

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación del quitosano como coagulante natural para
tratar la turbidez de las aguas superficiales de la laguna
Lagunillas, Lampa - Puno, 2024**

Gabriela Coaquira Taco
Mario Isaac Huanca Barrantes
Mary Mar Luque Caceres

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Olivia Anyelina Paz Corrales
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 16 de Mayo de 2025

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

Título:

Evaluación del quitosano como coagulante natural para tratar la turbidez de las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024

Autores:

1. Gabriela Coaquira Taco – EAP. Ingeniería Ambiental
2. Mario Isaac Huanca Barrantes – EAP. Ingeniería Ambiental
3. Mary Mar Luque Caceres – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

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

Atentamente,

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

DEDICATORIA

A mis padres, Leoncio Luque Quispe, madre, Luz Marina Cáceres Calcina y hermanos, expreso mi más sincero agradecimiento por su amor incondicional, sus sabios consejos, y por enseñarme el valor de la capacidad de superar cualquier desafío. Este logro es un homenaje a todo lo que han hecho por mí.

Mary Mar Luque Caceres

A mi padre y hermanos, y muy especialmente a mi madre Julia Barrantes Callata cuyo amor ha sido fundamental durante mi formación académica. Gracias a su apoyo constante ha sido indispensable para alcanzar este logro.

Mario Isaac Huanca Barrantes

A mi padre, Hubert Coaquira Gallegos, por su esfuerzo, sacrificio y apoyo en este largo camino académico, a mi hermana Claudia, por sus consejos y su paciencia, a mi madre Gilberta Taco Sumari en el cielo, quien es mi mayor fortaleza y motivación, cuya sabiduría y amor sigue siendo mi guía en cada paso que dé, en su memoria.

Gabriela Coaquira Taco

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a Dios por el valioso regalo de la vida y el conocimiento que nos ha otorgado, por guiarnos en todo el proceso de nuestra formación académica, y la oportunidad de llevar a cabo esta investigación.

Agradecemos a nuestra asesora, la Doctora Olivia Anyelina Paz Corrales, por su asesoría, dedicación y paciencia. Sus conocimientos, consejos y comprensión han sido fundamental en cada etapa de nuestra investigación.

Agradecemos al Msc, Ingeniero Lalo José Monzón Martines, por sus conocimientos, consejos, han sido fundamental en la etapa de nuestra investigación.

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a la señora Francisca y a los pescadores de camarón de la Provincia de Camaná, quienes amablemente nos proporcionaron los residuos de camarón necesarios para la realización de nuestro estudio.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I:	1
PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del Problema	1
1.1.2. Formulación del problema	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Justificación e Importancia	3
1.3.1. Justificación Ambiental	3
1.3.2. Justificación Social	3
1.3.3. Justificación Práctica	3
1.3.4. Justificación metodológica	4
1.4. Delimitación del Proyecto	4
1.5. Hipótesis y Variable	4
1.5.1. Hipótesis	4
1.5.2. Variables	5
CAPÍTULO II:	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes del problema	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	7
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Calidad de las Aguas superficiales	8

2.2.2.	Calidad del agua en el cultivo de camarones	8
2.2.3.	Turbidez del agua	9
2.2.4.	Turbidez en la actividad acuícola	9
2.2.5.	Coagulación y floculación.....	10
2.2.6.	Descripción de la Laguna Lagunillas.....	11
2.2.7.	La quitina.....	14
2.2.8.	Camarón de río <i>Cryphiops caementarius</i>	17
2.3.	Definición de términos básicos	20
2.3.1.	Calidad de Agua.....	20
2.3.2.	Coagulante natural.....	20
2.3.3.	pH	20
2.3.4.	Turbidez.....	21
CAPITULO III:		22
METODOLOGÍA		22
3.1.	Método, tipo o alcance de la investigación.....	22
3.1.1.	Método de la investigación.....	22
3.1.2.	Tipo de investigación.....	25
3.1.3.	Alcance de la investigación	25
3.1.4.	Enfoque de investigación	25
3.2.	Diseño de la investigación	25
3.3	Técnica e instrumentos de recolección de datos	25
3.3.1.	Técnica de recolección de datos	25
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	25
3.4	Unidad de análisis, población y muestra.....	26
3.4.1.	Unidad de análisis	26
3.4.2.	Población.....	26
3.4.3.	Muestra	26
3.5	Materiales y Método	27
3.5.1.	Materiales	27
3.5.2.	Reactivos	27
CAPITULO IV:.....		28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		28
4.1	Presentación de resultados y análisis de la información.....	28
4.1.1.	Obtención del coagulante natural a partir del exoesqueleto del camarón de río <i>Cryphiops caementarius</i>	28

4.1.2. Determinación de los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes del tratamiento.	36
4.1.3. Identificación de los parámetros óptimos para la remoción de turbidez.....	37
4.1.4. Comparación de los valores de turbidez de las aguas superficiales antes y después del tratamiento con quitosano.	39
4.2 Discusión de resultados.....	42
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	5
Tabla 2 <i>Puntos de muestreo y sus coordenadas</i>	27
Tabla 3 <i>Rendimiento del proceso de obtención de quitosano</i>	34
Tabla 4 <i>Caracterización del quitosano</i>	35
Tabla 5 <i>Resultados finales del análisis</i>	36
Tabla 6 <i>Concentración inicial de la turbidez</i>	36
Tabla 7 <i>Dosis optima del quitosano</i>	37
Tabla 8 <i>Aspectos del proceso de coagulación</i>	38
Tabla 9 <i>Aspectos del proceso de coagulación</i>	39
Tabla 10 <i>Turbidez inicial vs Turbidez final</i>	39
Tabla 11 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la turbidez</i>	41
Tabla 12 <i>Análisis de varianza (ANOVA) para la turbidez</i>	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Proceso de coagulación-floculación.....	10
Figura 2	Presencia biológica de la quitina en la naturaleza.....	14
Figura 3:	Estructura de la quitina	16
Figura 4	Estructura del quitosano	17
Figura 5	Cryphiops caementarius.....	19
Figura 7	Proceso de obtención del quitosano	23
Figura 8	Procedimiento de la investigación.....	24
Figura 9	Ubicación de la Laguna Lagunillas.....	26
Figura 10	Camarones de Camaná-Arequipa.....	28
Figura 11	Lavado de los exoesqueletos.....	29
Figura 12	Peso inicial de 28 kg.....	29
Figura 13	Secado del exoesqueleto de camarón.....	30
Figura 14	Peso final de 6 kg	30
Figura 15	Trituración del exoesqueleto.....	31
Figura 16	Tamizado del exoesqueleto	31
Figura 17	Materiales para la digestión.....	32
Figura 18	Desmineralización del quitosano.....	32
Figura 19	Desproteínización del quitosano.....	33
Figura 20	Desacetilación del quitosano	34
Figura 21	Pérdida de masa en el proceso del quitosano	35
Figura 22	Quitosano obtenido.....	35
Figura 23	Recolección de las muestras de agua	36
Figura 24	Masa utilizada y turbidez final obtenida.....	37
Figura 25	Velocidades utilizadas y turbidez final obtenida	38
Figura 26	Tiempos utilizados y turbidez final obtenida	39
Figura 27	Resultado del turbidímetro.....	40
Figura 28	Turbidez inicial vs turbidez final	40
Figura 29	Rango de aceptación	41

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la eficacia del coagulante natural (quitosano) para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa-Puno, 2024. La producción de la especie *Cryphiops caementarius* en Arequipa, genera residuos, que contaminan el agua. Con un tratamiento adecuado, estos residuos pueden ser aprovechados. Se realizó una investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, un diseño preexperimental, la técnica fue la observación directa, análisis experimental y estadístico para mantener un registro detallado de las condiciones de cada experimento y de los resultados obtenidos. La metodología fue el inductivo; primero se extrajo el exosqueleto del camarón y luego mediante técnicas y procesos, se modificaron sus características fisicoquímicas y se obtuvo el quitosano. Se recolectaron 10 litros de agua superficial en cuatro puntos de muestreo aleatorio en la laguna Lagunillas. Se aplicaron distintas dosis del coagulante quitosano a cuatro vasos de precipitados con 1000 ml de la muestra, buscando reducir la turbidez. Como resultado, se logró una remoción del 76.69%, logrado una turbidez de 2.61 NTU, dentro de los estándares de calidad del agua. La dosis óptima de quitosano fue de 78 mg/L, con una velocidad rápida de 120 RPM, velocidad lenta de 30 RPM, y tiempo de mezcla de 4 minutos rápido y 6 minutos lento.

Palabras clave: quitosano, coagulante natural, agua superficial, tratamiento.

ABSTRACT

The research was carried out to evaluate the effectiveness of a natural coagulant (chitosan) for the removal of turbidity from surface water in the Lagunillas lagoon, Lampa - Puno, 2024. The production of the *Cryphiops caementarius* species in Arequipa is increasing significantly, leading to the generation of waste, which with proper treatment can improve the quality of water bodies. An applied research was carried out with a quantitative approach and a pre-experimental design, using direct observation and experimental analysis to keep a detailed record of the conditions of each experiment and the results obtained. The methodology was inductive; first the shrimp exoskeleton was extracted, which, through techniques and processes, its physicochemical characteristics were modified and chitosan was obtained. Subsequently, 10 liters of surface water were collected from four random sampling points in the Lagunillas lagoon. In the laboratory, different doses of the coagulant chitosan were applied to four beakers containing 1000 ml of the sample, in order to reduce turbidity. As a result, a 76.69% removal was achieved, reaching a turbidity of 2.61 NTU, within water quality standards, with an optimum chitosan dose of 78 mg/L, with 120 RPM fast speed, 30 RPM slow speed, and mixing time of 4 minutes fast and 6 minutes slow.

Keywords: chitosan, natural coagulant, surface water, treatment.

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio tuvo como objetivo Evaluar la eficacia del coagulante natural (quitosano) para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.

Para la obtención del quitosano, se implementaron procesos de desmineralización, desproteínización y desacetilación, logrando un rendimiento del 90% y una pureza del 0.895. La caracterización del quitosano mostró que es un material de color blanco, en forma de polvo fino.

Se realizaron muestreos en cuatro puntos georreferenciados de la laguna, recolectando un total de 40 litros de agua superficial. Los análisis iniciales indicaron una turbidez promedio de 11.2 NTU, superando los 5 NTU establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) para aguas destinadas a la producción de agua potable.

Mediante pruebas de coagulación-floculación, se identificaron los parámetros óptimos de aplicación del quitosano: una dosis de 78 mg/L, una velocidad de agitación rápida de 120 RPM y lenta de 30 RPM, con tiempos de mezcla de 4 minutos (rápida) y 6 minutos (lenta). Con estas condiciones, se logró reducir la turbidez del agua tratada a 2.61 NTU, representando una eficiencia de 76.69% en la remoción de turbidez.

El análisis de varianza (ANOVA) confirmó que la aplicación del quitosano tuvo un efecto significativo en la reducción de la turbidez con un nivel de confianza del 95% ($p < 0.05$)

INTRODUCCIÓN

La producción anual de camarón en Perú llega a 35.000 toneladas, situándose por debajo de los niveles de Ecuador y Brasil, según Ferrón (2022). En las regiones dedicadas a la crianza de crustáceos y la pesca, se genera muchos residuos que, por la mala gestión, presenta una amenaza para los ecosistemas acuáticos. Un ejemplo significativo es Tumbes, que lidera la comercialización de langostinos y ha obtenido ingresos de 129 millones de dólares. Dentro de los principales crustáceos, destaca el camarón de río, especialmente el de Majes, que proviene de uno de los tres grandes ríos de Arequipa. Según el informe del “Instituto del Mar del Perú (IMARPE) de 2020”, la producción en el sector del río medio-bajo se estimó en 39.8 toneladas, número que se ha mantenido. Los estudios sugieren una tendencia al aumento en la producción, lo que hace esencial realizar monitoreos de la calidad del recurso hídrico para comprender mejor la relación entre el agua y su entorno.

Teniendo en cuenta esta problemática, el objetivo general de esta investigación plantea evaluar la eficacia del coagulante natural (quitosano) para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa-Puno, 2024, teniendo en cuenta esta problemática, los objetivos específicos son; extraer el quitosano a partir del exoesqueleto del camarón de río *Cryphiops caementarius*, determinar los valores de turbidez de las aguas superficiales antes del tratamiento, identificar la dosis, velocidad de agitación y tiempo de mezcla óptima del quitosano como coagulante natural para la remoción de la turbidez de las aguas superficiales, finalmente, comparar la turbidez del agua superficial antes y después del tratamiento.

Cuando existe la necesidad de mejorar la calidad del agua, se suele emplear tratamientos convencionales; sin embargo, el coagulante quitosano ofrece una solución sostenible, convirtiéndose atractivo para zonas donde el acceso a productos químicos puede ser limitado y se busca minimizar el impacto ambiental. La justificación ambiental se debe a la reutilización de uno de los desechos sólidos más comunes en la crianza de camarón: su exoesqueleto. Al procesar este residuo, se permite obtener quitosano, un polímero natural que no presenta la toxicidad asociada a otros químicos utilizados en el tratamiento de aguas. Además, al aprovechar el exoesqueleto de camarón para producir un agente de tratamiento, se contribuye a mitigar los problemas ambientales asociados a la mala gestión de residuos, como la contaminación de suelos y del agua; al exceder su capacidad, los residuos pueden saturarse y provocar problemas de salud como enfermedades transmitidas por vectores.

Esta investigación experimental promueve una economía circular al transformar un residuo en un recurso valioso y proporciona alternativas de tratamiento de agua. La justificación metodológica se fundamenta en todas las investigaciones, antecedentes y teorías revisadas que

se tomaron en cuenta para elegir el proceso a seguir y poder cumplir lo propuesto, utilizando instrumentos válidos y confiables.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

La industria alimentaria, especialmente en la producción de langostinos y camarones genera una gran cantidad de residuo orgánicos que contamina el medio ambiente, ya que estos productos son muy apreciados por mercados a nivel internacional, tanto en China como en Ecuador y Argentina (Cota, 2015).

El rápido crecimiento de esta industria se hace cada vez más notorio, aumentando así la cantidad de desechos generados. Una de las problemáticas del consumo del camarón es que solo se utilizan las partes donde se encuentra la carne; mientras que las cabezas y caparazones son desechadas como residuos sólidos. Sin embargo, esto no tiene por qué ser así; el exoesqueleto de los camarones va más allá de un simple desperdicio, este posee un gran potencial que es desaprovechado ya que puede ser utilizado para elaborar pigmentos, proteínas, calcio y, especialmente el quitosano, este polisacárido es utilizado de amplias formas en el rubro médico y como agente antimicrobiano (García, 2017).

En países donde la crianza de Camarón es una de las principales actividades económicas más importantes. Tal es el caso de Ecuador, donde según el reporte de la Cámara Nacional de Acuicultura esta actividad ha generado una gran cantidad de divisas durante las últimas dos décadas, exportando un total de 114 765.210 libras de camarón alzándose a un valor de 278.8 millones de dólares. Este alto volumen de producción trae consigo una gran cantidad de desperdicios por el exoesqueleto y las partes que no se usan, desechos que van a parar a los botaderos (Soro, 2007).

La producción anual de camarón en Perú alcanza las 35.000 toneladas, situándose por debajo de Ecuador y Brasil, según Ferrón (2022). Según el monitoreo del Ministerio de Producción, la producción total de camarón en el país se concentra en la pesca de Arequipa, donde se estima que se extraen alrededor de 695 toneladas anuales.

De acuerdo con el boletín informativo del ITP (2020), la acuicultura genera aproximadamente 16 toneladas de residuos sólidos en la región, de los cuales terminan en ríos y vertederos. Estos residuos compuestos por una elevada carga orgánica contaminan el ecosistema acuático y en las aguas adyacentes. Arequipa es un destacado productor de camarón de río en Perú, genera una cantidad significativa de residuos. Aunque no existe datos precisos sobre la posición de Arequipa en comparación con

otras regiones, la importancia de la acuicultura contribuye de manera significativa a este problema.

Los residuos del camarón contienen una gran cantidad de materia orgánica, asimismo, en su cultivo se utilizan químicos y medicamentos que contaminan el agua y el suelo (García, 2019).

El informe del IMARPE, elaborado en 2020, que analizó los ríos Tambo, Ocoña y Majes-Camaná, muestran que el camarón es el crustáceo de mayor producción, con una estimación de 39.8 toneladas en el sector del río medio-bajo, valor que se mantiene durante los últimos 5 años. Sin embargo, este nivel de producción ha generado una acumulación constante de residuos de camarón. Por otro lado, la Laguna Lagunillas en Puno enfrenta altos niveles de turbidez, lo que representa un desafío para el normal desarrollo de la acuicultura. La solución de ambas problemáticas propone la utilización del quitosano, un biopolímero obtenido a partir de los residuos del exoesqueleto, para remover la turbidez en las aguas superficiales de la Laguna Lagunilla mediante este coagulante.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema General

¿Cuál es la eficacia del coagulante natural (quitosano) para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa-Puno, 2024?

1.1.2.2. Problema Especifico

- ¿Como se puede aprovechar el exoesqueleto de camarón de río *Cryphiops caementarius*?
- ¿Cuáles son los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes del tratamiento?
- ¿Cuáles son las condiciones óptimas del quitosano como coagulante natural para tratar la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa -Puno, 2024?
- ¿Cuál es la diferencia de los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes y después del tratamiento?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia del coagulante natural (quitosano) para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.

1.2.2. Objetivos específicos

- Obtener un coagulante natural a partir del exoesqueleto del camarón de río *Cryphiops caementarius*.
- Determinar los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes del tratamiento.
- Identificar la dosis, velocidad de agitación y tiempo de mezcla óptima del quitosano como coagulante natural para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.
- Comparar la turbidez de las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes y después del tratamiento con quitosano.

1.3. Justificación e Importancia

Cuando se requiere tratar las aguas es común optar por el uso de coagulantes convencionales; sin embargo, el coagulante quitosano ofrece una solución sostenible y de origen natural, convirtiéndose especialmente atractivo para zonas remotas donde el acceso a productos químicos puede ser limitado y se busca minimizar el impacto ambiental.

1.3.1. Justificación Ambiental

La justificación ambiental se basa en la reutilización de los residuos sólidos que más se producen en la crianza de camarones, es decir su exoesqueleto. Al procesar este material, se puede obtener quitosano, un polímero natural que no posee las características tóxicas que tienen otros sustitutos químicos empleados en la recuperación del recurso hídrico.

1.3.2. Justificación Social

Al aprovechar los exoesqueletos de los camarones para elaborar un agente natural que permita tratar el agua se beneficia a la sociedad, específicamente a aquellos que se pueden ver afectados por una incorrecta disposición de dichos desperdicios en los botaderos informales, al exceder su capacidad de los residuos puede saturarse y provocar problemas de salud como enfermedades.

1.3.3. Justificación Práctica

La investigación preexperimental, busca mitigar el problema del colapso de los rellenos sanitarios y botaderos formales, reaprovechando este residuo sólido.

1.3.4. Justificación metodológica

Esta investigación encuentra su justificación metodológica ya que basa en todas las investigaciones antecedentes y teorías revisadas que se tomaron en cuenta para elegir el proceso a seguir, poder cumplir lo propuesto, utilizando instrumentos válidos y confiables.

1.4. Delimitación del Proyecto

La investigación se llevó a cabo en un laboratorio en Arequipa, donde se procesó el exoesqueleto del camarón de río proveniente de Majes-Camaná para la obtención de quitosano. Para evaluar su eficacia como coagulante natural, se realizó la recolección de muestras de agua superficial en la Laguna Lagunillas, ubicada en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, departamento de Puno. Esta laguna altoandina se encuentra a una altitud de 4174 msnm y es considerada una de las principales reservas hídricas del altiplano, con una extensión de 66 km² y una profundidad máxima de 47,6 metros.

El muestreo se llevó a cabo el 18 de junio de 2024 mediante un muestreo integrado, en el que se extrajeron 40 litros de agua superficial de la laguna. Para garantizar una adecuada representatividad, se establecieron cuatro puntos de muestreo georreferenciados, distribuidos estratégicamente en distintas coordenadas de la laguna. En cada punto, se recolectaron 10 litros de agua, registrándose los horarios de muestreo para un control preciso del procedimiento.

Los puntos de muestreo fueron los siguientes: el primer punto (AG-01L) se ubicó en las coordenadas 316110.00 m E, 8261398.00 m S y la recolección se realizó a las 10:00 horas; el segundo punto (AG-02L) estuvo en las coordenadas 316491.00 m E, 8260955.00 m S y el muestreo se efectuó a las 10:30 horas; el tercer punto (AG-03L) se situó en 316990.00 m E, 8260401.00 m S con una recolección a las 11:00 horas; finalmente, el cuarto punto (AG-04L) se localizó en 316757.00 m E, 8259333.00 m S y el muestreo se llevó a cabo a las 12:00 horas.

1.5. Hipótesis y Variable

1.5.1. Hipótesis

H1: El coagulante natural (quitosano) no es eficaz para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024, puesto que no alcanzó una eficacia de remoción de turbidez superior al 70%.

Ho: El coagulante natural (quitosano) es eficaz para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024, puesto que alcanzó una eficacia de remoción de turbidez superior al 70%..

1.5.2. Variables

Variable dependiente:

Turbidez del agua

Variable independiente:

Coagulante natural (Quitosano)

Tabla 1 *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Tipo	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Turbidez del agua	Dependiente	Este parámetro se debe a la presencia de partículas suspendidas que reducen la transparencia del agua, tales como arcillas, limo, tierra y demás partículas en suspensión. Esta puede ser medido a través de un equipo llamado turbidímetro que utiliza unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (Hurtado y Yarleque, 2017).	Nivel de turbidez	11.2 UNT	Turbidímetro
Coagulante natural (Quitosano)	Independiente	Producto derivado de la quitina, se encuentra de forma natural en el exoesqueleto de invertebrados (Cruz, 2021)	Dosis optima	mg/L	Prueba de jarras
			Tiempo de agitación	Minutos	Cronometro
			Velocidad de agitación	RPM	Regulador
			Eficacia	%	Formula

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Capitillo et al. (2023) desarrollaron un artículo científico con el objetivo de utilizar el quitosano a modo de coagulante y floculante para el tratamiento de aguas contaminadas. Al evaluar los indicadores relacionados con la calidad y el tratamiento de las aguas, utilizar el quitosano como coagulante arrojó resultados positivos; llevando a los parámetros de pH, DQO, STD y STS a valores que se encuentran dentro de la normativa establecida. Específicamente se obtuvieron aguas con un pH de entre 6.8 a 7.5, se redujo el DQO en un 85% y los sólidos en un 90%.

Cruz (2021) desarrollo una investigación cuyo objetivo es elaborar un coagulante natural, extraído a partir de escamas de mojarra Lara para su aplicación en el tratamiento de agua potable. El enfoque metodológico es experimental y de diseño transversal. Se recolectaron las escamas de mojarra y se extrajo la quitina. Luego, se caracterizó la estructura del quitosano y se comparó teóricamente con otros coagulantes, para evaluar su eficacia. Mediante la prueba de jarras, se determinó que la dosis óptima de quitosano es de 300 mg/l, y un tiempo de floculación de 30 minutos, logrando una reducción de turbidez del 76.30%.

Rodríguez et al. (2022) decidieron elaborar un artículo científico con el fin de evaluar la eficacia del coagulante natural quitosano en el tratamiento de efluentes industriales. Para ello, se identificó los parámetros a analizar, tales como la turbidez en el agua. Posteriormente, se aplicó el quitosano mediante la prueba de jarras, variando las dosis en tres niveles de pH. Los resultados revelaron una reducción del 87% en turbidez, en todas las dosis de coagulante, concluyendo que el coagulante es eficaz para el tratamiento de agua.

Londoño y Mancipe (2022) realizaron una investigación con la finalidad de utilizar quitosano extraído de quitina para el tratamiento de las aguas naturales. Este material se extrajo de una especie de díptero los cuales se recolectaron de una finca cafetera. Tras preparar el material y obtener un quitosano con un rendimiento del 1.7% y desacetilación del 88% se obtuvo una remoción del 84.78% de la turbidez con una dosis de 30 mg/L.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Cornejo (2022) propuso como objetivo evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua superficial de la Laguna Lagunillas. Para ello, se llevó a cabo una investigación experimental de tipo aplicado y corte transversal, donde se identificaron y analizaron la cantidad de nitritos, sulfatos, nitratos y fosfatos. Además, se realizó un análisis microbiológico y se evaluó la turbidez, para compararlos con Estándares de la Calidad Ambiental. Los resultados evidenciaron una contaminación de origen acuícola, caracterizada por elevados niveles de nutrientes y selenio. En cuanto a la turbidez, se registró 3.5 NTU, lo que sugiere un efecto negativo en la biodiversidad de la laguna. Estos hallazgos son fundamentales, ya que contextualizan la problemática presente en la laguna.

Gutiérrez et al. (2023) elaboraron un artículo científico con el objetivo de evaluar la eficacia de un biopolímero comercial de quitosano en el tratamiento de las aguas del río Moche. Se constató que las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos e inorgánicos exceden los estándares de la calidad de agua. Sin embargo, al aplicar quitosano, se registró una notable disminución en los niveles de metales pesados.

Najarro (2021) planteó una investigación con el objetivo de identificar el porcentaje de adsorción del quitosano en el tratamiento de agua contaminada, utilizando un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, utilizando diferentes concentraciones de quitosano. Los resultados mostraron que con 0.4 gramos de biomasa se logró una remoción del 61.20% de cromo, reduciendo su concentración de 1.89 mg/L a 0.7261 mg/L. De este modo, el estudio sugiere que el tratamiento con quitosano puede considerarse una alternativa sostenible, ya que se elabora a partir de un compuesto orgánico de fácil obtención.

Cconchoy et al. (2023) realizaron una investigación con la finalidad de determinar la eficiencia del quitosano como un coagulante natural en la reducción de la turbidez de aguas superficiales provenientes del río Chillón. Para llevar esto a cabo se utilizó un diseño factorial teniendo como agentes a la concentración del coagulante y el pH del agua. Luego de aplicar el test de jarras se obtuvo una reducción del 71.87% para la turbidez con valores óptimos de 400mg/L de concentración y 6 de pH, concluyendo que el quitosano no tiene un efecto determinante en la remoción de este parámetro.

2.2.Bases teóricas

2.2.1. Calidad de las Aguas superficiales

El agua es indispensable para la supervivencia, lo que la convierte en el componente más esencial del planeta. Su papel es crucial para el funcionamiento de todos los ecosistemas, tanto naturales como sociales. Así, el agua se considera un pilar de la biodiversidad y de la humanidad, ya que a lo largo de la historia las civilizaciones han estado siempre ligado al uso de este recurso (MINAM, 2000). Cuando se habla de la calidad del agua se entiende un análisis complejo desde varios puntos de vista:

- Funcional
- Ambiental
- Descriptiva

Los contaminantes que afectan los recursos hídricos y sus ecosistemas tienen un comportamiento complejo, implicando procesos físicos y químicos como la filtración, adsorción y precipitación (Mendoza, 2018).

Otros autores definen a estas aguas como aquellas que fluyen sobre la capa superior del suelo, como ríos y lagos. Estas aguas suelen formarse principalmente por la escorrentía generada cuando las precipitaciones descienden desde las montañas, aunque también pueden surgir del afloramiento de aguas subterráneas (INDUANALISIS, 2019).

2.2.2. Calidad del agua en el cultivo de camarones

Según Celi (2021), menciona que los cultivos de camarón presentan múltiples problemas, tales como la acumulación de material orgánico, variaciones en parámetros fisicoquímicos, brotes epidémicos y disminuciones en los niveles de oxígeno. La turbidez puede ser provocada por la presencia de algas, residuos orgánicos, sedimentos, partículas suspendidas, y prácticas inadecuadas en la acuicultura, tales como el manejo de peces y la alimentación.

Un elevado nivel de turbidez en el agua genera dificultades en el sector acuícola reduciendo la cantidad de oxígeno, ya que las partículas en suspensión absorben calor e incrementa la temperatura, limitando su capacidad del agua para retener oxígeno, lo que puede afectar negativamente la salud de los organismos acuáticos. Además, la turbidez excesiva reduce la visibilidad del agua, lo que repercute en el comportamiento de los peces, dificultando su capacidad para encontrar alimento, evitar depredadores y reproducirse con éxito (Lara et al., 2015).

El cultivo de camarones a nivel mundial es una actividad económica de gran importancia, ya que genera empleo, ingresos y productos alimenticios de alta calidad y relativamente accesibles para todas las personas. A pesar de esto, ha sido objeto de críticas debido a los impactos negativos que tiene en los ecosistemas, especialmente en lo que respecta al daño ocasionado por los efluentes.

Los efluentes de granjas acuícolas contienen altos niveles de concentración de nitrógeno y fósforo. Estas sustancias están asociadas con la alta carga de materia orgánica y concentraciones elevadas de nutrientes en las descargas de acuicultura, derivadas de prácticas de manejo inadecuadas, especialmente en cuanto a nutrición y fecundación (Barraza et al., 2014).

2.2.3. Turbidez del agua

La turbidez es un indicador indirecto de partículas coloidales que se encuentran suspendidas en una muestra de agua. Se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) utilizando un dispositivo llamado turbidímetro. Estas pueden originarse por procesos de erosión, como la deforestación, por el arrastre de sedimentos en el cauce del río, o pueden ser el resultado de un alto número de microorganismos. Además, la turbidez puede incrementarse debido a la influencia de vertidos domésticos, industriales o agrícolas. (Lozano, 2018).

La normativa peruana establece un límite máximo 5 NTU para la turbidez de las aguas destinada al consumo humano. Por esta razón, el agua que se somete a tratamientos de desinfección debe tener niveles bajos de turbidez, ya que esto es fundamental para garantizar la eficacia del proceso (Vela, 2016).

2.2.4. Turbidez en la actividad acuícola

La turbidez en la acuicultura es un factor muy importante, dado que tiene un impacto en la productividad y el bienestar de las especies cultivadas. Este parámetro está basado en la cantidad de partículas en suspensión en el agua, las cuales pueden disminuir su claridad y limitar el ingreso de luz, lo que impacta negativamente a la fotosíntesis de las plantas acuáticas, y por ende, la disponibilidad de oxígeno para otros organismos (Instituto del agua, 2024).

Una turbidez elevada puede generar varios problemas en la acuicultura. Puede dificultar la obtención de nutrientes para organismos filtradores como los moluscos y bloquear las branquias de las especies, afectando su capacidad respiratoria. Asimismo, disminuir la visibilidad, lo que causa estrés en los peces y dificultar su manejo y monitoreo.

El Instituto del agua (2024) indica que, por estas razones, el control y monitoreo de la turbidez es fundamental para el éxito de las actividades acuícolas. Para su medición, se emplean dispositivos especializados que operan mediante la dispersión de luz en el agua, los resultados se expresan en Unidades de Turbidez Nefelométrica (NTU). También, existen diversas estrategias que gestionan la turbidez, tal como la incorporación de agentes aglutinantes al agua para facilitar la sedimentación de partículas en suspensión, o la implementación de sistemas de filtración. También es esencial adoptar medidas que eviten la erosión de los suelos, ya que esta es una de las principales fuentes de turbidez.

2.2.5. Coagulación y floculación

Es el proceso llevado a cabo durante el tratamiento del agua, donde las partículas coloidales y suspendidas se desequilibran mediante la adición de coagulantes. Esto provoca la formación de flóculos más grandes, lo que facilita la filtración y la eliminación de las partículas presentes. Además, se eliminan microorganismos y organismos, los cuales clasifican como partículas en suspensión.

Por otro lado, la floculación es el proceso en el que las partículas desequilibradas se agrupan en microfloculos. Estos flóculos de mayor tamaño tienden a sedimentar en el fondo de los vasos diseñados para ello, llamados decantadores, lo que contribuye a reducir la turbidez. Este proceso, que mejora el grado de hidratación y aumenta el peso de los flóculos, facilita su remoción. La floculación se considera parte del proceso general de coagulación, conocido como coagulación-floculación (Lozano, 2018).

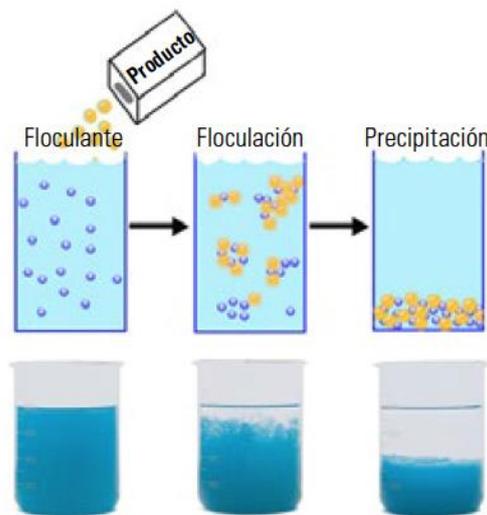


Figura 1 Proceso de coagulación-floculación

Fuente: Instituto del agua

Las aguas naturales suelen contener partículas disueltas y en suspensión que provienen de la separación de minerales, degradación del suelo y la actividad humana. Para

eliminar estas partículas del agua, se emplean técnicas de agregación y filtración. Estos métodos son sencillos y económicos, siempre que se cuente con los productos químicos necesarios y se ajuste la dosis según la composición del agua. Cualquiera que sea el tipo de agua y el sistema de tratamiento empleado, el pretratamiento generalmente se considera una etapa previa al tratamiento principal. (Terrones, 2019).

Una gran parte de los sólidos presentes en el agua poseen una carga negativa, lo que provoca que se repelan entre sí. Esta repulsión impide que las partículas se agrupen, manteniéndolas en suspensión. El desarrollo ocurre en etapas sucesivas, con el fin de superar las fuerzas que estabilizan estas partículas, permitiendo que colisionen y formen flóculos más grandes. Estos flóculos pueden ser luego separados o eliminados del agua mediante sedimentación o filtración.

Existen dos categorías principales de coagulantes: los coagulantes inorgánicos, como el sulfato de alúmina, y los coagulantes orgánicos poliméricos, que abarcan tanto sintéticos como naturales. Los coagulantes de polímeros orgánicos tienen la capacidad de disminuir de manera considerable la turbidez y la coloración visible del agua sin generar alteraciones significativas en el nivel de pH y alcalinidad (Feria et al., 2018). Son muy efectivos incluso en mínimas dosis y producen un volumen de lodo considerablemente menor, manteniendo la alcalinidad (Yang et al., 2016). Entonces, se ha promovido el crecimiento de coagulantes fabricados con polímeros naturales, como el quitosano, debido a su gran disponibilidad, coste reducido, falta de toxicidad y capacidad de biodegradación.

2.2.6. Descripción de la Laguna Lagunillas

2.2.6.1. Generalidades

El reporte técnico del IMARPE (2014) detalla las características de la laguna Lagunillas, situada en el distrito de Santa Lucía, en la provincia de Lampa, forma parte de la Cuenca del Lago Titicaca. Destacando su topografía y batimetría, al igual que la variedad de su fauna íctica, que incluye especies tanto nativas como introducidas. En las áreas periféricas cerca de la costa, se realiza la cría de truchas mediante el uso de estructuras flotantes llamadas jaulas. Durante los años 90, el Proyecto Especial Lago Titicaca (PELT) erigió una presa que provocó un incremento en el nivel y la cantidad de la laguna.

La trucha arco iris se cultiva a través de sistemas de jaulas flotantes, con la colaboración de más de 70 productores, tanto legales como ilegales. Más de 300 empleos son generados por esta actividad. En el año 2013, se produjeron 29,000 toneladas de trucha en la región de Puno, con un 10% proveniente de la Laguna Lagunillas.

La presa Lagunillas es una construcción con una elevación de 14,35 metros y puede almacenar hasta 500 millones de metros cúbicos (MMC) de agua. La presa, en conjunto con las desembocaduras del río Cerrillos, la canalización del río Verde y precipitaciones, asegura el abastecimiento de agua para los sistemas de riego presentes y futuros (PELT 2014).

2.2.6.2. Área geográfica

La Laguna Lagunillas está situada geográficamente entre los puntos de latitud sur 15° 40' 26,4" y 15° 46' 33,6", y longitud oeste 70° 48' 57,6" y 70° 39' 46,8", con una elevación de 4 174 metros sobre el nivel del mar. Esta laguna, al encontrarse en la región de Puno está dentro de la zona UTM 19L en el sistema de coordenadas WGS 84. La entrada a la laguna se lleva a cabo mediante la carretera pavimentada que va de Juliaca a Arequipa, enlazando a través de un desvío en el distrito de Santa Lucía, por una vía secundaria antigua (IMARPE, 2014).



Figura 2 Vista satelital de la Laguna Lagunillas

Fuente: GOOGLE EARTH

Parámetros fisicoquímicos

Los datos obtenidos en el análisis realizado por IMARPE (2014) determinaron que la temperatura superficial en el noroeste de la laguna es de 8,5 °C, con una distribución térmica irregular, influenciada por las masas de agua fría generadas por el derretimiento de los nevados en las zonas superiores de la cordillera.

El pH presenta una tendencia alcalina en la laguna, con valores en la superficie que oscilan entre 8,6 y 9,6. En las profundidades de hasta 40 metros, el pH varía entre 8,7 y 8,2

en el hipolimnion. A medida que se incrementa la profundidad, la disminución del pH es ligera, con una recuperación lenta atribuida a la actividad respiratoria de las bacterias descomponedoras en condiciones casi anóxicas.

Se observó una variabilidad espacial en la concentración de SST, con un promedio de 13,32 mg/L. Los valores medidos varían desde 2,33 mg/L como mínimo hasta 24,00 mg/L como máximo. De acuerdo con las regulaciones peruanas sobre ECA para la protección de los ecosistemas acuáticos, los niveles de SST se mantienen por debajo del límite máximo permitido de 25 mg/L.

Turbidez en la Laguna Lagunillas

La turbidez es un parámetro sumamente importante cuando se evalúa la calidad del agua, ya que está vinculado con la cantidad de partículas en suspensión, materia orgánica y microorganismos presentes en el agua. Estos factores pueden afectar su transparencia y alterar el equilibrio del ecosistema acuático. En la Laguna Lagunillas se identificó una variabilidad en la concentración de sólidos suspendidos totales (SST), con datos que van desde 2.33 mg/L hasta 24.00 mg/L, y un promedio de 13.32 mg/L. Aunque estos están dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para la protección de los ecosistemas acuáticos en el Perú, no significa que su impacto en la calidad del agua sea despreciable.

El estudio realizado por IMARPE en 2014 determinó que la temperatura superficial de la laguna es de 8,5 °C, sin embargo, hay variaciones debido al ingreso de agua fría proveniente del deshielo de los nevados cercanos. Esto podría provocar que las partículas se suspendan, afectando la turbidez en distintas zonas del cuerpo de agua. En cuanto al pH, los valores en la superficie están entre 8,6 y 9,6, mientras que en las profundidades de hasta 40 metros entre 8,7 y 8,2. Conforme aumenta la profundidad, el pH tiende a reducirse, esto sucede debido a la actividad de bacterias descomponedoras que actúan en un estado de bajo oxígeno. Estos procesos pueden verse influenciados por la turbidez, ya que al aumentar la cantidad de partículas suspendidas disminuye la penetración de la luz, limitando la fotosíntesis de los organismos acuáticos y modifica la concentración de oxígeno en el agua.

En el caso de la Laguna Lagunillas, una turbidez elevada podría tener impactos negativos en la calidad del agua al disminuir la cantidad de luz disponible para los organismos fotosintéticos, cambiar la composición biológica del ecosistema y modificar las interacciones químicas que se dan en este. Debido a que es un ecosistema altoandino con características oligotróficas, al haber mayor turbidez se podría afectar su estabilidad

natural, acumulando más materia orgánica en descomposición y generando condiciones para procesos anaerobios en las zonas más profundas.

2.2.7. La quitina

Es un carbohidrato con nitrógeno de procedencia natural, que se distingue por su tonalidad blanca y su apariencia cristalina y resistente. Este polímero lineal es común en los caparazones de langostas, camarones y cangrejos, así como en la estructura celular de algunos hongos y plantas. La composición química está formada por N-acetilglucosamina conectada mediante enlaces, lo que origina una estructura rígida y sin ramificaciones. La elaboración mecánica de esta pieza se realiza mediante el procesamiento de las conchas de varios crustáceos, que son residuos producidos en instalaciones de procesamiento de animales marinos. (Márquez, 2019)

Este componente fue aislado por primera vez en 1811 por el investigador Braconnot, el cual utilizó hongos en el proceso. Desde un punto de vista químico, la quitina posee alto peso molecular y está compuesto por una cadena lineal formada por enlaces glicosídicos (Tello, 2017); Este polisacárido se encuentra naturalmente en las paredes celulares de ciertos hongos y plantas, así como en el exoesqueleto de invertebrados, como se muestra en la figura 2.

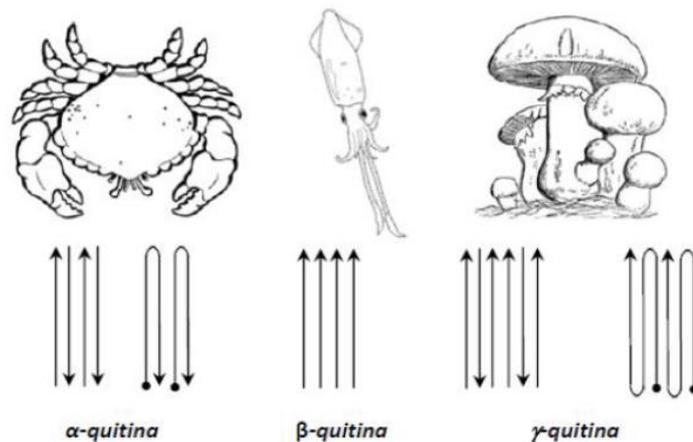


Figura 2 Presencia biológica de la quitina en la naturaleza

Fuente: Mármol et al., 2012

Aunque comúnmente se utiliza el término "quitina" para describir esta molécula en términos generales, existen diversas formas y tipos de quitina que se han clasificado en función de sus estructuras y propiedades.

Según Chung y Liu (2021), los tipos de quitina son:

- **Quitina alfa (α -quitina):** Es la variedad más frecuente y se halla en el exoesqueleto de crustáceos, insectos y otros artrópodos. Su estructura está compuesta por fibras paralelas unidas por enlaces de hidrógeno, lo que resulta en una estructura altamente resistente.
- **Quitina beta (β -quitina):** Se encuentra en las células de los hongos y presenta una organización más ordenada en comparación con la α -quitina. La β -quitina se caracteriza por una disposición alternante de las cadenas de quitina, confiriéndole una estructura menos densa pero más flexible.
- **Quitina gamma (γ -quitina):** Menos común, esta forma de quitina se encuentra en ciertos hongos y esponjas marinas. Su estructura es una combinación de las características de la α -quitina y la β -quitina, dándole propiedades distintivas.

Asimismo, indica que existen diferencias entre los quitosanos debido a distintos factores:

- **Grado de desacetilación:** Dependiendo de esto puede ser un quitosano de alto o de bajo grado, variando su solubilidad en ácidos y la capacidad para adsorber.
- **Peso molecular:** El elevado peso molecular de un quitosano es más efectivo en el proceso de coagulación que uno de bajo peso por su viscosidad.
- **Fuente de extracción:** Dependiendo de si se extrajo del caparazón de un crustáceo o de la quitina presente en los hongos.

La quitina y la celulosa son componentes empleados en la naturaleza para fines muy similares, sin embargo, sus diferencias van desde la estructura hasta los organismos que la sintetizan. La diferencia estructural radica en que la quitina posee un grupo N-acetamida donde la celulosa cuenta con un grupo hidroxilo. También, a pesar de que ambos cumplen el rol de defender y brindar soporte a los organismos, la celulosa es sintetizada en su mayoría por las plantas y la quitina se encuentra en diferentes taxonomías, especialmente en animales inferiores (Berghoff, 2011).

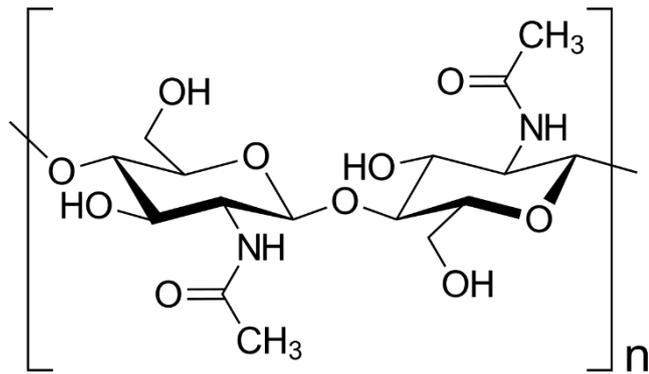


Figura 3: Estructura de la quitina

Fuente: Mármol et al., 2012

La quitina es, efectivamente, el polisacárido natural más comúnmente encontrado en la biosfera, gracias a su impresionante capacidad de regeneración. Actualmente, el exoesqueleto de langostas, langostinos, cangrejos y calamares son la principal fuente de quitina en las industrias (Márquez, 2019).

El quitosano fue descubierto en 1859 por Rougel, quien al exponer la quitina en solución de hidróxido de potasio a altas temperaturas logró obtener un producto que se disolvía en ácido orgánico, al que denominó quitina modificada. No obstante, no fue hasta 1894 que se comenzaron a realizar pruebas con la quitina y un proceso de reflujo utilizando hidróxido de potasio, lo que resultó en la obtención de un producto que era soluble en ácido acético y ácido clorhídrico, el cual finalmente recibió el nombre de quitosano (Cruz, 2021).

El quitosano es obtenido tras someter a la quitina proveniente de las conchas de animales marinos a un proceso de desacetilación. Sus aplicaciones tienen un amplio espectro, van desde usos muy habituales como aditivos en las empresas de alimentos (emulsificantes y espesantes), hasta usos muy particulares e interesantes como los roles que cumple en investigaciones y tratamiento de aguas al ser capaz de potabilizar y coagular aguas residuales turbias (Cruz, 2021)

En la actualidad, la quitina industrial es la principal fuente de obtención de quitosano, se produce a gran escala mediante el proceso de desacetilación de la quitina.

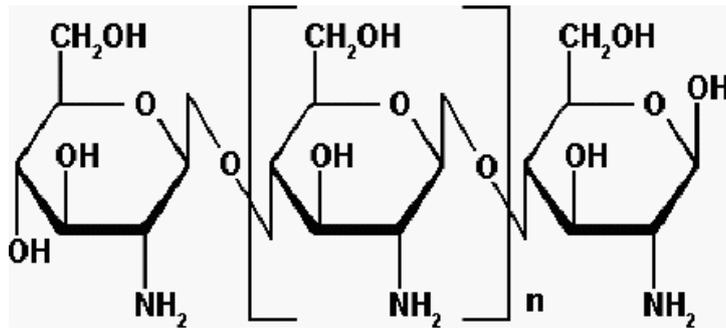


Figura 4 Estructura del quitosano

Fuente: Mármol et al., 2012

2.2.8. Camarón de río *Cryphiops caementarius*

2.2.9.1. Trasfondo

Especies marinas con mayor relevancia para el comercio a nivel mundial es el camarón, siendo el país Tailandia el primer país productor en la escala mundial. En el hemisferio occidental, es Ecuador el segundo mayor productor de camarones en cautiverio ocupando casi 180,000 hectáreas del litoral. Esto resalta la importancia ecológica y económica del camarón de río, que no solo es un producto altamente valorado en la gastronomía, sino que su cultivo y pesca genera empleo, y por último el camarón de río sirve como indicador del agua y del ecosistema acuático. En Perú, su explotación se da con mayor frecuencia, de los cuales destacan el departamento de Arequipa siendo el río Majes, Camaná y Ocoña los principales (Medina, 2019).

2.2.9.2. Historia

La recolección de camarones de agua dulce ha sido registrada en diferentes culturas costeras como la Mochica, Chimú y Chincha. Esta práctica de artesanía antes constituía una fuente de ingresos relevante para las comunidades que viven cerca del río, y ha progresado para transformarse en una actividad de importancia socioeconómica en el área. El término incluye tipos de los géneros como *Cryphiops* y *Atya*, con *Cryphiops caementarius* y *Macrobrachium* siendo las especies más importantes. El incremento en la captura de camarones causó la urgencia de crear reglas legales para salvaguardar este recurso, como quedó demostrado durante la época colonial con una normativa del siglo XVII que vetaba la pesca "en seco". La necesidad de aprobar leyes fundamentadas en principios tecnocientíficos motivó la investigación de estas especies. Los estudios de investigación sobre este tipo de animal han permitido ahondar en diferentes áreas de su biología y han obtenido avances importantes en el campo. Los crustáceos han sido

empleados como fuente de comida desde hace mucho tiempo, y la valoración de su carne, su elevado valor en el mercado y su aporte a la economía son aspectos que suscitan un interés especial en este recurso (Yauli, 2017).

2.2.9.3. Taxonomía

El camarón *Cryphiops caementarius* se encuentra distribuido taxonómicamente de la siguiente forma (Yépez y Bandín, 2015).

Phylum: *Arthropoda*

Clase: *Crustacea*

Familia: *Palaemonidae*

Género: *Cryphiops*

Especie: *Cryphiops caementarius*

2.2.9.4. Aspectos morfológicos

La especie tiene un cuerpo fuerte, con un abdomen que es de la misma longitud y anchura que el cefalotórax. Su cara tiene una cresta dorsal decorativa que tiene entre 6 y 7 dientes anchos, y puede tener o no dientes cerca del borde ventral, exhibiendo una variedad de formas intermedias. Ambos el primer y el segundo par de extremidades locomotoras cuentan con una pinza en el extremo, encontrándose el segundo par significativamente de mayor tamaño que el primero, con una de las patas siendo más larga que la otra. Se nota una marcada diferencia sexual en el segundo par de patas entre machos y hembras; en los machos, el segundo segmento del abdomen es más ancho comparado con la medida del abdomen y del cefalotórax. El tamaño máximo registrado en la Colección del Instituto de Zoología (UACH) es de 59 mm en un macho, en tanto que el tamaño mayor documentado en la literatura llega a los 67 mm (Jara 1994).

Cryphiops caementarius tiene un total de 21 segmentos corporales: los seis primeros conforman el protocéfalo, los segmentos siete al catorce forman el gnatotórax, y los segmentos quince al veintiuno corresponden al abdomen. Su estructura es fusiforme y muestra una leve compresión lateral. A pesar de que se podría anticipar que cada parte tendría un par de complementos, algunos se han perdido debido a cambios evolutivos. La capa de quitina endurecida con carbonato de calcio cubre la superficie del cuerpo, excepto en las articulaciones donde es membranosa, facilitando así el movimiento de los apéndices locomotores y los segmentos corporales (Yépez y Bandín, 2015). El protocéfalo, formado por los primeros seis segmentos, contiene los ojos, las antenas y las anténulas, que son complementos en pares, además del labro, que es una de las estructuras más prominentes. En el tórax de los gnatós, la región corporal número dos, se localizan apéndices en duplas

tales como las paragnatas, las maxilas, los maxilípedos y cinco duplas de extremidades locomotoras. Por último, en la región abdominal se observan seis pares de pleópodos, dos pares de urópodos y un telson que concluye la sección posterior del cuerpo.



Figura 5 Cryphiops caementarius

Fuente: SERNAPESCA

2.2.9.5. Importancia para la economía

Los datos estadísticos del Mercado Mayorista en Lima muestran que en 1965 se registró la venta más alta de camarones, con un total de 1049.8 toneladas métricas (TM). Desde el año señalado, ha habido una disminución en las cantidades de productos vendidos: en el año 1975 se registraron 432.0 toneladas métricas, en 1985 fueron 242.1 TM, y en 1995 se vendieron 77.7 TM. Esta disminución se atribuye a diversas actividades humanas, como la edificación de bocatomas que bloquean la migración de especies, la contaminación por sustancias peligrosas como pesticidas y herbicidas, el vertido de aguas residuales, la explotación excesiva de los recursos y la degradación de los estuarios, que son su entorno natural (Gómez y Martínez, 2023).

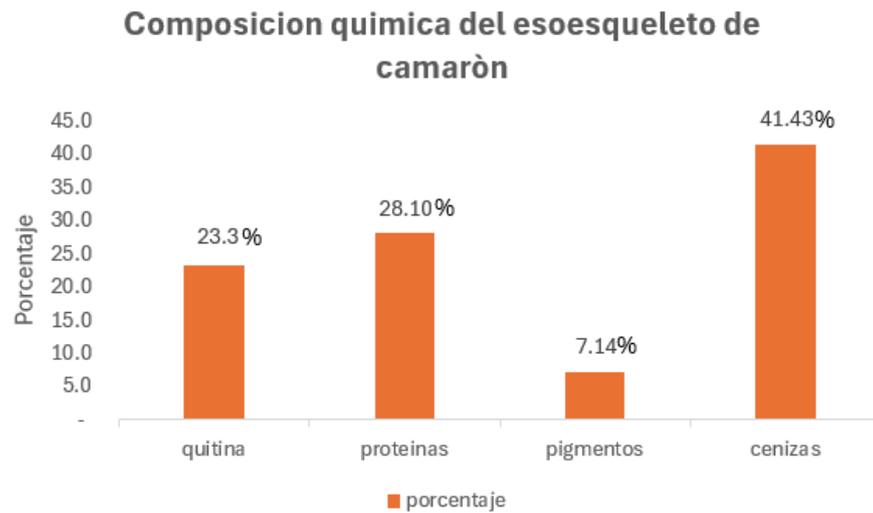
2.2.9.6. Normativa

Según lo establecido en la Ley N° 8002, que fue promulgada el 18 de febrero de 1935 y que sigue siendo válida, se autoriza la captura de camarones utilizando redes de arrastre, iluminación artificial, anzuelos (caña) y métodos de buceo. Esta regla prohíbe de manera explícita el empleo de cualquier otra forma de arte o técnica no mencionada.

2.2.9.7. Propiedades químicas del camarón

El exoesqueleto de camarón está formado por la quitina, proteínas, magnesio, fósforo, cenizas y pigmentos, siendo especialmente notable por su contenido de calcio (Medina, 2019).

Figura 6 Composición química del exoesqueleto del camarón de río



Fuente: Medina, 2019

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Calidad de Agua

Se relaciona con las condiciones que exhibe en sus dimensiones físicas, químicas y biológicas, así este se encuentre en su estado natural o modificado por la actividad humana (BCN, 2016).

2.3.2. Coagulante natural

Son agentes de origen natural, mayormente especies vegetales, con presencia de componentes con capacidad coagulante como lo serian proteínas, almidones, carbohidratos y taninos. Estas tienen un gran potencial como alternativa a los químicos debido a su biodegradabilidad y que no representan riesgos al medio ambiente. (Fatombi et al., 2013)

2.3.3. pH

El pH se emplea para analizar la concentración de iones de hidrógeno en soluciones, lo que permite determinar el nivel de acidez presente en ellas. La tendencia de una solución a proporcionar iones de hidrógeno puede ser entendida como aumentando con

la acidez del medio. Medir este parámetro es crucial ya que es una cualidad esencial para el desarrollo de los organismos en ambientes acuáticos (Almeciga y Muñoz, 2013).

2.3.4. Turbidez

Este parámetro es causado por la presencia de partículas suspendidas y reducen la transparencia del agua, tales como arcillas, limo, tierra y demás partículas en suspensión. Esta puede ser medido a través de un equipo llamado turbidímetro que utiliza unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (Hurtado y Yarleque, 2017).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcance de la investigación

3.1.1. Método de la investigación

El método de investigación fue el inductivo; puesto que primero se extrajo el exosqueleto del camarón, el cual, a través de técnicas y procesos, se modificaron sus características fisicoquímicas y se obtuvo el quitosano. Luego, se aplicó a muestras de agua para reducir la turbidez, bajo diferentes condiciones, variando la concentración del quitosano y el tiempo de contacto. Es así como el análisis de estos datos permitió identificar patrones y entender la interacción del quitosano con las partículas que causan turbidez, así como los factores que influyen en su eficacia. Finalmente, al identificar estos patrones, se pueden desarrollar conclusiones generales sobre el desempeño del quitosano en la remoción de turbidez.

Posteriormente, se presenta el diagrama del flujo que detalla el proceso de extracción de quitosano a partir de los desechos de exoesqueleto de camarón y su posterior aplicación en la remoción de turbidez en la Laguna Lagunilla. Asimismo, se detalla el diagrama de flujo del procedimiento completo de la investigación.

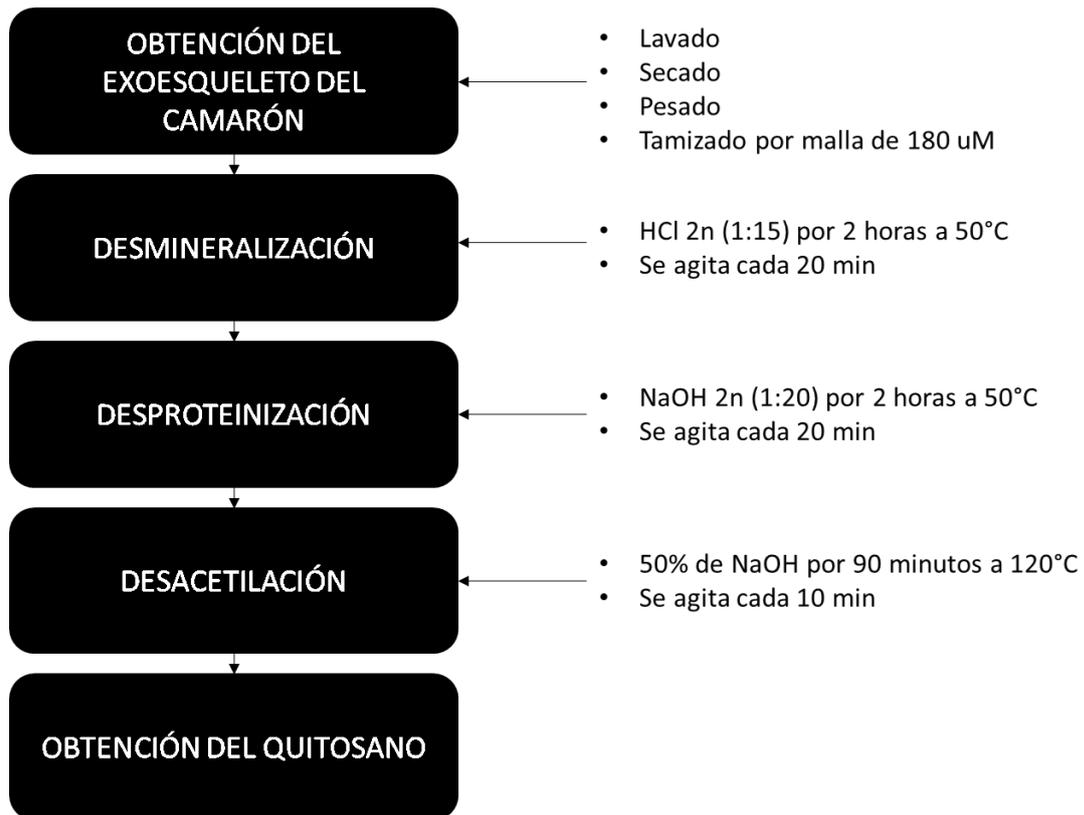


Figura 6 Proceso de obtención del quitosano

Fuente: Propia

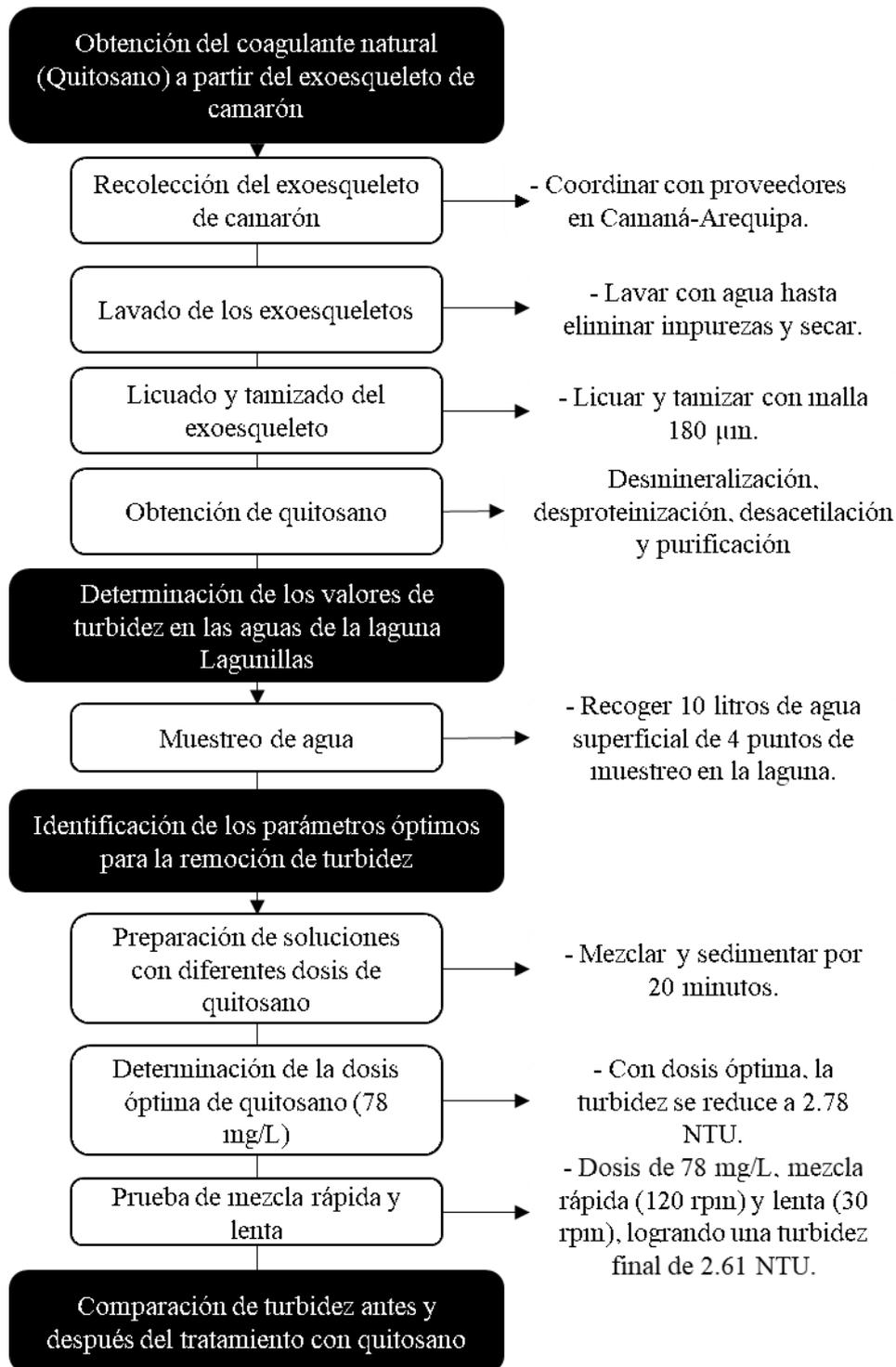


Figura 7 Procedimiento de la investigación

Fuente: Propia

3.1.2. Tipo de investigación

Se realizó una investigación de tipo aplicada, aprovechando la teoría validada de los bioadsorbentes para remover la turbidez de las aguas. Se utilizaron residuos de exoesqueleto de camarón, transformado en quitosano, como tratamiento para las aguas.

3.1.3. Alcance de la investigación

El alcance fue descriptivo, dado que se analizaron las variaciones de la turbidez al aplicar el tratamiento con quitosano a diferentes concentraciones y valores en la prueba de jarras.

3.1.4. Enfoque de investigación

La investigación adoptó el enfoque cuantitativo, ya que se buscó medir los valores de turbidez del agua y se evaluó la eficacia del quitosano como coagulante mediante un análisis estadístico.

3.2. Diseño de la investigación

Se optó por un diseño preexperimental, ya que se realizó una medición inicial de la turbidez del agua pre-test sin haber recibido ningún tipo de tratamiento, y post-test luego de aplicar el tratamiento con quitosano a distintas concentraciones en la prueba de jarras.

3.3 Técnica e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnica de recolección de datos

- Análisis experimental
- Observación directa
- Análisis estadístico

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

- Multiparámetro marca HACH CO-HQ40D
- Turbidímetro Digital Portátil marca HACH 2100Q
- Prueba de Jarras marca FATELLI GALLI
- Método estadístico ANOVA
- Cuaderno de campo
- Cronometro

3.4 Unidad de análisis, población y muestra

3.4.1. Unidad de análisis

El presente estudio se centró en las aguas superficiales de la Laguna Lagunillas, un cuerpo de agua altoandina situada a 4174 msnm, distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, departamento de Puno. La laguna se encuentra aproximadamente en las coordenadas geográficas 15°43'30" de latitud sur y 70°44'08" de longitud oeste. Con una extensión de 66 km², y una profundidad de 47.6 metros. Se considera como una de las reservas hídricas más grandes e importantes del altiplano (Castro et al, 2013).



Figura 8 Ubicación de la Laguna Lagunillas

Fuente: Google maps

3.4.2. Población

La población de estudio estuvo constituida por el cuerpo de agua superficial de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.

3.4.3. Muestra

La muestra para esta investigación se ha determinado por medio de un muestreo no probabilístico teniendo en cuenta el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos hídricos Superficiales. Según la clasificación de este protocolo la muestra es simple o puntual, la cual, si la composición de la fuente es constante a en un tiempo prolongado se puede afirmar que esta puede ser representada por dicha muestra. Asimismo, indica que cuando se establecen los puntos de monitoreo se deben ubicar en zonas donde se desarrollen actividades en este caso la acuicultura y se define el número de puntos en

función al tamaño de la zona estudiada. Teniendo en cuenta todas estas indicaciones se implementó un muestreo integrado para extraer 40 litros de agua de la laguna Lagunillas.

Tabla 2 *Puntos de muestreo y sus coordenadas*

Punto De Muestreo	Coordenada
AG-01L	316110.00 m E 8261398.00 m S
AG-02L	316491.00 m E 8260955.00 m S
AG-03L	316990.00 m E 8260401.00 m S
AG-04L	316757.00 m E 8259333.00 m S

3.5 Materiales y Método

3.5.1. Materiales

- Balanza Analítica
- Tamiz número 50 y 80
- 6 vasos Precipitado vidrio de 100 ml
- 16 vasos precipitado vidrio de 10 ml
- 1 probeta graduada vidrio de 1000 ml
- Pipeta
- Erlenmeyer 1000ml
- 3 baquetas de 20 cm
- 3 micropipetas
- Papel filtro lento 50 x 52
- Tijera
- Balde de 20L
- Balde de 5L

3.5.2. Reactivos

- Solución de Ácido Clorhídrico (HCl) al 33%
- Solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 99%
- Agua destilada
- Ácido Acético (CH₃COOH)

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados y análisis de la información

4.1.1. Obtención del coagulante natural a partir del exoesqueleto del camarón de río *Cryphiops caementarius*.

4.1.1.1. Recolección del exoesqueleto del camarón

Se coordina con proveedores dedicados a la pesca de camarones en la ciudad de Camaná-Arequipa con el fin de adquirir los exoesqueletos de camarón.



Figura 9 Camarones de Camaná-Arequipa

Fuente: Propia

4.1.1.2. Lavado de los exoesqueletos de camarón

Una vez obtenido, el exoesqueleto de camarón fue lavado exhaustivamente con abundante agua hasta asegurar la eliminación completa de todas las impurezas y residuos presentes.



Figura 10 Lavado de los exoesqueletos

Fuente: Propia

4.1.1.3. Secado y pesado del exoesqueleto

Luego de ser lavado, el exoesqueleto de camarón presenta un peso inicial de 28 kilogramos. Posteriormente, se sometió a un proceso de secado a temperatura ambiente durante 3 días, reduciendo su peso a 6 kilogramos.



Figura 11 Peso inicial de 28 kg

Fuente: Propia



Figura 12 Secado del exoesqueleto de camarón

Fuente: Propia



Figura 13 Peso final de 6 kg

Fuente: Propia

4.1.1.4. Licuado y Tamizado del exoesqueleto del camarón

El exoesqueleto se procede a licuar y tamizar con malla número 180uM con la finalidad de reducir el tamaño de las partículas.



Figura 14 Trituración del exoesqueleto

Fuente: Propia

Una vez tamizado el exoesqueleto de camarón, se inicia con el proceso para obtener quitosano. Este consiste en procesar la quitina en tres etapas: Desproteínización, la Desmineralización y la Desacetilación de dicho material.



Figura 15 Tamizado del exoesqueleto

Fuente: Propia

4.1.1.5. Obtención del quitosano

Antes de empezar con el primer proceso para obtener quitosano, se lavó, secó y se licuó el exoesqueleto a fin de tamizarlo en una malla número 180uM.



Figura 16 Materiales para la digestión

Fuente: Propia

Para realizar la desmineralización empezó con una digestión ácida utilizando ácido clorhídrico (HCl) al 33%, la cual fue agregada en un vaso de precipitado de 1 litro junto con 67 gramos del exoesqueleto tamizado. El resultado de esta mezcla se sometió a digestión en una estufa a 50°C durante una hora, siendo agitada cada 20 minutos. Una vez finalizado el tiempo de digestión, se filtró la muestra para separar de la fase sólido del líquido. Posteriormente, el sólido se lavó con agua destilada hasta obtener un pH neutro, lo que indica la eliminación completa del ácido. Finalmente, el sólido se secó al aire libre durante 2 horas, obteniéndose un peso del remanente de 28 gramos.



Figura 17 Desmineralización del quitosano

Fuente: Propia

Continua con el proceso de Desproteínización preparando una solución concentrada de NaOH al 99% en un vaso de precipitados, alcanzando un volumen de 560 mL. Luego, se añadieron 28 gramos de muestra, obtenidos del proceso anterior a un matraz de Erlenmeyer, junto con la solución de NaOH. La mezcla se sometió a tratamiento térmico a 50°C. Una vez finalizado, se realizó un lavado exhaustivo con agua destilada hasta alcanzar una neutralidad. Finalmente, el sólido se secó al aire libre durante 2 horas, obteniendo un residuo sólido con remanente de 14 gramos.



Figura 18 Desproteínización del quitosano

Fuente: Propia

Continua con el proceso de desacetilación preparando una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 50%, disolviendo 105 gramos de NaOH en 210ml de agua destilada, generando una relación sólida – líquido de 1:15. A continuación, se adicionan 14 gramos de quitina a la solución en un vaso precipitado y se somete la mezcla a un tratamiento térmico a 120°C durante 90 minutos con agitando cada 20 minutos para asegurar una reacción homogénea. Posteriormente, se filtra la mezcla para separar el sólido de la solución. El sólido se lava exhaustivamente con agua destilada hasta alcanzar un pH neutro. Finalmente, se seca el sólido al aire libre durante 2 horas, obteniendo 10 gramos de quitosano como producto final.



Figura 19 Desacetilación del quitosano

Fuente: Propia

La tabla 3 ofrece un resumen detallando de los resultados obtenidos en cada etapa del proceso de obtención de quitosano.

Tabla 3 Rendimiento del proceso de obtención de quitosano

Etapas del proceso	Biomasa inicial (g)	Solución	Relación peso (solucion:muestra)	Temperatura °C	Tiempo de secado (h)	Biomasa final (g)
Desmineralización	67 gr	HCl 2N	1:15	50	2	28 gr
Desproteínización	28 gr	NaOH 2N	1:20	50	2	14 gr
Desacetilación	14 gr	NaOH 50%	1:15	120	1,5	10 gr

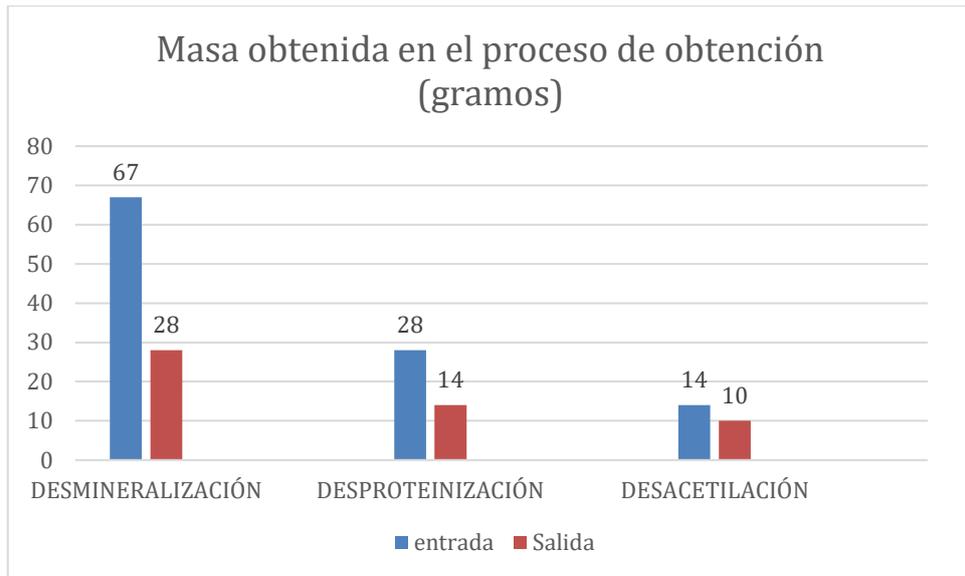


Figura 20 Pérdida de masa en el proceso del quitosano

Fuente: propia

Se obtiene un rendimiento del 90.0 % de quitosano tras los procesos de desmineralización, desproteínización y desacetilación respectivamente.

Tabla 4 Caracterización del quitosano

Características físicas del coagulante natural (Quitosano)	
Color	Blanco
Textura	Polvo Fino



Figura 21 Quitosano obtenido

Fuente: propia

Se analizó la pureza del quitosano obtenido en un laboratorio especializado (ver Anexo N°3) y se obtuvo:

Tabla 5 Resultados finales del análisis

Muestra	Identificación	Match
Quitosano	CHITOSAN (LOW MOLECULAR WEIGHT) BIOCHEMIKA	0.895

4.1.2. Determinación de los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes del tratamiento.

Se realiza un viaje de cuatro horas al distrito de Santa Lucía, y posterior traslado de 45 minutos hasta la laguna Lagunilla, con el propósito de obtener muestras de agua. En dicha laguna se seleccionaron de manera aleatoria cuatro puntos de muestreo, de los cuales se extrajeron 10 litros de agua superficial en cada uno.



Figura 22 Recolección de las muestras de agua

Fuente: Propia

En la Tabla 6 muestra los parámetros in situ en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas.

Tabla 6 Concentración inicial de la turbidez

	TURBIDEZ	pH
Parámetros iniciales	11.2	7.06

4.1.3. Identificación de los parámetros óptimos para la remoción de turbidez

Se prepara cuatro vasos de precipitados de 1000 ml, con diferentes dosis de quitosano. Inicialmente, se agitan a 140 rpm durante 3 minutos, luego se reduce la velocidad a 40 rpm durante 15 minutos. Finalmente, se apaga el equipo y se deja sedimentar por 20 minutos. Se entiende entonces que la dosis óptima de quitosano se determina en 78 mg/L, ya que se obtiene una turbidez final de 2.78 NTU.

Tabla 7 Dosis óptima del quitosano

N° de jarras	Cantidad de biomasa (mg/L)	Turbidez final
M1	72	2.97
M2	74	2.86
M3	76	2.81
M4	78	2.78

Elaboración propia

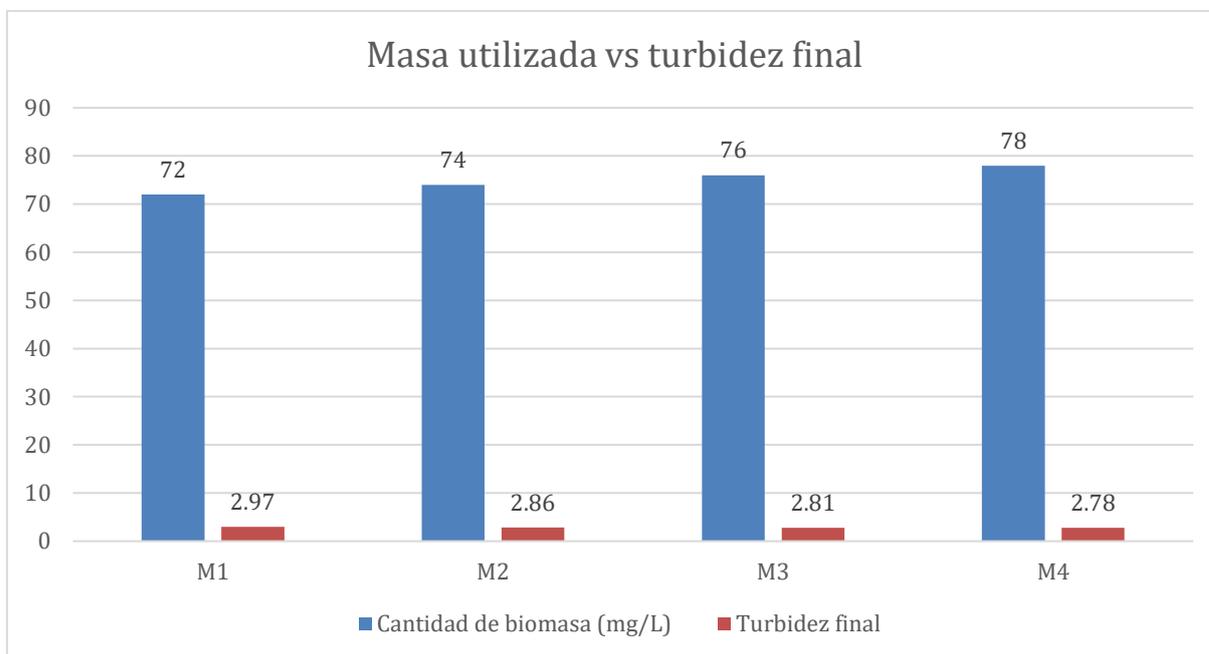


Figura 23 Masa utilizada y turbidez final obtenida

Fuente: propia

Al aplicar una dosis optima de 78 mg/de quitosano, a una velocidad de mezcla rápida de 120 RPM y lenta de 30 RPM se logra reducir la turbidez del agua a un valor de 2.76 NTU.

Tabla 8 Aspectos del proceso de coagulación

N° de jarras	Velocidad de mezcla rápida (RPM)	Velocidad de mezcla lenta (RPM)	Turbidez final
M1	80	10	2.90
M2	100	20	2.81
M3	120	30	2.76
M4	140	40	3.78

Elaboración propia

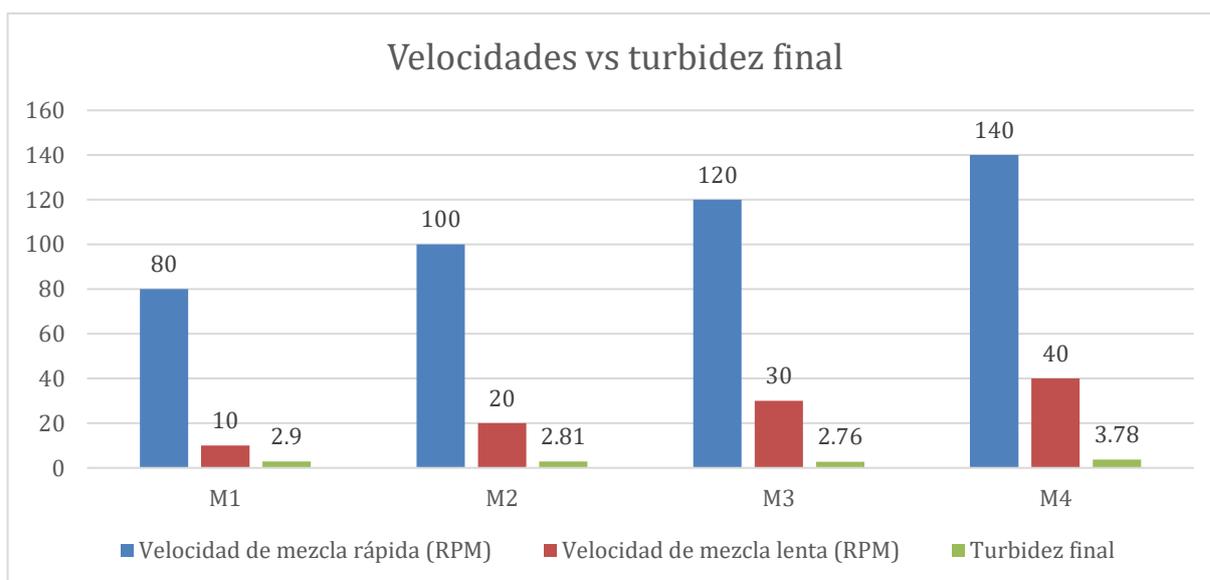


Figura 24 Velocidades utilizadas y turbidez final obtenida

Fuente: propia

Al aplicar 4 minutos de mezcla rápida y 6 minutos de mezcla lenta de, se logra turbidez de agua de 2.61 NTU.

Tabla 9 Aspectos del proceso de coagulación

N° de jarras	Tiempo de mezcla rápida (min)	Tiempo de mezcla lenta (min)	Turbidez final
M1	2	3	2.66
M2	4	6	2.61
M3	6	9	2.68
M4	8	12	2.73

Elaboración propia

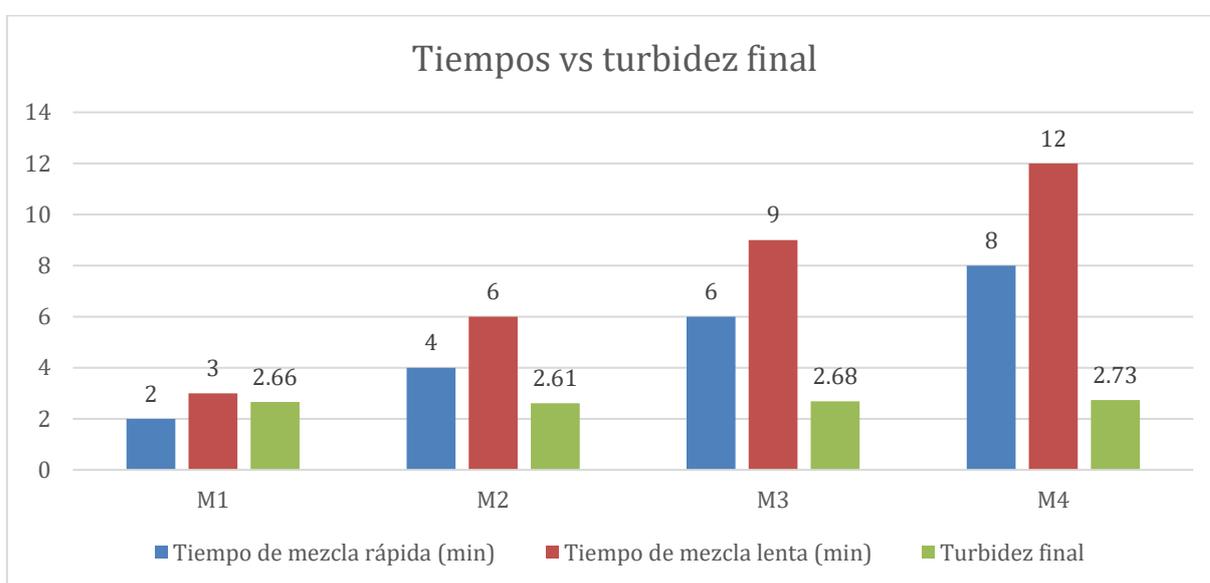


Figura 25 Tiempos utilizados y turbidez final obtenida

Fuente: propia

4.1.4. Comparación de los valores de turbidez de las aguas superficiales antes y después del tratamiento con quitosano.

La tabla 10 Compara las concentraciones de turbidez antes y después de aplicar el tratamiento óptimo con quitosano, mostrando una disminución de 11.2 NTU a 2.61 NTU.

Tabla 10 Turbidez inicial vs Turbidez final

TURBIDEZ	NTU
INICIAL	11.2
FINAL	2.61



Figura 26 Resultado del turbidímetro

Fuente: propia

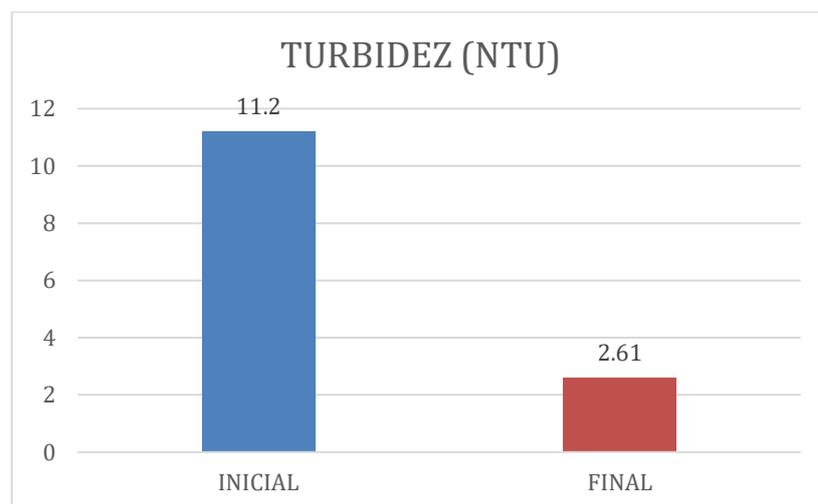


Figura 27 Turbidez inicial vs turbidez final

Fuente: propia

Una vez establecido los factores óptimos del tratamiento, se procede a calcular el porcentaje de reducción de turbidez obtenido.

$$\%R = \frac{ti - tf}{ti} \times 100$$

$$\%R = \frac{11.2 - 2.61}{11.2} \times 100$$

$$\%R = 76.69$$

Aplicando la fórmula para obtener el porcentaje de eficiencia, se obtiene que la turbidez se redujo en un 76.69%.

En la Tabla 11, se muestra el análisis de varianza (ANOVA), lo que posibilita la comprensión de cómo influyen los factores, como la concentración de coagulante y su interacción, en la variable respuesta con un nivel de confianza del 95%. Se considera el valor $p < 0.05$, lo que sugiere que este factor tiene un efecto significativo.

Tabla 11 Análisis de varianza (ANOVA) para la turbidez

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
M1	4	12.12	3.03	0.157
M2	4	11.84	2.96	0.17166667
M3	4	11.18	2.795	0.01096667
M4	4	12.27	3.0675	0.23729167

Tabla 12 Análisis de varianza (ANOVA) para la turbidez

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	0.1745688	3	0.0581896	0.4034464
Dentro de las muestras	1.7	12	0.1442312	
Total	1.9			

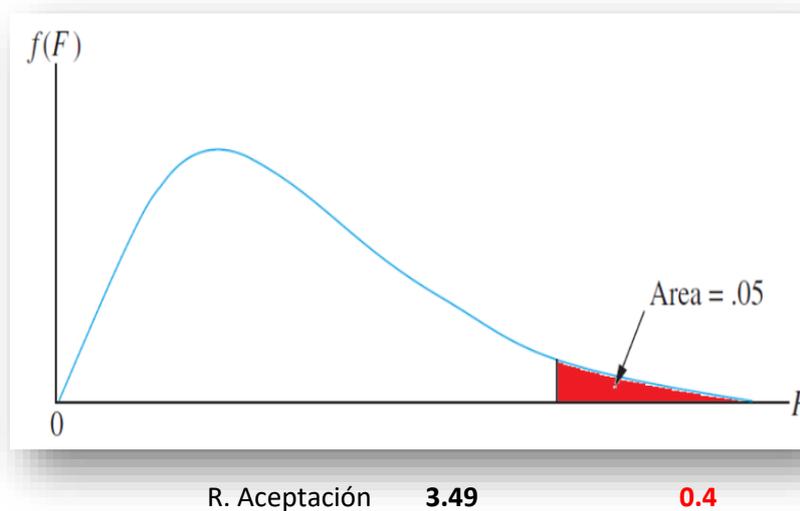


Figura 28 Rango de aceptación

Fuente: Propia

Se determina que la hipótesis nula es cierta al obtener un valor P mayor a 0.05, por lo tanto, los resultados indican que el quitosano es un coagulante natural efectivo para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.

4.2 Discusión de resultados

La investigación tuvo como finalidad evaluar la eficacia del quitosano, un coagulante natural, para remover la turbidez de las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024. La importancia de demostrar la eficacia de este material se basó en la teoría de Cruz (2021), quien señaló sus diversas aplicaciones, destacando su relevancia en investigaciones y tratamiento de aguas, ya que podía potabilizar y coagular aguas residuales turbias. Asimismo, Mendoza (2018) destacó que las aguas superficiales estaban afectadas por contaminantes con un comportamiento complejo, lo que implicaba procesos que alteraban sus características químicas y físicas, como la filtración, adsorción y precipitación.

Después de aplicar los instrumentos de recolección de información y realizar los análisis de laboratorio, se cumplió con dicho objetivo y se halló la efectividad del coagulante para remover la turbidez de las aguas superficiales. Al aplicar la fórmula para calcular el porcentaje de eficiencia, se determinó que la turbidez se había reducido en un 76.69% tras aplicar todos los indicadores óptimos en el proceso de tratamiento. En comparación, Cruz (2021) encontró, al establecer los indicadores óptimos de 300 mg/L y un tiempo de floculación óptimo de 30 minutos, que la turbidez había disminuido en un 76.30%; por su parte, Rodríguez et al. (2022) obtuvieron una reducción del 87% de la turbidez. Además, Londoño y Mancipe (2022) determinaron que con una dosis óptima de 30 mg/L, se podía reducir hasta el 84.78% de la turbidez. Estas diferencias en los valores pueden estar relacionadas con la variabilidad en la calidad del agua tratada, la turbidez inicial y los parámetros específicos de cada tratamiento. En este sentido, mientras que Rodríguez et al. (2022) trabajaron con aguas con turbidez inicial superior a 15 NTU, la presente investigación se centró en valores iniciales de 11.2 NTU, lo que podría haber influido en la eficacia del proceso.

En cuanto al primer objetivo específico, se logró extraer quitosano a partir del exoesqueleto del camarón de río *Cryphiops caementarius*. Tras llevar a cabo los procesos de desmineralización, desproteinización y desacetilación, se obtuvo un polvo fino de color blanco con una viscosidad en medio ácido y una pureza de 0.895. La obtención de este agente natural y su función en el tratamiento contrastan con lo indicado por Cconchoy et al. (2023), quienes determinaron que es posible extraer el quitosano de moluscos o crustáceos, pero que este no presenta un efecto determinante en la turbidez. Esta diferencia

sugiere que la fuente de extracción puede influir en la capacidad coagulante del quitosano, probablemente debido a variaciones en su estructura química y grado de desacetilación. Según Najarro (2021), el uso del quitosano se consideró una alternativa sostenible, ya que se elaboró a partir de un compuesto orgánico de fácil obtención.

En respuesta al segundo objetivo específico, se determinaron los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes del tratamiento, registrándose parámetros iniciales de 11.2 NTU para turbidez y 7.06 para el pH. Estos resultados generaron preocupación, puesto que no guardan relación con los de Cornejo (2022), quien indicaba que la turbidez promedio de la laguna era de 3.5 NTU, lo que podría tener efectos negativos en el ecosistema. Además, los valores obtenidos en este estudio sobrepasan los límites de 5 NTU de turbidez establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental del Agua para la categoría 1: Poblacional y Recreacional, Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. Resultados similares se obtuvieron en el estudio de Gutiérrez et al. (2023), quienes, tras analizar las aguas del río Moche, encontraron que las concentraciones de parámetros fisicoquímicos e inorgánicos se encontraban por encima de los estándares de calidad; sin embargo, después de aplicar quitosano, los valores redujeron significativamente.

Para el tercer objetivo, se identificaron la dosis, velocidad de agitación y tiempo de mezcla óptima del quitosano como coagulante natural para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024. Los valores óptimos fueron de 78 mg/L de dosis, 120 RPM de velocidad rápida, 30 RPM de velocidad lenta, 4 minutos de mezcla rápida y 6 minutos de mezcla lenta. Estos resultados, que redujeron significativamente la turbidez, coincidieron con los de Capitillo et al. (2023), quienes afirmaron que el quitosano era una alternativa viable en el tratamiento de aguas. Sin embargo, comparando con Rodríguez et al. (2022), quienes lograron una reducción mayor (87%), se sugiere que el tiempo de mezcla y la dosis pueden ser variables determinantes para mejorar la eficiencia. En este sentido, futuras investigaciones podrían evaluar la optimización de estos parámetros a través de un diseño experimental factorial.

Finalmente, la comparación de la turbidez antes y después del tratamiento con quitosano mostró una reducción de 11.2 NTU a 2.61 NTU. Este resultado confirmó el éxito del tratamiento, ya que se situó por debajo de los 5 NTU establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental del Agua. No obstante, considerando que Rodríguez et al. (2022) y Londoño y Mancipe (2022) obtuvieron reducciones superiores al 80%, se recomienda evaluar la interacción de la dosis con el tiempo de retención hidráulica para determinar si es posible alcanzar una mayor eficiencia sin afectar la sostenibilidad del proceso.

Por otro lado, se contempla un análisis costo-beneficio de la aplicación del quitosano en comparación a los coagulantes convencionales. Como se pudo apreciar en los

estudios antecedentes, utilizar coagulantes químicos establecidos en el mercado como el sulfato de aluminio y el cloruro férrico pueden poseer un costo promedio inicial menor por kilogramo que el quitosano, además de considerar el ahorro de gastos de viajes y procesos químicos para formarlo. Sin embargo, con los resultados de la presente investigación se ha determinado que, a pesar de que el costo inicial del quitosano puede llegar a ser más elevado, la dosis óptima requerida es menor y su capacidad para generar lodos lo convierten en una opción económicamente viable a largo plazo y sostenible para con el medio ambiente. Además, al ser un material biodegradable los costos para su disposición final son menores, a diferencia de los convencionales que generan lodos tóxicos que requieren tratamientos extra.

Con respecto a la escalabilidad del tratamiento propuesto con quitosano, la aplicación a mayor escala de este coagulante es viable; sin embargo, representa desafíos económicos y logísticos que se deben considerar. Con los resultados obtenidos a nivel laboratorio se puede determinar que el coagulante de quitosano resulta eficaz para reducir la turbidez, sin embargo, para implementarlo en sistemas de tratamiento de gran escala se necesita de una producción constante del quitosano a partir de las fuentes orgánicas disponibles como el exoesqueleto de los camarones de río, así como también la determinación de la dosificación y mezcla óptima para mayores tamaños. Entonces, si bien el quitosano puede competir con coagulantes convencionales, los costos de extracción y procesamiento son una barrera inicial que se debe superar; no hay duda de que una vez hecho esto, gracias al origen biodegradable y el nulo impacto ambiental del quitosano se vea como una alternativa eficaz en el tratamiento de las aguas superficiales a gran escala.

CONCLUSIONES

1. Se evaluó la eficacia del quitosano, un coagulante natural para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024, logrando una remoción del 76.69% al aplicar todos los indicadores óptimos en el proceso de tratamiento.
2. El quitosano se extrae de los residuos de exoesqueleto del camarón de río *Cryphiops caementarius*, mediante los procesos de desmineralización, Desproteínización y desacetilación, obteniendo un polvo fino de color blanco con una viscosidad en medio ácido con una pureza de 0.895.
3. Los valores iniciales de turbidez y pH de las aguas superficiales de la laguna Lagunillas son de 11.2 NTU, 7.06, respectivamente.
4. Se identificaron la dosis, velocidad de agitación y tiempo de mezcla óptima de quitosano, un coagulante natural para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024, siendo estos de 78 mg/L, 120 RPM de velocidad rápida y 30 RPM de velocidad lenta y tiempo de mezcla rápido de 4 minutos y lento de 6 minutos.
5. Se compara la turbidez de las aguas superficiales antes y después del tratamiento con quitosano, registrando una turbidez inicial de 11.2 NTU y una turbidez final de 2.61 NTU tras aplicar los parámetros óptimos. Lo que se sugiere que en el futuro, este método podría ser utilizado de manera más extensa para mejorar la calidad del agua.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros investigadores realizar estudios adicionales para establecer la cantidad óptima de quitosano según distintos niveles de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas.
- Una mejora en la dosificación podría incrementar la efectividad del proceso de coagulación y reducir costos.
- Además, se sugiere que investiguen la eficacia de otros coagulantes naturales en comparación con quitosano considerando su uso en el tratamiento de la turbidez en aguas superficiales. Esto podría proporcionar alternativas y, posiblemente opciones más económicas.
- Se recomienda a los futuros investigadores evaluar más parámetros fisicoquímicos del agua durante el tratamiento con el quitosano para determinar su efectividad en más ámbitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeciga A. y Muñoz M. (2013) pH, HISTORIA DE UN CONCEPTO. ANÁLISIS EN TEXTOS DE EDUCACIÓN SUPERIOR. Tesis de Magister. Universidad Pedagógica Nacional – Bogotá.
- BAHAMONDE, N & VILA, I. 1999, “Sinopsis sobre la biología del camarón de río del norte” Servicio agrícola ganadero División de Pesca, Biología Pesquera 5: 3 – 60. Santiago, Chile.
- Barrantes A. (2022) La importancia del color en el agua como parámetro de calidad. [En Línea] Recuperado de <https://tecnosolucionescr.net/blog/695-la-importancia-del-color-en-el-agua-como-parametro-de-calidad>
- Barraza-Guardado, Ramón Héctor, Martínez-Córdova, Luis Rafael, Enríquez-Ocaña, Luis Fernando, Martínez-Porchas, Marcel, Miranda-Baeza, Anselmo, & Porchas-Cornejo, Marco Antonio. (2014). Efecto de efluentes de granjas camaronícolas sobre parámetros de la calidad del agua y del sedimento frente a la costa de Sonora, México. *Ciencias marinas*, 40(4), 221-235. <https://doi.org/10.7773/cm.v40i4.2424>
- BCN (2016) Calidad del Agua. Departamento de estudios, extensión y publicaciones / 16 de noviembre de 2016.
- Berghoff C. (2011). Desarrollo y caracterización de matrices compuestas quitosano/polímero sintético para regeneración de tejido óseo. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de la Plata.
- BOCARD, E. MORALES, A. LLIPITA, R. 2007 Densidades muestrales en diferentes horas del día de *Cryphiops caementarius* en la desembocadura del río tambo. Arequipa Perú; BIOS, Revista Científica del Departamento Académico de Biología de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Perú.
- Capitillo-Maita, D., Castillo-Rivas, J., Gil-Álvarez, J. A., & Pérez-Torres, T. (2023). Uso de quitosano como coagulante y floculante en el tratamiento de aguas residuales provenientes de plantas de pegamento y pintura. *Informador Técnico*, 87(2), 120-132.
- Carpio E. y Tito E. (2017). Escalas productivas y nivel de riesgo del productor de trucha, Puno-Perú. *Comunicación*, ISSN 2219-7168.
- Castro, L., Fossi, L., Guerrero, W., & Vera, L. (2013). Competencias gerenciales y gestión de los proyectos educativos. *Orbis Revista Científica Ciencias Humanas*, vol. 9(25), pp. 91–108.
- Cconchoy Mosqueira, C. V., Cieza Carlos, L. F., & Milla Hilares, S. A. (2023). Eficiencia del quitosano extraído del choro (*Aulacomya Atra Molina*) como coagulante natural para la reducción de la turbidez del agua proveniente del Río Chillón.

- Celi, H. (2021). Factores que contribuyen a la variación espacial de la concentración de oxígeno disuelto en estanques acuícolas en época de frío. UTMACH, 33. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17512/1/ECUACA-2021-IAC-DE00011.pdf>
- Charapaqui J. (2023) ACCIÓN COAGULANTE DE LA TUNA, TARA, MASHUA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS DEL RIO ICHU HUANCAVELICA 2020. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Chung, Y. L., & Liu, S. W. (2021). Advances in the preparation and application of chitin and chitosan derivatives. *Frontiers in Chemistry*, 9, 693243.
- Cornejo A. (2022) Caracterización espacio temporal de la contaminación por acuicultura en las aguas superficiales de la Laguna Lagunillas. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cruz K. (2021). Obtención de quitosano por medio de escamas de pescado para tratamiento de agua potable. Tesis de grado. Corporación Universidad de la Costa.
- Díaz J. (2019). Aplicación de la enzima papaína obtenida a partir de las semillas "carica papaya" como coagulante natural para la remoción de turbidez en la ptar- v.e.s. [Investigación de grado, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]
- Fatombi J, Lartiges B., Aminou T., Barres, O. y Caillet, C. (2013). A natural coagulant protein from copra (*Cocos nucifera*): isolation, characterization, and potential for water purification. *Sep. Purif. Technol.* Vol. 116, pp. 35–40.
- Feria, J.J., Tavera, M.J. & Perna, O. (2018). Extraction and Efficiency of Chitosan from Shrimp Exoskeletons as Coagulant for Lentic Water Bodies. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(2), 1060-1067. Recuperado de https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n2_32.pdf
- Gómez, A., & Martínez, R. (2023). Estrategias de sostenibilidad en la acuicultura del camarón de río en Arequipa, Perú. *Revista de Acuicultura Tropical*, 12(4), 25-40.
- Gutiérrez L., Otoyá A., Haro E. y Solís H. (2023) Biopolímero quitosano comercial. Impacto en la eliminación de metales pesados en los ríos. *Religación Press*, pp.8 – 125.
- Hernández, R., Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.
- Hurtado J. y Yarleque E. (2017) Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum tuberosum*) en la purificación del agua del Río Patari para uso de consumo humano. Tesis de Grado. Universidad Nacional del Callao.

- IMARPE (2014) MONITOREO ECOLÓGICO Y LIMNOLÓGICO DE LA LAGUNA LAGUNILLAS, LAMPA – PUNO. [EN LÍNEA] Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/IT-IMARPE-56.pdf>
- IMARPE (2020). Imarpe realizó monitoreo anual del camarón en el río Majes-Camaná, Arequipa. [EN LÍNEA] Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/imarpe/noticias/321765-imarpe-realizo-monitoreo-anual-del-camaron-en-el-rio-majes-camana-arequipa>.
- INDUANALISIS (2019) Agua subterráneas y superficial. [En Línea] Recuperado de https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/agua_subterranas_y_superficial_29
- Instituto del agua (2024) Turbidez del Agua en Acuicultura: Un Desafío Clave para el Crecimiento Saludable de Especies Marinas [En línea] Disponible en: <https://institutodelagua.es/acuicultura/turbidez-del-agua-en-acuicultura/#:~:text=En%20la%20acuicultura%2C%20la%20turbidez,su%20capacidad%20para%20respirar%20adecuadamente>.
- ITP (2020) RESIDUOS PESQUEROS, UNA ALTERNATIVA PARA EL DESARROLLO DE PRODUCTOS CON VALOR. [En línea] Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/774097/Bolet%C3%ADn_Informativo_D002-2020.pdf?v=1655325997
- JARA C (1994) Camarones dulceacuícolas en Chile Informe técnico-científico. Instituto de Zoología, Universidad Austral de Chile. 15 pp.
- Lara, C., Espinoza, P., Rivera, M., Astorga, K., Acedo, F., & Bermudez, M. (2015). Desarro de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *AquaTIC*, 43, 1-13. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49447307001>
- Londoño Morales, N. A., & Mancipe Gómez, D. A. (2022). Uso del quitosano obtenido a partir de quitina de *Hermetia illucens* Linnaeus.(INSECTA: DIPTERA) para el tratamiento de aguas naturales sintéticas.
- López, A. (2005). *Acuicultura como herramienta para el Desarrollo*” Agencia Española de Cooperación Internacional. Madrid - España: AECI.
- Lozano, L. (2018). Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floclantes de *Opuntia ficus-indica*(Tuna) con diferentes procesos de extracción en el Río Chonta de Cajamarca, 2018 [Tesis, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelol]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/721>
- Medina D. (2019) DETERMINACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES QUE AFECTAN A LA POBLACIÓN DE CAMARÓN DE RIO (Cryphiops

- caementarius) EN EL RIO OCOÑA - REGIÓN AREQUIPA. Tesis de Magister. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
- Mendoza M. (2018) Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua superficial en el centro poblado de Sacsamarca, Región Ayacucho, Perú. Tesis de Magister. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Medio Ambiente (2000). La calidad de las aguas. La situación actual y los problemas existentes. En: Libro Blanco del Agua en España. Madrid, España: Centro de Publicaciones; p. 196-412.
- Miranda J. (2010). Determinación de E. coli y metales pesados, como indicadores de contaminación ambiental en las aguas superficiales del arroyo Cerro Gordo del municipio de Hidalgo, Durango. Coahuila, México.
- MORALES, M. C., & MERUANE, J. (2017). Larval condition indicators applied to the northern river shrimp *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782), under condition of controlled cultivation. Submission article platform-Latin American Journal of Aquatic Research, 40(3).
- OMS (2012). Agua, saneamiento y salud (ASS): Informe acerca de los progresos sobre el agua potable y saneamiento. Recuperado de http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2012/drinking_water_20120306/es/
- Oré J. (2016) Evaluación de la contaminación del agua ocasionada por actividades piscícolas del RÍO CHÍA en el DISTRITO DE INGENIO – HUANCAYO. Tesis de Magister. Universidad Nacional Del Centro Del Perú.
- PELT (2014). Estudio Genético de las Especies Ícticas Nativas del Lago Titicaca. Caracterización y Estructura Poblacional. Informe Final. Universidad de Barcelona-Museo Nacional de Ciencias Naturales- Proyecto Especial Lago Titicaca - Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries. 190 pp.
- PRODUCE (2010). Plan Nacional de Desarrollo Acuícola. Lima- Perú.
- Rabasso M. (2006) LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACUICULTURA, CAUSAS Y EFECTOS. Vector Plus. Las Palmas de Gran Canaria: Fundación Universitaria, vol. 28, p. 89.
- Rodríguez D., Rodríguez Y. y Burbano E. (2022) Quitosano aplicado en el tratamiento del agua residual de la producción de aceite de palma. Agronomía Mesoamericana, vol. 33 (1).
- Tello E. (2017). Evaluación del quitosano obtenido a partir de escamas de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) por métodos químicos y biológico. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de San Agustín.

- Terrones, A. (2019). Dosis óptima de la goma *Caesalpinia spinosa* para la mejora de la calidad del agua del Río Chancay –Lambayeque. Perú: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales.
- UNICEF (2014). Agua, saneamiento e higiene [En línea]. Recuperado de http://www.unicef.org/spanish/wash/index_43106.html
- Vásquez W., Talavera M. y Inga M. (2015). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa - Puno. Revista de La Sociedad Química Del Perú, Vol. 82, pp. 15–28.
- Vela, C. (2016). Disminución de la turbidez utilizando coagulante natural *Moringa Oleifera* en aguas obtenidas del río Alto Chicama, puente Ingón, Trujillo. Universidad César Vallejo, 57.
- WETZEL R., LIKENS G. 2010. Limnological Analysis. Tercera Edición. Editorial springer. USA. 429 pp.
- Yang, R., Li, H., Huang, M., Yang, H. & Li, A. (2016). A review on chitosan-based flocculants and their applications in water treatment. Water Research, 95, 59-89. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.068>
- YAULI, C. V. (2017). Repoblamiento gradual y controlada del camarón (*Cryphiops caementarius*) en los ríos Sama y Locumba de Tacna. CIENCIA & DESARROLLO, (6).
- YÉPEZ, V y BANDIN, R. 2015 “Evaluación del recurso camarón *Cryphiops caementarius* (Molina 1782) en los ríos Ocoña, Majes - Camaná y Tambo” Informe Progresivo IMARPE N°

ANEXOS

Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
General	General			
¿Cuál es la eficacia del coagulante natural (quitosano) para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024?	Evaluar la eficacia del coagulante natural (quitosano) para remover la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.			Enfoque: Cuantitativo
				Tipo: Aplicada
				Alcance: Descriptivo
Específicos	Específicos			Diseño: Pre Experimental
¿Como se puede aprovechar el exoesqueleto de camarón de río Cryphiops caementarius?	Obtener un coagulante natural a partir del exoesqueleto del camarón de río Cryphiops caementarius.	Dependiente: Turbidez del agua	Nivel de turbidez	Población: Las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.
¿Cuáles son los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes del tratamiento?	Determinar los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes del tratamiento.			Muestra: 40 litros de las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.

<p>¿ Cuáles son las condiciones óptimas del quitosano un coagulante natural para tratar la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, ¿2024?</p>	<p>Identificar la dosis, velocidad de agitación y tiempo de mezcla óptima del quitosano un coagulante natural para remover la turbidez de las aguas superficiales en la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024.</p>	<p>Independiente: Coagulante natural (Quitosano)</p>	<p>Dosis optima</p>	<p>Prueba de jarras</p>
<p>¿Cuál es la diferencia de los valores de turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes y después del tratamiento?</p>	<p>Comparar la turbidez en las aguas superficiales de la laguna Lagunillas antes y después del tratamiento con quitosano.</p>		<p>Tiempo de agitación</p>	<p>Cronometro</p>
			<p>Velocidad de agitación</p>	<p>Regulador</p>
			<p>Eficacia</p>	<p>Formula</p>

ANEXO 2: Certificado de calibración – PRUEBA DE JARRAS



Página 01 de 02

CERTIFICADO DE CALIBRACION GEP-050-24

1. Datos del servicio:

Solicitante : GROUP ENVIROLAB PERU E.I.R.L.
Dirección : MZA. Y LOTE. 4 URB. 3 DE
OCTUBRE COMITE 1 (OTROS)
AREQUIPA - AREQUIPA - J.LByR

Referencia : OS 000012
Equipo de Medición : PRUEBA DE JARRAS
Marca : GALLI
Modelo : 4 POSICIONES
Código identificación : 3467
Nro. De serie : 134523867
Procedencia : ITALIA
Rango de medición : 0 a 300 RPM
Resolución : 1RPM

2. Fecha de calibración: 2024-06-06

3. Lugar de calibración: LABORATORIO GROUP ENVIROLAB PERU .

4. Método de calibración: PROCEDIMIENTO GEP-009 CALIBRACION
PARA UN EQUIPO PRUEBA DE JARRAS

5. Condiciones ambientales:

	Temperatura	Humedad relativa
Inicial :	20 °C	26 % RH
Final :	20.1 °C	25 % RH

6. Patrones de referencia:

N° PALETA	INDICACION (RPM)	VALOR REFERENCIAL (RPM)	DESVOIACION INICIAL-FINAL
1	48-146-244	50-150-250	3.0 %-2.0%
2	47-141-242	50-150-250	6.1%-1.2%
3	49-148-247	50-150-250	4.6%-1.5%
4	45-142-249	50-150-250	5.8%-1.2%

Nota: los resultados están dados a la temperatura de referencia de 25 °C .

ANEXO 3: Certificado de calibración – MEDIDOR DE TURBIDEZ



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

GEP.CAL-152.24

Solicitante : GROUP ENVIROLAB PERU EIRL
Dirección : MZA. Y LOTE. 4 URB. 3 DE OCTUBRE COMITE 1 (OTROS) AREQUIPA - AREQUIPA - J.L.ByR
Expediente : GEP.CAL-152.24
Referencia :

Instrumento de Medición : Medidor de turbidez
Alcance de Indicación : 0.00 - 1000 (*)(**)
Resolución : 0.01 (*)(**)
Marca : HACH
Modelo : 2100Q
Serie : 18110C072155
Código : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Serie del sensor : NO CORRESPONDE

Método de Calibración

Comparacion directa con estandares certificados.

Fecha de Calibración : 4/06/2024

Lugar de Calibración : Laboratorio de Control de Agua - GEP

Condiciones Ambientales

Temperatura	19 °C
Humedad Relativa	32 %

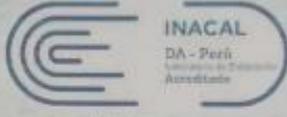
Patrones de Referencia

Descripcion	Certificado de Calibración / Nº de Lote
Termohigrometro digital	TH23-C-0320
Estandar certificado, marca Hach 800 NTU	2660501/A3055
Estandar certificado, marca Hach 100 NTU	2684901/A3354
Estandar certificado, marca Hach 20 NTU	2684801/A4009
Estandar certificado, marca Hach 10 NTU	2961801/A4008

Resultados

Indicación (NTU)	Valor de referencia (NTU)	Corrección (NTU)	Incertidumbre (NTU)
817	800	-17	28
102	100	-2	4
20.80	20	-0.80	0.7
9.98	10	0.02	0.2

ANEXO 4: Certificado de calibración – EQUIPO MULTIPARÁMETRO

 LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 053  INACAL DA - Perú
Laboratorio de Calibración Acreditado
Registra N° 12 - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FQ017 - 24 - 3

Página 1 de 3

- SOLICITANTE** : GROUP ENVIROLAB PERU E.I.R.L.
- DIRECCIÓN DEL CLIENTE** : MZA. Y LOTE. 4 URB. 3 DE OCTUBRE COMITE 1 Arequipa - Arequipa - José Luis Bustamante Y Rivero
- DATOS DEL EQUIPO:**

INSTRUMENTO	: Multiparámetro (pHmetro)	SENSOR DE	: Potencial de actividad de hidrógeno
MARCA	: HACH	MARCA	: HACH
MODELO	: HQ40d	MODELO	: PHC101
SERIE	: 171100002641	SERIE	: 190322568326
IDENTIFICACIÓN	: No indica (*)	IDENTIFICACIÓN	: No indica
INTERVALO DE INDICACIÓN	: 0 a 14 unidades de pH (**)	INTERVALO DE INDICACIÓN	: 0 a 14 unidades de pH (**)
RESOLUCIÓN	: 0,01 unidades de pH		
- LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Laboratorio de Físicoquímica de Paz Laboratorios S.R.L.
- FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2024-03-04
- ORDEN DE TRABAJO:** 56370
- ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:**

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.
Certificado sin la firma digital carece de validez.

Arequipa, 5 de marzo de 2024

Signatario autorizado:

SOMCCO CCAHUI AMANDA
ALLISON
PAZ LABORATORIOS S.R.L.
SUPERVISOR DE LABORATORIO
metrologia1@pazlaboratorios.com
Fecha: 05/03/2024 10:35
Firmado con www.tocapu.pe

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507
Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com
www.pazlaboratorios.com

PL-LME-FOR-39 v00

“EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY”

ANEXO 4A: Certificado de calibración – EQUIPO MULTIPARÁMETRO



**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Metrología
Acreditado

Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FQ017 - 24 - 3

Página 2 de 3

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

PC-020 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE pH. EDICIÓN 2, 2017, INACAL.

9. PATRONES DE REFERENCIA UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO / MRC	N° CERTIFICADO
Este instrumento es trazable a los patrones de INACAL DM	Un termómetro digital con incertidumbre de 0,022 °C a 25 °C	LT-306-2023
Materiales de Referencia Certificado (MRC) trazables a los patrones de Inorganic Ventures	MRC con valor nominal de 4,009 unidades de pH e incertidumbre de 0,014 unidades de pH	S2-WCS707634
	MRC con valor nominal de 6,978 unidades de pH e incertidumbre de 0,013 unidades de pH	T2-WCS722190
	MRC con valor nominal de 9,957 unidades de pH e incertidumbre de 0,028 unidades de pH	S2-WCS709995

Se utilizó un baño termostático con certificado E128-5681A-23-2024-1.

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%HR)
Inicial	21,90	51,8
Final	22,84	52,6

Se usó un termohigrómetro con certificado: E231-0421A-2023-2

11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo: Procedimiento "PC-020, Procedimiento para la calibración de medidores de pH" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" del Centro Español de Metrología (CEM), Primera edición - Septiembre 2008.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° 01264

(*) Información proporcionada por el cliente.
(**) Información tomada del manual del equipo.
La resolución es la observada durante la calibración.

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa
Celular: 953 766 470 | 959 010 230 | 950 780 507

PL-LME-FOR-39 v00

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

ANEXO 4B: Certificado de calibración – EQUIPO MULTIPARÁMETRO



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 053



Registro N° LC - 053

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PL - FQ017 - 24 - 3

Página 3 de 3

12. TOMA DE DATOS DEL AJUSTE:

Valor certificado a 25 °C (pH)	Lectura del instrumento (pH)	
	Antes del ajuste	Después del ajuste
4,009	3,95	3,99
6,978	6,94	6,97
9,957	9,90	9,96

13. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

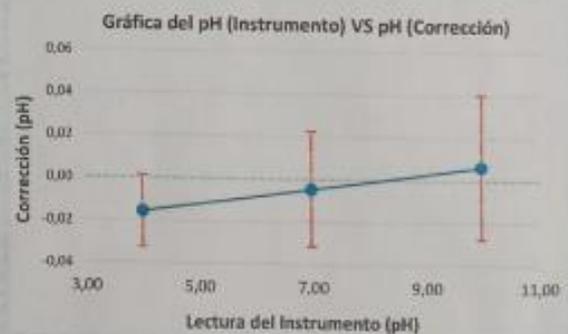
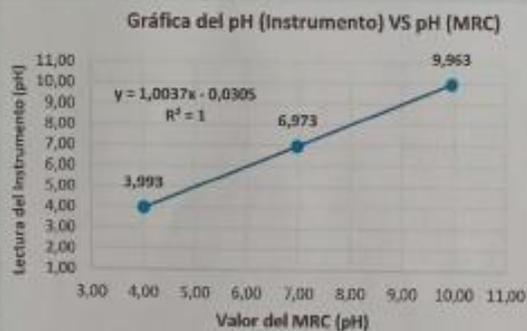
Valor certificado a 25 °C (pH)	Lectura del instrumento (pH)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
4,009	3,993	-0,016	0,017
6,978	6,973	-0,005	0,027
9,957	9,963	0,006	0,034

Nota 1: La lectura del instrumento es el valor promedio de tres lecturas a una temperatura estabilizada de 25°C.

Nota 2: La profundidad mínima de inmersión fue de aproximadamente 5 cm.

Nota 3: El tiempo de estabilización promedio fue de 3 minutos.

14. GRÁFICAS DE LOS RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:



***** FIN DEL DOCUMENTO *****

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"



**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS CON
EQUIPOS ESPECTROSCÓPICOS PARA LA DETERMINACIÓN
DE ESTRUCTURAS QUÍMICAS**

(EC-0005-2017-UNSA)

INFORME DE ENSAYO

**ANÁLISIS POR ESPECTROSCOPIA INFRARROJA POR
TRANSFORMADA DE FOURIER**

Para: Gabriela Coaquira Taco / Mario Isaac Huanca Barrantes / Mary Mar Luque Cáceres

Aprobado por: Dra. Adriana Edith Larrea Valdivia

Analista: Mag. Carlos Javier Valenzuela Huilca

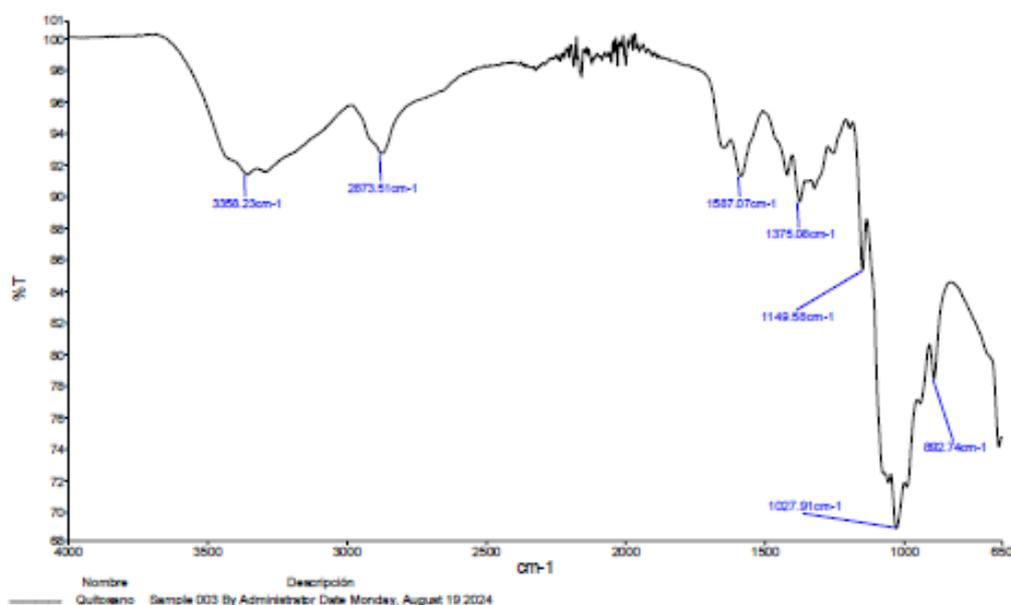
Informe de ensayo No: 256-24			
VERSIÓN	RECEPCIÓN DE MUESTRA	EJECUCIÓN DEL ANÁLISIS	EMISIÓN DE INFORME
1	13-Ago-2024	19-Ago-2024	21-Ago-2024
Descargo de Responsabilidad: Los resultados de los ensayos pertenecen solo a las muestras ensayadas y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con Normas del Producto o como certificado del Sistema de Calidad de la entidad que lo produce. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización del LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS CON EQUIPOS ESPECTROSCÓPICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESTRUCTURAS QUÍMICAS (EC-0005-2017-UNSA). Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.			

ANEXO 5A: Informe de ensayo - ANÁLISIS DE PUREZA DEL QUITOSANO

5. OBSERVACIONES

- ✓ Los resultados corresponden a la muestra proporcionada por el investigador, las cuales han sido entregadas en las instalaciones del laboratorio.
- ✓ La zona del espectro desde 1900 cm^{-1} hasta 2250 cm^{-1} corresponde al ruido generado por el accesorio, por lo que no debe ser tomada en cuenta para la identificación de grupos funcionales.
- ✓ Este documento va acompañado con la data del equipo, que consta del archivo .SP y archivo .CSV, que pueden ser manejados en Origin o Microsoft Excel, respectivamente.

6. ESPECTROS



7. BÚSQUEDA EN BASE DE DATOS

Muestra	Identificación	Match
Quitosano	CHITOSAN (LOW MOLECULAR WEIGHT) BIOCHEMIKA	0.895

ANEXO 6: Ficha de recolección de datos – PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA DE LA LAGUNA LAGUNILLAS

REGISTRO DE PUNTOS DE MUESTREO			
DATOS GENERALES			
TITULO	Evaluación del quitosano como coagulante natural para tratar la turbidez de las aguas superficiales de la laguna Lagunillas, Lampa – Puno, 2024		
AUTORES	Gabriela Coaquira Taco Mario Isaac Huanca Barrantes Mary Mar Luque Caceres		
ASESOR	Olivia Anyelina Paz Corrales		
FECHA:	18/06/2024		
ESTE INSTRUMENTO SERVIRÁ PARA CARACTERIZAR LOS PUNTOS DE MUESTREO			
PUNTO DE MUESTREO	HORA	COORDENADAS	CANTIDAD MUESTREADA
1	10:00	316110.00 m E 8261398.00 m S	10L
2	10:30	316491.00 m E 8260955.00 m S	10L
3	11:00	316990.00 m E 8260401.00 m S	10L
4	12:00	316757.00 m E 8259333.00 m S	10L

ANEXO 7: Panel fotográfico

Anexo 6A - TOMA DE MUESTRA DE LA LAGUNA LAGUNILLAS



Anexo 7B- MEDICIÓN IN SITU DE LOS PARÁMETROS PH Y TURBIDEZ.



ANEXO 8: Panel fotográfico - ETAPA DE OBTENCIÓN DE LOS RESIDUOS DE CAMARÓN



ANEXO 9: Panel fotográfico - LAVADO DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN



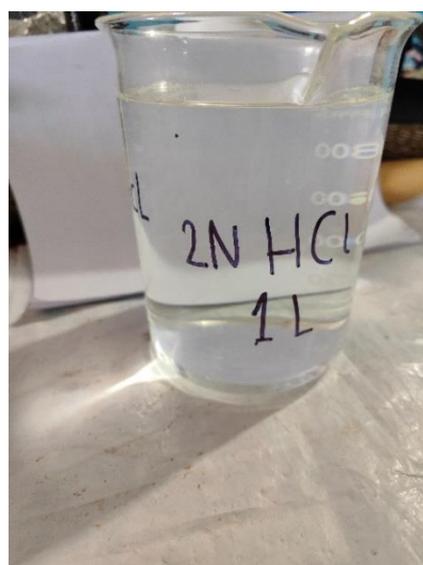
ANEXO 10: Panel fotográfico - SECADO DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN



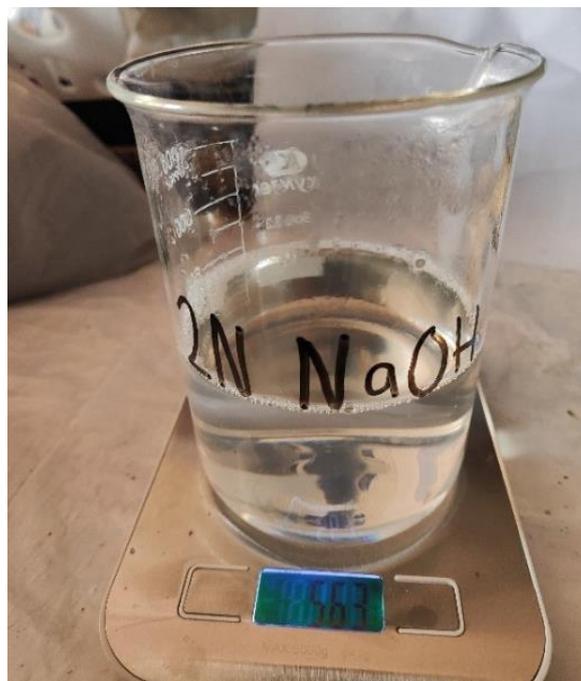
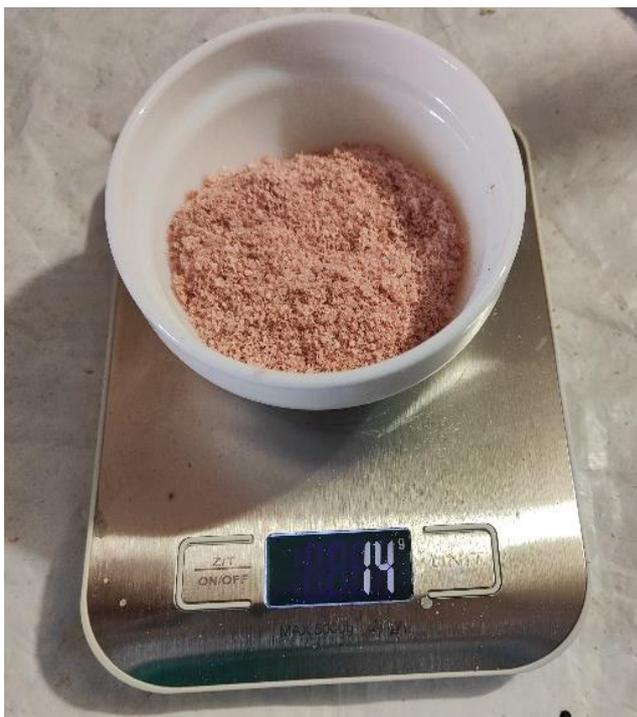
ANEXO 11: Panel fotográfico - LICUADO Y TAMIZADO DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN



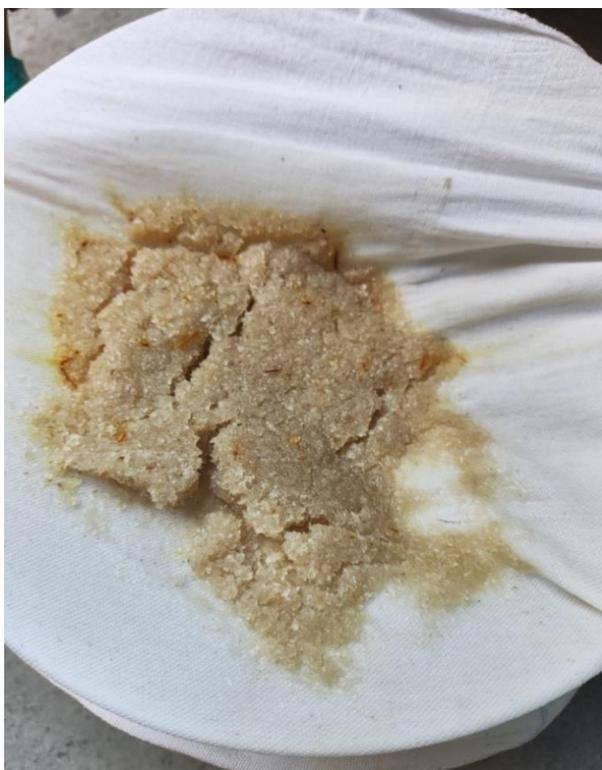
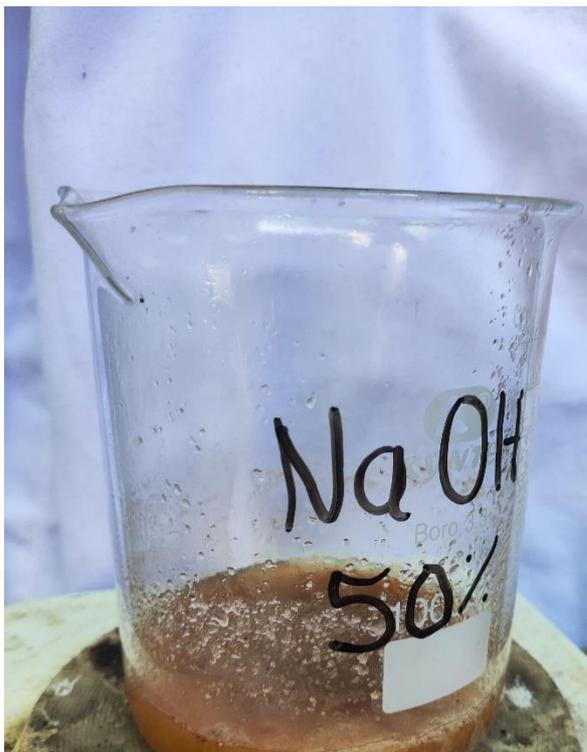
ANEXO 12: Panel fotográfico - PROCESO DE LA DESMINERALIZACIÓN



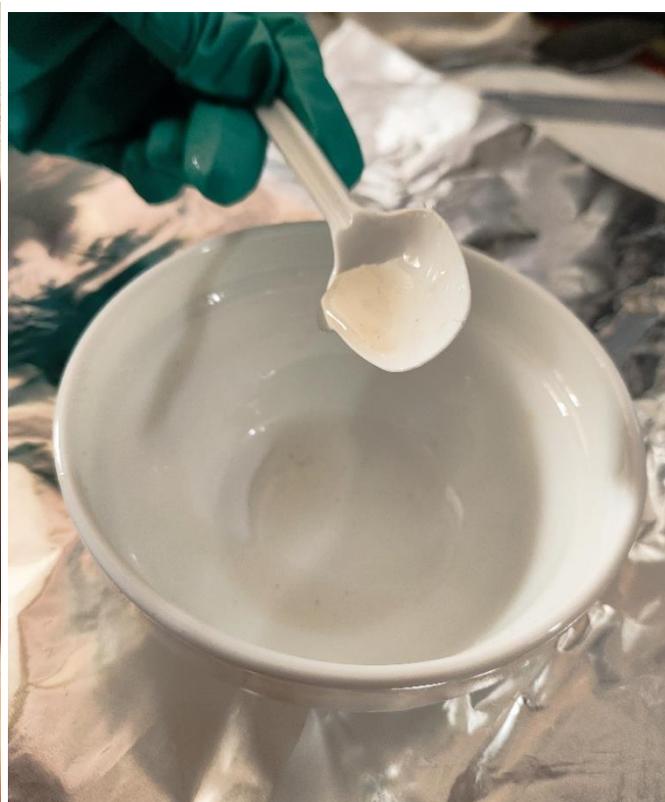
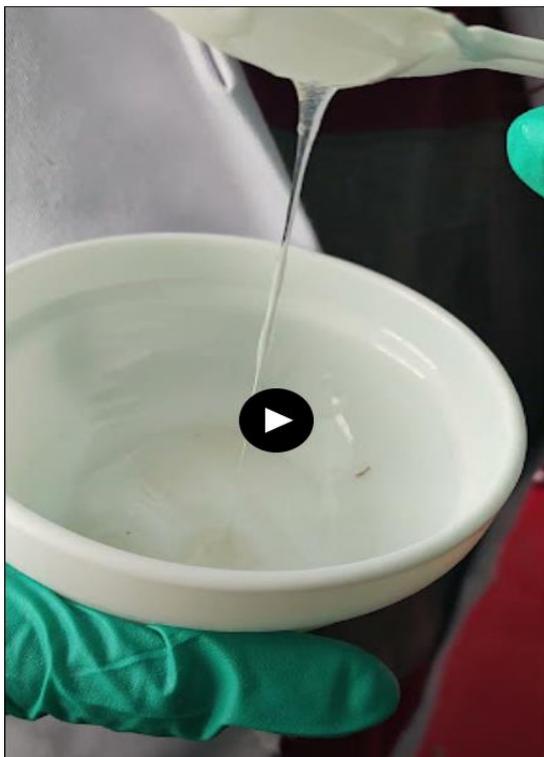
ANEXO 13: Panel fotográfico - PROCESO DE LA DESPROTEINIZACION



ANEXO 14: Panel fotográfico - PROCESO DE LA DESACETILACIÓN



ANEXO 15: panel fotográfico - PRUEBA DE SOLUBILIDAD EN ÁCIDO ACÉTICO PARA QUITOSANO



ANEXO 16: Panel fotográfico - PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE JARRAS

