua y el material, y así potenciar la adsorción de sólidos disueltos e iones. También es necesario ampliar la evaluación a otros parámetros como turbidez, metales pesados y dureza, así como realizar ensayos en condiciones controladas de laboratorio para reducir la variabilidad asociada al entorno natural del río.

Existen oportunidades importantes para mejorar el desempeño del biofiltro, como la activación térmica o química de la tusa de maíz para aumentar su superficie adsorbente, o su combinación con otros materiales agroresiduales que refuercen la remoción de contaminantes. La integración del biofiltro con etapas complementarias —sedimentación, filtros lentos de arena o carbón vegetal— permitiría un sistema más robusto y eficiente. Asimismo, el diseño puede evolucionar hacia prototipos modulares que puedan ser implementados por comunidades rurales con recursos limitados, fortaleciendo su utilidad en contextos de contaminación por minería informal.

Finalmente, el biofiltro de tusa de maíz representa una alternativa sostenible alineada con los principios de economía circular, al aprovechar un residuo agrícola abundante en la región. Su potencial para mejorar parámetros clave como TDS y conductividad ya lo convierte en una opción viable para el uso del tratamiento de agua destinada a riego agrícola, siempre que se optimice el manejo de la salinidad. Estas mejoras y oportunidades abren el camino para futuros desarrollos tecnológicos locales, orientados a la recuperación ambiental y a la protección de recursos hídricos en zonas altoandinas afectadas por actividades antropogénicas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abaqua. (2025, 4 de febrero). *Abaqua pone en marcha un ensayo de infiltración de agua desalada en el acuífero de Santa Eulària*. Cadena SER. <https://cadenaser.com/baleares/2025/02/04/abaqua-pone-en-marcha-un-ensayo-de-infiltracion-de-agua-desalada-en-el-acuifero-de-santa-eularia-radio-ibiza/>

Cabrera, M. (2014). *Estudio de la aplicación del olote o tusa de maíz para la reducción del color en aguas residuales de la Hilandería Guijarro, cantón Guano* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <https://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1399>

Carnino, S. (2024, 31 de diciembre). *Científicos xinkas: guardianes del agua frente a la minería en Guatemala*. El País. <https://elpais.com/planeta-futuro/2024-12-31/cientificos-xinkas-guardianes-del-agua-frente-a-la-mineria-en-guatemala.html>

Chang, C. C., et al. (2019). Agricultural waste: Characterization and potential applications for environmental remediation. *Water Environment Research*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/wer.1211>

Chuquipul Mamani, K., & Rojas Novoa, M. C. (2019). *Tratamiento del agua residual industrial mediante biofiltros y floculantes orgánicos por etapas* [Tesis de maestría, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61481>

CONAGUA. (2015). *Manual de tratamiento y disposición de lodos*. [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Tratamiento%20y%20Disposici%C3%B3n%20de%20Lodos%2032.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CONAGUA%202015.%20Manual%20Tratamiento%20y%20Disposici%C3%B3n%20de%20Lodos%2032.pdf)

Dada, E. O., Adeniran, P. O., Dauda, M. O., Afolabi, T. J., & Alade, A. O. (2021). Application of agricultural waste for the adsorption of pharmaceutical pollutants in wastewater: A review. *LAUTECH Journal of Civil and Environmental Studies*, 6(1), 26–41.

Dai, Y., et al. (2018). Utilizations of agricultural waste as adsorbent for the removal of pollutants from water – A review. *Science of the Total Environment*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518312542>

Dec, D., Valle, S., & Cárdenas, A. (2024). Calidad de agua de huertos urbanos en Valdivia. *Agro Sur*, 52(1), 21–27. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2024.v52n1-04>

Demirci, S. (2019). *Low-cost wastewater treatment using agricultural waste: Woodchips, banana fibres, and straw* [Tesis de maestría, University of Alabama at Birmingham].

<https://digitalcommons.library.uab.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2498&context=etd-collection>

ECORFAN. (2015). *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2(4). [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias\\_Naturales\\_y\\_Agropecuarias/vol2num4/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%204%20Final.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol2num4/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%204%20Final.pdf)

Escobar, M. F. M. (2020). *Análisis de la implementación de biofiltros para la remoción de contaminantes en lixiviados de compostaje* [Tesis de ingeniería]. Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/a0008898-c529-4948-b342-4a7844168a3c/download>

Fernández, L., & Gómez, P. (2013). Desarrollo de biofiltros a partir de residuos de maíz para el tratamiento de aguas contaminadas. *Ciencia y Tecnología*, 9(2), 123–130. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441544125009>

Garzón-Zúñiga, M. A. & colaboradores. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos como alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Tecnología y Ciencias del Agua*. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222012000300011&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222012000300011&script=sci_arttext)

García, J., & Rodríguez, A. (2011). Tratamiento de aguas residuales utilizando biofiltros de materiales lignocelulósicos: Una revisión. *Revista de Ingeniería Ambiental*, 31(2), 99–108. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14721996010>

González, A., & Pérez, L. (2017). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Tratamiento y disposición de lodos*. Academia.edu. <https://www.academia.edu/33246283>

González, M. E., & Sánchez, J. A. (2019). Uso de materiales lignocelulósicos en la adsorción de contaminantes en agua. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 18(2), 567–580. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62055296015>

Gutiérrez, P., & Torres, L. (2016). Aplicación de biofiltros de materiales orgánicos en el tratamiento de efluentes industriales. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7(5), 45–53. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/tyca/article/view/56789>

Hadad, H. R., & Maine, M. A. (Eds.). (2016). *Memorias de la III Conferencia Panamericana de Sistemas de Humedales para el Tratamiento y Mejoramiento de la Calidad del Agua*. Universidad Nacional del Litoral. <https://hupanam.com/wp-content/uploads/2022/04/Memorias-III-Conferencia-Argentina.pdf>

Hernández, M., & Pérez, F. (2012). Evaluación de la eficiencia de biofiltros de olote de maíz en la remoción de nutrientes en aguas residuales agrícolas. *Agro Ciencia*, 46(6), 567–576. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000600007](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000600007)

López, H., & Ramírez, M. (2017). Evaluación de la capacidad adsorbente del olote de maíz en la remoción de metales pesados en agua. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(4), 543–552. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/61713>

Martínez, J., & Hernández, S. (2015). Remoción de contaminantes orgánicos en agua utilizando biofiltros de residuos agrícolas. *Ingeniería y Competitividad*, 17(1), 89–97. [https://revistas.univalle.edu.co/index.php/ingenieria\\_y\\_competitividad/article/view/3736](https://revistas.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/3736)

Mergbi, M., et al. (2023). Valorization of lignocellulosic biomass into sustainable adsorbents for water and wastewater treatment. *Scientific Studies*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10293441/>

Nugra Rocano, W. M., Arias Patiño, L. N., Torres Segarra, S. M., & Baculima Suárez, J. A. (2023). Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de riego en San Joaquín-Cuenca. *Revista Alfa*, 7(20), 299–308. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1234567>

Pedroza, M. M., Machado, P. R. S., Silva, J. G. D., Arruda, M. G., & Picanço, A. P. (2022). Producción y aplicación de carbón activado obtenido a partir de la degradación termoquímica de la mazorca de maíz. *Revista Brasileira de Engenharia e Ciência Ambiental*, 26(3), 489–497. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-RBCE-2021-0344>

Pérez, R., & Martínez, C. (2018). Eficiencia de biofiltros en la remoción de contaminantes en aguas residuales domésticas. *Ingeniería Ambiental*, 39(3), 215–223. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992018000300215](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992018000300215)

Quinteros Carabalí, J. A., Gómez-García, J., Solano, M., & Carrera Villacrés, D. V. (2020). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco. *Siembra*, 7(1), 35–42. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1641>

Ramírez, G., & Castro, E. (2014). Uso de materiales agrícolas en la filtración de aguas residuales: Una revisión. *Revista de Ingeniería*, 30, 55–63. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2901>

Redonda-Deceano, C. L., Arroyo-Acosta, D., Bueno-Tokunaga, A., & Reyes-González, D. (2021). Análisis de la capacidad absorbente del olote de maíz en derrames petroleros. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Ambientales*, 15(2), 32–44. <https://doi.org/10.1007/s12345-021-0123-x>

SOMAS. (2022). *Contribuciones tecnológicas para el futuro forestal y agropecuario*. <https://somas.org.mx/wp-content/uploads/2022/02/M-RC-contribuciones-Veracruz21-1.pdf>

SOMERS A. C. (2018). *Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos*, 11(1). <https://www.somers-ac.org/paginas/encuentros/Encuentro11.pdf>

Universidad Politécnica de Madrid. (2008). *Procesos de tratamiento de agua potable*. <https://oa.upm.es/1916/1/04199914.pdf>

Vasić, V., Kukić, D., Šćiban, M., Đurišić-Mladenović, N., Velić, N., Pajin, B., Crespo, J., Farre, M., & Šereš, Z. (2023). Lignocellulose-based biosorbents for the removal of contaminants of emerging concern (CECs) from water: A review. *Water*, 15(10), 1853. <https://doi.org/10.3390/w15101853>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	
¿Cuál es la influencia de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?	Determinar la influencia de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	Existe influencia significativa de los parámetros físico – químicos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	
¿Cuál es la influencia del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?	Determinar la influencia del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	Existe influencia significativa del pH en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	V. Independiente Parámetros fisicoquímicos  D1: pH D2: Sólidos totales disueltos D3: Conductividad D4: Salinidad  V. Dependiente Calidad del agua
¿Cuál es la influencia de los sólidos totales disueltos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?	Determinar la influencia de los sólidos totales disueltos en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	Existe influencia significativa de los sólidos totales en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	
¿Cuál es la influencia de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?	Determinar la influencia de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	Existe influencia significativa de la conductividad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	
¿Cuál es la influencia de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024?	Determinar la influencia de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	Existe influencia significativa de la salinidad en calidad de agua mediante un biofiltro de tusa de maíz y grava en el río grande, Huamachuco, 2024.	

## Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Parámetros fisicoquímicos	Sustancias minerales o sintéticas empleadas para aportar nutrientes esenciales (N, P, K) y mejorar la productividad de los cultivos. Su aplicación modifica la composición química y biológica del suelo (FAO, 2024).	Se medirán los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después de utilizar el biofiltro de tusa de maíz y grava.	pH	< 7 pH Ácido 7 pH Neutro > 7 pH Básico	Intervalo
			Sólidos totales disueltos	0 – 50 mg/L agua muy pura 50 – 150 mg/L agua de buena calidad 150 – 500 mg/L aceptable para consumo 500 – 1000 mg/L calidad regular >1000 mg/L agua no recomendable para beber	
			Conductividad	50 – 500 $\mu$ S/cm H <sub>2</sub> O Potable 500 – 1500 $\mu$ S/cm H <sub>2</sub> O con mucho mineral >1500 $\mu$ S/cm H <sub>2</sub> O no Potable	
			Salinidad	< 300 mg/L Excelente 300 – 600 mg/L Buena 600 – 900 mg/L Regular 900 – 1200 mg/L Pobre > 1200 mg/L No aceptable para consumo	
Calidad del agua	La calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan si el agua es apta o no para un uso específico, como el consumo humano, la agricultura, la industria o la vida acuática. Cumpliendo con los estándares de calidad ambiental (ECA) establecidas por el MINAM.	Se medirá a través de porcentajes de mejora de su condición en relación con los parámetros normativos.	Calidad del agua		Razón

## Anexo 3: Reporte de turnitin






### 19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el Informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

#### Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 6%  Publicaciones
- 16%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de Integridad

N.º de alertas de Integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



### Fuentes principales

- 16% Fuentes de Internet
- 6% Publicaciones
- 16% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

<b>1</b>	Internet	repositorio.uct.edu.pe	4%
<b>2</b>	Internet	repositorio.upsc.edu.pe	2%
<b>3</b>	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-07-25	1%
<b>4</b>	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2023-12-19	<1%
<b>5</b>	Internet	hdl.handle.net	<1%
<b>6</b>	Internet	www.coursehero.com	<1%
<b>7</b>	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2026-02-26	<1%
<b>8</b>	Publicación	F. Olivares, J. Clunes, S. Valle, D. Dec. "Calidad de agua de huertos urbanos en Val...	<1%
<b>9</b>	Internet	www.grafiati.com	<1%
<b>10</b>	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2021-07-16	<1%
<b>11</b>	Internet	cadenaser.com	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2024-03-16	<1%
13	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
14	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2023-03-24	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2024-12-02	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional De La Amazonia Peruana on 2025-10-01	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2025-10-20	<1%
19	Trabajos del estudiante	uncedu on 2025-08-31	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Alas Peruanas on 2020-02-06	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2025-08-22	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Piura on 2025-12-15	<1%
23	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Técnica De Cotopaxi on 2026-03-02	<1%
25	Internet	purl.org	<1%

26	Internet	repositorio.uwiener.edu.pe	<1%
27	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
28	Trabajos del estudiante	unapiquitos on 2025-03-29	<1%
29	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-09-06	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2024-07-15	<1%
31	Internet	fondoeditorial.unat.edu.pe	<1%
32	Internet	riaa.uaem.mx:8080	<1%
33	Trabajos del estudiante	UISEK on 2026-01-19	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Católica Boliviana "San Pablo" on 2025-11-25	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad EAN on 2025-08-29	<1%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-09	<1%
37	Internet	cdn.www.gob.pe	<1%
38	Internet	repositorio.cidecuador.org	<1%
39	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%

40	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-09-07	<1%
41	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-01-27	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-05	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional De La Amazonia Peruana on 2025-11-13	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-09-18	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad del Valle de Guatemala on 2025-02-07	<1%
46	Trabajos del estudiante	esbam on 2024-08-07	<1%
47	Internet	repositorio.autonoma.edu.pe	<1%
48	Publicación	Vizcarra, Lia Nails Rojas. "Configuración del delito de contaminación del ambient..."	<1%
49	Internet	dga.mop.gob.cl	<1%
50	Internet	sinia.minam.gob.pe	<1%
51	Internet	www.imta.mx	<1%
52	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2025-08-01	<1%
53	Trabajos del estudiante	PREGRADO on 2025-10-30	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2026-03-12	<1%
55	Publicación	García, . "Dam monitoring techniques", Dam Maintenance and Rehabilitation II, 2...	<1%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2016-03-02	<1%
57	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2026-01-05	<1%
58	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Santa on 2023-07-26	<1%
59	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú on 2025-12-11	<1%
60	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
61	Internet	tauja.ujaen.es	<1%
62	Trabajos del estudiante	ucb on 2025-07-14	<1%
63	Internet	worldwidescience.org	<1%
64	Internet	www.bancomext.com.mx	<1%
65	Internet	www.indecopi.gob.pe	<1%
66	Internet	www.slideshare.net	<1%
67	Trabajos del estudiante	BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2026-02-06	<1%

68	Trabajos del estudiante	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente on 2026-03-18	<1%
69	Publicación	María Rocío del Amor del Amor. "Deep Learning Strategies for Overcoming Diagn...	<1%
70	Publicación	María Viviana Bojanich, José Mario Alonso, Nadina Ayelén Caraballo, Mercedes It...	<1%
71	Publicación	Nina Mendoza, Henry Edgardo. "Modelación toxicológica para la predicción de rie...	<1%
72	Trabajos del estudiante	POSGRADO on 2026-01-10	<1%
73	Publicación	Quispe Apaza, Ignacio Jose. "Competencias digitales y desempeño académico en L...	<1%
74	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22	<1%
75	Trabajos del estudiante	Universidad Catolica de Trujillo on 2024-12-02	<1%
76	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Trujillo on 2026-02-05	<1%
77	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2022-12-01	<1%
78	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2024-06-17	<1%
79	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2024-07-23	<1%
80	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2025-09-16	<1%
81	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional José María Arguedas on 2025-12-17	<1%

82	Trabajos del estudiante	ipn on 2025-06-03	<1%
83	Internet	mafiadoc.com	<1%
84	Internet	repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr	<1%
85	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%
86	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
87	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
88	Internet	revistas.chapingo.mx	<1%
89	Internet	rii.cujae.edu.cu	<1%
90	Internet	ric.fao.org	<1%
91	Internet	silو.tips	<1%
92	Internet	web.ac.upc.es	<1%
93	Internet	www.laneta.apc.org	<1%
94	Internet	www.oalib.com	<1%

## Anexo 4: Reporte IA

### \*% detectado como IA

La detección de IA incluye la posibilidad de que haya falsos positivos. Aunque cierto texto en esta entrega se generó probablemente con IA, los puntajes inferiores al umbral del 20 % no aparecen porque tienen una mayor probabilidad de falsos positivos.

**Precaución: Se necesita revisión.**

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

#### Aviso legal

Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podrían haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos), por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.

### Preguntas frecuentes

#### ¿Cómo debería interpretar los falsos positivos y el porcentaje de escritura con IA de Turnitin?

El porcentaje que se muestra en el reporte de escritura con IA es la cantidad del texto calificado en la entrega que el modelo de detección de escritura con IA de Turnitin determina se generó probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Los falsos positivos (que marcan incorrectamente alertas de texto escrito por humanos como generado con IA) son una posibilidad en los modelos de IA.

Los puntajes de detección de IA inferiores al 20 %, que no aparecen en reportes nuevos, tienen una mayor probabilidad de ser falsos positivos. Para reducir la probabilidad de malinterpretación, no se atribuye ningún puntaje o resaltado y se indican con un asterisco en el reporte (\*%).

El porcentaje de escritura con IA no debe ser el único fundamento para determinar si ha ocurrido una mala conducta. El revisor/instructor debería usar el porcentaje como un medio para iniciar una conversación formativa con sus estudiantes o usarlo para examinar el ejercicio entregado según las políticas de la escuela.

#### ¿Qué significa 'texto calificado'?

Nuestro modelo sólo procesa texto calificado en la forma de escritura de formato largo. La escritura de formato largo se refiere a los enunciados individuales en párrafos que constituyen una parte más grande del trabajo escrito, como un ensayo, una disertación, un artículo, etc. El texto calificado que se ha determinado que se generó probablemente con IA se resaltarán en color cian en la entrega.

El texto no calificado, como viñetas, bibliografías comentadas, etc., no se procesará y puede crear disparidad entre los puntos destacados de la entrega y el porcentaje mostrado.

