

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

**“Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la
calidad de agua superficial del rio Huallaga – Huánuco, 2025”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL**

AUTOR: Cueva Nazario, Jairo Edid

ASESOR: Cámara Llanos, Frank Erick

HUÁNUCO – PERÚ

2025

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (x)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Disciplina: Ingeniería Ambiental, Hidrología

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73828415

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44287920

Grado/Título: Maestro en ciencias de la salud con mención en:

Salud pública y docencia universitaria

Código ORCID: 0000-0001-9180-7405

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en: administración de la educación	22471306	0000-0002- 5114-4114
2	Inga Caqui, Jhendy Milagros	Maestro en: medio ambiente y desarrollo sostenible - mención en gestión ambiental	72361661	0009-0006- 2217-1494
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002- 7194-3714



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día 07 del mes de octubre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

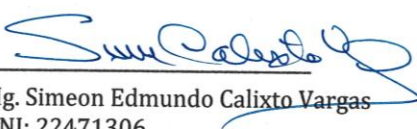
- Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Jhenny Milagros Inga Caqui (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2105-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: "**Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga - Huánuco, 2025**", presentado por el (la) Bach. **CUEVA NAZARIO, JAIRO EDID** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

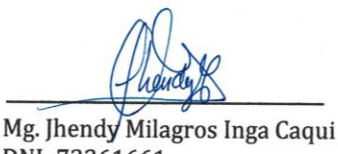
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobado Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 17 y cualitativo de excelente (Art. 47)

Siendo las 16:00 horas del día 07 del mes de octubre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas
DNI: 22471306
ORCID: 0000-0002-5114-4114
Presidente



Mg. Jhenny Milagros Inga Caqui
DNI: 72361661
ORCID: 0009-0006-2217-1494
Secretario



Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JAIRO EDID CUEVA NAZARIO, de la investigación titulada "EFICACIA DEL COAGULANTE QUITOSANO EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO HUALLAGA - HUÁNUCO, 2025", con asesor(a) FRANK ERICK CÁMARA LLANOS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1541-2025-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 12 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 16 de septiembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

139. JAIRO EDID, CUEVA NAZARIO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	13%	6%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.udh.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	repositorio.continental.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.ucv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	1library.co	1%
	Fuente de Internet	



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Agradecer a Dios por darnos vida, salud y conocimientos adquiridos a través de muchos años y quisiera dedicar este logro a mis padres que me apoyaron en las luchas y esfuerzos en esta etapa y a todos los que me acompañaron durante mis estudios y compartieron su conocimiento y trabajo día tras día, mi más sincero agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, quisiera agradecer a mi supervisor quien me guio con sus habilidades cognitivas y apoyo en todas las etapas de este proyecto donde el objetivo fue lograr hallazgos significativos y así mismo me gustaría agradecer a mis familiares por ayudarme siempre, especialmente cuando enfrenté el agotamiento.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICO	14
1.3. OBJETIVOS	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.4.1. RELEVANCIA TÉCNICA	14
1.4.2. RELEVANCIA METODOLÓGICA	15
1.4.3. RELEVANCIA PRACTICA	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
CAPÍTULO II	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	17
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	19
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	20
2.2. BASES TEÓRICAS	22
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	35
2.4. HIPÓTESIS	36
2.4.1. HIPOTESIS GENERAL	36
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICAS	36
2.5. VARIABLES	37

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN.....	37
2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA.....	37
2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	38
CAPITULO III.....	39
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.1. METOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA.....	39
3.1.2. ENFOQUE.....	39
3.1.3. ALCANCE O NIVEL.....	39
3.1.4. DISEÑO.....	39
3.1.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
3.2. TÉCNICAS DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.2.1. PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.2.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	44
3.2.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	44
3.2.4. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE QUITOSANO.....	45
3.2.5. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE AGUA.....	45
CAPITULO IV.....	47
RESULTADOS.....	47
4.1. PARÁMETROS FÍSICOS/QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS QUE TIENE EL RIO HUALLAGA EN EL PRE Y POST ANÁLISIS CON COAGULANTE NATURAL QUITOSANO.....	47
4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS.....	54
4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	54
4.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA.....	57
CAPITULO V.....	60
DISCUSIÓN.....	60
4.3. REDUCCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO/QUÍMICOS DEL AGUA SUPERFICIAL DEL RIO HUALLAGA DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL COAGULANTE QUITOSANO.....	60
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Porcentaje de eliminación de microorganismos con quitosano.....	32
Tabla 2 Cuadro de operacionalización de variables: Eficacia del coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025.....	38
Tabla 3 Coordenadas de ubicación del área de estudio	40
Tabla 4 Variable e indicadores de los parámetros	42
Tabla 5 Consideraciones a tener en cuenta para la toma de muestra y su transporte.....	43
Tabla 6 Resultados del análisis del parámetro físico/químico post y pre tratamiento	47
Tabla 7 Comparación del mejor promedio del parámetro físico/químicos antes y después del tratamiento (3.2 g/L).....	49
Tabla 8 Prueba de normalidad para los parámetros físicos/químicos por Shapiro-Wilk.....	50
Tabla 9 Resultados del análisis del parámetro microbiológico pre tratamiento	51
Tabla 10 Comparación del mejor promedio del parámetro microbiológico antes y después del tratamiento (3.2 g/L).....	53
Tabla 11 Prueba de normalidad para los parámetros microbiológicos por Shapiro-Wilk.....	54
Tabla 12 Parámetros físicos/químicos, Prueba de Kruskal-Wallis	55
Tabla 13 Parámetros Microbiológicos, Prueba de Kruskal-Wallis	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de coagulación usando quitosano	26
Figura 2 Esquema de los mecanismos de floculación	27
Figura 3 Estructura química del Quitosano	30
Figura 4 Proceso de extracción de la quitina por medio biológico y químico	31
Figura 5 Proceso de extracción del Quitosano por medio biológico y químico	31
Figura 6 Quitosano al 90 % de solubilidad.....	32
Figura 7 Aplicaciones y usos del Quitosano	34
Figura 8 Aplicaciones y usos del Quitosano	35
Figura 9 Gráfico de muestras para el grupo experimental	41
Figura 10 Gráfico de muestras para el grupo de control	41
Figura 11 Gráfico del proceso de obtención de datos del proyecto de investigación	46
Figura 12 Promedio de los parámetros físico/químico por tratamiento	48
Figura 13 Promedio de los parámetros microbiológicos por tratamiento	52
Figura 14 Mediana de cada parámetro físico/químico por tratamiento	57
Figura 15 Mediana de cada parámetro microbiológico por tratamiento	58

RESUMEN

El estudio desarrollado tuvo como propósito principal determinar la eficacia del Quitosano utilizado como coagulante de origen natural para la mejora en las condiciones del agua superficial del río Huallaga, del tramo ubicado cerca del camal municipal de Huánuco.

Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño experimental, utilizando una cantidad representativa de 10 L de muestra recolectada en dicho sector. El tratamiento consistió en la aplicación de tres dosis de Quitosano (2.4 g/L, 3.2 g/L y 4.0 g/L), sometidas a agitación mecánica a 1000 RPM durante 20 minutos, seguido de un periodo de reposo de igual duración.

Los análisis se centraron en parámetros físico-químicos (pH, conductividad, turbidez, color y sólidos disueltos totales) así como microbiológicos (Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas), utilizando pruebas de laboratorio certificadas por DIRESA y análisis estadístico mediante Shapiro-Wilk y prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados evidenciaron que la dosis de 3.2 g/L fue la más eficaz, logrando reducciones significantes: 95.37 % en turbidez (de 108 a 5 NTU), 97.64 % en color (de 550 a 13 UPC), 67.59 % en sólidos disueltos (de 145 a 47 mg/L), ajuste del pH de 8.6 a 7.0, y una eliminación total (100 %) de coliformes, E. coli y bacterias heterótrofas.

Así el Quitosano representa la alternativa ecológica, económica y eficaz para tratar fuentes hídricas superficiales. Su aplicación podría contribuir significativamente al saneamiento básico mejorando la calidad de agua.

Palabras clave: Quitosano, coagulación natural, tratamiento de agua, río Huallaga, calidad del agua, parámetros físico-químicos, parámetro microbiológico.

ABSTRACT

The study aimed primarily at determining the effectiveness of chitosan, used as a naturally-derived coagulant, for improving the conditions of surface water from the Huallaga River, specifically in the stretch near the municipal slaughterhouse of Huánuco.

A quantitative approach with an experimental design was employed, using a representative 10 L sample collected from that sector. The treatment consisted of applying three doses of chitosan (2.4 g/L, 3.2 g/L, and 4.0 g/L), subjected to mechanical stirring at 1 000 RPM for 20 minutes, followed by an equal period of rest.

Analyses focused on physicochemical parameters (pH, conductivity, turbidity, color, and total dissolved solids) as well as microbiological parameters (total coliforms, thermotolerant coliforms, *Escherichia coli*, and heterotrophic bacteria), using laboratory tests certified by DIRESA and statistical analysis via Shapiro–Wilk and Kruskal–Wallis tests. The results showed that the 3.2 g/L dose was the most effective, achieving significant reductions: 95.37 % in turbidity (from 108 to 5 NTU), 97.64 % in color (from 550 to 13 UPC), 67.59 % in dissolved solids (from 145 to 47 mg/L), adjusting pH from 8.6 to 7.0, and a total (100 %) removal of coliforms, *E. coli*, and heterotrophic bacteria.

Thus, chitosan represents an ecological, economical, and effective alternative for treating surface water sources. Its application could significantly contribute to basic sanitation by improving water quality.

Keywords: chitosan, natural coagulation, water treatment, Huallaga River, water quality, physicochemical parameters, microbiological parameter.

INTRODUCCIÓN

El agua constituye un recurso esencial para la salud humana y la conservación del equilibrio ambiental; no obstante, numerosas fuentes superficiales en el Perú presentan condiciones que comprometen su calidad, como el río Huallaga, enfrentan serios problemas de contaminación derivados de descargas domésticas, agropecuarias e industriales. Esta situación pone en riesgo ecosistemas acuáticos, donde la salud de las poblaciones que dependen de estas aguas para consumo, riego y otras actividades cotidianas.

Uno de los procesos fundamentales en la potabilización del agua es la coagulación, que permite remover sólidos suspendidos, compuestos orgánicos e incluso microorganismos, facilitando su posterior sedimentación y filtración. Tradicionalmente, se han empleado coagulantes químicos como el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; no obstante, su uso excesivo puede generar residuos secundarios y contribuir a efectos tóxicos a largo plazo, tiene un impacto significativo en la salud de las personas y en los ecosistemas (Tchobanoglous, Burton & Stensel, 2003). Por esta razón, en los últimos años, se ha aumentado considerablemente la búsqueda de alternativas más sostenibles, accesibles y menos agresivas para el entorno.

En ese contexto, el quitosano ha emergido como un coagulante natural de alta eficacia, derivado de la desacetilación de la quitina, un polisacárido abundante en los exoesqueletos de los crustáceos. Este biopolímero ha demostrado ser eficiente en la eliminación de turbidez, color, materia orgánica y contaminantes microbiológicos del agua, sin generar subproductos tóxicos y siendo completamente biodegradable (Rinaudo, 2006). Además, su uso es particularmente atractivo en zonas rurales o de bajos recursos, dado que puede obtenerse de residuos orgánicos y aplicarse sin necesidad de infraestructura compleja.

Diversos estudios respaldan su uso en ambientes acuáticos contaminados. Por ejemplo, Divakaran y Pillai (2002) evidenciaron que el Quitosano puede actuar eficazmente en la floculación de sedimentos finos en aguas superficiales, mejorando significativamente su claridad y reduciendo la carga contaminante. Estos antecedentes apoyan la hipótesis de que el

Quitosano puede constituir una solución práctica para tratamientos de agua en regiones como Huánuco, donde existen tramos del río Huallaga expuestos a descargas incontroladas.

En este marco, esta investigación se enfocó en analizar la eficacia del Quitosano como coagulante natural en la mejora de las condiciones del río Huallaga, mediante el análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos antes y después de su aplicación, a fin de validar su utilidad como alternativa sostenible y eficiente en contextos locales.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los recursos hídricos del planeta se encuentran expuestos a distintos tipos de contaminación, ya sea de origen físico, químico o biológico. El aumento de la actividad humana (industrial, agrícola, ganadera, etc), el aumento de la población, el crecimiento poblacional y la falta de programas con medidas que respondan a estos cambios, genera un ambiente propenso a potenciar la contaminación. Por lo tanto, las actividades destinadas a descontaminar los efluentes deben realizarse cada vez con más urgencia. También se debe buscar nuevas alternativas. Esto se puede lograr mediante la investigación de diferentes sistemas de tratamiento de aguas. De esta manera se obtienen aguas de calidad que facilitan el adecuado protegido de los recursos hídricos (Oller et al, 2011) Las cuencas principales que tenemos en el ámbito regional son: La cuenca del Río Huallaga e higuera.

El río Huallaga actualmente está siendo contaminado debido que se carece de infraestructura para poder tratar el agua residual doméstica y no doméstica siendo que el agua usada por la población y el camal municipal de Huánuco se descargue directamente al río Huallaga sin tratamiento (CEPLAN, 2025)

En la región de Huánuco, los informes del MINSA han documentado un aumento preocupante en enfermedades asociadas a la contaminación del agua, tales como diarreas, cólera, disentería y fiebre tifoidea. La correlación entre la baja calidad del agua y la salud de la población resalta la urgencia de encontrar soluciones que no solo aborden la contaminación, sino que también salvaguarden la salud pública.

El río Higuera constituye una fuente esencial tanto para el riego agrícola como para el suministro de agua potable, siendo la principal captación de la empresa SEDA HUÁNUCO, encargada de distribuir agua a la población de Huánuco. En relación con la calidad del agua, se observan dos aspectos relevantes: durante la temporada de lluvias, la turbidez aumenta

significativamente, llegando a superar las 20,000 UNT donde presentaba un elevado arrastre de partículas como gravas y arena.

Como solución, varios países en desarrollo como Colombia, Honduras y Perú han implementado diversas tecnologías tradicionales para reducir la turbidez del agua a nivel doméstico. Entre estas, la más investigada es el uso de extractos naturales provenientes de plantas o animales para mejorar la claridad del agua sin tratar (Dorea, 2006).

Proponer una solución a esta problemática podría contribuir a reducir enfermedades digestivas, eliminar el mal sabor del agua y elevar la calidad de vida de las comunidades cercanas. La contaminación del agua sigue siendo una de las principales causas de mortalidad infantil en regiones en desarrollo, lo que resalta la urgencia de implementar procesos básicos de tratamiento, como la clarificación, desinfección, y mejoras en sus propiedades químicas y sensoriales. La clarificación es una etapa clave en el proceso de potabilización, ya que comprende la coagulación-floculación, un mecanismo mediante el cual las partículas suspendidas en el agua se agrupan en flóculos con mayor peso, facilitando su sedimentación y eliminando los sólidos presentes. Este tratamiento permite que el agua adquiera condiciones físicas y sensoriales adecuadas para el consumo humano, conforme a los estándares establecidos en salud pública. (Zaki et al., 2023).

La inclinación de la investigación se da a partir de que se tiene conocimiento de las propiedades de coagulante y/o floculantes del quitosano, se plantea emplear este recurso de origen natural en procesos de clarificación, mediante técnicas de floculación y coagulación. Para ello, se realizó diferentes pruebas, considerando que este insumo se encuentra de forma accesible en el territorio peruano.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia del coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025?

1.2.2. PROBLEMA ESPECIFICO

¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del Río Huallaga antes y después de la aplicación del coagulante natural Quitosano?

¿Cuál es la dosis óptima de coagulante natural Quitosano en la mejora de la calidad del agua superficial del Río Huallaga?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficacia del Quitosano como coagulante en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir los valores de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos que tiene el agua del río Huallaga antes y después de usar el coagulante natural Quitosano.

Establecer la dosis óptima de coagulante natural Quitosano en un litro de agua, para un correcto tratamiento.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. RELEVANCIA TÉCNICA

El recurso agua viene a ser un recurso primordial cuando se habla del sustento de la vida, de su calidad depende la vida de muchos organismos, los cuales deben participar en un proceso fisicoquímico utilizando floculantes y coagulantes sintéticos, teniendo el más utilizado el $Al_2(SO_4)_3$ (sulfato de aluminio) y $FeCl_3$.

La presente investigación se da como una opción para las zonas rurales pequeñas, teniendo en estas poblaciones el número de personas es mínima. Para ello se tiene como opción un alternativa económica y eficaz, la metodología del tratamiento de agua de río a base de coagulantes naturales del Quitosano, mediante la coagulación, buscando impulsar la mejora de las características del agua del río Huallaga de la provincia de Huánuco siendo que de este flujo de agua dependen muchas especies que corren el riesgo de tener

enfermedades infecciosas que se pueden agravar y llevar a más complicaciones para la salud a futuro por la ingestión de esta agua sin tratar siendo de esta manera que impacta negativamente en la salud pública y en la economía local, al incrementar enfermedades de origen hídrico y reducir actividades como la pesca, el turismo y la agricultura. Estas consecuencias evidencian la urgencia de aplicar soluciones sostenibles, como el uso de coagulantes naturales, que mejoren la calidad del agua y la calidad de vida de las comunidades ribereñas.

El objetivo de este estudio fue obtener el rango de dosis y concentración óptimos de los coagulantes naturales para demostrar la efectividad de la remoción y posterior reposición de los químicos.

1.4.2. RELEVANCIA METODOLÓGICA

A fin de la efectiva ejecución de esta de investigación y poder tener resultados favorables se trabajará en base a normas, instrumentos, recursos que son factibles para lograr los objetivos. De acuerdo a DS N° 004-2017-MINAM y el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010 que nos muestra los ECA y LMP para los flujos de agua donde señala parámetros que se debe tomar en cuenta para que un flujo no sea nocivo para el medio ambiente y su consumo para hogares. También se tiene un protocolo de ejecución de sacado del muestreo de las aguas superficiales, ahí se tiene metodologías y técnicas para la toma y medida del muestreo; el test de jarras con agitador magnético es una técnica común en la que nos ayuda a encontrar la cantidad justa del coagulante que funcione mejor para clarificar el agua, es de fácil manejo y se encuentra en muchos laboratorios a nivel nacional.

1.4.3. RELEVANCIA PRACTICA

Las partículas coloides en el agua normalmente están sobrecargadas por cargas negativas de grupos COO (oxid de cob) - y OH-, el coagulante natural elimina estas partículas de cargas negativas por medio de iones con carga positiva, lo que produce aglomeración por las fuerzas de van der Waals, para agrupar micro flóculos y luego los flócs pueden depositarse fácilmente. En el estudio se utilizará un coagulante natural fácil de conseguir y de bajo precio llamado

Quitosano y el cual el beneficio que se recibí a través de este proyecto de investigación, se basa en beneficios de las especies que dependen de este flujo de agua siendo que van a incrementar su bienestar de salubridad y subsistencia.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Accesibilidad a los equipos para realizar el análisis de las muestras de agua representó un obstáculo durante el desarrollo del estudio, para enfrentar esta situación gestione el apoyo de laboratorios externos que contaban con los equipos disponibles (DIRESA), garantizando así de esta manera la continuidad y calidad del análisis a pesar de las restricciones.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

- Esta investigación viene a ser factible, porque tenemos fácil acceso a las muestras del río Huallaga, siendo que este atraviesa por la parte media de la ciudad de Huánuco.
- Se cuenta con todos los recursos necesarios a utilizar en la extracción de muestras y el correcto transporte al laboratorio.
- Se cuenta con el multiparámetro para tomar datos de los factores físicos químicos del agua (in situ) antes de la intervención del coagulante, y los conocimientos necesarios para medir los parámetros de manera correcta.
- El costo para la adquisición Quitosano es de bajo costo.
- Contamos con el compromiso del biólogo encargado del monitoreo del agua residual municipal del distrito, quien dará el conocimiento que estos coagulantes no causan daños a la salud humana.
- La metodología usada (prueba de jarras con agitador magnético) es de rápida ejecución y de bajo costo siendo que la prueba se pueda realizarle en poco tiempo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Cruz (2021). En su tesis Obtención de Quitosano por medio de escamas de pescado para tratamiento de agua potable. Universidad de la Costa, Colombia. **Objetivo:** Esta investigación tuvo como finalidad obtener Quitosano a partir de las escamas del pez mojarra para su aplicación en la purificación de agua potable. **Metodología:** Se emplearon procesos químicos de despigmentación, desproteínización y desmineralización para extraer quitosano de las escamas del pescado. La eficiencia del proceso se evaluó mediante análisis de propiedades químicas del quitosano obtenido, incluyendo titulación potenciométrica para determinar su pureza, contenido proteico y cenizas. Para validar la eficacia del coagulante, se realizaron ensayos de coagulación-floculación mediante test de jarras con distintas dosis, identificando la dosis óptima y el tiempo de coagulación adecuados. Los datos fueron analizados estadísticamente con ANOVA para determinar el impacto de la dosis y el tiempo en la reducción de turbidez. **Resultados:** Se logró extraer quitosano con altos niveles de pureza y propiedades adecuadas para su función coagulante. La dosis óptima se estableció en 300 mg/L con un tiempo de coagulación de 30 minutos. El análisis estadístico evidenció que tanto la dosis como el tiempo tuvieron un efecto significativo ($p < 0.05$) en la disminución de turbidez, alcanzándose una reducción del 76.3 %. **Conclusión:** El quitosano extraído de las escamas de pez mojarra demostró ser un coagulante natural efectivo para el tratamiento de agua potable, logrando una disminución significativa de la turbidez bajo las condiciones estudiadas.

Pérez (2020), En su tesis Tratamiento de efluentes líquidos industriales utilizando Quitosano. Universidad Nacional de La Plata-Argentina. **Objetivo:** Analizar la efectividad coagulante para extraer

contaminantes presentes en efluentes industriales complejos, como colorantes textiles y emulsiones oleosas, mediante procesos de coagulación-floculación. **Metodología:** Para este fin, se empleó quitosano de origen comercial, el cual fue aplicado en diferentes concentraciones durante ensayos de prueba de jarras. Además, se utilizó un enfoque experimental estadístico basado en el Diseño Central Compuesto (DCC) y análisis de superficie de respuesta, lo que permitió optimizar las condiciones de operación del pH como la cantidad de agente natural y la velocidad de mezcla. **Resultados:** El análisis indicó que el quitosano logró remover hasta el 90 % del colorante y superó el 80 % de eficiencia en la separación de fases en emulsiones aceite/agua, principalmente bajo condiciones de pH ligeramente ácido (entre 4 y 5) y dosis entre 50 y 100 mg/L. **Conclusión:** El quitosano demostró ser un coagulante natural altamente eficaz y ecológico, ideal para el tratamiento de efluentes industriales por sus características de reducción de turbidez, color y carga orgánica. Además, el uso de herramientas estadísticas permitió identificar con precisión las condiciones óptimas de tratamiento, siendo una alternativa sustentable frente a los convencionales.

Rodríguez-Jiménez et al., (2022), En su investigación Quitosano aplicado en el tratamiento de aguas residuales de la producción de aceite de palma. Universidad De Costa Rica, Costa Rica, **Objetivo:** La investigación buscó evaluar la efectividad del quitosano como purificador natural de aguas contaminadas generadas en la producción de aceite de palma. **Metodología:** Se aplicaron diferentes concentraciones de quitosano (100, 200, 300 y 400 mg/L) en ensayos tipo test de jarras, considerando tres niveles de pH (4, 5 y 6). El diseño experimental fue completamente aleatorizado con análisis multivariado para evaluar parámetros físico-químicos como turbidez, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales suspendidos (STS), sólidos volátiles totales (SVT) y grasas y aceites (GYA). **Resultados:** El uso de quitosano permitió disminuir en más del 87 % la concentración de los contaminantes evaluados en todas las dosis probadas. Además, el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre el control (0

mg/L) y las dosis aplicadas, confirmando la eficacia del coagulante natural. **Conclusión:** Se concluyó que el quitosano es una opción viable y eficiente para reducir la carga contaminante en efluentes derivados de la producción de aceite de palma, destacándose su capacidad de mejorar las condiciones de los distintos niveles de concentración y pH.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Fernández y Loayza (2024), En su tesis Aplicación del quitosano como biocoagulante para la remoción de hidrocarburos en aguas sintéticas a nivel de laboratorio, Callao, 2024. Universidad Nacional del Callao –Perú. **Objetivo:** Evaluar la eficiencia del Quitosano del quitosano como alternativa natural para la remoción de hidrocarburos presentes en muestras de aguas artificialmente contaminadas, simulando condiciones similares a las de derrames de petróleo. **Metodología:** Se diseñó un enfoque experimental con metodología estadística basada en el diseño Box–Behnken, considerando variables como la dosis de quitosano, la concentración de hidrocarburos y el tiempo de agitación. Para tal fin, se aplicaron pruebas de jarras a nivel de laboratorio. **Resultados:** Los resultados demostraron que el quitosano posee una alta capacidad de remoción, logrando una eficiencia del 99.99 % en condiciones óptimas: una dosis de 4.75 g/L, 20 mL/L de hidrocarburos y 25 minutos de mezcla. La concentración final de hidrocarburos totales en el agua tratada fue de 1.08 mg/L, lo que evidencia la notable capacidad de adsorción del quitosano, con un máximo de 7.9 g de hidrocarburos retenidos. **Conclusión:** El quitosano se presenta como una alternativa ecológica, eficiente y sostenible para la remediación de aguas contaminadas con hidrocarburos, con alto potencial de aplicación en escenarios reales de emergencia ambiental.

Huamán (2020). En su tesis Eliminación de sólidos en suspensión utilizando biopolímeros de quitosano en las aguas servidas de la empresa de fabricación de harina de pescado para materias primas alimentarias. La UNFV, Perú. **Objetivo:** El estudio se enfocó en la eliminación de sólidos en suspensión presentes en agua residual de

industrias provenientes de una planta de fabricación de harina de pescado, empleando biopolímeros de quitosano. **Metodología:** Se aplicaron técnicas de sedimentación, prueba de jarras y descatalización para evaluar la efectividad coagulante para tratamiento de aguas residuales. **Resultados:** Se observó que el quitosano, aplicado en una solución de 600 ml, actuó eficazmente como agente coagulante, logrando reducir significativamente los sólidos suspendidos y estabilizando el pH alrededor de 6.5. **Conclusión:** El tratamiento con biopolímeros de quitosano no solo permitió la eliminación efectiva de los sólidos en suspensión, sino que el producto residual obtenido tras el proceso tiene potencial para ser utilizado como materia prima en la alimentación animal.

Najarro (2021). En su tesis Proceso de adsorción natural con quitosano para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de curtiembre del segundo tramo del río Huaycoloro, Lima – 2021. Universidad de Cesar Vallejo, Perú. **Objetivo:** Esta investigación tuvo como propósito analizar la eficacia del Quitosano para adsorber y eliminar Cr(VI) presente en aguas residuales de una curtiembre ubicada en el segundo tramo del río Huaycoloro, Lima. **Metodología:** Se utilizó un diseño experimental con un enfoque cuantitativo, empleando 0.4 g de Quitosano y otros componentes para tratar una muestra con una concentración inicial de 1.89 mg/L de Cr (VI). **Resultados:** El tratamiento logró reducir el cromo hexavalente en un 61.20 %, siendo su disminución a 0.7261 mg/L. **Conclusión:** El uso de quitosano como agente adsorbente para eliminar cromo hexavalente es una alternativa económica y sostenible, debido a que este biopolímero se puede obtener fácilmente de fuentes naturales acuáticas, mostrando efectividad en el tratamiento de agua contaminada.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Castillo (2022). Realizo la investigación Almidón de yuca para la remoción de la turbidez en aguas de la quebrada Yuncash – distrito de Jivia – Lauricocha – Huánuco. Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Objetivo: El estudio midió la eficacia del almidón extraído de yuca como coagulante natural para bajar la turbiedad en el agua de la quebrada Yuncash. **Metodología:** Se empleó un diseño experimental aplicado, utilizando 30 L en muestra recolectada directamente de la quebrada como muestra inicial. Para obtener el polisacárido de yuca, se procesaron cinco kilos de yuca mediante pelado, lavado, trituración y secado, para posteriormente aplicar diferentes dosis del polvo obtenido a las muestras de agua. **Resultados:** Se logró reducir significativamente la turbidez en las muestras, confirmando su eficacia como coagulante natural en condiciones de alta turbidez y color. **Conclusión:** El almidón de yuca demostró ser un agente coagulante eficiente para el tratamiento de aguas con elevados niveles de turbidez, respaldando su uso como alternativa natural y sostenible para mejorar la calidad del agua en zonas rurales.

Duran (2021). En su investigación Efecto de penca de tuna (opunta ficus indica) con semilla de moringa (moringa oleifera) como coagulante natural para disminuir la turbidez del agua en el reservorio de la Jass del centro poblado de Vichaycoto, Huánuco – 2021. Universidad De Huánuco, Huánuco – Perú. **Objetivo:** Esta investigación tuvo como finalidad evaluar la eficacia conjunta de extractos de penca de tuna y moringa como agentes naturales para disminuir la turbidez en el agua del depósito de la JASS en el centro poblado de Vichaycoto, Huánuco. **Metodología:** Se recolectaron muestras de agua antes y después de aplicar los coagulantes naturales obtenidos de ambas plantas. Se administraron diferentes concentraciones y se midió la turbidez para determinar el impacto del tratamiento. **Resultados:** Los resultados evidenciaron combinación ambos extractos logró reducir notablemente la turbidez del agua. Se observó que la moringa a mayores concentraciones disminuía la eficiencia, mientras que en la penca de tuna sucedía lo opuesto. La combinación de los dos extractos logró optimizar la reducción, alcanzando una disminución aproximada del 97 % en la turbidez. **Conclusión:** El uso combinado de estos coagulantes naturales demostró ser una alternativa efectiva y ecológica para mejorar la

calidad del agua, al reducir significativamente la turbidez, lo que sugiere su aplicación potencial en el tratamiento de agua en comunidades rurales.

Villanueva (2023). En la investigación Efectividad de la coagulación del almidón de papa para reducción de sólidos suspendidos totales de aguas subterráneas en Huánuco, 2023. Universidad De Huánuco, Huánuco – Perú. **Objetivo:** Determinar la efectividad del almidón de papa como agente coagulante para disminuir los sólidos suspendidos totales en aguas subterráneas de la región de Huánuco. **Metodología:** Se empleó agitación en serie múltiple en jarras para evaluar la capacidad de coagulación del almidón de papa en dos concentraciones diferentes (50 mg/L y 100 mg/L), realizando doble análisis por concentración. Posteriormente, se aplicó un análisis estadístico mediante ANOVA para comparar los efectos de ambas dosis sobre los parámetros físico-químicos. **Resultados:** Los análisis demostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas, evidenciado por un valor F de 0.32, lo que indica que ambas dosis presentan un rendimiento similar en la reducción de sólidos suspendidos. **Conclusión:** Se concluye que, dentro del rango de concentraciones estudiado, el almidón de papa presenta un desempeño comparable en la coagulación de sólidos suspendidos totales, por lo que no se observa ventaja significativa al incrementar la dosis de 50 mg/L a 100 mg/L para este propósito.

2.2. BASES TEÓRICAS

Agua: Infiere que es una sustancia que consiste en dos unidades de hidrógeno y una de oxígeno (H_2O) que se muestra en su líquido, gaseoso y sólido (iAgua, 2020).

Agua contaminada: Se considera así a toda alteración en las propiedades físicas, químicas o biológicas del agua que compromete su calidad y representa un riesgo para la salud de los seres vivos que la utilizan o consumen. (Guadarrama, 2016, pág. 2)

Calidad de agua: La calidad del agua se define por el conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para diversos usos. Estas características permiten evaluar si el agua cumple con los estándares requeridos para el consumo humano, teniendo en cuenta la existencia de agentes contaminantes y microbios capaces de poner en riesgo la salud pública (Shah et al., 2023).

PARÁMETRO FÍSICOS-QUÍMICOS DEL AGUA:

Conductividad eléctrica: La conductividad hace referencia a la habilidad de una sustancia para permitir el paso de una corriente eléctrica a través de ella y es un factor que es dependiente del tanto de sal que se encuentra disuelto en las aguas. El parámetro comúnmente usado es microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (García, 2013).

La dureza: Los líquidos retribuyen la cantidad total del calcio y magnesio, con la adición de iones de H_2 , Al , Mn , etc. cantidad total de calcio y magnesio, con la adición de iones hierro, aluminio, manganeso, etc. Suele expresarse en grado fahrenheit, $^\circ\text{dH}$ (grados alemanes) o partes por millón de carbonato de calcio (CaCO_3) (García, 2013).

Sólidos disueltos totales o salinidad: Son los principales factores que indican la calidad de un líquido o aguas. De toda la sal disuelta el número total de sales disueltas que se puedan indicar o expresarse en ml/l , g/m^3 y partes por millón (ml/L). Por solo el hecho de que un líquido contenga sal en su solución la convierte en transportadora de electricidad. Entonces se entiende que el agua que en su contenido este cargada de mucha sal, se le considera muy buena conductora de electricidad, y esto nos ayuda a tener la medición de la conductividad permitiendo analizar rápido el porcentaje de salinidad en el agua. (García, 2013).

pH: Es un elemento o medida que nos ayuda a conocer si una materia es acida o alcalina; hay ácidos débiles, fuertes y al mismo tiempo una base fuerte (cáustica) y una base débil (amoníaco, hidróxido de amonio). (García, 2013).

PARÁMETROS BIOLÓGICOS

Indica la apariencia de agentes patógenos de varias clases: bacterias, parásitos y virus transmisores de afecciones de cólera, el tifus, la hepatitis entre otros. Para muchos países bien desarrollados, las dolencias causadas por estos agentes patógenos se encuentran entre la principal causa de la mortalidad temprana en niños. (DHR).

Los factores microbiológicos más conocidos tenemos:

- Coliformes totales.
- Streptococos en heces.
- Coliformes en heces.

DS N° 004-2017-MINAM: Es un decreto que nos muestra los ECA para los flujos de agua donde señala parámetros que se debe tomar en cuenta para que un flujo no sea nocivo para su uso en categoría 1: Poblacional y recreacional.

Estándar de Calidad Ambiental: El ECA son las medidas para determinar el nivel de elementos, o agente físico, químico y biológico que se encuentra en el agua, aire o suelo, si se reciben y no supone amenaza significativa al medio ambiente o salubridad pública. (OEFA).

El Decreto Supremo N° 031-2010-SA: Establece las normativas para evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano donde la potabilidad del agua se determina al contrastar sus propiedades con los límites máximos permitidos para diferentes parámetros, tales como los físicos, químicos y microbiológicos, con el objetivo de asegurar agua apta para su consumo.

Límite Máximo Permisible (LMP): son medición de las concentraciones y nivel de elemento, factor físico, químico y biológico, que se caractericen emisiones superiores al nivel permisible causara o podría provocar efectos negativos, a las personas y ecosistema.

El MINAM y los organismos que forman parte del SGA (DS N° 004-2017-MINAM; categoría 1: Poblacional y recreacional), exigen el cumplimiento

de la ley correspondientes a la Categoría 1: Uso para la población y actividades recreativas, dentro de la Subcategoría A, que incluye aguas superficiales utilizadas para producir agua potable (DS N° 004-2017-MINAM, 2017).

PARÁMETROS DE MONITOREO

Agua superficial: calcio, magnesio, sodio, potasio y cloruros, que permiten caracterizar la mineralización y dureza del agua. También se analizan los sólidos fijos, sólidos volátiles y sólidos sedimentables, junto con el pH y la alcalinidad, los cuales reflejan la composición general y la estabilidad química del recurso. Asimismo, se determinan compuestos nitrogenados y fósforo, como nitritos, nitratos, nitrógeno total, ortofosfato, fósforo total, Salmonella y Pseudomona, Cloro libre, Cloro total, Cloro combinado, propiedades organolépticas, Amonio, Conductividad, Hierro, Materia Orgánica, Sulfatos, Turbidez, Bacterias aerobias a 22°C, CT, CF, Clostridium perfringens y Enterococos. (Ministerio del Ambiente del Perú, DS N° 004-2017-MINAM).

Agua manantial: pH, CE, OD, DBO5, DQO, sulfato, cloruro, alcalinidad, SDT, sólidos en suspensión, SST, CT, CF y pseudomonas (MINAM y MIDAGRI, 2017)

Agua de Red: pH, Sulfatos, Alcalinidad, Dureza, Carbonatos, Manganeseo, Color, CE, Nitritos, Amoníaco, Nitratos, Cloruros, Sólidos disueltos totales, Sólidos en Suspensión, Sólido Total, Coliforme Total, Coliformes fecales, Salmonella y Pseudomonas (MINAM y MIDAGRI, 2017)

COAGULACIÓN

MECANISMO DE COAGULACIÓN

La coagulación es el medio por el cual las partículas se agrupan y comienzan a formar flóculos que pueden sedimentarse por la gravedad. en la parte inicial del proceso de la coagulación se da la reducción de la potencia electrocinética, donde las partículas coloidales se llegan a desestabilizar. Esto gracias al movimiento browniano (movimiento aleatorio de las partículas) la cual causa colisión de partículas con el movimiento del fluido causando así la

formación de los flóculos cada vez más grandes haciendo que con la ayuda de la gravedad estos se sedimenten al unir partículas desestabilizadas, lo cual es más fácil eliminarlas mediante un proceso de filtros (Maćczak, 2020).

MECANISMO QUE PERMITE LA COAGULACIÓN CON LA APLICACIÓN DEL QUITOSANO:

comprensión de doble capa: ocurre cuando se introduce un coagulante al fluido con partículas en suspensión y hace que estos en su interacción introduzca electrolitos permitiendo que las partículas se aglomeren.

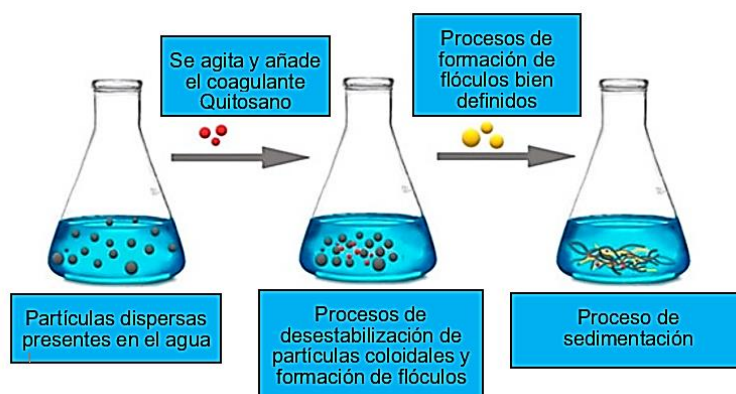
Adsorción de cargas estáticas: La carga superficial del coloide se neutraliza, lo que disminuye el potencial en su superficie y provoca su desestabilización.

Adherencia y puenteo: Un polímero actúa como molécula puente al unirse a una partícula coloidal en un sitio activo y a otra en un sitio diferente, facilitando así la formación de un flóculo de mayor tamaño.

Coagulación de enmallado: La incorporación de una dosis elevada de coagulante favorece la formación de un precipitado, dentro del cual quedan incorporadas las partículas coloidales. Estas quedan atrapadas en la masa que se forma y descienden junto con ella durante el proceso de decantación.

Figura 1

Proceso de coagulación usando Quitosano

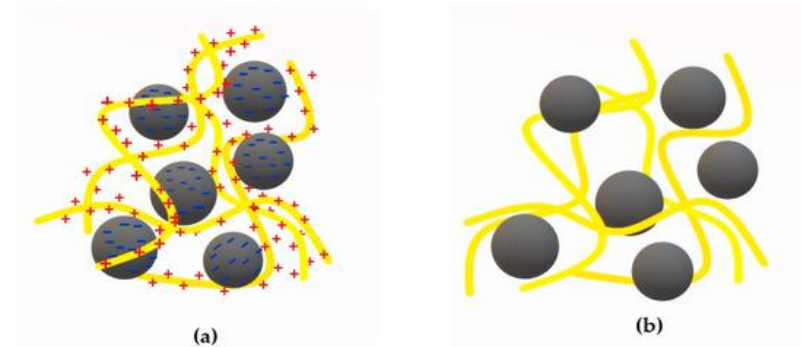


Nota: Proceso de coagulación usando Quitosano (Maćczak, 2020).

Se utilizan procesos físico-químicos para eliminar coloides particulados de aguas residuales industriales. Esto se logra agregando un coagulante, que disuelve todas las cargas de partículas electrostáticas y, de la misma manera, hace que la capa de difusión alrededor del coloide se comprima y forme así aglomerados (Bravo, 2015).

Figura 2

Esquema de los mecanismos de floculación



Nota: Las líneas curvas representan cadenas de polímeros que se adsorben coloides esféricos: **(a)** neutralización de carga; y **(b)** puenteo de polímeros (Maćczak, 2020).

Un coagulante es una sustancia sintetizada químicamente de origen vegetal o animal diseñada para neutralizar las cargas negativas que desestabilizan las partículas disueltas y suspendidas. También se puede convertir en chips. Cabe señalar que la mezcla debe ser rápida para que el coagulante se separe completamente en la superficie del líquido. (Priya, 2020).

Según Guananga, 2013, La coagulación constituye un método utilizado en el tratamiento del agua, cuyo propósito es involucra una serie de procesos químicos para eliminar la turbiedad mediante la adición de un producto que elimina o reduce la energía que mantiene unidas las moléculas. Se separan en forma suspendida o coloidal; debido al aumento de peso, forman aglomerados y por tanto se asientan más fácilmente.

En general, el sulfato ferroso y el sulfato de aluminio son los coagulantes más utilizados y son de naturaleza inorgánica debido a su capacidad para destruir eléctricamente moléculas muy grandes que son polímeros o coagulantes vegetales naturales. De todos modos, cuando los compuestos reaccionan con el agua, se producen diferentes mecanismos de

reacción. Esto significa que los coagulantes tienden a formar una doble capa comprimida cuando sienten el peso del enjambre. (Lozano y Bravo, 2015).

Coagulantes-Floculantes Inorgánicos: Por sus propiedades, son muy utilizados en el tratamiento de aguas residuales; disponibilidad, costo y eficiencia (Bravo Gallardo, 2017). Tienen las características de productos de desecho que forman mezclas húmedas y complejas cuando se disuelven. Los más utilizados son el sulfato de aluminio, el sulfato ferroso, el sulfato ferroso, etc. Debido a que los químicos de la sal son altamente volátiles, el contacto con los humanos y los ecosistemas puede ser dañino.

COAGULANTE ORGÁNICO

Los polímeros solubles en agua, formados por cadenas repetidas de monómeros como acrilamida y ácido acrílico, pueden tener origen sintético (derivado del petróleo) o natural. Estos pueden clasificarse en catiónicos, aniónicos, anfóteros o no iónicos, donde su eficacia en la coagulación depende del peso molecular, la densidad de carga y condiciones ambientales específicas (Bolto y Gregory, 2007).

COAGULANTES-FLOCULANTES NATURALES

Es considerado una alternativa de alto potencia porque es biológicamente degradable y amigable al ecosistema, diferenciando de los coagulantes inorgánicos y polímeros sintéticos. (Renault et al., 2009).

TIPOS DE COAGULANTES

Entre las principales clasificaciones de los coagulantes que se usan para tratar aguas, tenemos:

Sintéticos: Se utilizan para el tratar aguas de tipo industriales y domésticas, además de remover contaminantes de estas actividades (Zhu, 2023). Algunos de los productos químicos coagulantes más utilizados con el fin de la desestabilización de flocs y formación de aglomeraciones incluyen: sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio, cloruro férrico y sulfato férrico.

Naturales: Coagulantes naturales vienen a ser sustancias hidrosolubles, derivadas por materias primas con origen vegetal o animal, que tienen el mismo efecto que los elaborados por los humanos, aglomerados que se encuentran en el agua sin tratar, favoreciendo la estabilidad y disminuyendo la turbiedad. (García 2007).

Algunos coagulantes también tienen cualidades antibacterianas, que disminuyen o quitan la presencia de agentes patógenos que pueden causar afecciones. El carácter natural, le ayuda a tener seguridad a las personas, y su degradabilidad biológica de barros generados le ayuda en el uso en la agricultura. Sus usos, puede estar dirigida no tanto para los gobiernos en procesos de desarrollo sino también para el procesamiento y desinfección de las aguas vertidas convencionales. (Bravo Gallardo, 2017)

En América Latina, se han investigado diversos coagulantes naturales derivados de plantas locales, como la papa (*Solanum tuberosum*), el Aloe vera, el maíz, el guacamote y el cereal, para el tratamiento de aguas residuales. Estos coagulantes ofrecen una alternativa ecológica a los productos químicos convencionales, ya que son biodegradables y no generan residuos tóxicos. Por ejemplo, estudios han demostrado que el almidón de papa puede reducir significativamente turbiedad en agua, mientras que el mucílago de Aloe vera ha mostrado eficacia en la clarificación de aguas contaminadas. Estas investigaciones resaltan el potencial de los coagulantes naturales en la mejora de la calidad del agua y su aplicabilidad en comunidades rurales y urbanas de la región (Aguilar & Cruz, 2023).

De acuerdo con Tafur Bardales (2017), la aplicación de coagulantes industriales tales $Al_2(SO_4)_3$ y el $FeCl_3$ en procesos de refinación han sido cuestionada principalmente por aspectos ambientales. Entre las principales inquietudes se encuentra la producción de lodos contaminantes que resultan complicados de gestionar, así como la posible asociación con enfermedades neurodegenerativas, incluyendo el Alzheimer.

APLICACIONES

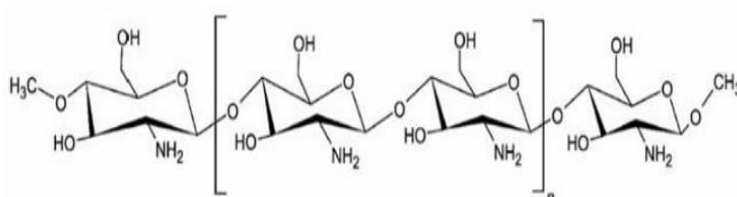
Hoy, los coagulantes de extractos de plantas se pueden utilizar en varios campos industriales, como el procesamiento de aguas servidas y aguas

naturales por ficus y moringa (Taiwo, 2021). Además, la goma guar extraída de los endospermos de guisantes se utiliza por industria como aglutinantes de explosivos, en alimentos, medicinas y productos para el hogar. (Mudgil, Barak, & Khatkar, 2014).

Quitosano: El Quitosano se deriva de la quitina, que es el suceso de muchos polímeros de contenidos de N-acetil-D-glucosamina que difiere a la quitina en sus grupos amina-NH₂, y muestra:

Figura 3

Estructura química del Quitosano



Nota. Estructura química del Quitosano (Romero-Serrano & Pereira, 2015)

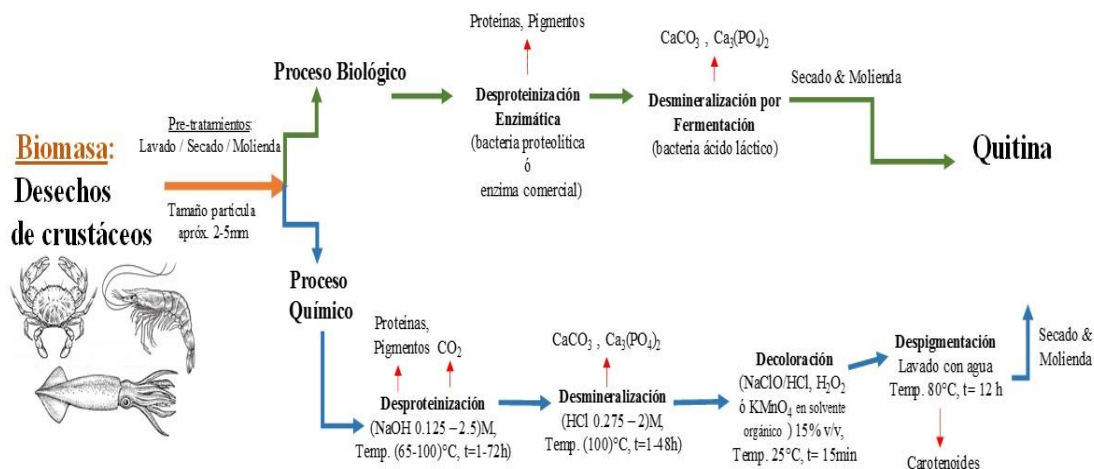
Proceso de obtención del Quitosano: para la extracción del Quitosano primero se pasa por un primer proceso donde se busca obtener la quitina.

PRIMER PASO, EXTRACCIÓN DE LA QUITINA:

El quitosano se obtiene a partir de la quitina, un polímero presente en la capa externa de crustáceos como camarones y cangrejos. Para transformarla en quitosano, la quitina se somete a una intervención mediante sustancias con propiedades alcalinas concentrada, usualmente NaOH sometido a condiciones térmicas elevadas. Este proceso elimina los grupos acetilo de la quitina, convirtiéndola en quitosano, que es más soluble y tiene diferentes propiedades químicas. (Romero-Serrano & Pereira, 2015).

Figura 4

Proceso de extracción de la Quitina por medio biológico y químico



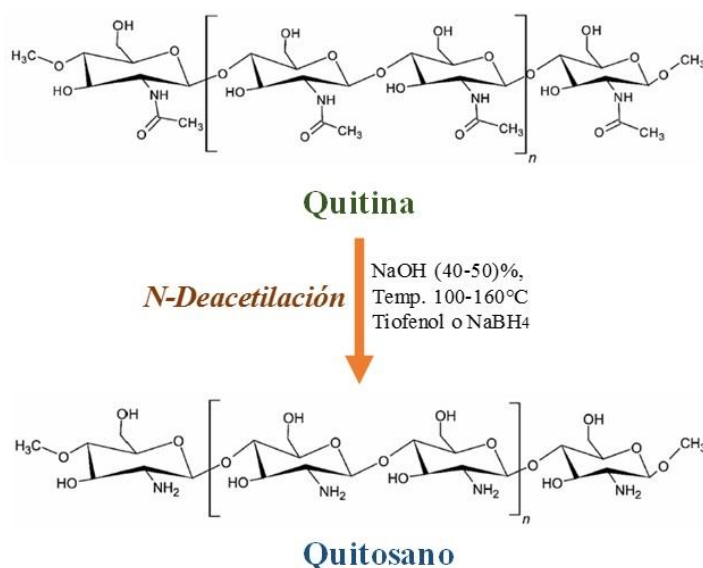
Nota. Proceso de extracción de Quitina (Romero-Serrano & Pereira, 2015)

Segundo paso, transformar la Quitina en Quitosano:

Luego de la desacetilación, el material se purifica para eliminar impurezas como proteínas y minerales que puedan quedar. Esta etapa es fundamental para obtener un quitosano limpio y con las características adecuadas para su aplicación en procesos como la coagulación y floculación en tratamiento de aguas (Romero-Serrano & Pereira, 2015).

Figura 5

Proceso de extracción del Quitosano por medio biológico y químico



Nota. Transformación de quitina a Quitosano (Romero-Serrano & Pereira, 2015).

El Quitosano va depender de su proveniencia, su masa molar y el nivel de acetilación. (Nieto., 1991).

En un ambiente acido, el Quitosano llega a tener mucha reacción, debido al funcionamiento y sus alcoholes. Por su degradabilidad biológica, toxicidad no residual, su naturaleza poli electrolítico y su posibilidad de agruparse, los polímeros de quitosano tienen muchas aplicaciones, muchas de las cuales ciertamente permanecen sin explotar. (Aranaz, 2009)

El Quitosano es un producto de bajo peso molecular obtenido por la degradación del Quitina por el lactato que tiene una solubilidad en agua sobresaliente y una alta actividad biológica para eliminar microorganismos como virus, bacterias y hongos siendo un producto orgánico que es respetuoso con el medio ambiente y no genera residuos al medio ambiente.

Figura 6

Quitosano al 90 % de solubilidad



Nota. Ficha técnica de Quitosano (AGROSATP, 2019).

CARACTERÍSTICAS DEL QUITOSANO:

Peso molecular <1000 , alta actividad, excelente solubilidad en agua y es obtenido por degradación de Quitosano por Lactato (AGROSATP,2019).

Tabla 1

Porcentaje de eliminación de microorganismos con Quitosano

Nombre de enfermedades	Eficiencia de control
Virus	75-85 %
Hongos	75-85 %
Bacterias	80-85 %

Nota. Efectividad del Quitosano para la eliminación de microorganismos (AGROSATP, 2019).

APLICACIONES O USOS DEL QUITOSANO

La actividad innata del Quitosano se ha asociado durante mucho con sus propiedades catiónicas. La interrelación con la colectividad de aminos

libres, de cargas positivas en un ambiente ácido, contenido de sedimentos negativos con moléculas grandes de contacto en la pared fúngica, conduce a un cambio en la permeabilidad de la membrana plasmática, lo que conduce a un cambio en los factores de la membrana plástica. (Benhamou, 1992).

Algunos dispositivos de acción de los hongos, viene a ser el Quitosano quien interviene inhibiendo la síntesis de ciertas enzimas presentes en los hongos o provocando cambios celulares, como se reporta en el caso de *B. cinérea*, donde aparecen celdas vacías sin citoplasma (Barka, 2004).

El Quitosano sostiene una actividad anti microbios para los alimentos, donde se describió la actividad en tubos de ensayo frente a agentes microbianos que contaminan carnes y manjares, citando a *Escherichia coli* como principal bacteria, causante de mutagenicidad, síntomas graves como colitis hemorrágica, síndromes hemorrágicos y urinarios, e infección de origen primario. Este alimento proveniente de animales, especialmente de las carnes molida, y las leches de ganados. (Li, 2007).

El Quitosano se usa en varios campos industriales, como los cosméticos, porque es un humectante para la piel y puede prevenir la sequedad de la piel. Incluso se haya en productos de higiene personal, preparados dentífricos, etc. Se utiliza en la industria de la detección como sensor para detectar a concentración de azúcar en el torrente sanguíneo, también en el procesamiento de las aguas vertidas, donde actúa como detergente para eliminar partículas coloidales y grasas, y recolectar metales pesados y otros componentes químicos como los pesticidas (Espinosa et al., 2020)

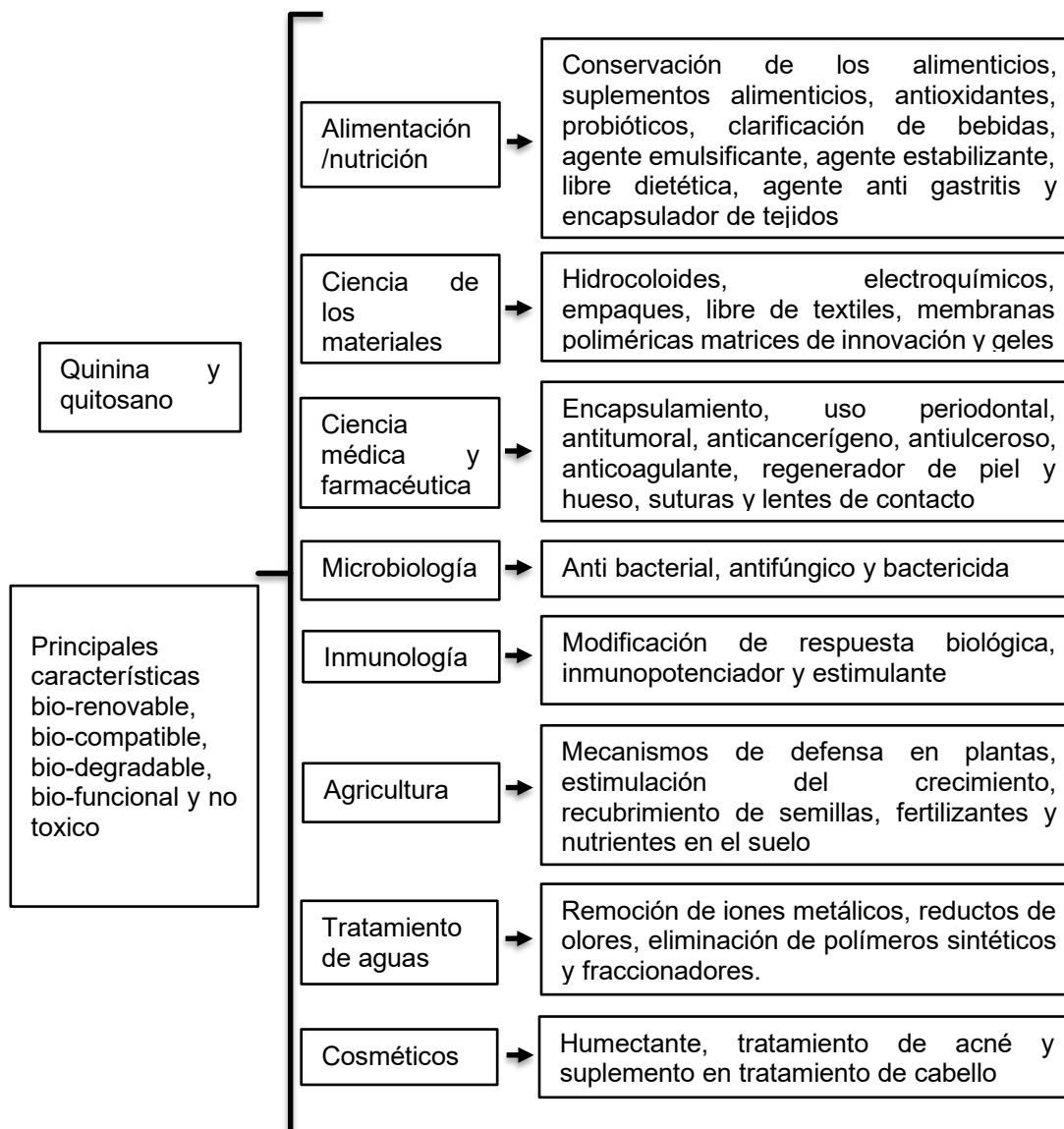
En la agricultura, se utiliza como agente de control de plagas, también regula el crecimiento de plantas al mejorar la disponibilidad y caracterización de las sustancias nutritivas y también se utiliza como recubrimiento de semillas para su conservación y almacenamiento (Espinosa et al., 2020)

Destacada en la industria farmacéutica y en la biomedicina con muchas ventajas por su biocompatibilidad y biodegradabilidad controlada, además de sus propiedades no tóxicas, puede ser utilizado como anticoagulante de la

sangre; biomateriales de regeneración ósea, agente microbiano, apósitos. (Espinosa et al., 2020)

Figura 7

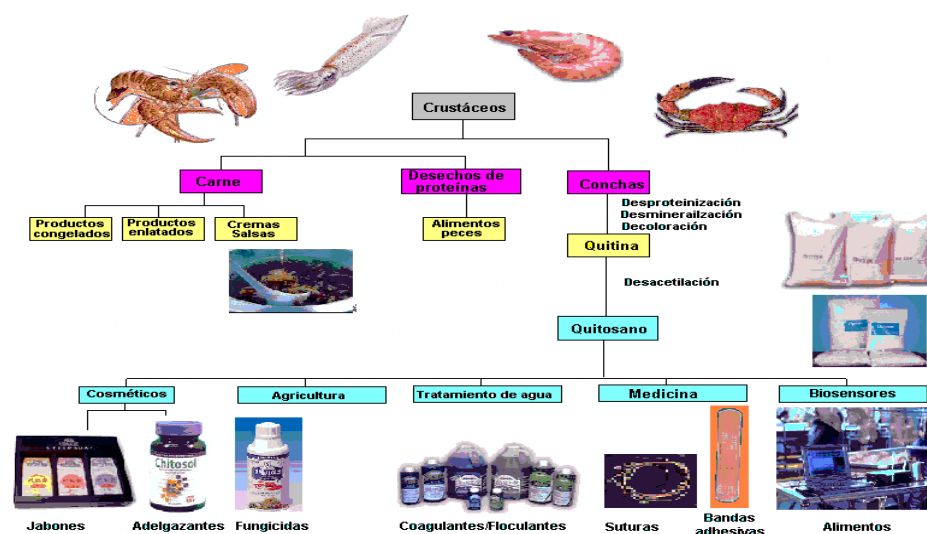
Aplicaciones y usos del Quitosano



Nota. Revista de Investigación Agraria y Ambiental (Molina et al., 2017).

Figura 8

Aplicaciones y usos del Quitosano



Nota. Aprovechamiento del caparazón de crustáceos desde el sub producto de la quitina y Quitosano. (Lárez, 2006).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA): Es el ente especializado en fiscalización, que está adscrito al MINAM y tiene a su cargo la inspección, seguimiento, evaluación, fiscalización y multar en temas ambientales, también la fiscalización preferente. Es un órgano rector del sistema nacional de entidades fiscalizadoras (OEFA, 2013).

Juntas (JASS): Son las organizaciones seleccionadas y establecida de manera voluntaria para controlar y realizar mantenimiento del servicio básico de saneamiento de los centros poblados o caseríos (OEFA, 2013).

ECA: Son medidas que determinan las concentraciones o niveles del elemento, sustancias o factor físico, químico y biológico que se encuentran en el suelo, aire o aguas en su posición de cuerpo receptor, lo cual no son una amenaza significativa para el ambiente y salubridad del pueblo (OEFA, 2013).

Contaminante: Toda sustancia química que no sea de la naturaleza del medio ambiente en el que se encuentra o sus concentraciones excedan los límites permisibles, y puedan tener consecuencias dañinas a las personas y el ecosistema (OEFA, 2013).

Cadena de custodia: Es un formato documento que ayuda en el control y manejo de la calidad del suelo, aire y aguas para asegurar las características y condiciones para la determinación, registrar, seguir y controlar el resultado del laboratorio (OEFA, 2013).

Muestreo de agua: Esta viene a ser una herramienta de vital importancia para el monitoreo. Tiene como función la extraer una pequeña parte para su estudio, para determinar sus propiedades y su estado actual (OEFA, 2013).

Medidor multiparámetro: Aparato que mide varios parámetros presentes en la muestra, como son pH, conductividad, sólidos totales disueltos, temperatura y OD (OEFA, 2013).

Coagulante: Es un producto de origen químico, sintético o puede ser de origen natural que busca neutralizar todos los elementos negativos o cargar negativos y desestabilizar los flóculos en suspensión y disueltos pudiendo también aglomerarse. Cabe señalar que tenemos que tener las mezclas rápidas para que el coagulante se disperse de manera rápida por completo en el líquido (Priya, 2020).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_a: Será eficaz el coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025.

H₀: No será eficaz el coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H_a: La aplicación del coagulante natural Quitosano será eficaz en la mejora de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos del río Huallaga.

H₀: La aplicación del coagulante natural Quitosano no será eficaz en la mejora de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos del río Huallaga.

Ha: La aplicación de diferentes dosis de coagulante natural Quitosano es eficaz en la mejora de aguas superficiales.

H0: La aplicación de diferentes dosis de coagulante natural Quitosano no es eficaz en la mejora de aguas superficiales.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Coagulante natural

X1 Quitosano

2.5.2. VARIABLE EVALUATIVA

Calidad del agua del rio Huallaga

X2 Calidad de agua

2.6. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 2

Cuadro de operacionalización de variables: Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del rio Huallaga – Huánuco, 2025.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento	
Variable Independiente	Quitosano	El quitosano corresponde a un polisacárido de gran tamaño molecular y con carga positiva y de naturaleza abundante, cuando se agrega al agua reacciona con las partículas cargadas negativamente y así las elimina (Lárez et al., 2008).	Dosis del Quitosano a usar por cada litro de muestra utilizada en la prueba de jarras con agitador magnético para determinar el grado de contaminación más baja en el estudio de parámetros físico/químico y biológico (Rivera,2012).	Característica del Coagulante	Peso	gr	Balanza Analítica
					Concentración	%	Refractómetro
Variable Dependiente	Calidad de agua (Rio Huallaga)	Condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano (OMS).	Remoción de contaminantes presentes en el agua con ayuda del coagulante Quitosano mediante el proceso de coagulante en las pruebas de jarras con agitador magnético (Rivera, 2012); DS N° 004-2017-MINAM nos muestra los ECA para los flujos de agua y LMP del Decreto Supremo N° 031-2010-SA, 2010.	Característica Físico/Químicas	pH	0 - 14	Potenciómetro
					Conductividad	1500 uS/cm	Conductímetro
					Color	15 CV	Colorímetro
					Turbidez	NTU	Turbidímetro
					Sólidos disueltos totales	1000 mg/L	Termogravimétrico
			Características Microbiológicos	Coliformes totales	UFC/ 100 ml	Análisis de laboratorio (Biotector B3500)	
				Coliformes termotolerantes	UFC/ 100 ml		
				Escherichia coli	UFC/ 100 ml		
	Bacterias	UFC/ 100 ml					
	Heterotróficas	UFC/ 100 ml					

Nota. La tabla 2 expone la organización de la operacionalización de variables según los parámetros analizados en el estudio de investigación.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La clase de la metodología a referenciar fue de acuerdo al libro

3.1.1. METOLOGIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA

Según el control de la medición de la variable de estudio, el trabajo investigativo fue de carácter prospectiva; ya que las mediciones a realizar en el estudio son por parte del tesista.

- Según el número de variables analíticas, el trabajo de estudio fue analítico; debido a que se tiene 2 elementos de evaluación.
- El trabajo de investigación fue con intervención.
- Según los números de medida de variables, el trabajo de investigación fue longitudinalmente; donde se realiza más de 1 medición de las variables.

3.1.2. ENFOQUE

El enfoque fue cuantitativo, ya que se usa la estadística, se tiene un patrón y se generaliza los resultados obtenidos. Se interviene tanto con el objeto de estudio y su entorno, tratando de interpretar las acciones que se dan (Supo, 2020).

3.1.3. ALCANCE O NIVEL

El proyecto de investigación fue aplicativo, debido a que nuestro propósito es la eficacia y se viene relacionado con este nivel, el estudio también nos permite la medición de dos a más variables asociadas a la comparación y no a una causa y efecto (Supo, 2020).

3.1.4. DISEÑO

En esta investigación se empleó un diseño experimental, ya que se trabajó con múltiples grupos a los que posteriormente se aplicó una técnica de tratamiento orientada a disminuir los contaminantes analizados. (Supo, 2020).

3.1.5. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Fue el Rio Huallaga, estando el punto de muestreo cerca al camal municipal de Huánuco de la localidad del distrito de Amarilis, Provincia de Huánuco, departamento de Huánuco, Perú. Ubicado en coordenada:

Tabla 3

Coordenadas de ubicación del área de estudio

<i>Coordenadas/ubicación</i>	
Latitud	Longitud
-9° 91' 83.78"	76° 23' 33.50"

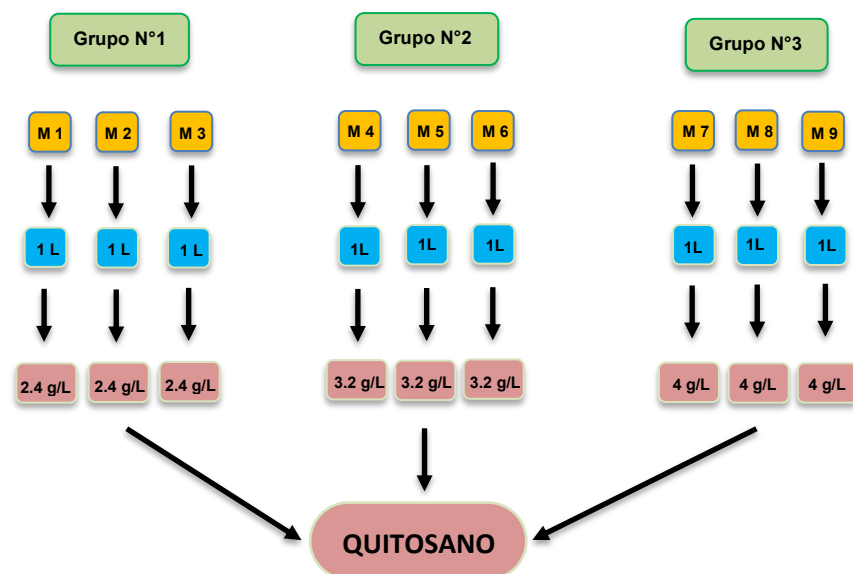
Nota. La ubicación referenciada es del rio Huallaga a la altura del camal municipal de Huánuco.

Muestra: Está conformada por 10 L de muestra del rio Huallaga que fueron obtenidas con el propósito de analizar la eficacia del coagulante natural del Quitosano, el estudio tendrá un tiempo de ejecución de 3 meses.

La cantidad de muestra y la metodología que se uso fue tomada como referencia del estudio Efecto del tiempo y la dosis de irritación entre la coagulación del hueso y chatarra camarón para la eliminación de turbidez en el Río Santa del autor (Príncipe et al., 2018) y el estudio El Quitosano como coagulante ampliamente utilizado para reducir la turbidez y color del modelo de agua residual textil que contiene un Colorante aniónico (azul ácido) del autor (Hala, A., & Ali, J. 2019).

Figura 9

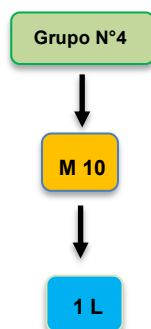
Gráfico de muestras para el grupo experimental



Nota. Una vez realizado el tratamiento con el coagulante se llevará a DIRESA para su análisis.

Figura 10

Gráfico de muestras para el grupo de control



Nota. La muestra del grupo experimental ira sin tratamiento al laboratorio del DIRESA para el análisis.

3.2. TÉCNICAS DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.2.1. PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Tabla 4

Variable e indicadores de los parámetros

Variable	Indicador	Técnicas	Instrumento
Calidad del agua del río Huallaga	-P. Físico/Químico	Observación	
	pH		Potenciómetro
	Conductividad		Conductímetro
	Color		Colorímetro
	Turbidez		Turbidímetro
	Sólidos Disueltos Totales		Termogravimétrico
	-P. Microbiológicos		
	Coliformes totales		Análisis de
	Coliforme termotolerantes		laboratorio
	Escherichia coli		
	Bacterias heterotróficas		

Nota. Evaluación de parámetros para analizar y sus instrumentos de medición.

PROTOCOLO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS:

a) Adquisición del coagulante natural Quitosano

Para la obtener el coagulante Quitosano nos contactamos con el laboratorio AGROSAPT.

b) Obtención de muestras de aguas residuales

Para la obtención de las muestras del río se usó de guía el Protocolo Nacional De Monitoreo De La Calidad De los recursos hídricos Superficiales del Ministerio De Agricultura y Riego – ANA (ANA, 2016). Recolección de descargas líquidas y análisis de cuerpos de agua receptores como parte del proceso para obtener la autorización sanitaria de vertimientos (DIRESA, 2013).

Tabla 5*Consideraciones a tener en cuenta para la toma de muestra y su transporte*

Parámetro	Volumen de muestra	Preservación de muestra (Temp.)	Tiempo de almacenaje
Parámetro Físico/Químicos			
pH	200 ml	Refrigeración a 4 °C	24 a 48 h
Conductividad	500 ml	Refrigeración a 4 °C	28 d
Color	500 ml	Refrigeración a 4 °C	48 h
Turbidez	100 ml	Refrigeración a 10 °C	48 h
Sólidos Totales Disueltos	1000 ml	Refrigeración a 4 °C	2-7 d
Parámetro Microbiológico			
Coliformes totales	200 ml	Refrigeración a 4 °C	24 h
Coliforme termotolerantes	200 ml	Refrigeración a 4 °C	24 h
Escherichia Coli	200 ml	Refrigeración a 4 °C	24 h
Bacterias heterotróficas	200 ml	Refrigeración a 4 °C	24 h

Nota. La tabla 5 muestra los requisitos Muestras recolectadas en condiciones adecuadas que aseguren la confiabilidad de su análisis.

Fuente: DIGESA, requisitos de recepción de muestras (2006).

Se recolectó 10 litros de agua del río Huallaga, donde de las cuales 1 litro se envió al laboratorio para un pre test, y los otros 9 litros pasaron a ser tratados con el coagulante Quitosano. El agua de río se recolectó en pomos de plástico de polietileno de 1 L, los cuales fueron prelavados con agua destilada y luego secados.

c) aplicación del quitosano

Obtenida las muestras se procedió a llevar al laboratorio de la Universidad De Huánuco donde fueron sometidas a la fase experimental.

El coagulante a usar y su cantidad vienen a ser un factor de vital importancia, para el proceso de tratar aguas superficiales. Debemos conocer o distinguir la dosis óptima, verificando eficiencia a menores costos con resultados óptimos; para ello se realizó el ensayo de test de jarras con agitador magnético. La prueba de jarras se describe en lo siguiente:

- Se uso 5 vasos precipitados de 1 L.
- Se utilizo diferente dosis para cada vaso precipitado, usamos el Quitosano; a 2.4 g/L, 3.2 g/L y 4 g/L por litro con una repetición de 3 veces por dosis con un tiempo de agitación de 20 min a una revolución de 1000 (RPM) con reposo de 20 min.
- Luego se procedió a llevar a medir con el multiparámetro los parámetros físicos/químicos y se enviaron al laboratorio del DIRESA, para determinar los parámetros que faltan.

3.2.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Este estudio se utilizó tablas, cuadros y gráficos obtenidos de análisis físicos/químicos y microbiólogos, teniendo en cuenta la narrativa del artículo científico para interpretar los resultados, que serán de utilidad en la discusión y conclusión del estudio.

La data fue presentada de forma cuantitativa dado que se presentó en cuadros, tablas y gráficos con el propósito de facilitar el análisis estadístico del resultado obtenido.

3.2.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El estudio y la interpretación de la información se presentó con tablas y gráficos, ya que los datos son cuantitativos y de comparación, referenciados con norma APA. También se contempló el uso de software estadísticos Jamovi por el método de análisis usado fue la Prueba de Shapiro-Wilk y Kruskal-Wallis para la prueba de hipótesis; que fue usado para la interpretación de los datos por medio de medidas de resumen tales como: QGIS, Microsoft 2019, Excel y Word.

ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados recolectados se sometieron a una prueba paramétrica (normalidad) por Shapiro-Wilk y Kruskal-Wallis para datos no paramétricos (cuando no hay normalidad).

TEST DE JARRAS CON AGITADOR MAGNÉTICO:

a) Nivel térmico

El procedimiento experimental se llevó a cabo en el laboratorio, a una temperatura ambiente aproximada de 25 °C.

b) Cantidad de muestra

En el desarrollo del presente estudio, se utilizó un volumen uniforme de 1000 ml de agua en cada uno de los recipientes empleados durante las pruebas de coagulación realizadas mediante el método de jarras con agitador magnético.

3.2.4. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE QUITOSANO

En la parte experimental usaremos dos equipos de agitador magnético para hacer el test de jarras para llevar a cabo el proceso de clarificación de la muestra contaminada. Inicialmente, se probaron concentraciones de 2.4 g/L, 3.2 g/L y 4 g/L.

3.2.5. TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE AGUA

Se recolecto 10 litros de agua del rio Huallaga, donde de las cuales 1 litro se envió al laboratorio del DIRESA para un pre test, y los 9 litros restantes pasaron por un tratamiento con de la aplicación del coagulante antes de ser llevados al mismo laboratorio para su análisis. El agua de rio se recolecto en pomos de plástico de polietileno de 1L, los cuales fueron prelavados con agua destilada y luego secados.

Los parámetros físicos fueron medidos en el mismo lugar y momento del muestreo y antes de ser enviados al laboratorio para verificación de otros parámetros, por siguiente finalizando las pruebas estas serán enviadas al laboratorio DIRESA de la región de Huánuco para su análisis final.

Las muestras de agua contaminada fueron recogidas del rio Huallaga a la altura del Camal Municipal de Huánuco – Amarilis – Huánuco, una vez tomado los resultados se enviaron las muestras a un laboratorio acreditado dentro del plazo de las 24 h será enviado al laboratorio de Aguas del DIRESA para su respectivo análisis.

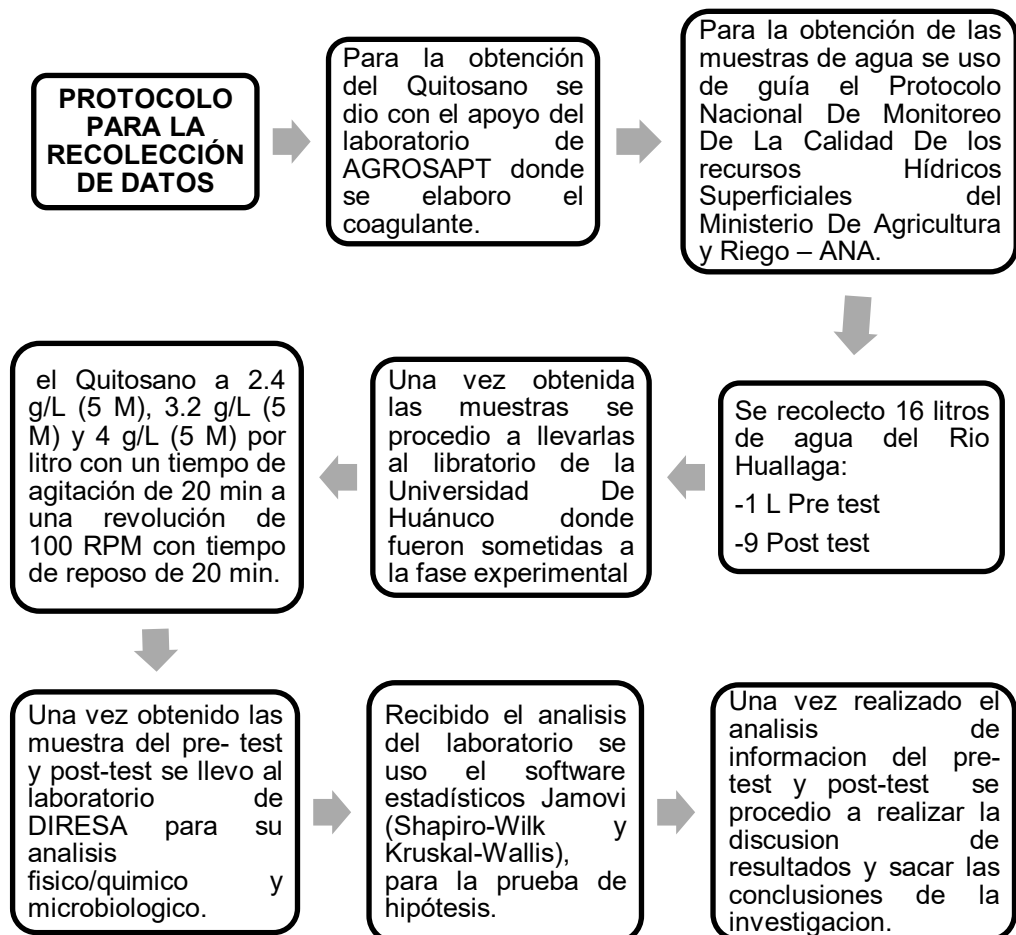
PASOS A SEGUIR:

Primer paso: Se diseñó un experimento empleando una muestra con el propósito de identificar las variables que afectan el proceso de clarificación y, al mismo tiempo, desarrollar un modelo estadístico que describa el comportamiento de dichas variables en relación con el porcentaje de reducción de la turbidez.

Segundo paso: Estos resultados se emplearon para clarificar una muestra con altos niveles de contaminación la cual fue caracterizada antes y después del tratamiento.

Figura 11

Gráfico del proceso de obtención de datos del proyecto de investigación



Nota. La figura muestra el proceso del proyecto de investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS

Mediante el análisis realizado y los resultados obtenidos se vio la significancia en el aumento en la pureza del agua superficial del rio Huallaga, siendo que esta mejora al punto de que es adecuado para el tratamiento de agua destinada para recreación mejorando los índices de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.

4.1. PARÁMETROS FÍSICOS/QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS QUE TIENE EL RIO HUALLAGA EN EL PRE Y POST ANÁLISIS CON COAGULANTE NATURAL QUITOSANO.

Mediante el análisis realizado y los resultados obtenidos se vio la significancia en la mejora de calidad del agua superficial del rio Huallaga viendo que esta mejora la calidad del agua al punto de que es adecuado para el tratamiento de agua destinada para recreación mejorando los índices de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.

Para el parámetro físico/químico:

Tabla 6

Resultados del análisis del parámetro físico/químico post y pre tratamiento

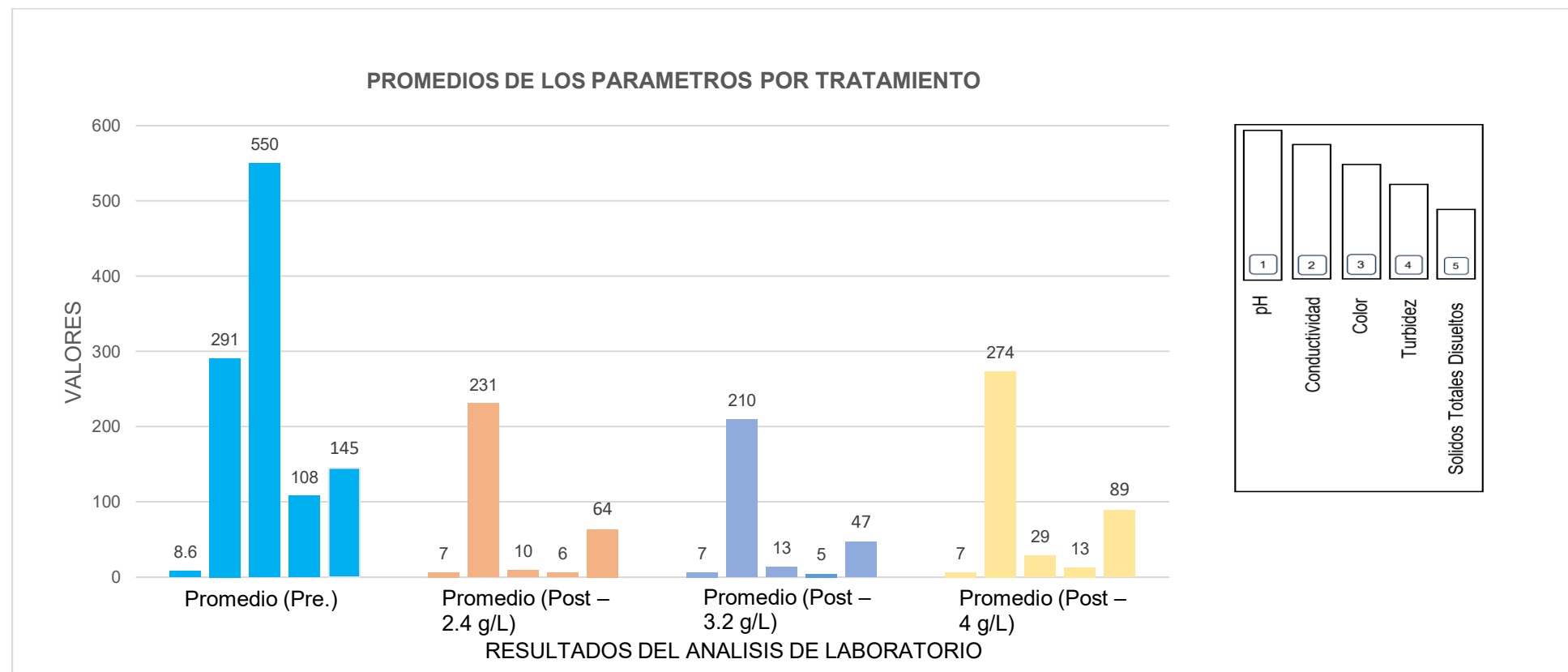
PARÁMETROS FÍSICOS/QUÍMICOS

PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	M 1 (Post – 2.4 g/L)	M 2 (Post – 2.4 g/L)	M 3 (Post – 2.4 g/L)	M 4 (Post – 3.2 g/L)	M 5 (Post – 3.2 g/L)	M 6 (Post – 3.2 g/L)	M 7 (Post. – 4 g/L)	M 8 (Post. – 4 g/L)	M 9 (Post. – 4g/L)	M 10 (Pre.)
pH	0 - 14	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	8.6
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	233	229	230	211	209	210	272	275	274	291
COLOR	UPC	10	9	10	14	13	13	30	28	28	550
TURBIDEZ	NTU	7	5	6	5	4	5	13	13	13	108
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	65	64	62	48	45	47	92	87	89	145

Nota. La tabla 6 muestra el resultado del análisis de laboratorio de la DIRESA para el parámetro físico/químico de acuerdo al ECA del D.S N° 031-2010-SA, 'post y pre evaluación.

Figura 12

Promedio de los parámetros físico/químico por tratamiento



Nota. La figura 12 presenta los promedios que se obtuvieron antes y después del análisis con el coagulante Quitosano.

La figura 12 nos indica los resultados promedios de los parámetros por tratamiento según dosis de 2.4 g/L, 3.2 g/L y 4 g/L de coagulante Quitosano por muestra indicando que la dosis de 3.2 g/L demostró ser la más eficaz en el tratamiento de agua del río Huallaga en cuanto a reducción de contaminantes frente a las dosis de 2.4 g/L y 4 g/L.

ANÁLISIS PORCENTUAL DE PARÁMETROS FÍSICO/QUÍMICO:

Tabla 7

Comparación del mejor promedio del parámetro físico/químicos Antes y Después del Tratamiento (3.2 g/L)

Parámetro	Unidad de medida	Valor Pre	Valor Post (3.2 g/L)	Reducción (%)
pH	0 - 14	8.6	7.0	18.60 %
Conductividad (μS/cm)	μS/cm	291	210	27.15 %
Color (UPC)	UPC	550	13	97.64 %
Turbidez (NTU)	NTU	108	5	95.37 %
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	145	47	67.59 %

Nota. La tabla 7 nos muestra el mejor promedio en porcentaje de los parámetros físico/químicos.

El cuadro nos muestra el valor inicial de pH (8.6) y que tras aplicar la dosis de 3.2 g/L la cual fue la más efectiva entre las tres dosis evaluadas el pH se ajustó a 7.0, siendo la reducción del 18.60 %. En cuanto a la conductividad tuvo una reducción del 27.15 % al bajar de 291 a 210 μS/cm, disminuyendo el nivel de sales mezcladas en el agua. En cuanto al color sufrió una reducción del 97.64 %, desde un valor muy alto de 550 UPC hasta 13 UPC. En cuanto a la turbidez inicial de 108 NTU obtenido en análisis pre bajo a 5 NTU en el post reduciendo en un 95.37 %. y en cuanto a Sólidos Totales Disueltos (STD) el valor bajó un 67.59 %, de 145 a 47 mg/L.

Los resultados demuestran que la dosis de 3.2 g/L es la más efectiva entre las tres evaluadas, siendo que el tratamiento aplicado permite mejorar la calidad del agua del río Huallaga, de acuerdo con los parámetros físico-químicos evaluados. Como resultado, se logra mantener el pH dentro de los

límites aceptables y se observan reducciones significativas en la conductividad, el color, la turbidez y los sólidos totales disueltos, evidenciando la efectividad del proceso.

De esta manera habiendo analizado los resultados de laboratorio de los parámetros físicos/químicos del laboratorio (pH, conductividad, color, turbidez y Sólidos Totales Disueltos) es que se aceptó la hipótesis alternativa (Ha) siendo que ayuda a mejorar la calidad del agua del río Huallaga para ese parámetro y hallando mediante el análisis que la dosis de coagulante Quitosano de 3.2 g/L es la mejor para tratar el agua de río Huallaga.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PARÁMETRO FÍSICOS/QUÍMICOS

Tabla 8

Prueba de normalidad para los parámetros físicos/químicos por Shapiro-Wilk

SHAPIRO-WILK			
PARÁMETRO	ESTADÍSTICO	GL	SIG
pH	0.552	6	<.001
Conductividad	0.842	6	0.029
Color	0.576	6	<.001
Turbidez	0.608	6	<.001
Sólidos Totales Disueltos	0.835	6	0.024

Nota. La Tabla 8 presenta los resultados del análisis realizado mediante la prueba de Shapiro-Wilk, basado en los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio.

La Tabla 8 exhibe los resultados obtenidos de la prueba de normalidad, la cual fue aplicada a los distintos parámetros analizados mediante el test de Shapiro-Wilk, método apropiado para conjuntos de datos con menos de 50 observaciones. Se evidencia que los valores de significancia (Sig.) para pH, Conductividad, Color, Turbidez y Sólidos Totales Disueltos no son superiores a 0.05, lo que indica que los datos no presentan una distribución normal.

Esta condición permitió la aplicación adecuada de análisis estadísticos no paramétricos, específicamente Kruskal-Wallis, para comparar las diferencias entre grupos.

PARA EL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO:

Tabla 9

Resultados del análisis del parámetro microbiológico pre tratamiento

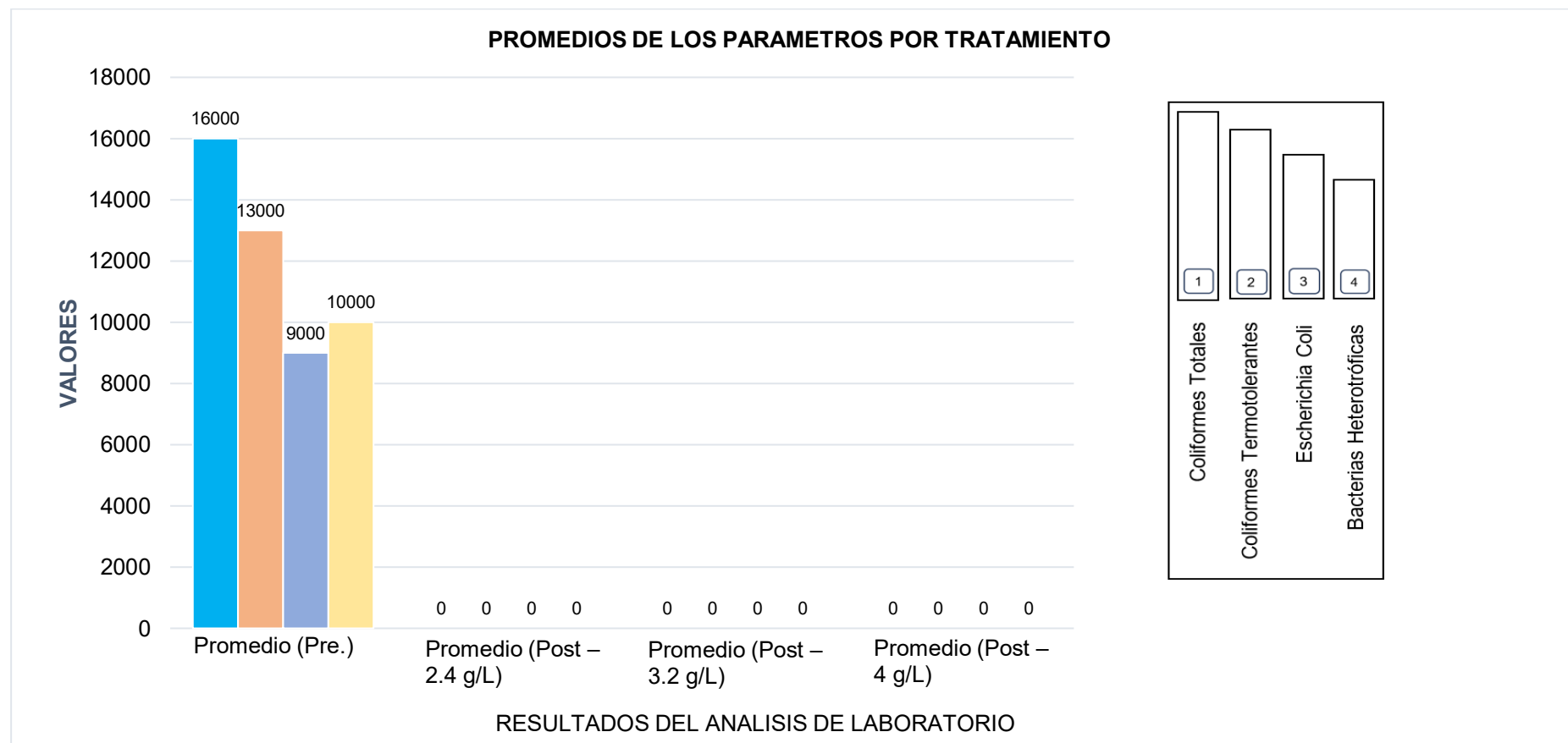
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	M 1 (Post – 2.4 g/L)	M 2 (Post – 2.4 g/L)	M 3 (Post – 2.4 g/L)	M 4 (Post – 3.2 g/L)	M 5 (Post – 3.2 g/L)	M 6 (Post – 3.2 g/L)	M 7 (Post. – 4 g/L)	M 8 (Post. – 4 g/L)	M 9 (Post. – 4 g/L)	M 10 (Pre.)
Coliformes totales	UFC/ 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16 X 10 ³
Coliformes termotolerantes	UFC/ 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13 X 10 ³
Escherichia coli	UFC/ 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9 X 10 ³
Bacterias heterótrofas	UFC/ 100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 X 10 ³

Nota. La tabla 9 muestra el resultado del análisis de laboratorio de la DIRESA para el parámetro microbiológico de acuerdo al LMP del D.S N° 031-2010 - SA, 'post y pre evaluación.

Figura 13

Promedio de los parámetros microbiológicos por tratamiento



Nota. La figura 13 presenta los promedios que se obtuvieron antes y después del análisis con el coagulante Quitosano.

Los resultados del tratamiento con las tres dosis evaluadas (2.4 g/L, 3.2 g/L y 4 g/L) demostraron una eliminación total con un 100 % de remoción en todos los parámetros microbiológicos.

ANÁLISIS PORCENTUAL DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:

Tabla 10

Comparación del mejor promedio del parámetro microbiológico Antes y Después del tratamiento (3.2 g/L).

Parámetro	Unidad de medida	Pre (M 10)	Post (3.2 g/L)	Remoción (%)
Coliformes Totales	UFC/ 100 ML	16000	0	100.00 %
Coliformes Termotolerantes	UFC/ 100 ML	13000	0	100.00 %
Escherichia coli	UFC/ 100 ML	9000	0	100.00 %
Bacterias Heterótrofas	UFC/ 100 ML	10000	0	100.00 %

Nota. La tabla 10 nos muestra el mejor promedio en porcentaje del parámetro microbiológico.

Los coliformes totales, que inicialmente presentaban un valor de 16000 UFC/ 100 mL en el análisis de pre test, fueron reducidos completamente (100 %) obteniendo 0 UFC/ 100 mL en el post test; lo mismo ocurrió con los coliformes termotolerantes, que pasaron de 13000 UFC/ 100 mL a 0 UFC/ 100 mL (100 % de remoción), y con Escherichia coli, con una disminución de 9000 UFC/ 100 mL a 0 UFC/ 100 mL (100 %). Asimismo, las bacterias Heterótrofas, cuyo valor inicial fue de 10000 UFC/ 100 mL y obtenido después del tratamiento 0 UFC/ 100 mL (100 % de reducción). Teniendo estos resultados consistentes en todas las dosis aplicadas, confirman la eficacia del coagulante natural Quitosano en la depuración de agentes contaminantes microbiológicos.

Siendo de esta manera que, habiendo analizado el resultado de laboratorio para los parámetros microbianos es que se acepta la hipótesis alternativa (Ha) siendo que ayuda a mejorar la calidad del agua del río Huallaga para ese parámetro.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICOS

Tabla 11

Prueba de normalidad para los parámetros microbiológicos por Shapiro-Wilk

SHAPIRO-WILK			
PARÁMETROS	W	GL	SIG
Coliformes Totales	0.552	6	<.001
Coliformes Termotolerantes	0.552	6	<.001
Escherichia coli	0.552	6	<.001
Bacterias Heterótrofas	0.552	6	<.001

Nota: La tabla 11 nos muestra la prueba de normalidad por Shapiro-Wilk que se realizó a partir de los resultados de laboratorio.

La Tabla 11 exhibe los resultados obtenidos de la prueba de normalidad, la cual fue aplicada a los distintos parámetros analizados mediante el test de Shapiro-Wilk, método apropiado para conjuntos de datos con menos de 50 observaciones. Se evidencia que los valores de significancia (Sig.) para Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, Escherichia coli y Bacterias Heterótrofas no son superiores a 0.05, lo que indica que los datos no presentan una distribución normal. Esta condición permitió la aplicación adecuada de análisis estadísticos no paramétricos, específicamente Kruskal-Wallis, para comparar las diferencias entre grupos.

4.2. CONTRASTACION DE HIPOTESIS

Para llevar a cabo la contrastación de hipótesis, se tomó como base tanto la hipótesis general como las hipótesis específicas del estudio.

4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha: Será eficaz el coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025.

H0: No será eficaz el coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025.

Prueba no paramétrica: Prueba Kruskal-Wallis para parámetros físico/químicos.

Tabla 12

Parámetros físicos/químicos, Prueba de Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis			
	X ²	GL	SIG
Cantidad	12.6	3	0.006

Nota: La tabla 12 muestra los resultados obtenidos por la prueba de Kruskal-Wallis.

La tabla 12, es el análisis de Kruskal-Wallis con el objetivo de evaluar si existían diferencias significativas en los parámetros físico/químicos del agua entre las condiciones experimentales: antes (Pre) y después (Post) del tratamiento aplicado. Este enfoque permitió comparar los efectos del tratamiento considerando un único factor independiente de niveles (Pre y Post).

Los resultados obtenidos mostraron valores del estadístico elevados en todos los parámetros analizados, acompañados de valores SIG (significancia) inferiores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Específicamente, los valores SIG (significancia) obtenidos fueron 0.006, lo cual evidencia la altamente significativa entre las medias de los grupos.

Estos resultados permiten rechazar la hipótesis nula (H_0), y en su lugar, se acepta la hipótesis alternativa (H_a), la cual respalda la efectividad del tratamiento aplicado en la mejora de la calidad del agua, ya que se observaron reducciones consistentes para los valores medidos de los parámetros luego de la intervención. al menos una de las medias difiere. Por tanto, se concluye que el tratamiento tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre cada uno de los parámetros evaluados: pH, conductividad, turbiedad, color y sólidos totales disueltos (STD).

Prueba no paramétrica: Prueba de Kruskal-Wallis para parámetros microbiológicos.

Tabla 13

Parámetros microbiológicos, prueba de Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis			
	X²	GL	SIG
Cantidad	45.8	3	<.001

Nota: La tabla 13 muestra los resultados obtenidos por la prueba de Kruskal-Wallis.

La prueba estadística aplicada evidenció una diferencia contundente entre los valores registrados antes y después del tratamiento donde el valor de significancia (Sig.) obtenido es pequeño (<.001), indicando que la probabilidad de que esta diferencia se haya producido por coincidencia es prácticamente nula.

Esto significa que el tratamiento aplicado tuvo un efecto real y significativo, logrando reducir los niveles de microorganismos a valores prácticamente inexistentes y en este contexto, al ser el valor de Sig. Inferior al valor estadístico aceptado como significativo (≤ 0.05), no se acepta la hipótesis nula (H_0), que proponía la no existencia de diferencias entre los grupos Pre y Post tratamiento. Por tanto, Se acepta la hipótesis alternativa (H_a), la cual plantea que el tratamiento produce un cambio significativo en la calidad del agua. Esta conclusión se fundamenta en los resultados posteriores al tratamiento, que mostraron valores consistentemente menores que los iniciales, evidenciando una disminución notable y sostenida de los contaminantes. Por lo tanto, se corrobora la efectividad del coagulante utilizado en la eliminación de microorganismos presentes en las muestras analizadas.

INTERPRETACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL:

Con base en los resultados obtenidos, así como en el análisis de la tabla 12 y 13 con su respectiva descripción, se concluye que la hipótesis alternativa (H_a) puede considerarse confirmada. Donde

afirmamos que será eficaz el coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025. En este sentido, se observa que el coagulante Quitosano presenta un desempeño óptimo como agente coagulante en el tratamiento del agua del río Huallaga se analizaron parámetros físico-químicos, tales como el pH, conductividad, color, turbidez y sólidos totales disueltos, así como parámetros microbiológicos, incluyendo coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas. Esta afirmación se respalda en los datos presentados en las Tablas 12 y 13, que muestran los valores medidos antes y después del tratamiento.

4.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA

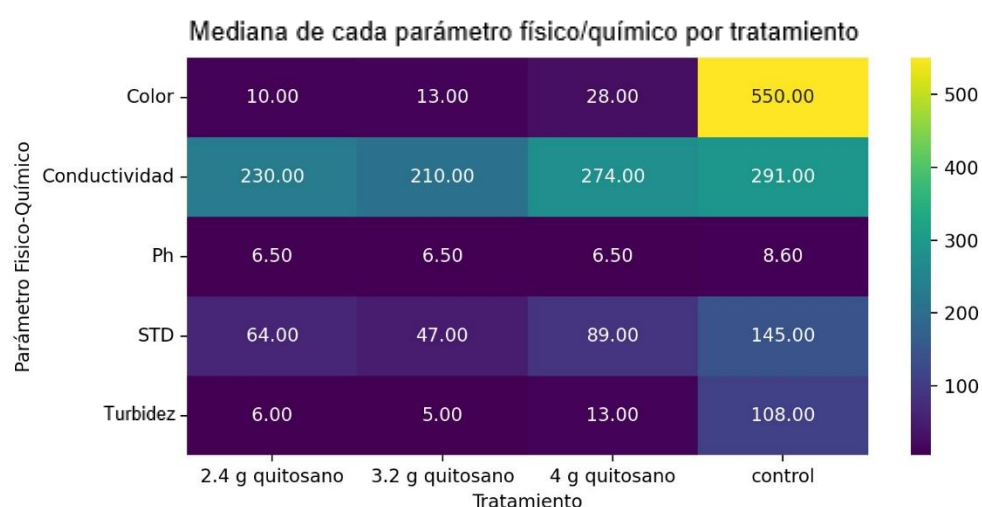
EN REVISIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS FORMULADA:

Ha: La aplicación del coagulante natural Quitosano será eficaz en la mejora de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos del Río Huallaga.

H0: La aplicación del coagulante natural Quitosano no será eficaz en la mejora de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos del Río Huallaga.

Figura 14

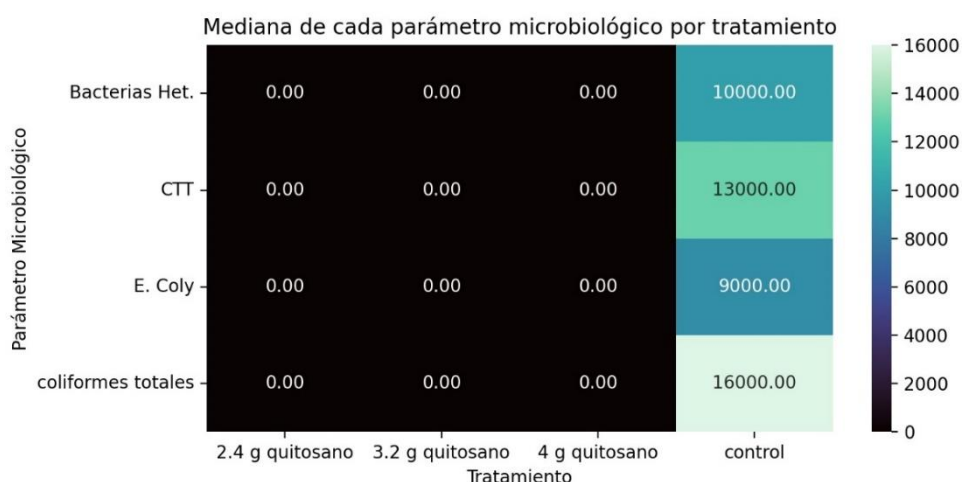
Mediana de cada parámetro físico/químico por tratamiento



Nota. La figura 14 muestra la mediana de cada parámetro físico/químico por tratamiento.

Figura 15

Mediana de cada parámetro microbiológico por tratamiento



Nota. La figura 15 muestra la mediana de cada parámetro microbiológico por tratamiento.

INTERPRETACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECIFICA:

El tratamiento con una dosis de 3.2 g/L logró reducir los contaminantes significativamente donde para los parámetros físico/químicos el pH disminuyó en 18.60 %, la conductividad en 27.15 %, el color en 97.64 %, la turbidez en 95.37 % y los sólidos totales disueltos (STD) en 67.59 % y para el parámetro microbiológico se logró que los coliformes totales disminuyeron en 100 %, pasando de 16000 a 0 UFC/ 100 mL, los coliformes termotolerantes también se redujeron en 100 %, de 13000 a 0 UFC/ 100 mL, la Escherichia coli fue eliminada completamente con una disminución del 100 % (de 9000 a 0 UFC/ 100 mL), de igual forma, las bacterias heterótrofas mostraron una reducción del 100 %, al pasar de 10000 a 0 UFC/ 100 mL tras el tratamiento.

Considerando los hallados y de acuerdo a las tablas 6,7,8,10, 11, 12, 13 y figuras 12, 13, 14 y 15 se concluye que la hipótesis alternativa (Ha) puede considerarse confirmada. En este sentido, se observa que la aplicación del coagulante natural Quitosano será eficaz en la mejora de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos del Río Huallaga.

EN REVISIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS FORMULADA:

Ha: La aplicación de diferentes dosis de coagulante natural Quitosano es eficaz en la mejora de aguas superficiales.

H0: La aplicación de diferentes dosis de coagulante natural Quitosano no es eficaz en la mejora de aguas superficiales.

INTERPRETACIÓN PARA DETERMINACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECIFICA:

Sosteniendo que la aplicación de diferentes dosis de coagulante natural (Quitosano) es eficaz en la mejora de aguas superficiales. Las tres concentraciones evaluadas (2.4 g/L, 3.2 g/L y 4 g/L) lograron disminuir significativamente las condiciones físico/químicas y presencia de microorganismos en las muestras, destacando especialmente la dosis de 3.2 g/L, que mostró mayor eficacia en la reducción del parámetro físico/químico (pH, turbidez, color, sólidos disueltos) y reducción del 100 % de contaminación del parámetro microbiológico (Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, Escherichia coli y bacterias heterótrofas).

Teniendo en cuenta los resultados hallados y de acuerdo a las tablas 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13 y figuras 12, 13, 14 y 15 se concluye que la hipótesis alternativa (Ha) puede considerarse confirmada. En este sentido, se observa que la aplicación de diferentes dosis de coagulante natural Quitosano es eficaz en la mejora de aguas superficiales destacando especialmente la dosis de 3.2 g/L, que mostró mayor eficacia en la reducción del parámetro físico/químico y microbiológico.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, se puede inducir que el tratamiento del agua del río Huallaga mediante el uso del coagulante Quitosano es eficaz para tratarlo, donde los parámetros contaminante tanto físicos/químicos y microbiológicos fueron disminuidos significativamente mediante el tratamiento con 3 distintas dosis de coagulante Quitosano,

4.3. REDUCCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO/QUÍMICOS DEL AGUA SUPERFICIAL DEL RIO HUALLAGA DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL COAGULANTE QUITOSANO

Se resalta que para el estudio se tuvieron 3 dosis distintas de coagulante Quitosano (2.4 g/L, 3.2 g/L y 4 g/L), Duración del mezclado de 20 min. a una revolución de 1000 RPM con un tiempo de reposo de 20 min, donde la dosis de Quitosano más eficaz fue el 3.2 g/L según los resultados.

CONFORME A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS EN EL ESTUDIO:

Los hallazgos obtenidos en esta investigación confirman que el Quitosano, aplicado en una dosis de 3.2 g/L, fue altamente efectivo en el tratamiento del agua del río Huallaga, tanto en los parámetros físico-químicos como microbiológicos.

Parámetros físicos/químicos: Al comparar estos resultados con estudios previos, se puede afirmar que el desempeño del Quitosano es competitivo y, en muchos casos, superior al de otros coagulantes naturales evaluados en contextos similares. **pH:** El pH inicial de 8.6 fue ajustado a un valor cercano a la neutralidad (7.0) tras el tratamiento, equivalente a una reducción del 18.6 %. Este comportamiento es similar al registrado por Huamán (2022), quien estabilizó el pH alrededor de 6.5 en aguas industriales tratadas con quitosano. En contraste, otros estudios con coagulantes vegetales no reportan cambios significativos en el pH, por lo que el efecto estabilizador del quitosano es un aporte relevante en el tratamiento del agua. **Conductividad:** Se observó una reducción del 27.15 % en la conductividad,

que indica una disminución en la concentración de sales disueltas en el agua. Este parámetro ha sido poco evaluado en estudios previos sobre quitosano, por lo que este hallazgo aporta una nueva perspectiva sobre el alcance del tratamiento con este biopolímero, sugiriendo además un posible efecto en la mejora de la calidad mineral del agua tratada. **Color:** La reducción del color alcanzó un 97.64 %, valor superior al 90 % de eliminación logrado por Pérez (2020) en el tratamiento de efluentes textiles con quitosano comercial. Este resultado demuestra la capacidad del quitosano para eliminar efectivamente sustancias colorantes tanto en aguas superficiales como en aguas industriales. **Turbidez:** Se logró una disminución de la turbidez del 95.37 %, lo cual es ligeramente inferior a la reducción del 97 % reportada por Duran (2021) con la mezcla de penca de tuna y semilla de moringa. Sin embargo, esta reducción supera ampliamente el 76.3 % que Cruz (2021) obtuvo usando quitosano extraído de escamas de pescado. Por otro lado, investigaciones con almidones como los de yuca (Castillo, 2022) y papa (Villanueva, 2023) no reportaron porcentajes significativos o no lograron reducciones comparables, lo que resalta la alta eficacia del quitosano en la remoción de turbidez. **Sólidos Totales Disueltos (STD):** El descenso del 67.59 % en sólidos totales disueltos es un resultado notable, especialmente al compararlo con Huamán (2022), quien menciona una reducción efectiva de sólidos en suspensión, aunque sin datos cuantitativos exactos. Villanueva (2023), en cambio, no observó mejoras significativas al usar almidón de papa, lo que evidencia el mejor desempeño del quitosano en la remoción de sólidos.

Parámetros microbiológicos: La eliminación total (100 %) de concentración en coliformes totales, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* y bacterias heterótrofas representa un resultado sobresaliente. Mientras la mayoría de los antecedentes revisados se han centrado en parámetros físico-químicos, este estudio evidencia que el quitosano no solo actúa como agente coagulante sino también como un agente con potencial antimicrobiano. Esto concuerda con diversas investigaciones que señalan la capacidad del quitosano para inhibir el crecimiento microbiano debido a su naturaleza polimérica y carga positiva, que interactúa con las paredes celulares bacterianas, generando efectos desinfectantes sin necesidad de compuestos

químicos adicionales. Aunque no se encontró en los antecedentes una remoción completa de microorganismos con quitosano en aguas superficiales, los resultados aquí presentados subrayan su potencial como alternativa natural para el control microbiológico.

En conjunto, los datos demuestran que el Quitosano aplicado en dosis de 3.2 g/L es altamente eficiente para reducir contaminantes físicos/químicos y microbiológicos en aguas superficiales del río Huallaga. Su desempeño supera al de otros coagulantes naturales como almidón, moringa y tuna en aspectos clave como turbidez, color y sólidos, y destaca adicionalmente por su capacidad para eliminar completamente microorganismos indicadores de contaminación fecal. Este estudio aporta evidencia valiosa que respalda el uso del Quitosano como una alternativa integral, sostenible y segura para el tratamiento de agua en contextos rurales y urbanos.

CONCLUSIONES

CON RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL:

En función de los resultados, se aprecia que la aplicación de Quitosano como coagulante natural resulta altamente efectiva en la mejora de la calidad del agua superficial del río Huallaga. Esto se fundamenta en los siguientes hallazgos:

- a) La dosis óptima de 3.2 g/L logró reducciones superiores al 90 % en varios parámetros, incluyendo color (97.64 %) y turbidez (95.37 %), reflejando una eficiente remoción de materia en suspensión y compuestos orgánicos.
- b) Se observó una reducción total (100 %) de los indicadores microbiológicos, tales como coliformes totales, coliformes termotolerantes, *E. coli* y bacterias heterótrofas, lo cual evidencia la capacidad antimicrobiana del quitosano como agente coagulante.
- c) Estas mejoras permiten afirmar que el tratamiento aplicado contribuye al cumplimiento de los ECA de aguas superficiales establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM y los LMP del Decreto Supremo N.° 031-2010-SA, 2010, fortaleciendo su aplicabilidad en zonas donde se requiere tratamiento de agua.

EN RELACIÓN CON EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO:

Se verificó que el agua del río Huallaga presentaba inicialmente valores elevados en todos los parámetros evaluados. Luego del tratamiento con Quitosano, los resultados fueron:

- a) **pH:** disminuyó de 8.6 a 7.0 (18.60 %).
- b) **Conductividad eléctrica:** bajó de 291 a 210 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (27.15 %).
- c) **Color:** descendió de 550 a 13 UPC (97.64 %).
- d) **Turbidez:** se redujo de 108 a 5 NTU (95.37 %).
- e) **Sólidos Totales Disueltos:** Pasaron de 145 a 47 mg/L (67.59 %).
- f) **Microbiológico:** Los niveles de coliformes totales y coliformes termotolerantes, *E. coli* y bacterias heterótrofas que inicialmente eran muy altos (hasta 16000 UFC/ 100 mL), fueron eliminados

completamente, situándose en 0 UFC/ 100 mL en todos los casos que exige ausencia de estos microorganismos.

CON RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO:

Se determinó que la dosis de 3.2 g/L de quitosano fue la más eficiente, al presentar el mejor desempeño tanto en parámetros físico/químicos como microbiológicos, en comparación con las dosis de 2.4 g/L y 4 g/L. Esta dosis no solo garantizó la mejora integral de la calidad del agua, sino que también evitó el uso excesivo de coagulante, optimizando los recursos del tratamiento y reduciendo potenciales efectos secundarios como la sobredosificación.

RECOMENDACIONES

En trabajos futuros, se sugiere tomar en consideración la dosis usada, las revoluciones por minuto, tiempo de agitación y el tiempo de reposo de la muestra siendo que este influye en el resultado que se desea obtener, en vista de que las investigaciones consultadas no se contemplan las mismas condiciones a las utilizadas en mi investigación.

Es aconsejable impulsar futuras investigaciones orientadas a identificar opciones basadas en coagulantes de origen natural, ya sean vegetales o animales, que no representen riesgos para la salud ni el entorno. Estos coagulantes, al emplearse en proporciones adecuadas, permitirían mejorar la calidad del agua sin modificar sus características, facilitando así su reutilización.

Se recomienda establecer convenios o alianzas permanentes con laboratorios externos especializados para asegurar el acceso oportuno a los equipos necesarios para el análisis de muestras de agua, lo que permitirá mantener la calidad y continuidad de los estudios sin necesidad de contar con infraestructura ni equipos propios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROSATP. (2019). *Ficha técnica de oligosacárido chitosán COS al 90 % de solubilidad (quitosano)* [Ficha técnica]. AGROSATP.
- Aguilar, A.E., & Cruz, K.M. (2023). *Reducción de la turbidez del agua mediante la aplicación del coagulante natural de Aloe vera L. (sábila) de la cuenca baja del río Rímac, Chosica, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/35071>
- Aranaz, I. (2009). *Caracterización funcional de quitina y quitosano. Biología Química Actual*.
https://www.researchgate.net/publication/277302110_PROPIEDADES_OBTENCION_CARACTERIZACION_Y_APLICACIONES_DEL_QUITOSANO
- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*.
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/209>
- Barka, E. (2004). *El quitosano mejora el desarrollo y protege a Vitis vinifera L. frente a Botrytis cinerea*. Informes de células vegetales. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14595516/>
- Benhamou, N. (1992). *Ultrastructural and cytochemical aspects of chitosan on Fusarium oxysporum f. sp. radicis-lycopersici, agent of tomato crown and root rot* (p.1185). *Phytopathology*, 82(10), 1185–1193.
https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1992Articles/phyto82n10_1185.pdf
- Bolto, B., & Gregory, J. (2007). *Organic polyelectrolytes in water treatment*. *Water Research*, 41(11), 2301–2324.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.012>
- Bravo Gallardo, M.A. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos,*

- colorantes y metales pesados en aguas residuales* [Trabajo de grado, Licenciatura en Química, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/5609>
- Bravo Gallardo, M. A. (2017). *Tratamiento de aguas residuales agroindustriales de alta concentración utilizando goma natural de semillas de Cassia obtusifolia: Eficiencias de tratamiento y caracterización de flóculos*. [Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5609/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pdf?sequence=1>
- Castillo Díaz, K. N. (2022). *Almidón de yuca para la remoción de la turbidez en aguas de la quebrada Yuncash – distrito de Jivia – Lauricocha – Huánuco* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional, Universidad César Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97869>
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico - CEPLAN. (2025). *Mejoramiento en el tratamiento de aguas residuales (Ficha O6_HUAN)*. Observatorio Nacional de Prospectiva. https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/o6_huan
- Cerna Cueva, A. F., Aguirre Escalante, C., Wong Figueroa, B. L., Tello Cornejo, J. L., & Pinchi Ramírez, W. (2022). Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 13(3), 239–248. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.022>
- Cruz Jiménez, K. I. (2021). *Obtención de quitosano por medio de escamas de pescado para tratamiento de agua potable* [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa]. Repositorio Institucional Universidad de la Costa. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/8957>
- Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria – DIGESA. (2006). *Protocolo de monitoreo de la calidad del agua*

potable [Informe técnico]. Ministerio de Salud del Perú.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw_camisea/2006/informe_protocolo_monitoreo.pdf

Dirección Regional de Salud Ambiental – DIRESA & Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental – OEFA. (2013). *Informe final del muestreo de efluente y cuerpo receptor en el marco de la supervisión ambiental regular a la empresa Electro Oriente S.A. – Centrales Hidroeléctricas Gera 1 y Gera 11* [Informe técnico]. OEFA.
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/1206>

Divakaran, R., & Pillai, V. N. S. (2002). Floculación de limos de río usando quitosano. *Water Research*, 36(9), 2414–2418.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135401004365>

Dorea, C. C. (2006). Utilización de coagulantes naturales de origen vegetal como alternativas futuras para la clarificación sostenible del agua. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 24(1), 123–132.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.ingede.2006.1.a03>

Durán Castro, D. E. (2021). *Efecto de penca de tuna (Opuntia ficus-indica) con semilla de moringa (Moringa oleifera) como coagulante natural para disminuir la turbidez del agua en el reservorio de la JASS del centro poblado de Vichaycoto, Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH.
<https://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2949>

Espinosa-Cavazos, K.G., Sáenz-Galindo, A., & Castañeda-Facio, A.O. (2020). *Películas de quitosano: propiedades y aplicaciones* [Artículo científico]. *Afinidad. Journal of Chemical Engineering Theoretical and Applied Chemistry*, 77(591), México (Saltillo, Coahuila: Universidad Autónoma de Coahuila). Recuperado de

<https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/download/377418/470720/>

Fernandez Quiroz, M.Y., & Loayza Padilla, R.E. (2024). *Aplicación del quitosano como biocoagulante para la remoción de hidrocarburos en aguas sintéticas a nivel de laboratorio, Callao, 2024* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales]. Repositorio Institucional UNAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/9815>

García de la Fuente, C. (2013, 7 de noviembre). *Parámetros fisicoquímicos del agua* [Artículo técnico]. Albeitar (2013). Recuperado de https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf

García, J. (2007). *Coagulantes naturales para el tratamiento de aguas* [Artículo científico]. Revista de Ingeniería Ambiental, 15(2), 45–53. Recuperado de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4455/445558422008/445558422008.pdf>

Guadarrama Tejas, R., Kido Miranda, J., Roldán Antúnez, G., & Salas Salgado, M. (2016). Contaminación del agua [Artículo científico]. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, 2(5), 1–10. Recuperado de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf

Guananga Pujos, A.C. (2013). Optimización de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Cevallos [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Riobamba, Ecuador. Recuperado de <https://bit.ly/3s1wwGs>

Guananga Pujos, A.C. (2014). *Optimización de la planta de tratamiento de agua potable del cantón Cevallos* [Tesis de grado, Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional ESPOCH. Recuperado de <https://bit.ly/3s1wwGs>

Hala, A. A., & Jaeel, A. J. (2019). *El quitosano como coagulante ampliamente utilizado para reducir la turbidez y el color de aguas residuales textiles modelo que contienen un colorante aniónico (Azul Ácido)*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 584, 012036. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/584/1/012036>

iAgua. (2020). *¿Qué es el agua?*. Recuperado de <https://www.iagua.es/respuestas/que-esagua#:~:text=El%20agua%20es%20una%20sustancia,f%C3%B3rmula%20qu%C3%ADmica%20H2%E2%80%8BO>

Lárez, G. (2006). *Aprovechamiento del caparazón de crustáceos para la obtención de quitina y quitosano* [Tesis de licenciatura, Universidad de Oriente]. Repositorio Institucional de la Universidad de Oriente. Recuperado de [file:///C:/Users/usuario/Downloads/Quitina_y_quitosano_materiales_del_pasado_para_el_%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/Quitina_y_quitosano_materiales_del_pasado_para_el_%20(2).pdf)

Li, Y. (2007). Caracterización fisicoquímica y propiedad antibacteriana de los acetatos de quitosano. *Polímeros de carbohidratos*. Recuperado de <https://bit.ly/3HVhtDz>

Lozano-Rivas, W. A., & Lozano Bravo, G. (2015). *Potabilización del agua: principios de diseño, control de procesos y laboratorio*. Universidad Piloto de Colombia. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/298353902_Potabilizacion_del_Agua_principios_de_diseno_control_de_procesos_y_laboratorio

Maćczak, P., Kaczmarek, H., y Ziegler-Borowska, M. (2020). *Logros recientes en floculantes de base biológica de polímeros para el tratamiento del agua*. *Materials*, 13(18), 3951. <https://doi.org/10.3390/ma13183951>

- Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM) y Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Reglamento de estándares de calidad ambiental para aguas*. Diario Oficial El Peruano. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM: Reglamento de la calidad ambiental del agua*. Diario Oficial El Peruano. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Molina Zerpa, J. A., Colina Rincón, M., Rincón, D., & Vargas Colina, J. A. (2017). *Efecto del uso de quitosano en el mejoramiento del cultivo del arroz (Oryza sativa L. variedad SD20A)*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 151–165. Publicada por la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA), Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/32202>
- Mudgil, D., Barak, S., y Khatkar, B. S. (2014). *Goma guar: procesamiento, propiedades y aplicaciones alimentarias – Una revisión*. *Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 409–418. Publicada por el Departamento de Tecnología de los Alimentos, Universidad de Ciencia y Tecnología Guru Jambheshwar, Hisar, India. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x>
- Najarro Soto, R. (2021). *Proceso de adsorción natural con quitosano para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de curtiembre del segundo tramo del río Huaycoloro, Lima – 2021* [Tesis de pregrado]. Universidad César Vallejo. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/74514>

- OEFA. (2013). *Fiscalización ambiental en aguas residuales* [Informe técnico]. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).
<https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/287>
- Oller, I., Malato, S., & Sánchez Pérez, J. A. (2011). *Combinación de procesos de oxidación avanzada y tratamientos biológicos para la descontaminación de aguas residuales: una revisión*. Science of the Total Environment, 409(20), 4141–4166. Publicada por la Plataforma Solar de Almería (CIEMAT), España.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.080>
- Pérez Calderón, J. F. (2020). *Tratamiento de efluentes líquidos industriales utilizando quitosano* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/101532>
- Perú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano* [Informe técnico]. Gobierno del Perú.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>
- Príncipe Campos, Y. A., Acosta Rodríguez, A. V., Saldaña Alva, S. E., & Zurita Ocaña, A. P. (2018). *Efecto del tiempo de agitación y dosis entre coagulantes de exoesqueleto de camarón y chatarra de hierro en la remoción de turbiedad del Río Santa* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34972>
- Priya, T., Mishra, B., y Prasad, M. (2020). *Técnicas físico-químicas para la eliminación de precursores de subproductos de desinfección del agua*. En M. N. V. Prasad (Ed.), Subproductos de desinfección en agua potable: Ocurrencia, toxicidad y

eliminación (pp. 23–58). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102977-0.00002-0>

Renault, F., Sancey, B., Badot, P.-M., & Crini, G. (2009). *Chitosan for coagulation/flocculation processes—An eco-friendly approach*. *European Polymer Journal*, 45(5), 1337–1348. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2008.12.027>

Rinaudo, M. (2006). Quitina y quitosano: Propiedades y aplicaciones. *Progress in Polymer Science*, 31(7), 603–632. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>

Rodríguez Jiménez, D.M., Rodríguez Díaz, J.J., & Burbano Erazo, E. (2022). *Quitosano aplicado en el tratamiento del agua residual de la producción de aceite de palma*. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 1–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43768481008>

Romero-Serrano, A., & Pereira, J. (2015). Estado del arte: Quitosano, un biomaterial versátil. *Estado del Arte*, 10(2), 1–10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70764230002>

Ruiz Huamán, C. M. (2020). *Biopolímero quitosano en la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado para obtener un incipiente alimenticio* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/4413>

Shah, A., Arjunan, A., Baroutaji, A., & Zakharova, J. (2023). Revisión sobre contaminantes físico-químicos y biológicos en el agua potable y sus impactos en la salud humana. *Ciencia e Ingeniería del Agua*, 16(4), 333–344. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.04.003>

Supo, J., Y Zacarías, H. (2020) en su libro, *Metodología de la investigación científica*, 3° edición, editorial bioestadística, REDU, Arequipa, Perú.

- Tafur Bardales, E. H. (2017). *Evaluación del cloruro férrico y sulfato de aluminio como coagulantes en el proceso de potabilización, en términos de turbidez y potencial de hidrógeno, de las aguas de la quebrada Rumiyacu, distrito de Moyobamba* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Institucional UNSM. <http://hdl.handle.net/11458/3044>
- Taiwo, S. O., Alagbe, E. E., Abinusawa, A. P., John, A. N., & Bolade, O. P. (2021). Moringa oleifera como coagulante natural en el tratamiento de agua y producción de jabón antifúngico. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 655(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/655/1/012007>
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4.^a ed.). McGraw-Hill. Recuperado de <https://archive.org/details/wastewaterengine0000unse>
- Villanueva Valderrama, J. F. (2024). *Efectividad de la coagulación del almidón de papa para reducción de sólidos suspendidos totales de aguas subterráneas en Huánuco, 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5378>
- Zaki, N., Hadoudi, N., Charki, A., Bensitel, N., El Ouarghib, H., Amhamdi, H., & Ahari, M. (2023). *Avances en el tratamiento químico de agua potable y aguas residuales industriales mediante el proceso de coagulación-floculación*. *Separation Science and Technology*, 58(15–16), 2619–2630. <https://doi.org/10.1080/01496395.2023.2219381>
- Zhu, Y. (2023). *Aplicación de materiales a base de quitosano en el tratamiento de aguas residuales*. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 69, 489–494. <https://www.researchgate.net/publication/376861489>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Cueva Nazario, J. (2025). *Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del rio Huallaga – Huánuco, 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Investigación: Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025

Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Indicadores	Variables e Indicadores	Metodología
¿Cuál es la eficacia del coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025?	Determinar la eficacia del Quitosano como coagulante en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025	Ha: Será eficaz el coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025. H0: No será eficaz el coagulante Quitosano en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025.	Característica del Coagulante Característica Físicas/Química Características microbiológicas	-Variable Independiente Quitosano -Variable Dependiente Calidad del agua (Río Huallaga) -Parámetro Físicos/Químicos pH, conductividad, color, turbidez y Solidos Totales Disueltos -Parámetros Microbiológicos Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, Escherichia coli y Bacterias heterotróficas	Tipo: Prospectivo, analítico, con intervención y longitudinal. Enfoque: Es cuantitativo, ya que se usa la estadística. Nivel: Aplicativo Diseño: Es del tipo Experimental. Población: Está formada por agua superficial (Río Huallaga). Muestra: Está conformada por 10 litros de agua del río Huallaga. Procesamiento de datos:
Problema Especifico ¿Cuáles son las concentraciones de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos del Río Huallaga antes y después de la aplicación del coagulante natural Quitosano ¿Cuál es la dosis óptima de coagulante natural Quitosano en la mejora de la calidad del agua superficial del Río Huallaga?	Objetivo Específico Describir los valores de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos que tiene el agua del río Huallaga antes y después de usar el coagulante natural Quitosano. Establecer la dosis óptima de coagulante natural Quitosano en un litro de agua, para un correcto tratamiento.	Hipótesis específicas Ha: La aplicación del coagulante natural Quitosano será eficaz en la mejora de los parámetros físicos/químicos y microbiológicos del río Huallaga. H0: La aplicación del coagulante natural Quitosano no será eficaz en la mejora de los parámetros físicos/químicos y			

microbiológicos del río Huallaga.

Ha: La aplicación de diferentes dosis de coagulante natural Quitosano es eficaz en la mejora de aguas superficiales.

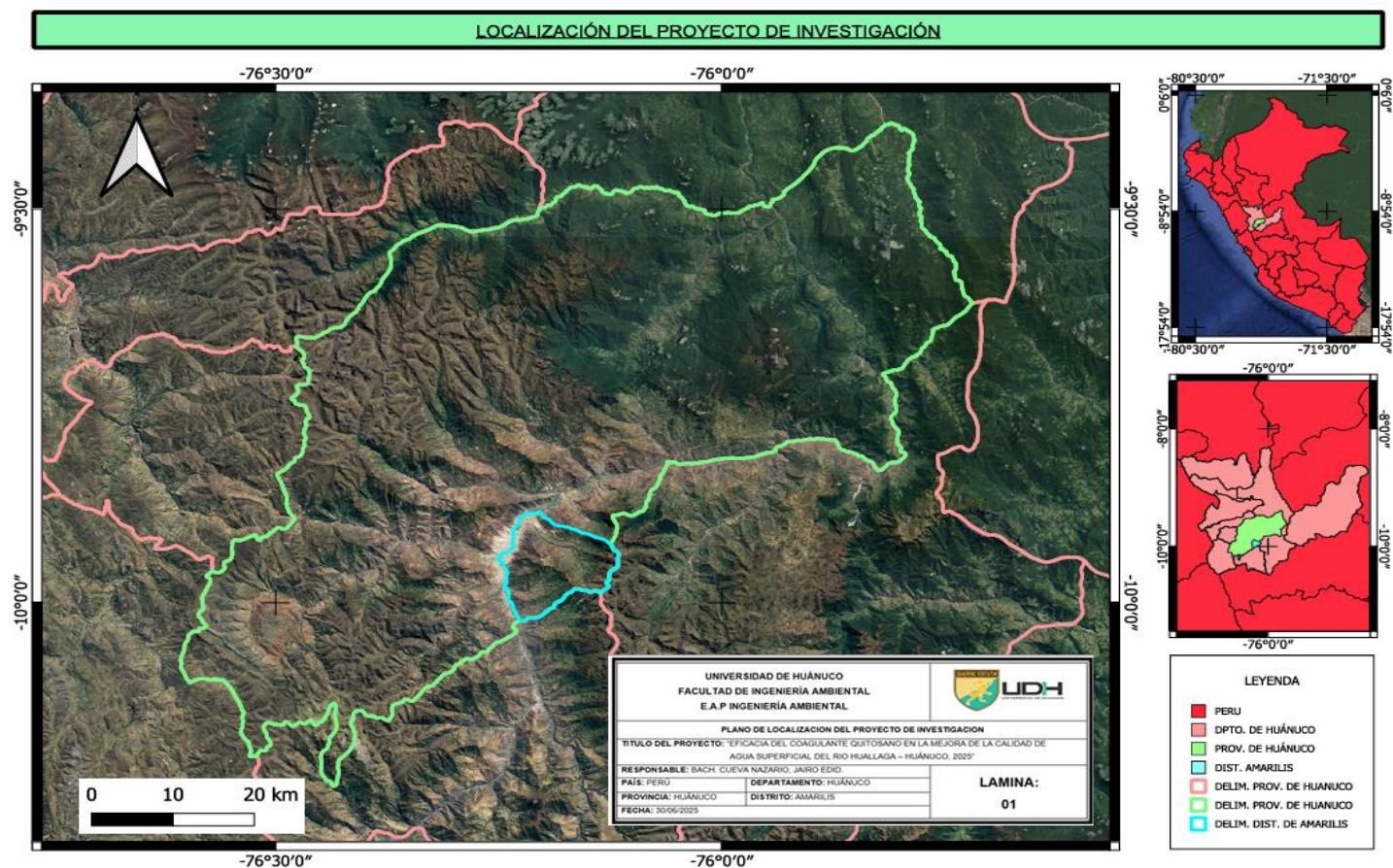
H0: La aplicación de diferentes dosis de coagulante natural Quitosano no es eficaz en la mejora de aguas superficiales.

Los datos se analizaron a través de Shapiro-Wilk y Kruskal-Wallis.

Nota. El anexo 1 muestra la matriz de consistencia de la investigación.

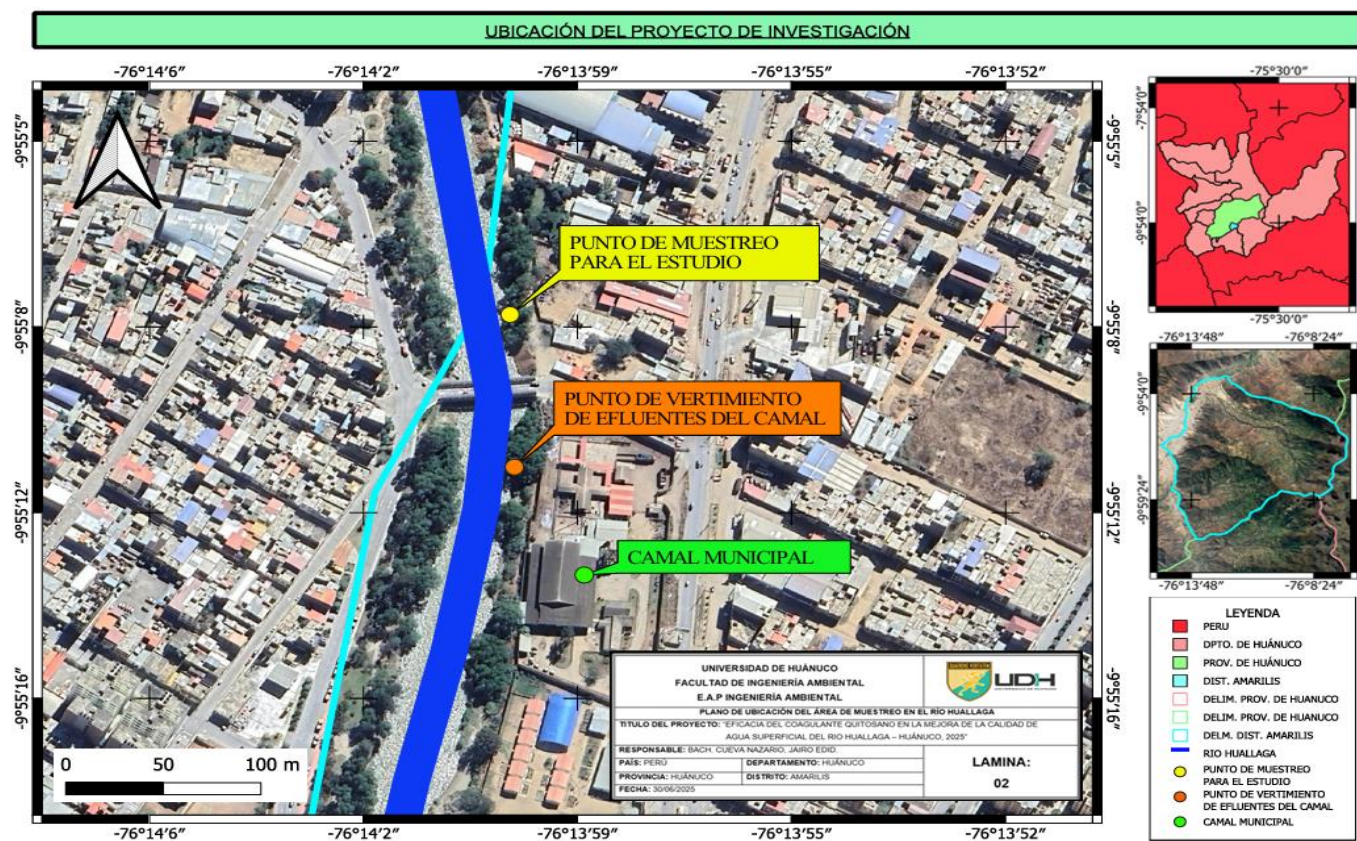
ANEXO 2

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



ANEXO 3

PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE MUESTREO EN EL RÍO HUALLAGA



ANEXO 4

ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 5

ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 6

ANÁLISIS DE CAMPO

Proyecto de investigación: "Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025"														
Autor: Bach. Jairo Edid, Cueva Nazario,														
Lugar de investigación: Laboratorio de biología de la Universidad De Huánuco (UDH), Huánuco.														
Fecha y hora: (21/04/2025) (8:15 am)														
Código y N° de muestra	Volumen de muestra	Dosis			Pesado de coagulante		Cumple con (1000 RPM)		Cumplió tiempo de mezcla (20 min)		Cumplido Tiempo de reposo la muestra (20 min)		Parámetros analizados	
		2.4g/L	3.2g/L	4g/L	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	pH	Conductividad
M1	1000 ml	X			X		X		X		X		X	X
M2	1000 ml	X			X		X		X		X		X	X
M3	1000 ml	X			X		X		X		X		X	X
M4	1000 ml		X		X		X		X		X		X	X
M5	1000 ml		X		X		X		X		X		X	X
M6	1000 ml		X		X		X		X		X		X	X
M7	1000 ml			X	X		X		X		X		X	X
M8	1000 ml			X	X		X		X		X		X	X
M9	1000 ml			X	X		X		X		X		X	X
M10 (Pre)	1000 ml	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	X	X
Observaciones: Las muestras se conservaron en condiciones de temperatura (4°C) antes y después del análisis en un cooler con bloques de hielo.														

ANEXO 8

RESULTADOS DE LABORATORIO



DIRECCIÓN REGIONAL
DE SALUD

LABORATORIO REGIONAL
DE SALUD PÚBLICA



REG-077-2025-LMAA-LRRSHCO



LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS

NOMBRE DEL PROYECTO: "EFICACIA DEL COAGULANTE QUITOSANO EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL DEL RIO HUALLAGA – HUÁNUCO, 2025".

SOLICITANTE: JAIRO EDID CUEVA NAZARIO.

DNI: 73828415

CÓDIGO UNIVERSITARIO: 2017111562

FECHA DE MUESTREO: 21- 04-2025 **HORA:** 06:10 am **FECHA DE ANÁLISIS:** 21-04-2025 **HORA:** 15:30 pm.

MUESTRA TOMADA: INTERESADO **CANTIDAD DE MUESTRA:** frascos de plástico x 1000 ml.

MUESTRA ADITADA: SI () NO (X) **PRODUCTO:** Agua superficial **PUNTO DE MUESTREO:** RIO HUALLAGA – ALTURA DEL CAMAL MUNICIPAL PARTE BAJA

RESULTADOS DE PARAMETROS FISICO, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS FISICO/QUIMICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP - ECA	RESULTADO RH 01 (Post - 2.4g/L)	RESULTADO RH 02 (Post - 2.4g/L)	RESULTADO RH 03 (Post - 2.4g/L)	RESULTADO RH 04 (Post - 3.2g/L)	RESULTADO RH 05 (Post - 3.2g/L)	RESULTADO RH 06 (Post - 3.2g/L)	RESULTADO RH 07 (Post - 4g/L)	RESULTADO RH 08 (Post - 4g/L)	RESULTADO RH 09 (Post - 4g/L)	RESULTADO RH 10 (Pre.)
pH	6,5 a 8,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	8,6
CONDUCTIVIDAD umho/cm	1500 uS/cm	233	229	230	211	209	210	272	275	274	291
COLOR	15 UCV	10	9	10	14	13	13	30	28	28	550
TURBIDEZ	5 mg/L	7	5	6	5	4	5	13	13	13	108
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	1000 mg/L	65	64	62	48	45	47	92	87	89	145

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

DESCRIPCIÓN	PARAMETROS LMP	RESULTADO RH 01 (Post - 2.4g/L)	RESULTADO RH 02 (Post - 2.4g/L)	RESULTADO RH 03 (Post - 2.4g/L)	RESULTADO RH 04 (Post - 3.2g/L)	RESULTADO RH 05 (Post - 3.2g/L)	RESULTADO RH 06 (Post - 3.2g/L)	RESULTADO RH 07 (Post - 4g/L)	RESULTADO RH 08 (Post - 4g/L)	RESULTADO RH 09 (Post - 4g/L)	RESULTADO RH 10 (Pre.)
COLIFORMES TOTALES	0 UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16X10 ³
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	0 UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13X10 ³
ESCHERICHIA COLI	0 UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9X10 ³
HETEROTROFAS	500 UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10X10 ³

Criterios basados en el D.S N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad de agua para consumo humano

MUESTRA AGOTADA EN LOS ENSAYOS.

Microorganismo	Método de Ensayo
Coliforme Totales	Método Estandarizado de Filtro de Membrana APHA, AWW, WEF. Part. 9222 D. 21 th edition 2005.
Coliforme Fecales	Método Estandarizado de Filtro de Membrana APHA, AWW, WEF. Part. 9222 D. 21 th edition 2005.
Escherichia coli	Método de Filtro de Membrana ISO 9308-1:2014 y la ISO 11133:2014.
Bacteria Heterotroficas	Método de placa fluida APHA AWWA WEF. Part 9215 B. 21th Ed. 2005.

LABORATORIO REGIONAL

HUÁNUCO, 14 de mayo de 2025

Jr. Dámaso Beraún 1017 - Huánuco
Teléfono: (062) 590200
Página web: www.diresahuano.gob.pe

Bla. Mónica María Cárdenas Mtuaya
CBP 4543
Resp. Área de Microbiología de Aguas y Alimentos

Nuestro compromiso es contigo

ANEXO 9

FICHA TÉCNICA AGROSATP



FICHA TÉCNICA

FR. 09/2024

Oligosacárido Chitosan COS

Descripción del producto

El oligosacárido de Quitosano es un producto de bajo peso molecular obtenido por la degradación del Quitosano por el lactato que tiene una solubilidad en agua sobresaliente y una alta actividad biológica, por lo que los cultivos lo pueden absorber y utilizar fácilmente.

Más respetuoso con el medio ambiente, sin residuos. Mayor actividad que el oligosacárido de Quitosano normal.



Especificación

Appearance	Light yellowish powder	Molecular Weight	< 1000
Deacetylated Degree	≥90%	Moisture	≤10%

Características:

- Peso molecular < 1000, alta actividad.
- Excelente solubilidad en agua & excelente fijabilidad.
- Obtenido por degradación de Quitosano por Lactato.

INVERSIONES AGRICOLAS EL AGRÓNOMO SAC
JR. SANTA CARLA 191, URB. PALAO – SAN MARTIN DE PORRES, LIMA
TEL: +51 5341462
e-mail: ventas@agrosatp.com

ANEXO 10

FICHA TÉCNICA AGROSATP



FICHA TÉCNICA

FR. 09/2024

Diseases Attribute	Control Efficiency
Virus	70-80%
fungus	80-85%
fungus,bacteria	80-85%
fungus	75-80%
fungus,virus	75-87%
Virus	90-95%
fungus	70-85%
fungus	25-50%
Virus	70-90%

¿Qué ventajas tiene el ~~Chitosan oligosaccharide~~ (Quitosano)?

1. Incrementa la germinación en semillas.
2. Incrementa la habilidad de resistencia de la planta.
3. Promueve el crecimiento de tallos y hojas.
4. Induce la inmunidad de las plantas para resistir enfermedades.

INVERSIONES AGRICOLAS EL AGRÓNOMO SAC
JR. SANTA CARLA 191, URB. PALAO – SAN MARTIN DE PORRÉS, LIMA
TEL: +51 5341462
e-mail: ventas@agrosatp.com



ANEXO 11

RESOLUCIÓN DE DESIGNACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1474-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 02 de julio de 2024

Visto, el Oficio N° 448-2024-C-PAIA-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 485753-0000002874, del Bach. **Jairo Edid CUEVA NAZARIO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 485753-0000002874, presentado por el (la) Bach. **Jairo Edid CUEVA NAZARIO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Frank Erick Camara Llanos, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27° y 28° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis del Bach. **Jairo Edid CUEVA NAZARIO**, al Mg. Frank Erick Camara Llanos, docente del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
[Firma]
Ing. Ethel Johana Monzón Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Firma]
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIA- Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Internado – Archivo.
BCRE/JML/ana.

ANEXO 12

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1983-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 23 de setiembre de 2025

Visto, el Oficio N° 671-2025-C-PAIA-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, remite el dictamen de los jurados revisores, del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Jairo Edid CUEVA NAZARIO**.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2800-2024-D-FI-UDH, de fecha 18 de diciembre de 2024, se aprobó el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución, de la Bach. **Jairo Edid CUEVA NAZARIO**, y;

Que, según Oficio N° 671-2025-C-PAIA-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Jairo Edid CUEVA NAZARIO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente), Mg. Jhenny Milagros Inga Caqui (Secretario) y Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal), quienes declaran APTO para la Sustentación de su Tesis, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Único. - APROBAR, el Informe Final de Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"Eficacia del coagulante QUITOSANO en la mejora de la calidad de agua superficial del río Huallaga – Huánuco, 2025"**, presentado por el (la) Bach. **Jairo Edid CUEVA NAZARIO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Pac. de Ingeniería - PAIA - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
MCH/EJMS/dgc.

ANEXO 13

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA RECOLECCION DE MUESTRAS DE AGUA DEL RIO HUALLAGA



ANEXO 14

REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL ENSAYO DE COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN (TEST DE JARRAS)







