



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y FORESTAL



EFECTO DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE
PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA MEJORA DE LA
CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI, 2023

Bach. Milagros Leydy Villanueva Quispe

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Asesor:

Dr. José Luis Pineda Tapia



Juliaca, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y FORESTAL**



**EFFECTO DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE
PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA MEJORA DE LA
CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI, 2023**

Bach. Milagros Leydy Villanueva Quispe

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor:

Dr. José Luis Pineda Tapia



Juliaca, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL

EFECTO DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE PAPA
(*Solanum tuberosum*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO
AYAVIRI, 2023

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

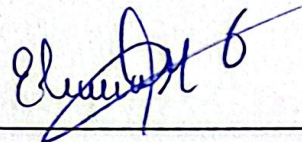
Presentada por:

Bach. Milagros Leydy Villanueva Quispe

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

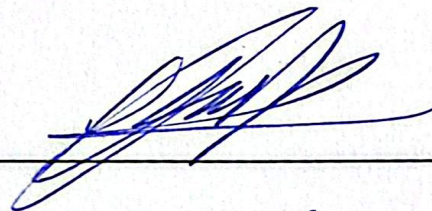
Dra. Eliana Mullisaca Contreras

PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. Hugo Apaza Aquino

JURADO (Secretario)



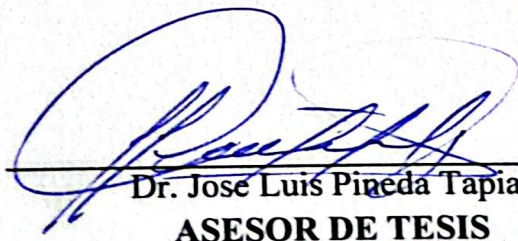
M.Sc. Milton Quispe Tisnado

JURADO (Vocal)

2° MIEMBRO




3° MIEMBRO


Dr. José Luis Pineda Tapia
ASESOR DE TESIS

Milagros Leydy Villanueva Quispe

EFECTO DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE PAPA (Solanum tuberosum) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL A...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::3117:576461684

126 páginas

Fecha de entrega
9 abr 2026, 8:19 a.m. GMT-5

29.536 palabras

Fecha de descarga
9 abr 2026, 8:27 a.m. GMT-5

161.444 caracteres

Nombre del archivo
Tesis Villanueva.pdf

Tamaño del archivo
7.1 MB






12% Similitud general

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

Filtrado desde el informe


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

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
477 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

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

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



FICHA CATALOGRÁFICA

Villanueva, M. L. (2024). *Efecto del coagulante de cáscara y almidón de papa (Solanum tuberosum) en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri*.
(Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca.

Autor: Milagros Leydy Villanueva Quispe.

Título: Efecto del coagulante de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri, 2023.

Publicación: Juliaca, 2025.

Descripción: Cantidad de páginas (126 p).

Nota: Tesis (Escuela profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal)-Universidad Nacional de Juliaca.

Código: 01-000075-01/V66

Nota: Incluye bibliografía.

Asesor: Dr. José Luis Pineda Tapia.

Palabras clave: Almidón, cáscara, calidad de agua, coagulante natural, turbidez.

DEDICATORIA

La tesis que aquí se presenta, es un reconocimiento a Dios, que me ha brindado la vida, fuerza y guía espiritual en mi trayecto personal y profesional, igualmente, esta investigación es en honor a mis padres, quienes han sido pilares relevantes en mi progreso, ya que me han brindado apoyo, paciencia, refugio y una confianza constante, desde que estoy en este mundo. Y por último, y en esencia es un tributo a mí, que a lo largo de este camino fui resiliente y capaz de vencer cualquier obstáculo, hoy me aplaudo porque es un logro mayor, gracias a mi capacidad porque siempre fui disciplinada y comprometida con lo que quise, estoy logrando uno de mis más grandes sueños.

IN MEMORIAM

De mi Abuelo Bernardo Villanueva Vilca, quien es una fuente de inspiración y sabiduría, aunque no estes terrenalmente conmigo, tu espíritu y amor continúan guiándome en cada paso de este camino.

AGRADECIMIENTO

Las palabras no son suficientes para expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que me brindaron su apoyo incondicional durante el desarrollo del presente proyecto de tesis. En primer lugar, deseo agradecer a Dios, por su amor, cuidado, protección y fuerza, que me acompañaron en cada etapa de este proceso, especialmente en los momentos más difíciles.

Expreso mi gratitud sincera a mis padres, quienes son el pilar fundamental en mi vida. Su formación, enseñanza, orientación y valores han sido esenciales en mi formación personal y profesional. Su apoyo inquebrantable, comprensión y sacrificio constante me han permitido superar los desafíos más complejos y alcanzar mis metas académicas.

Asimismo, agradezco de manera especial a mi asesor de tesis, Dr. José Luis Pineda Tapia, por su valioso acompañamiento, orientación técnica y asesoramiento constante a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos, dedicación y disposición fueron fundamentales para la culminación exitosa de la presente investigación

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN.....	12

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.1.1. Problema general	14
1.1.2. Problemas específicos.....	14
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. Objetivo General.....	14
1.2.2. Objetivos Específicos	15
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	15
1.3.1. Justificación Ambiental	15
1.3.2. Justificación Económica.....	15
1.3.3. Justificación Social	16

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES	17
2.1.1. A nivel internacional.....	17
2.1.2. A nivel nacional	18
2.1.3. A nivel regional	21
2.2. MARCO TEÓRICO	23

2.2.1. Tratamiento de agua	23
2.2.2. Parámetros físicos y químicos en el monitoreo del agua.....	23
2.2.3. Coagulación.....	26
2.2.4. Etapas del proceso de coagulación	27
2.2.5. Mecanismos de adsorción.....	28
2.2.6. Agentes de Coagulación	28
2.2.7. Floculación	30
2.2.8. La papa	31
2.2.9. Composición química de la papa.....	32
2.2.10. Composición química de la cáscara de la papa	32
2.2.11. Almidón de la papa.....	33
2.2.12. Normas de la calidad y tratamiento del agua en el Perú.....	34

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	36
3.2. ENFOQUE, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	36
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS	39
3.3.1. Materiales	39
3.3.2. Equipos	39
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	40
3.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	40
3.5.1. Hipótesis General	40
3.5.2. Hipótesis Específicas.....	40
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
3.7. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	41
3.7.1. Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua del río Ayaviri antes y después de la aplicación de los coagulantes.....	42
3.7.2. Obtención de los coagulantes a base de cáscara y almidón de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).....	44
3.7.3. Determinación de la dosis óptima del coagulante de cáscara y almidón de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri.....	46
3.8. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS.....	49

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua del río Ayaviri antes y después de la aplicación de los coagulantes.....	50
4.2. Obtención de los coagulantes a base de cáscara y almidón de papa (<i>Solanum Tuberosum</i>), para mejorar la calidad del agua del río Ayaviri.....	54
4.3. Determinación de la dosis optima del coagulante de cáscara y almidón de papa (<i>Solanum Tuberosum</i>) en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri.....	56

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	81
5.2. RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Coagulantes naturales</i>	29
Tabla 2. <i>Composición química de la papa</i>	32
Tabla 3. <i>Composición química de la cáscara de papa</i>	33
Tabla 4. <i>ECA - Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable</i>	35
Tabla 5. <i>Diseño factorial</i>	38
Tabla 6. <i>Matriz de experimentación</i>	38
Tabla 7. <i>Métodos para Análisis de Parámetros en laboratorio</i>	44
Tabla 8. <i>Prueba de jarras para el coagulante a partir de almidón de papa</i>	47
Tabla 9. <i>Prueba de jarras para el coagulante a partir de cáscara de papa.</i>	48
Tabla 10. <i>Análisis fisicoquímico del agua del río Ayaviri</i>	50
Tabla 11. <i>Comparación de los resultados iniciales con los ECA agua – Categoría 1</i> .	52
Tabla 12. <i>Rendimiento obtenido en la elaboración de coagulantes naturales</i>	55
Tabla 13. <i>Eficiencia del coagulante a base de cáscara de papa en la reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri.</i>	57
Tabla 14. <i>Eficiencia del coagulante a base de almidón de papa en la reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri.</i>	58
Tabla 15. <i>Comparación de la eficiencia de remoción de parámetros físico-químicos utilizando ambos coagulantes en sus dosis óptimas</i>	60
Tabla 16. <i>Análisis de Varianza (ANOVA) aplicado al coagulante de cáscara de papa en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri</i>	62
Tabla 17. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro de pH en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa</i>	63
Tabla 18. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro de la turbidez en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa</i>	65
Tabla 19. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro DBO₅ en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa</i>	67
Tabla 20. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro DQO en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa</i>	68
Tabla 21. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro SST en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa</i>	70

Tabla 22. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro conductividad eléctrica en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa.</i>	71
Tabla 23. <i>Análisis de Varianza (ANOVA) aplicado al coagulante de almidón de papa en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri</i>	72
Tabla 24. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro de pH en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.</i>	74
Tabla 25. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro de la turbidez en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.</i> ...	75
Tabla 26. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro DBO5 en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.</i>	77
Tabla 27. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro DQO en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa</i>	78
Tabla 28. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro SST en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.</i>	79
Tabla 29. <i>Análisis de Tukey sobre el parámetro conductividad eléctrica en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.</i>	80
Tabla 30. <i>Matriz de operacionalización de Variables</i>	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Coagulación</i>	26
Figura 2. <i>Etapas del proceso de la coagulación</i>	27
Figura 3. <i>Etapas de la Floculación</i>	31
Figura 4. <i>Localización del muestreo en el río Ayaviri.</i>	36
Figura 5. <i>Flujograma de procedimientos realizados en la investigación.</i>	42
Figura 6. <i>Mapa de puntos de muestreo del Río Ayaviri</i>	43
Figura 7. <i>Diagrama de flujo de la obtención de coagulante a base de cáscara de papa</i> ..	45
Figura 8. <i>Diagrama de flujo de la obtención de coagulante a base de almidón de papa</i> ..	46
Figura 9. <i>Comparación de los parámetros fisicoquímicos iniciales con los ECA</i>	52
Figura 10. <i>Eficiencia del coagulante a base de cáscara de papa en la reducción de parámetros fisicoquímicos</i>	57
Figura 11. <i>Eficiencia del coagulante a base de almidón de papa en la reducción de los parámetros fisicoquímicos</i>	59
Figura 12. <i>Comparación de la eficiencia de remoción de parámetros físico-químicos utilizando ambos coagulantes en sus dosis óptimas</i>	60

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	94
ANEXO 2. <i>Informe de ensayo fisicoquímico del rio Ayaviri (N° 0039)</i>	95
ANEXO 3. <i>Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de cáscara de papa - repetición 1 (N° 00040)</i>	98
ANEXO 4. <i>Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de cáscara de papa - repetición 2 (N° 00045)</i>	101
ANEXO 5. <i>Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de cáscara de papa - repetición 3 (N° 00041)</i>	104
ANEXO 6. <i>Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de almidón de papa - repetición 1 (N° 00042)</i>	107
ANEXO 7. <i>Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de almidón de papa - repetición 2 (N° 00043)</i>	110
ANEXO 8. <i>Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de almidón de papa - repetición 3 (N° 00044)</i>	113
ANEXO 9. <i>Resultados de laboratorios Analíticos del Sur</i>	115
ANEXO 10. <i>Cadena de custodia</i>	116
ANEXO 11. <i>Panel fotográfico</i>	119

RESUMEN

El río Ayaviri presenta elevados niveles de turbidez y contaminación, generados por descargas urbanas, actividades ganaderas, actividades mineras y vertimientos procedentes del camal municipal, representado una amenaza a la salud poblacional y el equilibrio ambiental. Frente a esta problemática, es relevante implementar tácticas que sean sostenibles para el proceso de acondicionamiento del agua, entre las cuales destacan los coagulantes naturales, por ser alternativas ambientalmente seguras, económicamente accesibles y altamente biodegradables. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de coagulantes naturales obtenidos de la cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la mejora de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri. Se realizó un muestreo compuesto en zig zag, recolectando 40 litros de agua, con el fin de obtener una muestra representativa del cuerpo hídrico. Los coagulantes fueron obtenidos mediante procesos de limpieza, pelado, secado y molienda de la materia prima. Las dosis aplicadas oscilaron entre 0.5 y 3.0 mL/L, las cuales fueron evaluadas mediante pruebas de jarras, que comprendieron fases de agitación rápida (120 rpm por 1 minuto), agitación lenta (30 rpm por 20 minutos) y a proceso de sedimentación por 15 minutos. El análisis estadístico mediante ANOVA evidenció diferencias significativas entre las dosis aplicadas, destacando una mayor eficiencia del coagulante extraído de cáscara de papa en comparación con el de almidón. Los resultados demostraron reducciones significativas en los parámetros evaluados: Turbidez (94.8% con 0.5 mL/L), DBO₅ (87.0% con 3.0 mL/L), DQO (87.0% con 2.0 mL/L), y SST (99.1% con 1.5 mL/L). En conclusión, los coagulantes naturales, especialmente el obtenido a partir de la cáscara de papa, representan una opción eficiente, viable y ambientalmente sostenible para la purificación de aguas contaminadas, contribuyendo a la mitigación del impacto ambiental y a la protección de la salud pública.

Palabras clave: Almidón, cáscara, calidad de agua, coagulante natural, turbidez.

ABSTRACT

The Ayaviri River exhibits high levels of turbidity and pollution resulting from urban discharges, livestock activities, mining operations, and effluents from the municipal slaughterhouse, posing a threat to public health and environmental balance. In light of this issue, it is relevant to implement sustainable strategies for the water conditioning process, among which natural coagulants stand out, as they are environmentally safe, economically accessible, and highly biodegradable alternatives. The objective of this study was to determine the effect of natural coagulants obtained from potato peel and potato starch (*Solanum tuberosum*) on the improvement of the physicochemical parameters of the Ayaviri River water. A composite zig-zag sampling was carried out, collecting 40 liters of water to obtain a representative sample of the water body. The coagulants were obtained through cleaning, peeling, drying, and milling processes of the raw material. The applied doses ranged from 0.5 to 3.0 mL/L and were evaluated through jar tests consisting of rapid mixing (120 rpm for 1 minute), slow mixing (30 rpm for 20 minutes), and a sedimentation process of 15 minutes. The statistical analysis using ANOVA revealed significant differences among the applied doses, highlighting a greater efficiency of the coagulant extracted from potato peel compared to that obtained from starch. The results demonstrated significant reductions in the evaluated parameters: Turbidity (94.8% at 0.5 mL/L), BOD₅ (87.0% at 3.0 mL/L), COD (87.0% at 2.0 mL/L), and TSS (99.1% at 1.5 mL/L). In conclusion, natural coagulants—particularly the one obtained from potato peel represent an efficient, viable, and environmentally sustainable option for the purification of contaminated waters, contributing to the mitigation of environmental impacts and the protection of public health.

Key words: Starch, peel, water quality, natural coagulant, turbidity.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua potable libre de contaminantes es una necesidad fundamental en el bienestar humano y el desarrollo sostenible (Benöhr, 2023); sin embargo, representa un desafío global, especialmente en regiones donde los cuerpos de agua están expuestos a la contaminación por actividades humanas e industriales (Elazhar et al., 2021). La calidad hídrica es clave para la salud poblacional y el equilibrio ambiental, lo que hace prioritario su adecuado tratamiento (Nath et al., 2021).

Muchos cuerpos de agua, como el río Ayaviri, presentan niveles críticos de contaminación debido a la acumulación de sólidos suspendidos y otros agentes contaminantes (ANA, 2020). Esta situación no solo amenaza la salud de las comunidades cercanas, sino que también compromete la biodiversidad y el equilibrio ecológico del entorno (Precious et al., 2021). Tradicionalmente, se han utilizado productos químicos sintéticos para tratar estas aguas (Desta & Bote, 2021) ; sin embargo, su uso excesivo puede generar repercusiones negativas tanto en el bienestar humano como en el medio ambiente (Kumar et al., 2022).

Ante esta problemática, la búsqueda de coagulantes naturales ha surgido como una alternativa sostenible frente a los derivados químicos convencionales usados en el proceso de purificación del agua (Alazaiza et al., 2022). Los coagulantes naturales, derivados de fuentes vegetales, como la cáscara y el almidón de papa (Theodoro et al., 2013), se presentan como opciones prometedoras al ofrecer soluciones accesibles y de menor impacto ambiental en comparación a productos convencionales (Dayarathne et al., 2021).

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de coagulantes naturales, elaborados a partir de cáscara y almidón de papa buscando optimizar la calidad del agua del río Ayaviri. Aprovechando los residuos orgánicos generados en los hogares por el consumo de papa, estos biocoagulantes representan una alternativa ecológica y eficiente, reduciendo la dependencia de coagulantes sintéticos (Sánchez & Heredia, 2020). Su aplicación podría contribuir al desarrollo de tecnologías de tratamiento de agua más accesibles y sostenibles para comunidades afectadas por la contaminación hídrica.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua potable de calidad es esencial para la salud pública y el desarrollo sostenible (Mishra et al., 2021). Sin embargo, la contaminación de los cuerpos hídricos por descargas domésticas, agrícolas, ganaderas y mineras representa una amenaza creciente para los ecosistemas y las comunidades que dependen de ellos (Lin et al., 2021). Esta problemática se agrava en zonas donde la infraestructura de potabilización es inadecuada o limitada, incrementando la carga contaminante en el agua (Okwitanti et al., 2022). La turbidez del agua refleja la presencia de partículas coloidales, sedimentos, materia orgánica y contaminantes químicos (Kumar et al., 2022). Su monitoreo permite evaluar la potabilidad y la seguridad del recurso hídrico frente a diversos usos, siendo un indicador crítico de gestión sostenible (Chamieh et al., 2024).

En el Perú, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha identificado en la región de Puno altos niveles de afectación hídrica, siendo el río Ayaviri uno de los más impactados (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2012). Este cuerpo de agua recibe descargas de origen doméstico, industrial y agrícola, lo que genera elevados niveles de turbidez y contaminación orgánica, comprometiendo su calidad y representando un riesgo para la salud de la población local (Atencio, 2018). Durante la temporada de lluvias, el incremento del caudal y el arrastre de sedimentos intensifican la concentración de contaminantes, afectando de manera crítica la potabilidad y seguridad del recurso (Flores et al., 2018; ANA, 2020).

El tratamiento convencional del agua se basa principalmente en coagulantes de origen químico, como el sulfato y el policloruro de aluminio, que resultan demostrar eficiencia en la mitigación de turbidez y sólidos suspendidos. Sin embargo, su uso conlleva importantes desventajas, incluyendo altos costos, alteraciones de pH y generación de lodos tóxicos, que representan riesgos ambientales y dificultades para su disposición final (Gálvez et al., 2021; Kumar et al., 2022). Estas limitaciones han impulsado la búsqueda de alternativas naturales, biodegradables y sostenibles (Sukmana et al., 2021). En el caso del río Ayaviri, existe un vacío de estudios que evalúen el potencial de recursos locales, como la cáscara y el almidón de papa, cuya abundancia y bajo costo podrían convertirlos en opciones que optimicen la calidad del agua de manera sostenible.

En este contexto, la cáscara y el almidón de papa (*Solanum tuberosum*) se presentan como alternativas prometedoras debido a su abundancia, bajo costo y carácter biodegradable (Aquino & Tovar, 2021). Estos coagulantes naturales actúan mediante mecanismos de coagulación y adsorción de partículas coloidales, sin provocar alteraciones significativas en el pH y generando lodos atóxicos (Herrera & Sanchez, 2023). Su aplicación permite optimizar parámetros clave como turbidez, sólidos suspendidos, DBO y DQO, promoviendo la restauración de la calidad del agua del río Ayaviri, así como también la protección ambiental y la salud de la comunidad, en consonancia con enfoques sostenibles de gestión hídrica (Kristianto et al., 2022; Sukmana et al., 2021).

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del coagulante de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) sobre la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la calidad fisicoquímica del río Ayaviri antes de la aplicación de los coagulantes a base de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*)?
- ¿Será posible obtener coagulantes a base de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*), para mejorar la calidad del agua del río Ayaviri?
- ¿Cuál es la dosis optima del coagulante de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar el efecto del coagulante de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos del río Ayaviri antes de la aplicación de los coagulantes a base de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*)
- Obtener coagulantes a base de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*), para mejorar la calidad del agua del río Ayaviri.
- Determinar la dosis optima del coagulante de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.3.1. Justificación Ambiental

El uso de coagulantes naturales como la cáscara y el almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para optimizar la calidad hídrica del río Ayaviri se presenta como una alternativa sostenible y de bajo impacto ecológico. En comparación a los coagulantes sintéticos como el sulfato de aluminio, los coagulantes orgánicos no generan residuos venenosos ni alteran drásticamente el pH del agua, lo que reduce el daño a los ecosistemas acuáticos y minimiza los efectos negativos en la biodiversidad del río (Ng et al., 2022).

Además, el aprovechamiento de la cáscara de papa como residuo agrícola contribuye a la economía circular, reduciendo los desechos sólidos y promoviendo el uso eficiente de los recursos naturales (Lin et al., 2021). Este enfoque no solo disminuye la carga contaminante del agua, sino que también reduce el riesgo de exposición a metales pesados y otros contaminantes peligrosos, protegiendo así tanto la salud pública como el equilibrio ecológico del río Ayaviri (Precious et al., 2021).

1.3.2. Justificación Económica

La aplicación de biocoagulantes provenientes de la cáscara y el almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en el tratamiento del agua del río Ayaviri representa una alternativa rentable y accesible para distritos con recursos limitados (Alazaiza et al., 2025). Los coagulantes sintéticos, como el sulfato de aluminio, suelen tener costos

elevados y requieren infraestructura especializada para su aplicación, lo que resulta poco viable para zonas rurales con baja capacidad económica (Kumar et al., 2022).

La cáscara de papa, al ser un residuo agrícola fácilmente disponible y de bajo costo, permite reducir los gastos operativos y aprovechar un material que, de otro modo, sería descartado. Además, el almidón de papa, ampliamente accesible y económico, se puede obtener localmente, promoviendo el desarrollo económico de las comunidades agrícolas y fomentando el uso sostenible de los recursos (Azazy et al., 2019). Este enfoque no solo disminuye los costos de tratamiento de agua, sino que también puede generar ingresos adicionales a través del aprovechamiento y comercialización de estos coagulantes naturales (Aquino & Tovar, 2021).

1.3.3. Justificación Social

La implementación de coagulantes orgánicos como la cáscara y el almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para optimizar la calidad hídrica del río Ayaviri tiene un impacto significativo en el bienestar y la salud de las comunidades locales (Castañeda et al., 2024). El acceso a agua potable segura es un derecho fundamental y una necesidad básica para prevenir enfermedades como diarreas, vómitos y afecciones gastrointestinales, las cuales afectan principalmente a niños y adultos mayores (Lin et al., 2021).

Además, el uso de estos coagulantes naturales promueve la participación comunitaria, ya que el proceso de extracción y aplicación son sencillas y pueden ser gestionadas localmente, fortaleciendo así el sentido de responsabilidad y colaboración en la población. La utilización de residuos agrícolas como la cáscara de papa forma parte de una gran contribución a la concientización ambiental y la reducción de desechos, promoviendo prácticas sostenibles y responsables (Precious et al., 2021).

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Ambrosio et al. (2024), analizaron la efectividad de cáscara de *Solanum tuberosum* (papa) en la reducción de parámetros físicos y químicos, como sólidos suspendidos totales (SST), turbidez, pH y color, en muestras hídricas provenientes de la cuenca baja del río Cunas. El estudio tuvo un nivel explicativo y un diseño experimental, aplicando el método inductivo mediante análisis de muestras pre y post tratamiento. Realizaron pruebas de jarras (Jar-Test) con diferentes dosis (25, 50, 75 y 100 ppm) en 4 muestras de agua de 1000 mL cada una. Los resultados mostraron que *Musa paradisiaca* presentó una efectividad promedio de remoción del 69.39 % con una dosis de 75 ppm; *Solanum tuberosum*, un 55.86 % con 75 ppm; y *Lepidium meyenii*, un 52.62 % con 100 ppm. A partir de estos hallazgos, se determinó que el coagulante de *M. paradisiaca* presentó la mayor efectividad promedio, seguido de *S. tuberosum* y *L. meyenii*.

Campoverde & Quituisaca (2023), evaluaron la capacidad de coagulación y floculación de los residuos de cáscara de papa en la remoción de parámetros de color y turbidez en agua de consumo humano. El coagulante fue obtenido y caracterizado, registrando una humedad de 4.575 %, cenizas un valor de 0.092 %, 0.101 % de proteínas y almidón en 14.017 %. Los ensayos se realizaron en la planta de tratamiento de Mahuarcay mediante pruebas de jarras, determinándose dosis óptimas entre 15 y 210 ppm para valor de turbiedad inicial de 11.9 a 428 NTU, y entre 15 y 60 ppm para el coagulante comercial con turbidez de 14.1 a 425 NTU. Se elaboraron curvas de dosificación para ambos coagulantes. La cáscara de papa alcanzó una eficiencia de 54.94 % en turbidez y 23.92 % en color, mientras que el coagulante comercial logró 95.83 % y 93.14 %, respectivamente, demostrando mayor efectividad en ambos parámetros.

Cainaba & Delgado (2020), evaluaron la eficiencia del almidón extraído de la pulpa de papa criolla como biocoagulante en el tratamiento de agua turbia. El almidón fue obtenido a partir de la pulpa del tubérculo, identificado como el compuesto activo

responsable del proceso de coagulación. Emplearon pruebas de jarras aplicando diferentes niveles de turbidez (801, 614, 395 y 214 NTU) y ajustando el pH de las muestras con valores de 5, 6, 7 y 8 mediante soluciones buffer. Los resultados indicaron que existió un mayor desempeño en una dosis de 20 mL de almidón aplicada a la muestra con turbidez inicial de 801 NTU, logrando reducirla hasta 10 NTU, lo que representó un porcentaje de remoción del 98.7 %. Este estudio evidenció el potencial del almidón de papa como biocoagulante natural para la purificación de aguas con alta turbidez.

Camacho et al. (2020), realizaron un estudio con el objetivo de comparar la eficiencia de dos coagulantes, sulfato de aluminio y cáscara de papa, en el proceso de clarificación de un humedal natural. La cáscara de papa, es un residuo agroindustrial común en la ciudad de Barranquilla, misma que fue sometida a procesos de lavado, secado, molienda y tamizado, para luego almacenarse herméticamente, posteriormente los hallazgos mostraron que la turbidez inicial del agua fue de 59.60 NTU. La remoción más óptima se logró con una dosis de 40 mg/L de sulfato de aluminio, alcanzando una eficiencia del 92.51 %, mientras que el coagulante natural de cáscara de papa logró una remoción del 81.32 % con una dosis de 10 mg/L, concluyendo que las dosis aplicadas tuvieron un efecto significativo en la reducción de la turbidez del agua del humedal, evidenciando el potencial de la cáscara de papa como alternativa ecológica frente a los coagulantes convencionales.

2.1.2. A nivel nacional

Ambrosio et al. (2024), evaluaron la eficacia de cáscaras de *Solanum tuberosum* (papa), *Musa paradisiaca* (plátano) y *Lepidium meyenii* (maca) como coagulantes naturales en la mitigación de parámetros fisicoquímicos como sólidos suspendidos totales, turbidez, pH y color en agua procedente de la cuenca baja del río Cunas. La investigación, de nivel explicativo y diseño experimental, empleó un enfoque inductivo mediante la comparación de muestras antes y después del tratamiento. Los coagulantes fueron obtenidos a partir de residuos orgánicos recolectados en restaurantes y comercios locales, para su aplicación en pruebas de jarras (Jar-Test) a concentraciones de 25, 50, 75 y 100 ppm en muestras de 1000 mL. Los resultados mostraron que el coagulante elaborado a partir de *Musa paradisiaca* presentó la mayor eficiencia, alcanzando un 69.39 % de remoción con una dosis óptima de 75 ppm,

seguido por el coagulante de *Solanum tuberosum* con un 55.86 % de remoción, en la misma dosis, mientras que *Lepidium meyenii* registró la menor efectividad con un 52.62 % a 100 ppm. Se concluye que el plátano y la papa fueron los coagulantes más eficientes frente a la maca.

Huayhua & Gutierrez, (2014), examinaron la eficiencia de coagulantes orgánicos elaborados con cáscaras de papa y plátano para la remoción de contaminantes orgánicos en aguas negras vertidas en el río Conde Pampa, en Chumbivilcas, Cusco. La investigación tuvo como propósito sustituir los coagulantes químicos tradicionales mediante el aprovechamiento de residuos orgánicos. Emplearon un método experimental con análisis fisicoquímicos y a 19 litros de agua residual subdivididas en diversas jarras para análisis. Determinaron que la dosis más viable es de 0.25 g para la DBO₅ y 0.10 g para la DQO en ambos coagulantes. El biocoagulante de papa alcanzó 95.99 % de remoción en DBO₅ y 48.78 % en DQO, mientras que el de plátano obtuvo 95.02 % y 39.57 %, respectivamente. Además, aplicaron pruebas estadísticas como t de Student y ANOVA, mediante las cuales confirmaron diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados demostraron el potencial de estos coagulantes como opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales domésticas, cumpliendo con la normativa ambiental vigente.

Quispe & Sucapuca (2024), evaluaron la capacidad de biocoagulantes extraídos de la cáscara de *Solanum tuberosum* y *Manihot esculenta*, o conocidas comúnmente como papa y yuca respectivamente para la remoción de sólidos suspendidos totales (SST). Los coagulantes fueron elaborados mediante calentamiento a 120 °C por 20 minutos y posterior filtración, obteniéndose soluciones al 10% p/v. Prepararon agua sintética utilizando arcilla roja comercial, con un contenido inicial de 495 ppm de SST y pH neutro (7.32). El tratamiento se desarrolló con prueba de jarras, aplicando procesos de coagulación, floculación y sedimentación. Evaluaron diferentes dosis de coagulante (200 – 500 mg/L) y agitación a velocidades de 200, 250 y 300 rpm. Los extractos madre se prepararon en concentraciones de 5 g/500 mL y se aplicaron en volúmenes crecientes de 10 a 25 mL. Los resultados mostraron que las condiciones óptimas alcanzaron a 300 rpm y con 500 ppm de coagulante. En estas condiciones obtuvieron la mayor eficiencia en la remoción de SST, evidenciando el potencial de la aplicación de biocoagulantes como opción sostenible en la purificación de aguas.

Cahuaya & Choquegonza (2024), evaluaron la capacidad de la cáscara de papa al usarse de coagulante para la remoción de parámetros fisicoquímicos en aguas provenientes del río Locumba, Tacna. La investigación logró un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental al azar (DCA), y se aplicaron tres tratamientos y tres procedimientos repetitivos, asimismo, se tuvo una muestra de 10 litros de agua del río Locumba y 5 kilogramos de papa variedad canchan. Los parámetros iniciales registrados fueron turbidez de 10.44 NTU, conductividad de 1928 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y pH de 6.5. Tras la aplicación de 75 mg/L de coagulante, la turbidez se redujo significativamente hasta 2 NTU, cifra que está dentro de los estándares de calidad del agua. Además de evidenciar su efectividad, el estudio resaltó que la utilización de cáscara de papa contribuye a un manejo sostenible de los residuos agroindustriales y representa una opción viable para comunidades rurales con limitados recursos económicos.

Cerna et al. (2024), determinaron el efecto de tres tipos de almidón en la mitigación de la medida de turbidez de agua superficial. Para ello, trituraron la papa en una cantidad de agua/masa de 1:4 y la secaron a una temperatura de 45°C en un periodo de 24 horas. Luego aplicaron dosis de 0.3 y 0.5 mL para cada litro muestral, con el fin de determinar el poder floculante de cada almidón, midiendo los parámetros antes y después del tratamiento. Los resultados demostraron que los almidones de papa pituca, blanca y amarilla mejoraron la calidad del agua superficial. Además, identificaron que incrementar las dosis mayores a 0.3 mL no aumentó la eficiencia de remoción de turbidez. Este resultado subraya la importancia de optimizar la dosificación para evitar el uso excesivo de almidón y asegurando un buen desempeño ambiental en la purificación del agua.

Ventura & Quispe (2022), evaluaron la eficacia del coagulante obtenido a base de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Canchan para la reducción de la turbidez del agua del río Disparate. La investigación contempló dos etapas: la extracción del coagulante mediante procesos de lavado, pelado, rallado, tamizado, sedimentación, secado y molienda, y la prueba de jarras para determinar la dosis óptima. En ambos ensayos, con turbiedades iniciales de 35 UNT y 21.06 UNT, se aplicaron dosis de 20, 60 y 100 mg/L a una agitación falaz de 200 y 300 rpm. Los hallazgos evidenciaron que la dosis más eficiente fue de 100 mg/L a 300 rpm, logrando reducciones de turbidez de 93.31 % y 90.79 % respectivamente. El estudio determina que el biocoagulante derivado de

papa variedad Canchan tiene un buen desempeño en la mitigación de turbidez y cumple con las recomendaciones de la OMS y los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA – Agua).

Herrera & Sánchez (2023), evaluaron la eficiencia del almidón de la papa (*Solanum tuberosum*) en la remoción de turbidez de las aguas del río Mashcón. En la metodología emplearon un diseño experimental, con una muestra de 80 litros de agua del río Mashcón con el fin de formar un compuesto para efectuar pruebas con el biocoagulante. Los parámetros fisicoquímicos iniciales del compuesto presentaron un volumen de 1000 mL, un pH de 7.4 y una turbidez de 223 NTU. Tras el tratamiento, se obtuvo un valor de 6.7 NTU de turbidez final, evidenciando una significativa reducción. Concluyeron que el biocoagulante de *Solanum tuberosum* fue eficiente en la remoción de turbidez, logrando una minimización del 97 %, con la dosis de 0.25 mL/L, siendo la más eficiente.

Alarcón & Ruiz, (2024), evaluaron el desempeño del coagulante extraído de la cáscara de papa para el tratamiento de aguas superficiales, considerando los parámetros de turbiedad, color y conductividad. La cáscara utilizada fue obtenida de residuos generados en restaurantes locales y procesada mediante lavado, molienda, filtración y secado, para posteriormente preparar una solución patrón al 1 %. El tratamiento del agua se efectuó mediante el ensayo de jarras, aplicando velocidades de agitación entre 100 y 300 rpm. Los resultados indicaron que la dosis óptima fue de 50 mg/L a 250 rpm. El coagulante mostró una remoción de turbidez del 50.3 %, color del 38.0 % y conductividad del 13.6 %, mientras que el pH logró mantenerse en valores de 6.5 a 8.5. El estudio concluye que la cáscara de papa presenta un grado moderado de rendimiento en la remoción de turbidez y color, aunque los valores finales aún superan los límites establecidos en la normativa, y que la conductividad presenta una ligera disminución sin afectar su cumplimiento normativo.

2.1.3. A nivel regional

Ynofuente et al. (2022), evaluaron a la cáscara de papa como ayuda al coagulante de sulfato de aluminio en la clarificación de agua, para ello emplearon una metodología experimental con una muestra simulada y una turbidez inicial de 40 UNT a unos 16° C y un pH de 7.16, aplicando el método CEPIS con el propósito de identificar la dosis

más óptima (7 tratamientos x 9 dosis diferentes). Los hallazgos muestran que la combinación de sulfato de aluminio con cáscara de papa roja, en dosis de 30 mg/L, logró reducir la turbidez a un valor final de 0.85 UNT y 6.99 de pH, alcanzando una eficiencia de remoción del 98 %. Asimismo, la combinación con cáscara de papa imilla negra, a 35 mg/L, permitió reducir la turbidez a 0.90 UNT, el sulfato de aluminio más la cáscara de imilla negra (35 mg/L) dio como resultado 0.90 UNT en turbidez. Concluyeron que tanto la cáscara de papa roja como la de imilla negra resultan eficaces como coadyuvantes naturales en el proceso de coagulación con sulfato de aluminio.

Huaranga & Vilcarano (2019), evaluaron la eficiencia de residuos de papa como coagulante natural para el tratamiento de agua a diferentes concentraciones de 10, 15, 25 y 50 ppm. Para ello, prepararon el coagulante natural a partir de residuos de papa y lo aplicaron a muestras de agua con una turbidez inicial de 26.5 NTU. Los resultados mostraron que la dosis óptima fue de 25 mg/L, logrando reducir la turbidez hasta 5.25 NTU, y una remoción máxima del 80.19 %. Los autores concluyeron que el uso de residuos de papa como coagulante natural no solo es efectivo para la reducción de la turbidez, sino que también representa una alternativa ecológica y de bajo costo para el tratamiento de agua, fomentando el aprovechamiento de residuos agroindustriales y favoreciendo la protección del ambiente.

Tito et al. (2020), evaluaron la eficiencia del almidón de tres variedades de papa (Imilla negra, Sani imilla y Ccompis) en el tratamiento de agua usada para el abastecimiento humano, con el objetivo de reducir la dependencia del uso de coagulantes químicos convencionales como el sulfato de aluminio, donde se prepararon soluciones de almidón solubilizado de cada variedad y se desarrolló pruebas de jarras a diferentes concentraciones. Los resultados mostraron que la variedad de Imilla Negra obtuvo un mejor promedio de remoción de turbidez, con un 93.5%, en comparación con 92.1 % de Sani Imilla y 91.7 % de Ccompis. La dosis óptima para el sulfato de aluminio fue de 27.5 mg/L, mientras que, para el almidón de Imilla Negra fue de 15 mg/L, logrando reducir la turbidez a un valor de 1.71 NTU y un pH de 7.08. Además, lograron disminuir la dosis de $Al_2(SO_4)_3$ en 2.5 mg/L al usar el almidón como coadyuvante, lo que contribuye a reducir los lodos y la presencia de aluminio residual en el agua tratada. Se concluye que el almidón de papa, especialmente de la variedad Imilla Negra, es una opción efectiva y sostenible para el tratamiento de agua para consumo humano.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Tratamiento de agua

El tratamiento de agua es un proceso fundamental para garantizar la potabilidad y la seguridad de los recursos hídricos, eliminando contaminantes físicos, químicos y biológicos que afectan su calidad (Jiang et al., 2020; Serrano et al., 2024). Entre los métodos más empleados se incluyen la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, los cuales permiten reducir turbidez, sólidos suspendidos, materia orgánica y microorganismos patógenos (Hajjar et al., 2024).

La selección de los procesos de tratamiento depende de las características del agua y de los estándares de calidad requeridos para diferentes aplicaciones, y con énfasis en el consumo humano, riego y procesos industriales (Del Borghi et al., 2022). Además, el monitoreo de parámetros fisicoquímicos, como turbidez, pH, DBO y DQO, es esencial para evaluar la eficiencia del tratamiento y asegurar que el agua cumpla con la normativa vigente (Flores et al., 2018; Kumar et al., 2022).

2.2.2. Parámetros físicos y químicos en el monitoreo del agua

Es fundamental determinar propiedades a nivel físico y químico del agua para verificar si estos parámetros se encuentran dentro de los rangos dados por la normativa vigente, asegurando así una adecuada valoración y control de la calidad del recurso hídrico.

A. Parámetros físicos

- **Temperatura:** Se define como una medida de la energía cinética media de las moléculas de agua, constituyéndose en uno de los parámetros fundamentales para evaluar la calidad del recurso hídrico (Mejía & Buñay, 2023). La temperatura influye de manera directa en los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan la calidad del agua y condicionan su transporte y distribución (Díaz & González, 2022; Theodoro et al., 2013).
- **Turbidez:** Se define como la reducción de la transparencia de un líquido ocasionada por la presencia de partículas suspendidas, tales como arcillas, limos, compuestos orgánicos e inorgánicos, y microorganismos (Costa, 2021). En este sentido, la turbidez del agua es un indicador directo de su nivel de claridad o transparencia (Morales et al., 2024). Este parámetro constituye un indicador fundamental para

evaluar la calidad óptica del recurso hídrico, reflejando directamente su grado de pureza y aptitud para diversos usos. La determinación de la turbidez se realiza mediante la técnica de nefelometría, la cual mide la intensidad de la luz dispersada por las partículas presentes en la muestra (Barisoni et al., 2022).

- **Sólidos Suspendidos totales (SST):** Son partículas sin disolver que subyacen en el agua, se hallan en forma de partículas flotantes, suspendidas o coloidales. Su presencia puede originarse tanto por procesos naturales (erosión, arrastre de sedimentos) como por actividades antropogénicas (vertimientos industriales y domésticos) (Escandon & Caceres, 2022; Pushpalatha et al., 2022). Este parámetro se diferencia de los sólidos disueltos totales (SDT), que están completamente disueltos en el agua e incluyen principalmente iones de sales y materia orgánica de bajo peso molecular. La cuantificación de los SST es fundamental para evaluar la calidad físicoquímica del recurso hídrico, ya que una alta concentración puede afectar los procesos de tratamiento y la potabilidad del agua (Al-Kubaish et al., 2024).

B. Parámetros Químicos

- **Potencial de hidrógeno (pH):** Expresa la concentración de iones hidrógeno (H^+) en el agua, reflejando su carácter ácido o alcalino. La escala de pH varía de 0 (máxima acidez) a 14 (máxima alcalinidad), siendo 7 el valor neutro (Palomino, 2023). En aguas superficiales, un pH elevado puede deberse a procesos de lixiviación de materiales geológicos y alta actividad fotosintética (Tarapa, 2023). Valores menores a 7 indican condiciones ácidas y valores superiores, condiciones básicas (Dewangan et al., 2023). Para ríos, un pH promedio de 7.4 es considerado óptimo, ya que favorece la estabilidad biológica y la calidad para consumo y usos diversos.
- **Nitratos:** El nitrato es un ion soluble en agua, compuesto de nitrógeno y oxígeno con la fórmula química NO_3^- . Es un ion natural que forma parte del ciclo del nitrógeno que implica el intercambio de nitrógeno entre la atmósfera, el suelo y los organismos vivos (Lin et al., 2021). Aunque su presencia en el agua es naturalmente baja, puede incrementarse por lixiviación de fertilizantes agrícolas, escorrentía superficial o contaminación de origen doméstico a través de la oxidación del

amoníaco (Costa, 2021). Por lo tanto, es recomendable que los niveles de nitratos no sean elevados ya que su exceso ocasiona riesgo en la salud, por lo que su monitoreo es crucial para la gestión de la calidad del agua (Zirrahi et al., 2024).

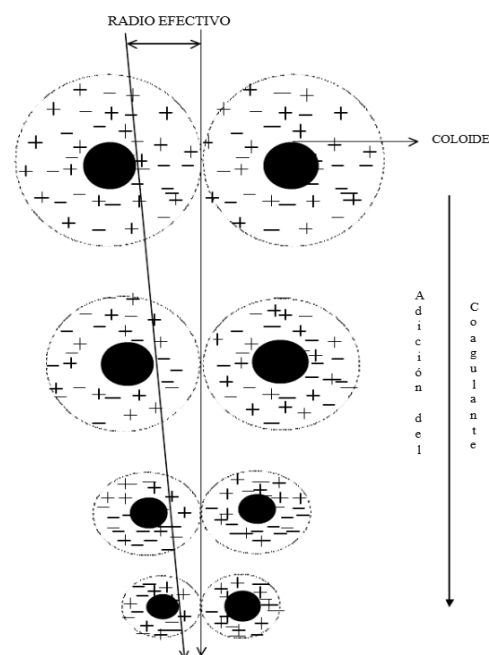
- **Dureza:** La dureza es un parámetro que generalmente se produce como consecuencia de la presencia de sales como calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) (Baeza, 2024). Sin embargo, otros metales como el estroncio, aluminio y manganeso también pueden contribuir en menor proporción a la dureza del agua (Ramos, 2019). La dureza del agua influye directamente en su calidad para consumo y usos industriales, y puede modificarse mediante tratamientos específicos como la precipitación química o el intercambio iónico (Escandon & Caceres, 2022).
- **Alcalinidad:** La alcalinidad es un parámetro que tiene como fin la neutralización de ácidos, contribuyendo a la estabilidad del pH frente a variaciones externas (Sela, 2025). Por lo tanto, las concentraciones bajas ocasionan un sabor desagradable en el agua y la corrosión de las tuberías, debido a la aparición de iones de Ca o Mg, los cuales forman precipitados que perjudican a los procesos de tratamiento del agua potable (Escandon & Caceres, 2022). Asimismo, niveles adecuados de alcalinidad son fundamentales para optimizar la eficiencia de los procesos de coagulación y desinfección en plantas de tratamiento.
- **DBO₅:** La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) se define como la cantidad de oxígeno disuelto (OD) que necesitan los microorganismos aeróbicos para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua, a una temperatura controlada de 20 °C y durante un período de incubación de cinco días (Usman et al., 2025). Este parámetro constituye un indicador fundamental de la carga orgánica y del grado de contaminación de cuerpos de agua dulce, ya que refleja la cantidad de materia susceptible de degradación biológica (Raffo & Ruiz, 2014). Niveles elevados de DBO₅ indican alta contaminación orgánica, lo que puede provocar disminución del oxígeno disuelto, eutrofización, mortandad de peces y alteraciones en la estructura de las comunidades acuáticas.
- **DQO:** La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que cuantifica la cantidad total de oxígeno requerido para oxidar químicamente la materia orgánica presente en una muestra de agua (Guarnizo et al., 2024). Se expresa en miligramos

de oxígeno por litro (mg/L) y representa una medida integral de la carga contaminante, incluyendo tanto compuestos biodegradables como no biodegradables. A diferencia de la DBO la DQO no depende de la actividad microbiana, por lo que ofrece resultados más rápidos y completos. En resumen, la DQO es un indicador clave para evaluar la eficiencia de tratamientos de depuración y el impacto ambiental de los vertidos (Cámara et al., 2023).

2.2.3. Coagulación

Según Padilla et al., (2020), la coagulación es un proceso utilizado como neutralizador de cargas eléctricas de las partículas coloidales presentes en el agua, favoreciendo la formación de agregados gelatinosos que permiten la unión y posterior agrupación de dichas partículas (Malvern, 2024). Este mecanismo facilita que las partículas formen flóculos de volúmenes y masa superiores, los cuales pueden sedimentar fácilmente y ser retenidos en procesos posteriores de filtración (Rodríguez & Gallego, 2019). De esta manera, se incrementa la eficiencia en la eliminación de los sólidos suspendidos totales, logrando su separación rápida y eficaz del agua. Además, se considera una técnica sencilla y económica que permite acelerar la remoción de impurezas, contribuyendo significativamente a la mejora de la calidad del agua tratada (Lun & Wahab, 2020).

Figura 1.
Coagulación



Nota. Extraído de Andía, (2000)

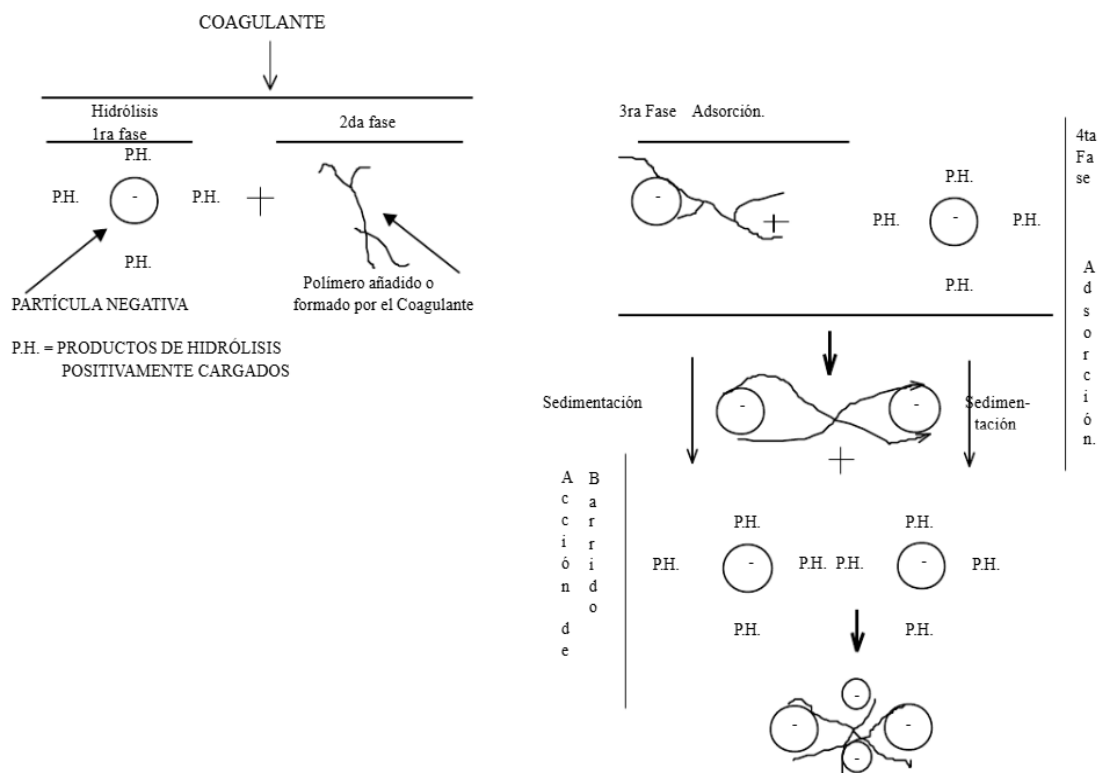
En la Figura 1 se observa cómo, al añadir un coagulante, las cargas eléctricas que mantienen a las partículas coloidales en suspensión son neutralizadas. Esto provoca que la “nube de iones” que rodea a los coloides colapse y permita que las partículas se junten entre sí. Como resultado, estas se aglomeran y forman flóculos, estructuras más grandes y pesadas que pueden sedimentarse o retirarse con mayor facilidad durante el tratamiento del agua.

2.2.4. Etapas del proceso de coagulación

El proceso de coagulación se lleva a cabo en cinco fases interrelacionadas (figura 2): primero, la hidrólisis de los coagulantes metálicos (aluminio o hierro) desestabiliza las partículas al reducir sus cargas; luego, los productos de hidrólisis se polimerizan, formando estructuras que atrapan impurezas; en la tercera fase, las cadenas poliméricas se adsorben sobre los coloides, generando puentes que consolidan flóculos grandes y estables; posteriormente, los flóculos se unen entre sí mediante adsorción mutua, aumentando su tamaño y peso; finalmente, en la etapa de “barrido”, los flóculos son eliminados del agua por sedimentación o flotación, logrando una clarificación eficiente del recurso (Cabello & Lazaro, 2023).

Figura 2.

Etapas del proceso de la coagulación



Nota. Extraído de Andía, (2000)

2.2.5. Mecanismos de adsorción

La adsorción consiste en la adhesión de moléculas, iones o partículas presentes en un líquido o gas sobre la superficie de un sólido (adsorbente), debido a interacciones físicas o químicas (Rojas, 2023). Entre sus mecanismos principales se encuentran:

- **Adsorción física (fisisorción):** Implica interacciones débiles, como las fuerzas de Van der Waals. Es reversible, rápida y no selectiva.
- **Adsorción química (quimisorción):** Involucra la formación de enlaces químicos (covalentes o iónicos) entre el adsorbato y la superficie del adsorbente. Es más específica, generalmente irreversible y ocurre a temperaturas más elevadas.
- **Intercambio iónico:** Se produce cuando los iones presentes en la solución son intercambiados con iones en la superficie del adsorbente. Este mecanismo es especialmente eficaz para remover metales pesados y otras especies iónicas.

Estos mecanismos pueden actuar de forma simultánea o complementaria, dependiendo de la naturaleza del contaminante y del adsorbente (Carbotecnia, 2023). La adsorción resulta fundamental en la coagulación y floculación, ya que facilita la desestabilización y aglomeración de partículas coloidales, favoreciendo su sedimentación y posterior eliminación. Además, se aplica ampliamente en el tratamiento de aguas para eliminar contaminantes orgánicos, metales pesados, colorantes y compuestos tóxicos (Al-Kubaish et al., 2024; Lin et al., 2021; Rojas, 2023).

2.2.6. Agentes de Coagulación

Considerados como productos químicos añadidos al agua durante su tratamiento con el fin de inducir la inestabilidad de partículas coloidales. Estos agentes facilitan la neutralización de cargas superficiales, promoviendo la unión de las partículas para formar flóculos de mayor tamaño, los cuales posteriormente se sedimentan y pueden ser retirados del sistema (Lun & Wahab, 2020).

○ **Coagulantes naturales**

Los coagulantes de origen natural o polímeros naturales han logrado llamar la atención de diversos investigadores, por su relevancia al no complementar a efectos nocivos en el ambiente y la salud humana, debido a su bajo costo y naturaleza orgánica (Ynofuente & Flores, 2022).

La utilización de coagulantes naturales no solo optimiza el tratamiento de aguas, sino que da opción a reutilizar los residuos orgánicos provenientes de fuentes vegetales, como plantas y semillas, lo cual contribuye significativamente a la sostenibilidad y a la reducción de costos operativos, además, estos coagulantes presentan menores riesgos para la salud humana y el medio ambiente, lo que incrementa la rentabilidad del proceso al minimizar la toxicidad asociada al uso de productos químicos y al aprovechar recursos renovables (Cevallos et al., 2022).

En la Tabla 1 se describen algunos coagulantes de origen vegetal y almidones empleados como alternativas naturales en el tratamiento de aguas. Estos compuestos, derivados de plantas como *Moringa oleífera*, *Opuntia ficus-indica*, castaño de Indias, han demostrado capacidad para reducir la turbidez, los sólidos suspendidos y otras sustancias contaminantes, gracias a su contenido de proteínas y polisacáridos con propiedades coagulantes (Muñoz et al., 2024). Asimismo, los almidones constituyen biopolímeros de fácil obtención, cuyo carácter biodegradable y disponibilidad los convierten en opciones sostenibles y eficientes para la mejora de la calidad del agua.

Tabla 1.
Coagulantes naturales

	Coagulantes de origen vegetal	Almidones que se utilizan como coagulantes naturales
Moringa Oleífera	Ha demostrado ser un recurso con excelentes resultados en el tratamiento del agua, debido a la disminución de turbidez, colorantes y presencia de químicos.	El uso de almidones como biocoagulantes es cada vez más común en el tratamiento de aguas, debido a su carácter polisacárido y su disponibilidad en diversas fuentes vegetales como la papa, el maíz, el trigo y el arroz (Barreto et al., 2019). Estos biopolímeros poseen una estructura molecular que permite interacciones con contaminantes presentes en el agua, facilitando su aglomeración y remoción. Su aplicación representa una alternativa sostenible y eficiente para la reducción de la carga contaminante en cuerpos de agua.
Opuntia ficus-indica	Se adapta a áreas que tengan problemas de escasez de agua, puede remover la turbiedad y aclarar el agua, se ha llegado a un 50 y 70% de efectividad en sus resultados.	
Castaño de indias.	Recurso que tiene un alto nivel de proteínas, demostrando su efectividad en la eliminación de la turbiedad y sólidos contaminantes.	
Plantago mayor L.	Contiene polisacáridos con propiedades coagulantes, los cuáles pueden ser empleados en procesos de clarificación del agua.	

Nota. Elaborado a partir de la información de Muñoz et al. (2024).

○ **Coagulantes químicos**

Los coagulantes químicos son comúnmente usados en el tratamiento de aguas por su alta eficacia en la remoción de partículas suspendidas y contaminantes (Lun & Wahab, 2020; Precious et al., 2021). Facilitan la formación de flóculos, mejorando la calidad del agua. Sin embargo, se ha evidenciado que sus residuos metálicos pueden causar enfermedades persistentes (Adedoja et al., 2024).

Estos compuestos sintéticos también alteran el pH del agua y presentan baja biodegradabilidad, generando contaminación secundaria (Ariza & Gutiérrez, 2020). A pesar de su bajo costo, pueden ser tóxicos para la fauna acuática y contribuir al peligro de la salud humana debido al contenido de aluminio. Los coagulantes químicos como el sulfato de aluminio, cloruro de polialuminio (PAC) y sulfato ferroso polimerizado (PFS) requieren mayores dosis para ser eficaces (Feria et al., 2020), lo que incrementa su impacto ambiental. En comparación, los coagulantes naturales son más sostenibles y seguros.

2.2.7. Floculación

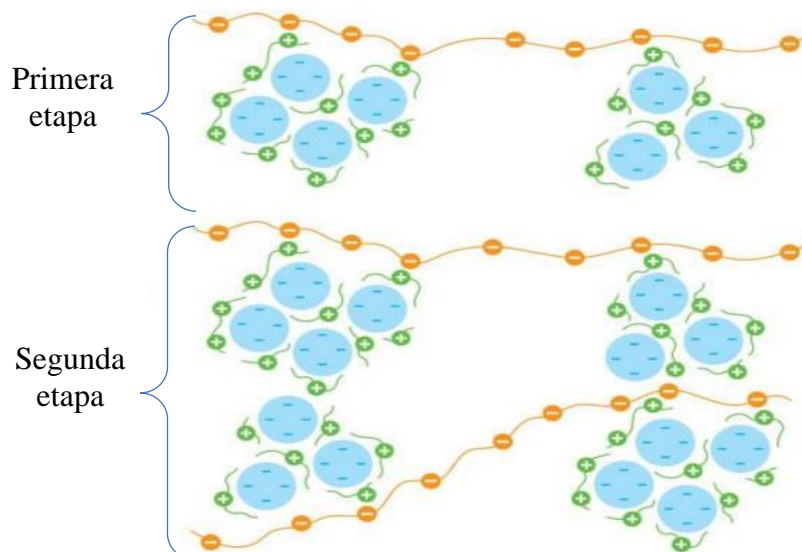
La floculación es un proceso de gran relevancia aplicado al tratamiento de aguas, ya que permite la aglomeración de partículas coloidales mediante la adición de floculantes, facilitando su posterior separación por sedimentación o filtración (Gálvez et al., 2021). Este proceso, generalmente sigue a la coagulación. Según diversos estudios (Mazille & Spuhler, 2021; Rodriguez & Gallego, 2019), su aplicación es clave en efluentes con compuestos resistentes, y su efectividad depende del control de factores como la dosis del floculante y el pH del agua.

La floculación incrementa el volumen de los grumos submicrónicos del coagulante, favoreciendo su separación a través la mezcla lenta y suave, así como el uso de polímeros de alto peso molecular o floculantes iónicos, como se observa en la figura 3. Estos compuestos se adsorben sobre las partículas, modifican sus superficies y reducen la barrera energética, favoreciendo las fuerzas de atracción de Van der Waals y la formación de flóculos (primera etapa). El proceso progresa desde la generación de microflóculos hasta la formación de macroflóculos visibles (segunda etapa), los cuales sedimentan debido a su peso y tamaño (Cerna et al., 2024). No obstante, estos

macroflúculos son frágiles frente a la cizalladura, ya que, una vez fragmentados, difícilmente logran reconstituirse.

Figura 3.

Etapas de la Floculación



Nota. Extraído de Zhang et al. (2023).

2.2.8. La papa

La papa, conocida científicamente como *Solanum tuberosum*, pertenece a la familia de las solanáceas de plantas con flores, la cual es un tubérculo ampliamente cultivado y consumido a nivel mundial, formando parte esencial de la dieta en numerosas regiones (Gervasio et al., 2019). Su composición nutricional incluye una alta proporción de carbohidratos, principalmente en forma de almidón, además de proteínas de buena calidad biológica, vitamina B6 y potasio, lo que la convierte en un alimento energético y funcional.

La papa es una especie herbácea que no desarrolla órganos leñosos permanentes. Durante su crecimiento, las hojas sintetizan almidón mediante la fotosíntesis, el cual es transportado hacia los extremos de los tallos subterráneos conocidos como estolones (Saar et al., 2020). Dichos tallos presentan un engrosamiento que producen hasta 20 unidades por planta, generalmente ubicadas cerca de la superficie del suelo. Los tubérculos están compuestos aproximadamente por un 80% de agua y un 20% de materia seca. Debido a su alto valor nutricional y versatilidad, la papa se encuentra entre los cultivos alimentarios más consumidos a nivel global y, en el contexto peruano, ocupa el segundo lugar en importancia entre los cultivos anuales (Espiritu & Ramos, 2020).

2.2.9. Composición química de la papa

La efectividad del coagulante natural obtenido a partir de la cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) depende en gran medida de su composición química y del contenido de compuestos bioactivos presentes en la planta. Entre estos, los polisacáridos del almidón, las proteínas asociadas y los compuestos fenólicos desempeñan un papel relevante en los procesos de coagulación y floculación, favoreciendo la formación de flóculos, la adsorción de partículas suspendidas y la estabilización coloidal. La tabla 2 presenta de manera resumida los principales componentes de la papa, sus concentraciones aproximadas y la relevancia de cada uno en el contexto de la coagulación de aguas, proporcionando una base científica que explica el mecanismo de acción de este coagulante natural en la mejora de la calidad del agua.

Tabla 2.

Composición química de la papa

Componente	Función en la coagulación/floculación
Almidón (amilosa 20–30 %, amilopectina 70–80 %)	Principal biopolímero; permite la adsorción y el puenteo entre partículas coloidales, promoviendo la formación de flóculos (Tong et al., 2023).
Proteínas (1.5–3 %)	Poseen grupos funcionales que pueden interactuar con contaminantes orgánicos y actuar como coadyuvantes (Vishwakarma & Shikha, 2022).
Fibra y polisacáridos no almidonosos (celulosa, hemicelulosa)	Contribuyen como soporte estructural en la formación de flóculos, mejorando su estabilidad (Aquino & Tovar, 2021).
Compuestos fenólicos	Influyen de manera secundaria en la interacción química y en la capacidad antioxidante (Suhas et al., 2022).
Minerales (K, Mg, Ca, P)	Pueden favorecer la neutralización parcial de cargas y facilitar la coagulación (Aquino & Tovar, 2021).

Nota. Elaboración propia

2.2.10. Composición química de la cáscara de la papa

La cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) contiene diversos componentes bioactivos que contribuyen a su potencial como coagulante natural. Entre ellos se incluyen

almidón, proteínas, compuestos fenólicos y minerales, los cuales participan en la formación de flóculos, la adsorción de partículas y la estabilización coloidal. La tabla 3 resume los principales constituyentes de la cáscara, su contenido aproximado y su relevancia en los procesos de coagulación y mejora de la calidad del agua.

Tabla 3.

Composición química de la cáscara de papa

Componente	Relevancia en coagulación / calidad del agua
Almidón (amilosa + amilopectina) 10–20 %	Forma puentes intermoleculares que favorecen la aglomeración de partículas (Ho et al., 2025).
Fibra dietética (celulosa, hemicelulosa, pectina) 5–10 %	Favorece la adsorción de contaminantes y sólidos suspendidos (Silva, 2020).
Proteínas 0.5–1 %	Aportan sitios activos de carga para interacción con impurezas (Vishwakarma & Shikha, 2022).
Ácido clorogénico 50–150 mg/100 g	Antioxidante; estabiliza flóculos y puede reducir metales pesados (Jobling, 2004).
Ácido caféico 5–50 mg/100 g	Contribuye a la adsorción de contaminantes y actividad antioxidante (Kaur & Kapoor, 2002).
Ácido ferúlico 1–20 mg/100 g	Interactúa con iones metálicos, favoreciendo la coagulación (Kaur & Kapoor, 2002).
Taninos / Flavonoides 0.1–2 %	Favorecen floculación y precipitación de sólidos suspendidos (Vishwakarma & Shikha, 2022).
Minerales (cenizas) 0.2–0.5 %	Influyen en la estabilidad coloidal y la eficiencia de coagulación (Akyol et al., 2016).
Agua 10–15 %	Afecta la manipulación y comportamiento del almidón en la coagulación (Akyol et al., 2016).
Grasas 0.1–0.5 %	Modifican la hidrofobicidad y la superficie de partículas (Akyol et al., 2016)

Nota. Elaboración propia.

2.2.11. Almidón de la papa

El almidón de papa está distribuido en todo el tubérculo, incluida la cáscara, donde se encuentra en una proporción aproximada del 1.3 % (Vasquez et al., 2019). Este tipo de almidón se caracteriza por su elevado contenido de fósforo, alta viscosidad, considerable capacidad de hinchamiento y resistencia a la degradación, además de poseer gránulos de mayor tamaño en comparación con otros almidones. Su elevada concentración se atribuye a factores como el tamaño y distribución de los gránulos, contenido mineral, proporción de amilosa y el alto grado de fosforilación. La fécula de papa, derivada de este almidón, se presenta como un polvo fino, blanco, insípido y

de alta viscosidad, lo que la hace especialmente útil en la elaboración de productos biodegradables y desechables.

2.2.12. Normas de la calidad y tratamiento del agua en el Perú

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) de Perú definió la Norma Técnica Peruana (NTP 214.003:1987) actualizada en 2021, que establece los requisitos mínimos necesarios para garantizar que el agua sea potable. Esta norma cubre varios aspectos esenciales para asegurar la calidad del agua, incluyendo parámetros físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos. Entre las principales normas, que avalan la seguridad hídrica para consumo humano son:

A. Requisitos biológicos. En los cuales se establece la ausencia de parásitos, protozoarios y coliformes en el agua, para que esta pueda ser consumida.

B. Sustancias que afectan la salud. En donde se establece la ausencia de arsénico, bario, plomo, mercurio, cadmio, cromo total, cianuro, nitrato, selenio (inorgánicos) y compuestos como: sustancia activa al azul de metileno, Carbón cloroformo y fenoles (orgánicos) D.S. N° 031-2010-S.

C. Calidad del Agua para Consumo Humano. En donde se establecen los valores máximos de cada parámetro químico del agua. Referente a inspección y recepción de calidad de agua, esta se ejecutará teniendo en consideración, lo contemplado en el D.S. N.° 031-2010-SA que establece cada Límite máximo permisible.

● **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua**

La tabla 4 muestra los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de la Categoría 1, Subcategoría A, correspondientes a aguas de superficies que tienen como destino su producción para agua potable (El Peruano, 2017). Los valores indicados establecen los parámetros físico-químicos, microbiológicos y de metales que deben cumplir estas aguas para garantizar su seguridad en consumo humano y actividades recreativas, según el DS N° 004-2017-MINAM.

Tabla 4.

ECA - Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A2 - Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
Parámetros Físicoquímicos		
Aceites y Grasas	mg/L	1.7
Cianuro Total	mg/L	**
Cianuro Libre	mg/L	0.2
Cloruros	mg/L	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	1 600
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5
Dureza	mg/L	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	20
Fósforo Total	mg/L	0.15
Nitratos	mg/L	50
Nitritos	mg/L	3
Amoniaco	mg/L	1.5
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	5.5 – 9.0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000
Sulfatos	mg/L	500
Temperatura	°C	$\Delta 3$
Turbiedad	UNT	100
Aluminio	mg/L	5
Antimonio	mg/L	0.02
Arsénico	mg/L	0.01
Bario	mg/L	1
Berilio	mg/L	0.04
Boro	mg/L	2.4
Cadmio	mg/L	0.005
Cobre	mg/L	2
Cromo Total	mg/L	0.05
Hierro	mg/L	1
Manganeso	mg/L	0.4
Mercurio	mg/L	0.002
Molibdeno	mg/L	**
Níquel	mg/L	**
Plomo	mg/L	0.05
Selenio	mg/L	0.04
Uranio	mg/L	0.02
Zinc	mg/L	5

Nota. D.S N°004-2017-MINAM

CAPITULO III

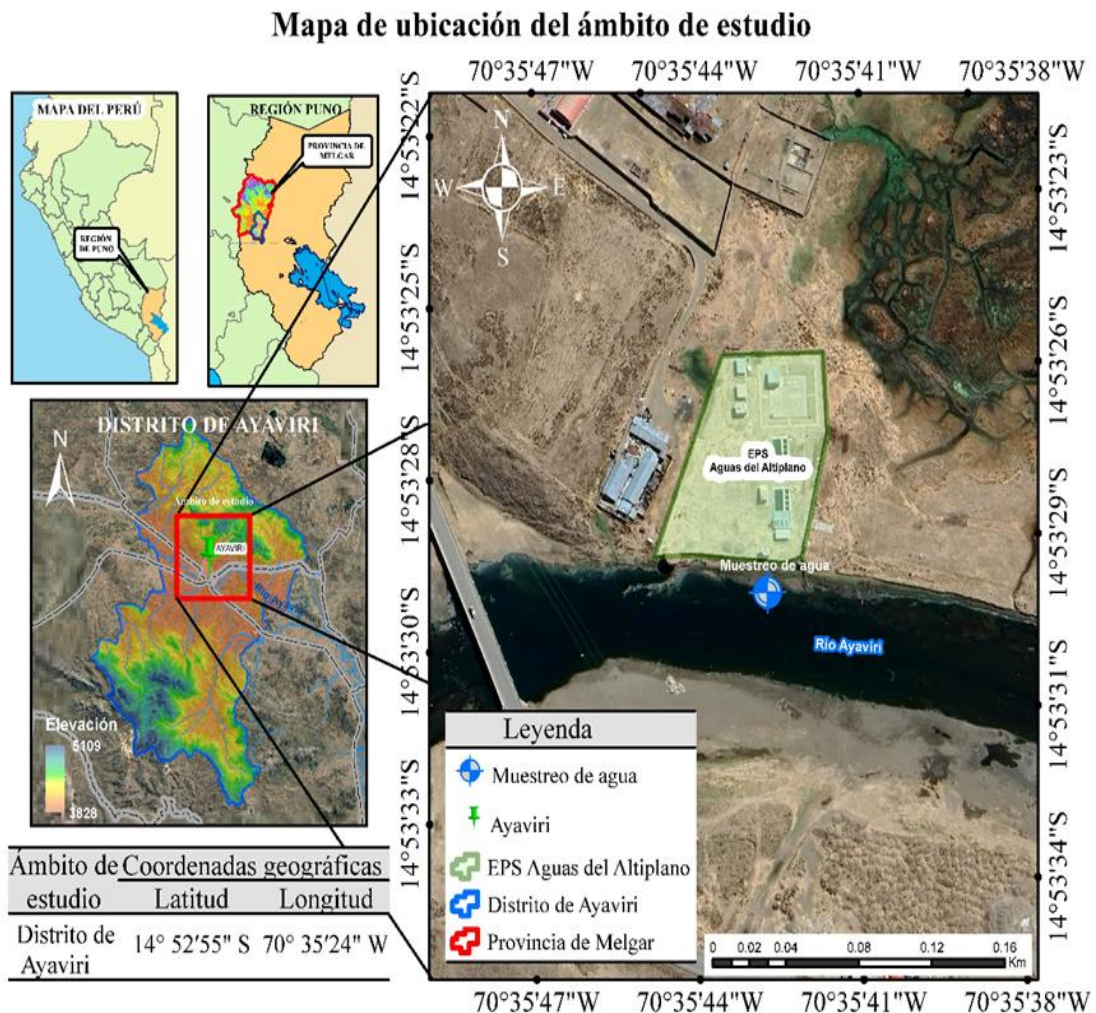
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

La investigación fue desarrollada en el río Ayaviri, ubicado en el distrito de Ayaviri a una altitud de 3907 m.s.n.m. El punto de recolección de muestras se situó en el sector donde la EPS Aguas del Altiplano realiza la captación de agua destinada al consumo humano en el distrito de Ayaviri. Como se muestra en la figura 4.

Departamento : Puno
Provincia : Melgar
Distrito : Ayaviri
Ubicación Geográfica : 14°52'55"S 70°35'24"O

Figura 4.
Localización del muestreo en el río Ayaviri.



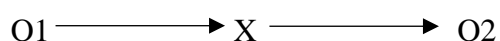
Nota. Elaboración propia.

3.2. ENFOQUE, TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Según Hernández et al. (2006; 2014), los tipos de investigación pueden clasificarse en exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa; aunque prefieren denominarlos alcances, ya que reflejan el nivel de profundidad causal de un estudio. En este sentido, el presente estudio se enmarca dentro del alcance explicativo, dado que busca identificar las causas y efectos que se generan al aplicar un coagulante natural elaborado a partir de la cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) sobre la calidad del agua del río Ayaviri. Asimismo, se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, al centrarse en la medición numérica de variables y en el análisis estadístico de los datos obtenidos (Hadi et al., 2023; Hernández et al., 2014).

En cuanto al diseño de investigación, se enmarcó dentro de un diseño de tipo experimental, dado que se manipularon las variables independientes, el coagulante natural derivado de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para evaluar su efecto sobre las variables dependientes relacionadas con los parámetros de tipo fisicoquímicos del agua del río Ayaviri (como la turbidez, DBO5, DQO, pH, SST). Este diseño permitió comparar los resultados obtenidos antes y después de la aplicación de los tratamientos, con el fin de determinar relaciones de causa-efecto (Arias & Covinos, 2021; Hernández et al., 2014)

El siguiente esquema es representado en el estudio:



Donde:

O₁: Evaluación de la calidad del agua del río Ayaviri antes de aplicar el coagulante.

X: Aplicación de coagulantes de cáscara y almidón de papa para mejorar la calidad del agua del río Ayaviri.

O₂: Evaluación de la calidad del agua del río Ayaviri.

De esta manera, se aplicó un diseño factorial al azar en bloques de tipo 2x6, que contempla dos factores: tipo de coagulante (cáscara y almidón de papa) y seis niveles de dosis (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L), logrando una mezcla de doce tratamientos. Además, para cada combinación se llevaron a cabo tres réplicas, lo que resultó un total de 36 unidades experimentales, así como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5.
Diseño factorial

Factores	Código del factor	Nivel del factor
Tipo de Coagulante	A	Cáscara de <i>Solanum tuberosum</i>
		Almidón de <i>Solanum tuberosum</i>
Dosis de Coagulante	B	0.5 mL/L
		1.0 mL/L
		1.5 mL/L
		2.0 mL/L
		2.5 mL/L
		3.0 mL/L

Nota. Elaboración propia.

Para evaluar el efecto del tipo y dosis del coagulante en la mejora de la calidad del agua, se aplicó un diseño factorial completo 2×6 con tres repeticiones. En este diseño se consideraron como factores el tipo de coagulante (cáscara y almidón de *Solanum tuberosum*) y la dosis de coagulante (0.5 a 3.0 mL/L). La combinación de estos factores generó un total de 12 tratamientos, los cuales se distribuyeron en tres réplicas, resultando en 36 unidades experimentales. La tabla 5 presenta la estructura del diseño experimental empleado.

Tabla 6.
Matriz de experimentación

Repeticiones	N° de tratamientos	Tipo de coagulante (Factor A)	Dosis de coagulante (Factor B) (mL/L)
REPLICA 1	01	Cáscara de papa	0.5
	02	Cáscara de papa	1.0
	03	Cáscara de papa	1.5
	04	Cáscara de papa	2.0
	05	Cáscara de papa	2.5
	06	Cáscara de papa	3.0
	07	Almidón de papa	0.5
	08	Almidón de papa	1.0
	09	Almidón de papa	1.5
	10	Almidón de papa	2.0
	11	Almidón de papa	2.5
	12	Almidón de papa	3.0
REPLICA 2	01	Cáscara de papa	0.5
	02	Cáscara de papa	1.0
	03	Cáscara de papa	1.5
	04	Cáscara de papa	2.0

	05	Cáscara de papa	2.5
	06	Cáscara de papa	3.0
	07	Almidón de papa	0.5
	08	Almidón de papa	1.0
	09	Almidón de papa	1.5
	10	Almidón de papa	2.0
	11	Almidón de papa	2.5
	12	Almidón de papa	3.0
	01	Cáscara de papa	0.5
	02	Cáscara de papa	1.0
	03	Cáscara de papa	1.5
	04	Cáscara de papa	2.0
	05	Cáscara de papa	2.5
REPLICA 3	06	Cáscara de papa	3.0
	07	Almidón de papa	0.5
	08	Almidón de papa	1.0
	09	Almidón de papa	1.5
	10	Almidón de papa	2.0
	11	Almidón de papa	2.5
	12	Almidón de papa	3.0

Nota. Elaboración propia.

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

6 vasos de precipitación de 1L, Fiola de 100 mL, 4 recipientes de 1L de vidrio, Papel filtro (Whatman), 1 pipeta de 5 mL, Probeta de vidrio de 1L, 1 varilla, 1 envase de 50 L, 2 coolers.

3.3.2. Equipos

pH metro (Hanna 12), turbidímetro Hach 2100Q, GPS de mano (Garmin - Montana 650), balanza analítica (BAMERSAC – AS2220/C/2), prueba de jarras (DAIHAN – KR), estufa (ECOCELL), multiparámetro portátil (HACH HG40d).

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

- Población

Se denomina población al conjunto total de elementos ambientales que constituyen el objeto de estudio y comparten características comunes (Vizcaíno et al., 2023). Por ende, la población estuvo constituida por el recurso hídrico del río Ayaviri, considerado en su integridad como una unidad ambiental sujeta a evaluación de sus características físico-químicas y microbiológicas para determinar su calidad.

- Muestra

Una muestra se define como una fracción representativa de la población de estudio, seleccionada con el fin de analizar sus características y extrapolar los resultados al total del recurso hídrico (Hadi et al., 2023). En esta investigación se realizó un muestreo compuesto en zigzag, considerando 8 puntos distribuidos en las orillas del río Ayaviri, obteniéndose un volumen total de 40 L de agua. De este volumen, 36 L fueron destinados a las pruebas de jarras. Asimismo, de acuerdo con la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2016), la toma de muestras para el análisis de turbidez requiere un volumen mínimo de 100 mL, mientras que para los sólidos suspendidos totales (SST) se exige un mínimo de 500 mL, criterios que fueron considerados en el proceso de recolección.

3.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.5.1. Hipótesis General

- El uso de coagulantes naturales a base de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) mejora la calidad físicoquímica del agua del río Ayaviri en aproximadamente un 60 %, considerando la reducción de turbidez, SST, DBO y DQO.

3.5.2. Hipótesis Específicas

- La calidad del agua del río Ayaviri presentan parámetros físicoquímicos que superan los Estándares de Calidad Ambiental establecidos por la normativa ambiental vigente.
- Es posible obtener coagulantes naturales a partir de la cáscara y el almidón de papa (*Solanum tuberosum*) para mejorar la calidad del agua del río Ayaviri.

- La dosis de 3 mL/L de coagulante de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) permitirá alcanzar la máxima reducción de turbidez, sólidos suspendidos totales (SST), DBO y DQO en el agua del río Ayaviri, mejorando su calidad fisicoquímica.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

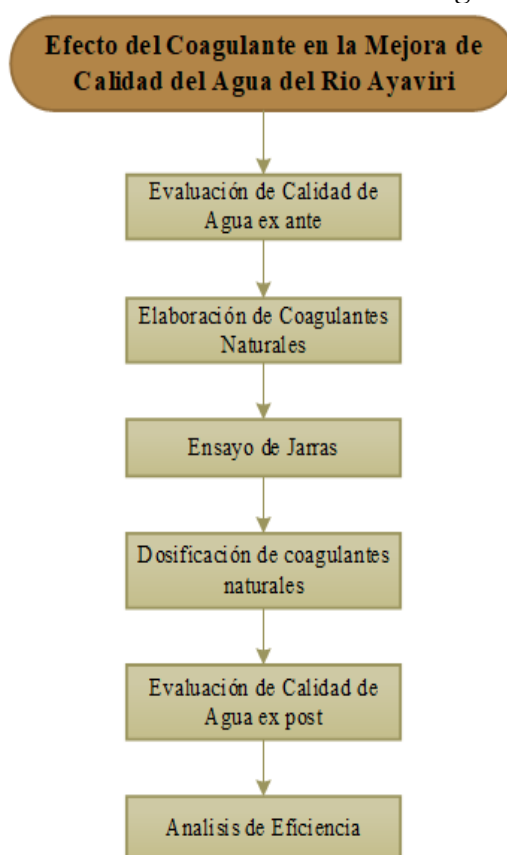
En el estudio presente, se empleó la observación como técnica, centrada en la visualización atenta de un fenómeno con el objetivo de recopilar datos y realizar sus posteriores análisis. Esto permitió al investigador realizar un monitoreo constante del proceso de observación, asegurando la precisión y coherencia en la recolección de información (Arias & Covinos, 2021).

Como instrumento, se empleó una ficha para la recolección de datos basada en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, establecido en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, cuyos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua según el DS N°004-2017-MINAM.

3.7. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

La investigación que aquí se detalla, se subdividió en tres etapas tal como se detallan en la figura 5. Primero, se evaluó la calidad de agua del río Ayaviri, analizando parámetros fisicoquímicos como: Turbidez, pH, sólidos suspendidos totales, DBO₅ y DQO. En la segunda, se obtuvieron coagulantes naturales a base de almidón y cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) mediante procesos de limpieza, pelado, secado y molienda. Finalmente, en la tercera etapa, se aplicó la prueba de jarras para determinar la dosis óptima del coagulante y las muestras tratadas fueron enviadas al laboratorio Analíticos del Sur para evaluar la efectividad de los biocoagulantes.

Figura 5.
Flujograma de procedimientos realizados en la investigación.



Nota. Elaboración propia.

3.7.1. Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua del río Ayaviri antes y después de la aplicación de los coagulantes.

Para la recolección muestral de agua del río Ayaviri, se siguió como dictamen el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, asegurando el cumplimiento de estándares de calidad y evitando cualquier tipo de contaminación en el proceso.

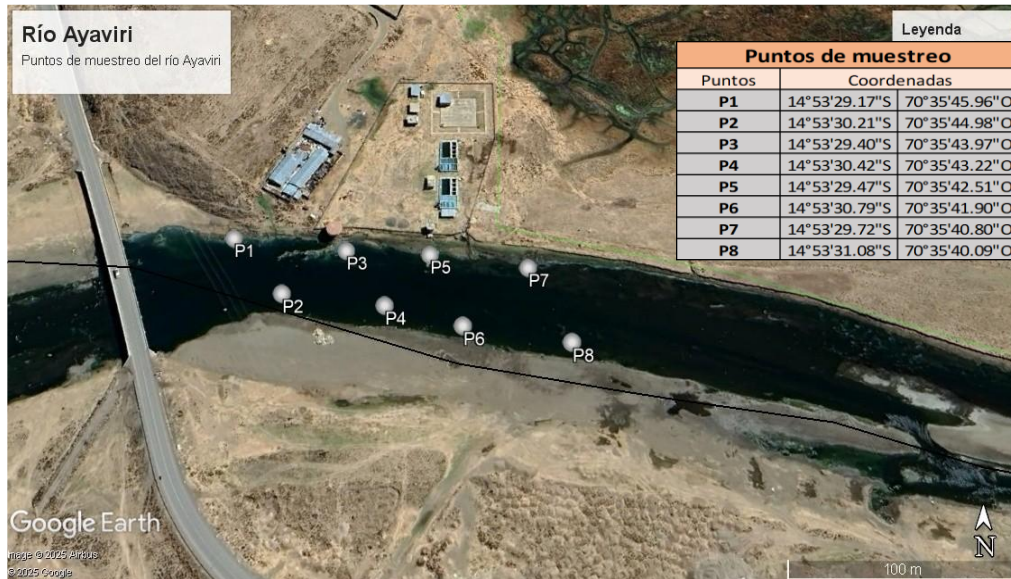
A. Toma de muestras

La recolección de muestras del río Ayaviri se realizó durante la época de bajo estiaje, con el objetivo de obtener una muestra representativa de contaminantes estacionarios, mediante un muestreo compuesto en zigzag, recolectando 40 litros de agua a distancias de 30 a 40 m entre puntos (ver figura 6). Las muestras se tomaron en contra corriente, colocándolas en bidones de material plástico directamente en el cuerpo de agua, tras una limpieza y enjuague previo con agua del mismo río,

conforme al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua – ANA, para eliminar posibles contaminantes de los recipientes.}

Figura 6.

Mapa de puntos de muestreo del Río Ayaviri



Nota. Elaboración propia.

La toma muestral se realizó en el punto de captación de agua de EPS Aguas del Altiplano, asegurando que las muestras reflejaran las condiciones reales del recurso hídrico destinado al consumo humano. El agua recolectada se depositó en dos envases, uno de 50 litros y otro de 1 litro; las muestras fueron transportadas de manera inmediata al laboratorio Analíticos del Sur para su análisis fisicoquímico, mientras que el envase de 50 litros se trasladó al laboratorio de la Universidad Nacional de Juliaca para la realización de la prueba de jarras.

3.7.1.1. Análisis de parámetros fisicoquímicos antes y después de la aplicación de coagulantes naturales

Se recolectó 40 L de muestra de agua que posteriormente fueron trasladadas al laboratorio “Laboratorios Analíticos del Sur”, laboratorio acreditado por INACAL, donde se analizó los siguientes parámetros.

- ✓ **Parámetros químicos:** Demanda Biológica de oxígeno, Demanda Química de Oxígeno.
- ✓ **Parámetros físicos:** Temperatura (in situ), pH (in situ), turbidez (in situ) y sólidos suspendidos totales.

Se emplearon métodos analíticos de reconocimiento internacional para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados, como se muestra en la tabla 7. Cada análisis se realizó siguiendo las normas técnicas de referencia, asegurando la validez de los datos. A continuación, se detallan los métodos utilizados:

Tabla 7.
Métodos para Análisis de Parámetros en laboratorio

Parámetros	Método
Turbidez	Método de Ensayo Estándar para Determinar Turbidez del Agua (ASTMD, 2017)
pH	Método Estándar para Prueba de pH del Agua (ASTMD, 2018).
Sólidos suspendidos totales	Método de prueba estándar para materia filtrable (sólidos totales disueltos) y materia no filtrable (sólidos totales en suspensión) en agua (ASTMD, 2018)
DBO	Método estándar de determinación de demanda biológica de oxígeno (ASTMD, 2018)
DQO	Método de titulación de determinación de demanda química de oxígeno

Nota. Elaboración propia.

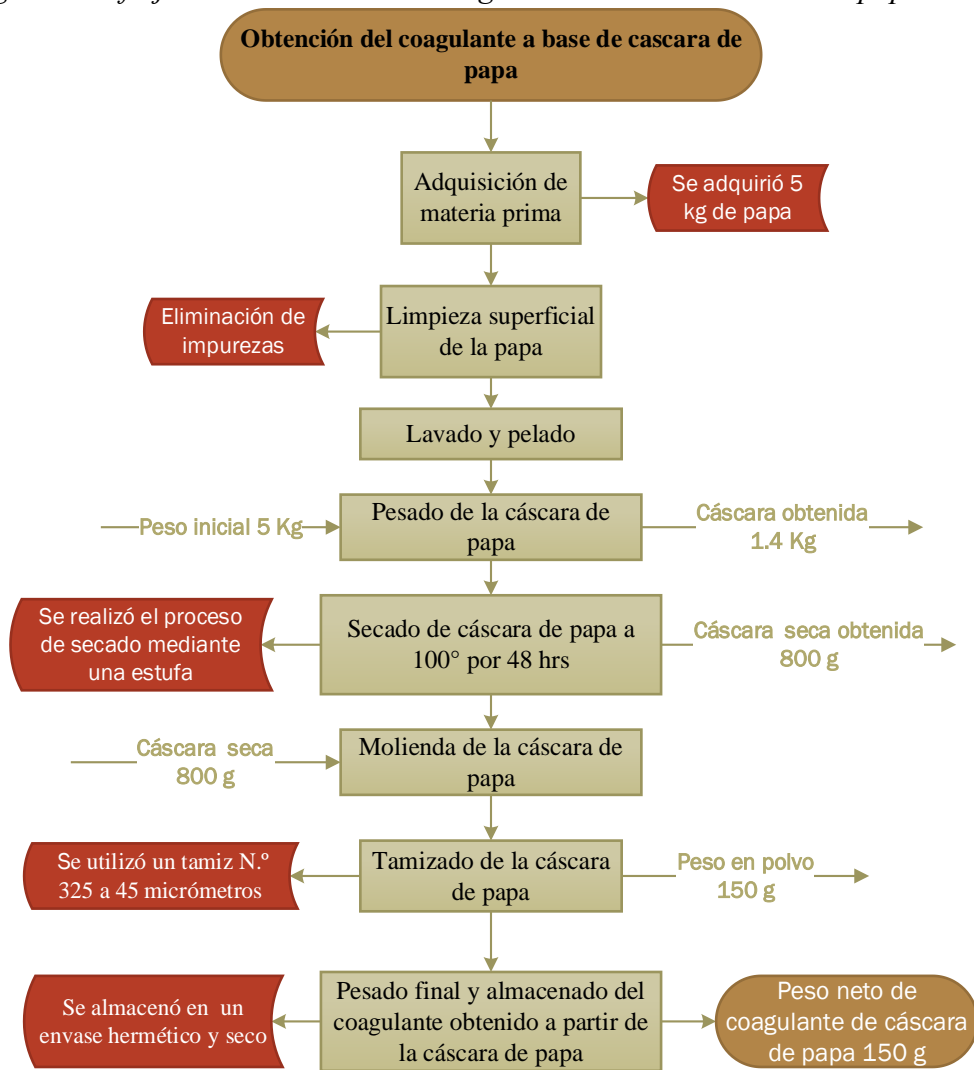
3.7.2. Obtención de los coagulantes a base de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*).

• Coagulante a base de cáscara de papa

Para la elaboración del coagulante a base de cascara de papa, se aplicó una metodología basada en el estudio de Choumane et al., (2021). La Figura 7 presenta el procedimiento para la obtención del coagulante a partir de la cáscara de papa, iniciando con la adquisición de la materia prima (5 kg de papa), seguida de la limpieza y pelado para eliminar impurezas, obteniendo cáscara limpia y apta para su posterior procesamiento. A continuación, se pesó la cáscara (1.4 kg) y se secó en una estufa a 100 °C durante 48 horas, reduciendo su masa a 800 g de cáscara seca. Esta cáscara se molió y se tamizó mediante un tamiz N.º 325 a 45 micrometros, obteniéndose un polvo fino de 150 g. Finalmente, el coagulante extraído se almacenó en envases de tipo hermético y secos para su uso posterior.

Figura 7.

Diagrama de flujo de la obtención de coagulante a base de cáscara de papa



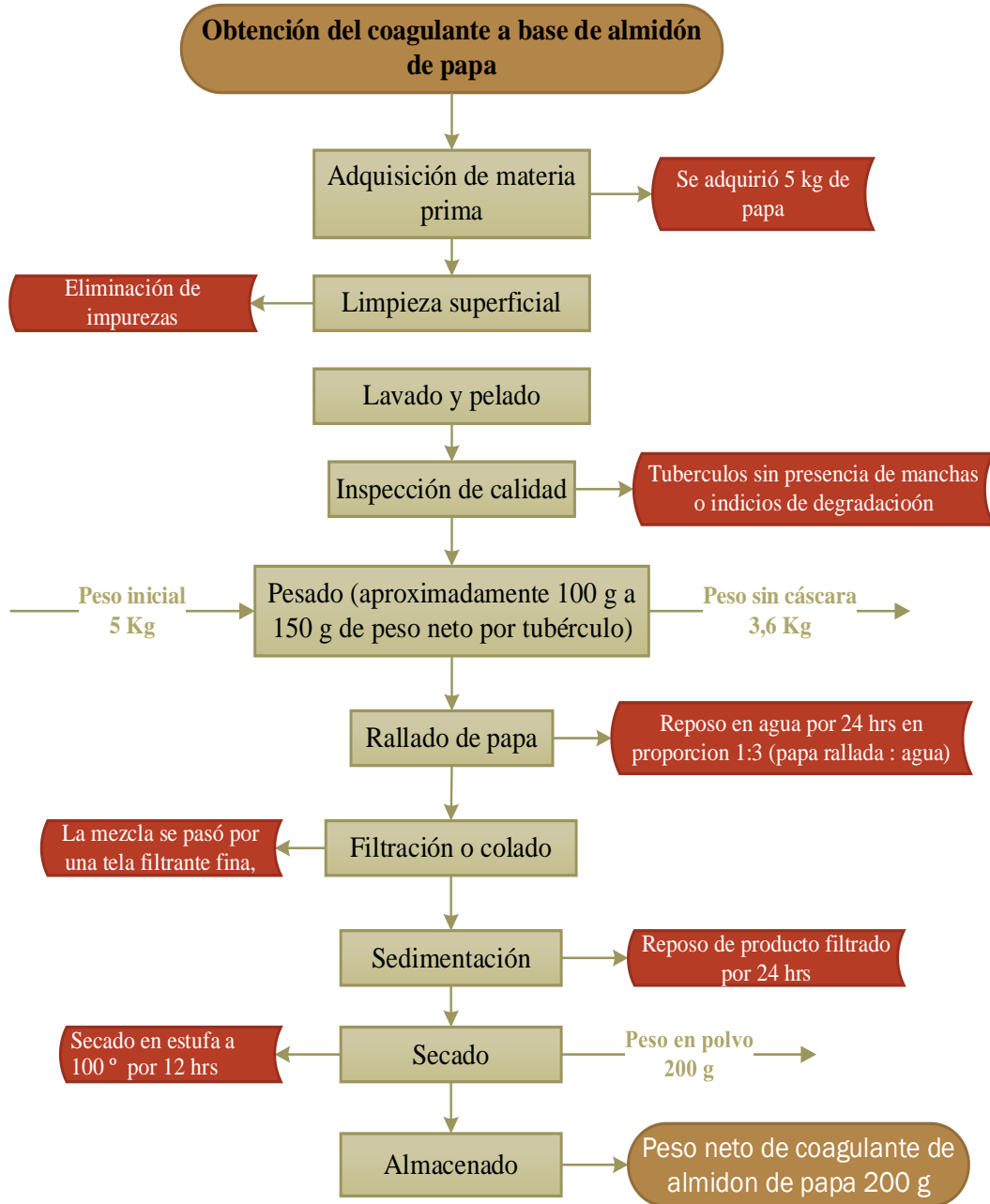
Nota. Elaboración propia.

• Coagulante a base de almidón de papa

Para la elaboración del coagulante a base de almidón de papa, se aplicó una metodología basada en el estudio de Choumane et al., (2021) y Alazaiza et al., (2022). La Figura 8 muestra el procedimiento para la obtención del coagulante a partir del almidón de papa, el cual inicia con la adquisición de la materia prima (5 kg de papa), seguida de la limpieza y pelado para eliminar impurezas. Luego, la papa libre de cáscara e impurezas (3.6 kg) fue pesada y posteriormente rallada. La mezcla resultante se dejó en reposo durante 24 horas y luego se coló, separando la pulpa del agua. El líquido obtenido se sometió a un proceso de sedimentación durante 24 horas, tras lo cual el almidón en sedimentación fue sometido a secado en una estufa de 100 °C por 12 horas, logrando 200 g de coagulante.

Figura 8.

Diagrama de flujo de la obtención de coagulante a base de almidón de papa



Nota. Elaboración propia.

3.7.3. Determinación de la dosis óptima del coagulante de cáscara y almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri.

La coagulación se desarrolló a través de prueba de jarras, empleando dos coagulantes derivados de: Cáscara de papa y el almidón de papa. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de sedimentación y filtración, con el fin de obtener muestras tratadas que fueron enviadas a laboratorio para su respectivo análisis fisicoquímico.

- **Preparación de la solución coagulante a base de almidón de papa**

Para la elaboración de la solución coagulante, se adicionó agua destilada hasta la mitad de un balón aforado de 100 mL. A continuación, se incorporó 1 g del coagulante en polvo a base de almidón de papa (variedad Imilla negra) y se realizó una agitación manual con un capilar de vidrio hasta lograr su completa disolución. Posteriormente, se completó el volumen con agua destilada hasta alcanzar el aforo correspondiente. Con este procedimiento se obtuvo una solución coagulante con una concentración de 1 % m/v, equivalente a 10 mg/mL, la cual fue utilizada para la preparación de las diferentes dosis aplicadas en los ensayos de coagulación-floculación (Camacho et al., 2020).

- **Prueba de jarras para el coagulante a base de almidón de papa.**

Para el desarrollo de los ensayos de coagulación–floculación, se evaluaron dosis entre 0.5 a 3.0 mL/L del coagulante de almidón de papa, manteniendo constantes las condiciones de agitación rápida y lenta, de acuerdo con el procedimiento adaptado de Camacho et al. (2020) y Cerna et al. (2024). Cada tratamiento se realizó por triplicado para garantizar la confiabilidad de los resultados. En la Tabla 8 se presentan los tratamientos establecidos, las dosis aplicadas y las condiciones de agitación empleadas en cada ensayo.

Tabla 8.

Prueba de jarras para el coagulante a partir de almidón de papa

Nº de tratamientos	Dosis de coagulante mL/L	Velocidad y tiempo de agitación (rápida)	Velocidad y tiempo de agitación (lenta)
1	0.5		
2	1.0		
3	1.5	120 r/min durante 1 minuto	30 r/min durante 20 minutos
4	2.0		
5	2.5		
6	3.0		

Nota. Elaboración propia.

- **Elaboración de la solución coagulante a base de cáscara de papa**

Para la elaboración de la solución coagulante, se adicionó agua destilada hasta la mitad de un balón aforado de 100 mL. A continuación, se incorporó 1 g del coagulante en polvo a base de cáscara de papa (variedad Imilla negra) y se conllevó a agitación manual con un capilar de vidrio, para alcanzar su completa disolución. Posteriormente, se completó el volumen con agua destilada hasta alcanzar el aforo correspondiente.

Con este procedimiento se obtuvo una solución coagulante con una concentración de 1 % m/v, la cual fue utilizada para la preparación de las diferentes dosis aplicadas en los ensayos de coagulación-floculación (Camacho et al., 2020).

• **Prueba de jarras para el coagulante a base de cáscara de papa.**

En la tabla 9, se presentan los seis tratamientos aplicados empleando el coagulante de cáscara de papa, en dosis de 0.5 a 3.0 mL/L, bajo la metodología de prueba de jarras. El procedimiento contempló dos fases de agitación: una agitación rápida a 120 r/min durante 1 minuto, destinada a dispersar uniformemente el coagulante en la muestra; y una agitación lenta de 30 r/min durante 20 minutos, destinada a favorecer la formación de flóculos. Cada tratamiento se logró por triplicado para avalar la confiabilidad de los resultados. De esta manera, se evaluó la eficiencia de cada concentración en la mejora de los parámetros fisicoquímicos del agua analizada.

Tabla 9.

Prueba de jarras para el coagulante a partir de cáscara de papa.

N° de tratamientos	Dosis de coagulante mL/L	Velocidad y tiempo de agitación (rápida)	Velocidad y tiempo de agitación (lenta)
1	0.5		
2	1.0		
3	1.5	120 r/min durante 1	30 r/min durante 20
4	2.0	minuto	minutos
5	2.5		
6	3.0		

Nota. Elaboración propia.

• **Proceso de coagulación**

La evaluación de este proceso se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Juliaca, usando un equipo de prueba de jarras conformado por agitadores múltiples de 6 paletas. Para iniciar el ensayo, se colocaron los 6 vasos en el equipo, asignando a cada uno una paleta. El proceso comenzó con una veloz agitación a 120 rpm en el lapso de 1 minuto, seguida de una agitación más lenta en 30 rpm durante 20 minutos. Cada tratamiento fue realizado por triplicado para garantizar la reproducibilidad y confiabilidad de los resultados.

- **Sedimentación**

Posteriormente, los vasos que contenían las soluciones fueron retirados del equipo de prueba de jarras y se dejaron en reposo durante un periodo de 15 minutos para permitir el proceso de sedimentación (Camacho et al., 2020). Transcurrido este tiempo, se extrajo cuidadosamente la muestra sobrenadante de cada vaso, evitando perturbar el sedimento depositado en el fondo, con el fin de preservar la representatividad de la muestra para su posterior análisis.

- **Filtración**

Las muestras correspondientes a las dosis previamente tratadas fueron sometidas a un proceso de filtración utilizando papel filtro Whatman de 12.5 cm de diámetro, para simular las condiciones operativas de una planta de tratamiento de agua y asegurar la obtención de resultados confiables y representativos. Este procedimiento permitió remover eficientemente las partículas residuales en suspensión y obtener un efluente más claro para su posterior evaluación. Finalmente, las muestras filtradas fueron enviadas al laboratorio acreditado por INACAL “Laboratorios Analíticos del Sur” para el análisis de los parámetros físicoquímicos. Método de análisis de datos.

3.8. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos fueron procesados en dos etapas. En la primera, se realizó un análisis descriptivo mediante el programa Microsoft Excel 2016, a través del cual se elaboraron tablas y gráficos que facilitaron la organización e interpretación de la información, en concordancia con los objetivos de la investigación. En la segunda etapa, se efectuó el análisis estadístico utilizando el software SPSS versión 21, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) en conjunto con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0.05$). Este procedimiento permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos, proporcionando una interpretación más rigurosa y objetiva de los resultados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DEL RIO AYAVIRI ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LOS COAGULANTES.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la presente investigación se muestran en la tabla 10, estos valores constituyen la línea base para evaluar la eficacia del coagulante en el tratamiento del agua.

Tabla 10.

Análisis fisicoquímico del agua del río Ayaviri

Parámetro	Resultado	Unidad de medida
pH	7.1	--
Turbidez	42.9	NTU
DBO ₅	31.2	mg/L
DQO	77.7	mg/L
SST	267.3	mg/L
Conductividad eléctrica	887.3	mS/cm

Nota. Elaboración propia.

Los resultados del análisis fisicoquímico del agua del río Ayaviri mostraron un pH neutro, turbidez de 42.9 NTU, sólidos suspendidos totales (SST) de 267.3 mg/L, DBO₅ de 31.2 mg/L y DQO de 77.7 mg/L. Exceptuando el pH, los demás parámetros presentaron valores elevados, superando los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, lo que evidencia una alta carga de partículas en suspensión y materia orgánica, principalmente reflejada en los valores de turbidez, SST, DBO₅ y DQO. Estos resultados sugieren que el agua del río Ayaviri se encuentra afectada por contaminación asociada a sedimentos y desechos orgánicos provenientes de actividades humanas en la zona circundante (Cevallos et al., 2022).

Los resultados son consistentes con hallazgos de otros autores que también evaluaron las características fisicoquímicas del agua antes de aplicar coagulantes naturales. Según Camacho et al. (2020), la medición inicial de turbidez fue de 59.6 NTU, valor superior al registrado en el presente estudio. De manera similar, Cahuaya &

Choquegonza (2024) reportaron un pH de 6.5, una conductividad de 1.928 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una turbidez inicial de 10.44 NTU, evidenciando diferencias asociadas al punto y momento de muestreo. Por su parte, Vicuña (2023) encontró valores más elevados, con un pH de 8.4, SST de 860 mg/L, DBO de 2.187 mg O_2/L y una temperatura de 25.5 °C. Asimismo, Vilavila (2018) reportó que el agua del río Ayaviri presentaba una turbidez de 175 NTU, una temperatura de 15 °C y un pH de 7.73. En conjunto, estos antecedentes reflejan la alta variabilidad de los parámetros fisicoquímicos del agua, la cual depende principalmente de factores como el punto de muestreo, la época del año y las condiciones ambientales.

La elevada demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y los sólidos suspendidos totales reportados por Vicuña (2023) indican una alta concentración de materia orgánica en la fuente analizada, lo que influye directamente en la eficacia de los procesos tanto de coagulación como de sedimentación. Además, la variabilidad en la turbidez inicial constituye un factor clave en la determinación de la dosis óptima del coagulante natural. Una turbidez inicial de 59.6 NTU reportada por Camacho et al. (2020) podría requerir una dosis más elevada de coagulante para alcanzar una remoción eficiente, en comparación con los 10.44 NTU registrados por Cahuaya & Choquegonza (2024), donde una menor dosis resultaría suficiente. Esta variabilidad en la turbidez inicial pone en evidencia la importancia de realizar una caracterización previa del agua antes de aplicar el tratamiento, ya que la dosis con mayor desempeño del coagulante depende de las condiciones fisicoquímicas de la muestra. De esta manera, se garantiza una mayor eficiencia en el proceso de coagulación-floculación y, al mismo tiempo, se optimizan los costos operativos asociados al uso de coagulantes naturales.

Los resultados fisicoquímicos obtenidos para el agua del río Ayaviri en este estudio evidencian una carga significativa de materia orgánica y sólidos suspendidos, reflejada en los valores elevados de DBO_5 , DQO y turbidez, lo cual representa una potencial amenaza para ecosistemas acuáticos y salud poblacional (Andía, 2000). Estos hallazgos se alinean con investigaciones previas que evidencian alta variabilidad en los parámetros fisicoquímicos en función del origen de la muestra y las condiciones ambientales (Ariza & Gutiérrez, 2020). Esta variabilidad refuerza la necesidad de un análisis previo de turbidez y otros parámetros clave, que permita determinar con

precisión la dosis más adecuada de coagulante natural, asegurando un tratamiento eficiente, sostenible y económicamente viable.

En la Tabla 11 y figura 9 se presentan los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri, los cuales fueron examinados frente a los ECAs para agua — Categoría 1: Agua destinada a consumo humano, Subcategoría A2 (Tratamiento convencional), dados por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Esta comparación permite evaluar la calidad inicial del agua y determinar el grado de cumplimiento respecto a la normativa vigente, sirviendo como línea base para analizar la efectividad del tratamiento mediante coagulantes a base de cáscara y almidón de papa.

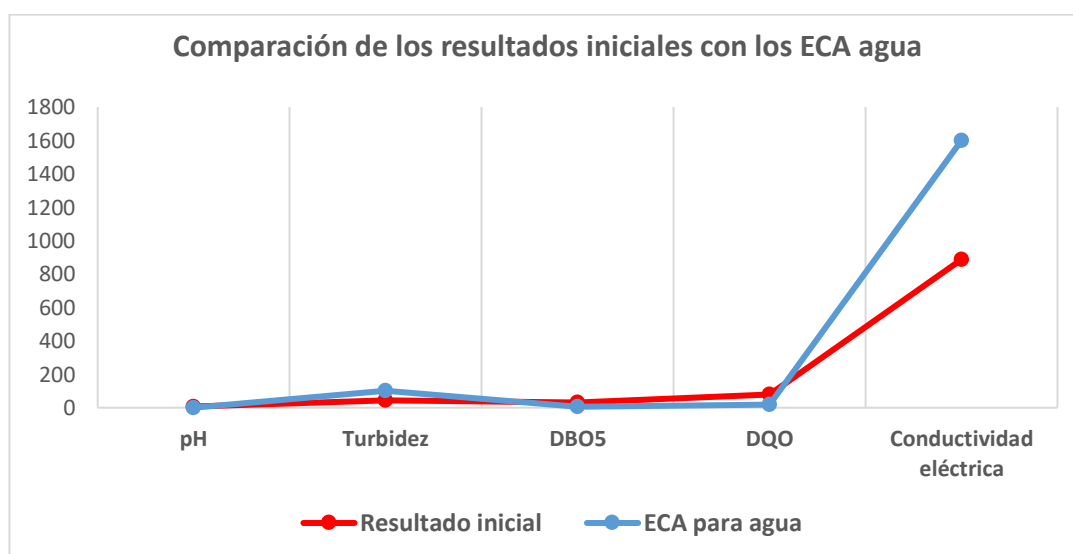
Tabla 11.

Comparación de los resultados iniciales con los ECA agua – Categoría 1

Parámetro	Resultado	ECA para agua	Observaciones
pH	7.1	6.5 - 8.5	Si cumple
Turbidez	42.9 NTU	100 NTU	Si cumple
DBO ₅	31.2 mg/L	5 mg/L	No cumple
DQO	77.7 mg/L	20 mg/L	No cumple
SST	267.3 mg/L	No especifica	-
Conductividad eléctrica	887.3 uS/cm	1600 uS/cm	Si cumple

Figura 9.

Comparación de los parámetros fisicoquímicos iniciales con los ECA



Nota. Elaboración propia.

En ellas se observa que el pH (7.1), turbidez (42.9 NTU) y la conductividad eléctrica (887.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) se encuentran dentro del rango permitido por la normativa, en cuanto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO₅ (31.2 mg/L), la Demanda Química de Oxígeno – DQO (77.7 mg/L), superan los límites establecidos para la Subcategoría A2. Estos valores reflejan una elevada carga de materia orgánica, sedimentos y sales disueltas, lo que podría favorecer el desarrollo de condiciones anaerobias, afectar la biodiversidad acuática y representar riesgos potenciales para la salud humana en caso de uso sin tratamiento adecuado (Andía, 2000).

De acuerdo al estudio Huayhua & Gutierrez (2024), la evaluación de la pureza del agua se realizó en comparación de sus resultados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua específicamente las categorías destinadas a riego de vegetales, bebida de animales. Los autores determinaron que los parámetros de DBO₅, DQO, aceites y grasas, coliformes termotolerantes y temperatura superaban los límites establecidos, lo cual evidencia una fuerte presencia de materia orgánica y otros contaminantes en el cuerpo receptor del río Conde Pampa (Cusco).

Asimismo, según Vilavila (2018), el agua del río Ayaviri presentó una turbidez de 175 NTU, a una temperatura de 15 °C y un pH de 7.73. Esta muestra de agua no cumplió con el requisito del parámetro de turbidez según el Estándar de Calidad Ambiental para Agua, establecido mediante el Decreto Supremo N° 004 - 2017, el cual determina que la turbidez debe ser ≤ 5 NTU y el pH debe mantenerse entre 6.5 y 9. Los elevados niveles de turbidez pueden afectar el ingreso de luz en el agua, dificultar el proceso fotosintético de organismos acuáticos y favorecer la presencia de microorganismos patógenos. Por otro lado, aunque el pH del agua se halla dentro del rango permitido, la combinación de alta turbidez y otros posibles contaminantes sugiere un riesgo para la calidad del agua destinada a consumo humano y para la salud del ecosistema acuático.

4.2. OBTENCIÓN DE LOS COAGULANTES A BASE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*), PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI.

Tomando en consideración la elaboración de coagulantes naturales a base de cáscara y almidón de papa, el primer coagulante se obtuvo a partir de la cáscara de papa, siguiendo una secuencia controlada de etapas. En primer lugar, se efectuó una limpieza superficial para retirar residuos visibles, seguida de un lavado exhaustivo con agua para eliminar impurezas adheridas. A continuación, se procedió al pelado de los tubérculos, separando cuidadosamente las cáscaras, las cuales fueron posteriormente pesadas. Luego, las cáscaras se deshidrataron en una estufa a 100 °C durante 48 horas con el objetivo de reducir su contenido de humedad. Una vez secas, se molieron hasta pulverizar a un polvo fino y homogéneo, el cual fue tamizado mediante un tamiz N° 325 (45 µm) asegurando una granulometría uniforme. Finalmente, el polvo resultante se almacenó en un recipiente limpio, seco y hermético, conservado a temperatura ambiente hasta su uso en los ensayos de coagulación.

Para la obtención del segundo coagulante, a base de almidón de papa, se adquirió 5 Kg de materia prima, se realizó una limpieza superficial y el pelado de los tubérculos. Posteriormente, los tubérculos fueron rallados y colocados en un recipiente con agua, donde se dejaron en reposo durante 24 horas para favorecer la liberación del almidón. Transcurrido este periodo, se separó la fase líquida del residuo sólido mediante filtración, por un colador y el líquido obtenido se dejó sedimentar por 24 horas. Finalmente, el almidón sedimentado fue secado en una estufa a 100 °C durante 12 horas. Como resultado, se obtuvo 200 g de almidón seco, apto para su aplicación como coagulante natural en el tratamiento de agua.

A partir de 1.4 kg de cáscara de papa húmeda se obtuvo 800 g de cáscara seca, de los cuales se produjo un total de 150 g de coagulante en polvo. Esto representa un rendimiento del 10.7 % respecto al peso húmedo y 18.8 % respecto al peso seco. En el caso del almidón de papa, a partir de 5 kg de papa fresca (3.6 kg sin cáscara) se obtuvo 200 g de almidón en polvo, equivalente a un rendimiento del 4 %. Estos valores reflejan la cantidad de coagulante recuperado en condiciones experimentales controladas y constituyen la base para evaluar la viabilidad técnica de la producción de coagulantes naturales a partir de subproductos agrícolas.

Tabla 12.*Rendimiento obtenido en la elaboración de coagulantes naturales*

Tipo de coagulante	Peso inicial de materia prima	Peso después de pelado/secado	Peso final en polvo	Rendimiento (%)	Características físicas
Cáscara de papa	1.4 kg (cáscara húmeda)	0.8 kg (cáscara seca)	150 g	10.7 % (respecto al peso húmedo)/ 18.8 % (respecto al peso seco)	Polvo fino, color marrón claro
Almidón de papa	5.0 kg (papa entera)	3.6 kg (sin cáscara)	200 g	4.0 %	Polvo blanco, textura fina y seca

Nota. Elaboración propia.

Tomando en consideración el proceso de elaboración de coagulantes naturales a base de cáscara y almidón de papa, se identificaron antecedentes en la literatura científica que presentan procedimientos similares al desarrollado en la presente investigación. Entre ellos, Huaranga & Vilcarano (2019) elaboraron un coagulante natural a partir de cáscaras de papa, aplicando un proceso de secado en estufa a 105 °C durante 24 horas como parte fundamental para la conservación y activación de los compuestos coagulantes. Este antecedente respalda la viabilidad del uso de residuos vegetales como agentes coagulantes en el tratamiento de agua, así como la importancia de controlar variables como la temperatura y el tiempo de secado.

Asimismo, Cerna et al. (2023), obtuvieron un coagulante natural a base de almidón de papa, para ello trituraron la materia prima empleando una proporción agua/masa de 1:4 y posteriormente realizaron el secado a una temperatura de 45 °C durante 24 horas. De manera similar, Moreno et al. (2021) obtuvieron un coagulante a base de almidón de papa, siguiendo etapas como adquisición, lavado, corte, molienda, filtrado, sedimentación, secado y tamizado. El almidón en polvo obtenido fue envasado en un frasco de vidrio, asegurando condiciones adecuadas para su almacenamiento y uso posterior.

El desarrollo de la elaboración de coagulantes naturales con cáscara y almidón de papa involucra etapas comunes como el lavado, secado, molienda y tamizado, permitiendo la obtención de un producto eficaz para el tratamiento de agua. Factores como la temperatura y el tiempo de secado, así como la proporción de agua empleada durante el procesamiento, resultan determinantes en la calidad del coagulante final. La coincidencia en los métodos aplicados por distintos investigadores evidencia una

tendencia hacia la estandarización del procedimiento. Asimismo, una adecuada conservación del producto garantiza su estabilidad y efectividad en aplicaciones posteriores. En conjunto, estos pasos contribuyen al desarrollo de un coagulante natural eficiente, económico y ambientalmente sostenible.

Los rendimientos obtenidos para los coagulantes naturales a base de cáscara y almidón de papa se encuentran dentro de rangos esperables para procesos artesanales de extracción y secado. El rendimiento relativamente mayor de la cáscara (18.8 % en base seca) respecto al almidón (4 %) evidencia que la valorización de este residuo agroindustrial es más eficiente y sencilla, además de requerir menos etapas de procesamiento. Estudios similares han señalado que los rendimientos de coagulantes vegetales varían ampliamente dependiendo del tipo de materia prima, contenido de humedad y método de extracción (Camacho et al., 2020). Este resultado respalda la pertinencia de emplear la cáscara de papa como fuente principal de coagulante natural, no solo por su eficiencia en remoción de contaminantes, sino también por su mayor disponibilidad y facilidad de obtención, lo que la hace viable para un uso sostenible y de bajo costo en tratamientos de agua.

4.3. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS OPTIMA DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM*) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO AYAVIRI.

Para la determinación de la dosis optima de coagulante natural para la mitigación de contaminantes subyacentes del agua del río Ayaviri, se evaluaron seis concentraciones de coagulante elaborados a partir de cáscara y almidón de papa: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L. Los ensayos se realizaron por triplicado, y se determinaron los porcentajes de remoción de turbidez, DBO₅, DQO, SST y conductividad eléctrica. Por lo tanto, se empleó la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de remoción:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{VP_i - VP_f}{VP_i} \times 100$$

Dónde:

VP_i: Valor parámetro inicial.

VP_f: Valor parámetro final.

Tabla 13.

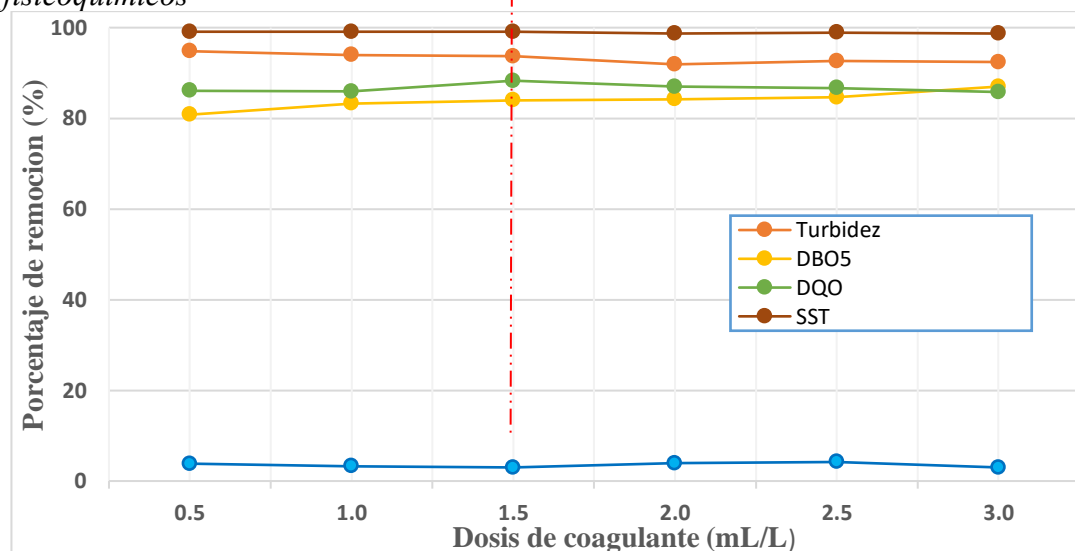
Eficiencia del coagulante de cáscara de papa en la reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri.

Parámetros	Concentraciones del coagulante a base de cáscara de papa					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Turbidez	94.8 %	94.0%	93.7%	91.9%	92.6%	92.4%
DBO5	80.8%	83.3%	84.0%	84.2%	84.6%	87.0%
DQO	86.1%	85.9%	88.3%	87.0%	86.7%	85.8%
SST	99.1%	99.1%	99.1%	98.7%	98.9%	98.7%
Conductividad eléctrica	3.8%	3.3%	3.0%	3.9%	4.2%	3.0%

Nota. Elaboración propia.

Figura 10.

Eficiencia del coagulante a base de cáscara de papa en la reducción de parámetros fisicoquímicos



Nota. Elaboración propia.

La dosis con mayor desempeño del coagulante de cáscara de papa fue de **1.5 mL/L**, como se muestra en la tabla 13, ya que permitió alcanzar la mayor eficiencia global en la remoción de los parámetros fisicoquímicos analizados. A esta dosis de coagulante se obtuvo una remoción de turbidez del 93.7 %, DBO₅ del 84.0 %, DQO del 88.3 % y SST del 99.1 %. Aunque la máxima reducción de turbidez se logró con 0.5 mg/L, dosis mayores no mostraron mejoras significativas y, en algunos casos, redujeron la eficiencia, lo que evidencia la importancia de determinar una dosis adecuada para optimizar el proceso de coagulación y evitar sobredosificación.

Ante esto, Camacho et al. (2020), lograron una remoción del 81.32 % de la turbidez (NTU) mediante la aplicación de 10 mg/L de coagulante natural, mientras que Riaños et al. (2023) reportaron una eficiencia del 70.3 % utilizando 20 mg/L de dosis de coagulante de cáscara de papa. Aunque estos valores son significativos, fueron superados en el presente estudio, donde se alcanzó una remoción del 94.8 % con apenas 0.5 mg/L de coagulante de cáscara de papa, evidenciando así una mayor eficiencia con dosis considerablemente menores.

Asimismo, Ambrosio et al. (2024), lograron una remoción del 55.86 % de sólidos suspendidos totales (SST) utilizando una dosis de 100 mg/L, cifra inferior al 99.1 % alcanzado en la presente investigación con apenas 0.5 mL/L. Por su parte, Aquino (2021) señala que un coagulante elaborado a base de cáscara de papa permitió remover hasta el 80.65 % de los contaminantes presentes, reafirmando el alto potencial del coagulante natural a base de cáscara de papa.

Diversos estudios coinciden en que los coagulantes naturales, especialmente los elaborados a partir de cáscara de papa, constituyen una estrategia altamente eficaz para la remoción de turbidez y sólidos suspendidos totales (SST) en el agua. La eficiencia de remoción depende de la dosis aplicada, demostrando que incluso concentraciones mínimas pueden generar resultados significativos. Estos hallazgos destacan el potencial de estos coagulantes como una alternativa efectiva, económica y ambientalmente sostenible para el tratamiento de aguas, particularmente en zonas rurales o con acceso limitado a tecnologías convencionales.

Tabla 14.

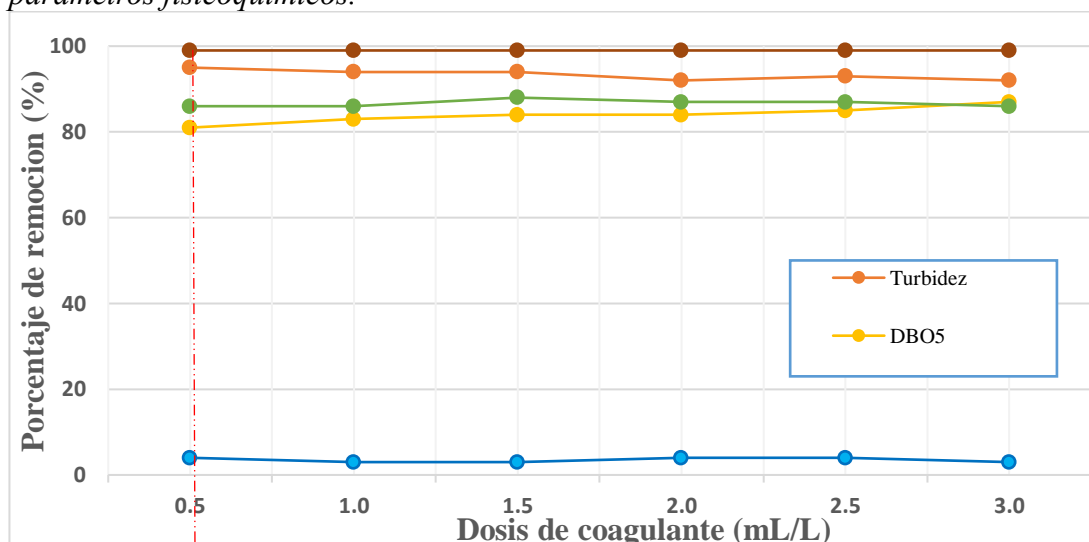
Eficiencia del coagulante con almidón de papa en la reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri.

Parámetros	Concentraciones del coagulante a base de almidón de papa					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
Turbidez	95.9%	95.6%	95.1%	94.5%	94.7%	94.0%
DBO5	78.7%	73.7%	75.1%	74.6%	73.8%	71.1%
DQO	85.6%	83.1%	83.0%	83.0%	80.8%	80.7%
SST	99.1%	99.1%	99.1%	99.1%	99.1%	99.1%
Conductividad eléctrica	3.6%	3.6%	3.5%	3.7%	3.5%	3.4%

Nota. Elaboración propia.

Figura 11.

Eficiencia del coagulante a base de almidón de papa en la reducción de los parámetros fisicoquímicos.



Nota. Elaboración propia.

La evaluación de diferentes concentraciones del coagulante a base de almidón de papa mostró que la dosis óptima fue de **0.5 mL/L**, ya que permitió alcanzar la mayor eficiencia en la remoción de los parámetros fisicoquímicos analizados. A esta concentración se obtuvo una reducción de turbidez del 95.9 %, DBO₅ del 78.7 %, DQO del 85.6 % y SST del 99.1 %. Niveles de dosis mayores no presentaron mejoras significativas en la eficiencia, e incluso en algunos casos se observó una ligera disminución en la remoción de DBO₅ y DQO, lo que evidencia la importancia de determinar la dosis adecuada para optimizar el proceso de coagulación y evitar sobredosificación (Cerna, et al., 2023). Además, la conductividad eléctrica se mantuvo prácticamente constante, indicando que el coagulante no alteró significativamente la salinidad del agua.

Por su parte, Cainaba & Esteban (2020) demostraron que el coagulante natural a base de almidón de papa presenta una alta eficiencia, alcanzando una remoción del 98.7 % con una dosis de 20 mL, además de reducir significativamente el pH y la turbidez del agua. De manera similar, Moreno et al. (2021) lograron una remoción del 93.31 % de la turbidez utilizando una dosis de 100 mg/L, mientras que Herrera & Sánchez (2023) consiguieron una reducción del 97 % con apenas 0.25 mg/L. Estos hallazgos respaldan los resultados obtenidos en el presente estudio, en el que se alcanzaron eficiencias de hasta 95.9 % en la reducción de turbidez con solo 0.5 mg/L de almidón de papa.

La Tabla 15 y figura 12 presentan la comparación de la eficiencia de remoción de los principales parámetros físico-químicos empleando coagulantes naturales de cáscara y almidón de papa en sus respectivas dosis óptimas. Esta comparación permite identificar cuál de los coagulantes presenta un mejor desempeño para cada parámetro evaluado, considerando turbidez, DBO₅, DQO, SST y conductividad eléctrica.

Tabla 15.

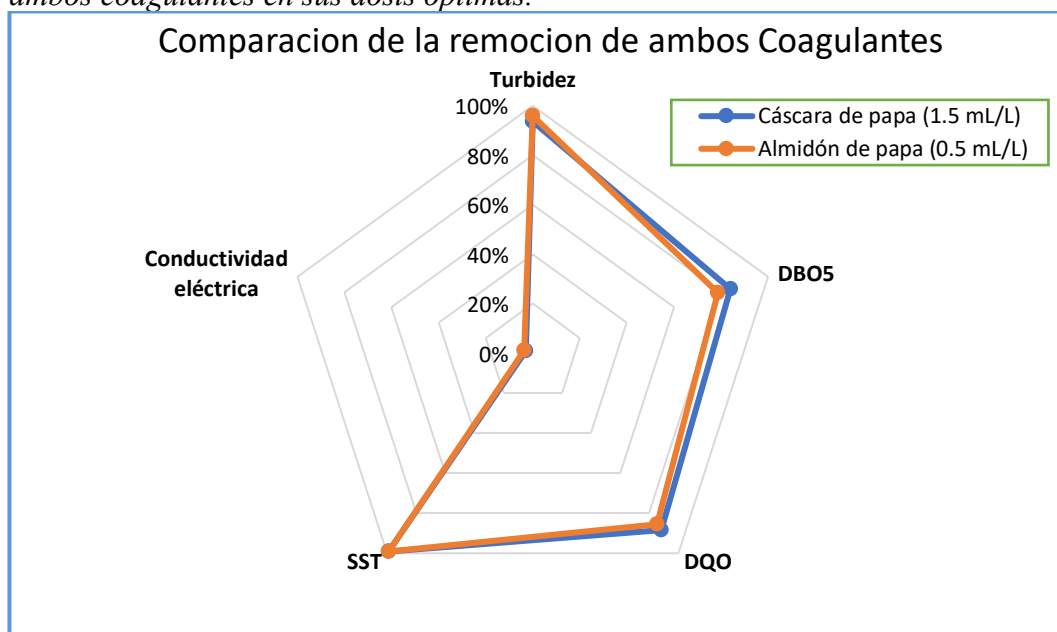
Comparación de la eficiencia de remoción de parámetros físico-químicos utilizando ambos coagulantes en sus dosis óptimas.

Parámetros	Cáscara de papa (1.5 mL/L)	Almidón de papa (0.5 mL/L)
Turbidez	93.7%	95.9%
DBO ₅	84.0%	78.7%
DQO	88.3%	85.6%
SST	99.1%	99.1%
Conductividad eléctrica	3.0%	3.6%

Nota. Elaboración propia.

Figura 12.

Comparación de la eficiencia de remoción de parámetros físico-químicos utilizando ambos coagulantes en sus dosis óptimas.



Nota. Elaboración propia.

El almidón de papa presenta una ligera ventaja en la remoción de turbidez, alcanzando 95.9 %, frente al 93.7 % de la cáscara de papa. Sin embargo, la cáscara de papa muestra un mayor desempeño en la reducción de DBO₅ (84.0 %) y DQO (88.3 %), además de presentar un menor impacto en la conductividad eléctrica. Ambos coagulantes lograron una remoción idéntica de SST (99.1 %), evidenciando su alta eficiencia en este parámetro. Estos resultados sugieren que la cáscara de papa ofrece una eficiencia

global ligeramente superior, además de ser una alternativa económica y de fácil obtención.

Los resultados muestran que el almidón de papa presenta una ligera ventaja en la remoción de turbidez (95.9 %) respecto a la cáscara (93.7 %), lo cual coincide con lo reportado por Cainaba & Esteban (2020) y Herrera & Sánchez (2023), quienes destacaron la alta eficacia del almidón de papa para reducir la turbidez a bajas concentraciones. Sin embargo, la cáscara de papa demostró un mayor desempeño en la remoción de DBO₅ (84.0 %) y DQO (88.3 %) en comparación con el almidón, además de generar un menor incremento en la conductividad eléctrica.

Estos hallazgos son consistentes con Aquino (2021) y Ambrosio et al. (2024), quienes resaltaron el potencial de la cáscara de papa para remover materia orgánica y sólidos en suspensión con dosis relativamente bajas. En ambos casos, se alcanzó una remoción del 99.1 % de SST, superando los valores reportados por Camacho et al. (2020) y Riaños et al. (2023), lo que evidencia la alta capacidad de ambos coagulantes para la clarificación del agua. En conjunto, estos resultados sugieren que, si bien el almidón de papa es ligeramente más eficiente para la turbidez, la cáscara de papa ofrece un desempeño globalmente superior en la remoción de contaminantes orgánicos y sólidos, además de ser más económica y accesible, lo que la adjudica como una alternativa de sostenibilidad y viabilidad en el tratamiento de aguas en caso de contextos a nivel rural.

Los resultados obtenidos permitieron identificar las dosis con mayor eficiencia de remoción para cada coagulante. Estos valores fueron validados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA), el cual evidenció diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las dosis evaluadas, confirmando así que las dosis seleccionadas corresponden a las condiciones óptimas para la mejora de la calidad del agua. Posteriormente, la prueba de Tukey permitió establecer diferencias significativas entre los tratamientos, determinando que la cáscara de papa presentó una mayor eficiencia en la remoción de los parámetros físico-químicos en comparación con el almidón de papa.

Tabla 16.

Análisis de Varianza (ANOVA) aplicado al coagulante de cáscara de papa en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri.

Parámetros		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Potencial de hidrógeno	Inter-grupos	1.361	6	0.227	68.030	0.001
	Intra-grupos	0.047	14	0.003		
	Total	1.407	20			
Turbidez	Inter-grupos	4122.973	6	687.162	291.209	0.002
	Intra-grupos	33.036	14	2.360		
	Total	4156.009	20			
Demanda bioquímica de oxígeno	Inter-grupos	1773.270	6	295.545	48.716	0.005
	Intra-grupos	84.933	14	6.067		
	Total	1858.203	20			
Demanda química de oxígeno	Inter-grupos	11643.145	6	1940.524	341.498	0.003
	Intra-grupos	79.553	14	5.682		
	Total	11722.698	20			
Sólidos suspendidos totales	Inter-grupos	179680.838	6	29946.806	9950.679	0.000
	Intra-grupos	42.133	14	3.010		
	Total	179722.971	20			
Conductividad eléctrica	Inter-grupos	2849.905	6	474.984	42.810	0.000
	Intra-grupos	155.333	14	11.095		
	Total	3005.238	20			

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

En la Tabla 16 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con el coagulante elaborado a base de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*). Los valores de significancia (Sig.) obtenidos fueron menores a 0.05 en todos los parámetros evaluados, lo que indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas dosis aplicadas. Los resultados muestran que el parámetro de sólidos suspendidos totales (SST) registró la mayor diferencia entre tratamientos ($F = 9950.68$; $p < 0.001$), seguido de la demanda química de oxígeno ($F = 341.50$; $p = 0.003$) y la turbidez ($F = 291.21$; $p = 0.002$). Estos valores reflejan la notable capacidad coagulante de la cáscara de papa para mejorar la calidad del agua, especialmente en la remoción de sólidos y materia orgánica.

Estos resultados son similares a lo expuesto por Camacho et al. (2020), quienes aplicaron un coagulante natural a base de cáscara de papa a través de prueba de jarras con muestras de aguas de ciénagas, observando diferencias significativas entre las distintas dosis evaluadas. Asimismo, Vicuña (2023) y Cerna et al. (2023), también utilizaron coagulantes naturales elaborados a base de cáscara de papa y confirmaron que el uso diferentes dosis influye de manera significativa en la mejora de la calidad del agua durante el tratamiento en pruebas de jarras.

Los resultados obtenidos reflejan que la eficacia del coagulante natural a base de cáscara de papa varía significativamente según la dosis aplicada, lo que resalta la importancia de ajustar cuidadosamente su concentración. Se comprobó que las diferentes dosis influyen directamente en la mejora de la calidad del agua tratada, demostrando que una dosificación adecuada es fundamental para la optimización del proceso de coagulación. Por tanto, determinar la dosis óptima no solo permite obtener mejores resultados, sino que también favorece un tratamiento más eficiente y ambientalmente sostenible.

Tabla 17.

Análisis de Tukey sobre el parámetro de pH en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (pH) para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.0	3	7.0667		
3.0	3		7.6400	
2.5	3		7.7167	7.7167
0.5	3			7.7900
2.0	3			7.8000
1.5	3			7.8033
1.0	3			7.8633

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

El análisis post hoc mediante la prueba de Tukey permitió identificar diferencias significativas entre las dosis aplicadas del coagulante respecto al pH). En la Tabla 17 se observa que las dosis se agrupan en tres subconjuntos, lo que indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre algunos tratamientos. El tratamiento control (0.0 mL/L) conforma el primer subconjunto, con un valor promedio de 7.07,

lo que refleja el pH inicial del agua sin la influencia del coagulante. En cambio, las dosis de 3.0 a 1.0 mL/L se agrupan en los subconjuntos 2 y 3, con valores que oscilan entre 7.64 y 7.86, evidenciando un ligero incremento del pH conforme aumenta la dosis del coagulante.

Este incremento en el pH puede atribuirse a la presencia de compuestos orgánicos con propiedades ligeramente alcalinas presentes en la cáscara de papa, los cuales al interactuar con el agua neutralizan parcialmente los ácidos presentes, generando un aumento del pH (Alazaira et al., 2022). Estos resultados indican que la aplicación del coagulante de cáscara de papa no altera de manera significativa la neutralidad del agua, manteniendo el pH dentro del rango aceptable según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua categoría 1.

Tarapa (2023), indica que el pH es un parámetro que muestra el nivel de acidez o alcalinidad del agua, determinado por la concentración de iones hidrógeno presentes en la muestra. Los resultados obtenidos en el presente estudio pueden contrastarse con los hallazgos de Riaños et al. (2023), quienes al aplicar 10 mg/L de un coagulante natural a base de cáscara de papa, observaron una mejora en el pH, alcanzando un valor de 7.75. Este resultado respalda la capacidad de los coagulantes naturales para influir positivamente en el equilibrio ácido-base del agua, aunque se evidencia que la eficacia varía según el tipo de materia prima utilizada y la dosis aplicada.

De la misma manera, Aquino (2021), determinó que la dosis óptima de coagulante natural a base de cascara de papa fue de 50 mg/L, con la cual se logró un valor de pH de 6.25, evidenciando una ligera tendencia hacia la acidez. Por su parte, Ynofuente et al. (2022), reportaron que al aplicar una dosis adecuada de 35 mg/L del mismo coagulante, el pH del agua mejoró hasta alcanzar un valor de 6.99. Estos resultados confirman que, si bien los coagulantes naturales a base de cáscara de papa pueden modificar el pH del agua, su efecto depende directamente de la dosis utilizada, mostrando variaciones que deben considerarse cuidadosamente al diseñar un tratamiento eficiente y seguro.

Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de coagulantes naturales influye significativamente en la modificación del pH del agua, dependiendo de la dosis utilizada. Se observa que una dosificación adecuada permite estabilizar el pH dentro de rangos óptimos, aspecto fundamental para garantizar la efectividad del tratamiento. Ajustar correctamente la concentración del coagulante favorece no solo la remoción de impurezas, sino también el equilibrio químico del agua. Esto confirma la importancia de determinar la dosis precisa para mejorar tanto la calidad como la estabilidad del pH en el proceso de tratamiento.

Tabla 18.

Análisis de Tukey sobre el parámetro de la turbidez en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (turbidez) para alfa = 0.05	
		1	2
0.5	3	2.2300	
1.0	3	2.5833	
1.5	3	2.7200	
2.5	3	3.1700	
3.0	3	3.2433	
2.0	3	3.4767	
0.0	3		42.9300

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La Tabla 18 presenta el análisis de Tukey aplicado al parámetro de turbidez, considerando las diferentes dosis del coagulante natural a base de cáscara de papa (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L). Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas, lo que demuestra la influencia de la dosis en la eficiencia del tratamiento. Se identificaron dos subconjuntos claramente diferenciados: el tratamiento control (0.0 mg/L), con un valor promedio de 42.93 NTU, y las dosis de 0.5 a 3.0 mg/L, con valores entre 2.23 y 3.48 NTU, agrupadas en un mismo subconjunto. Esto confirma que todas las dosis evaluadas redujeron significativamente la turbidez en comparación con el tratamiento sin coagulante. Además, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas dosis, lo que sugiere que incluso a bajas concentraciones (0.5 mg/L) se alcanza una remoción eficiente de turbidez.

Costa (2021), define a la turbidez como un indicador clave de la calidad del agua, ya que, a mayor turbidez, menor es su calidad. Ante lo descrito, los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran en consonancia con investigaciones previas, entre ellos Camacho et al. (2020), demostraron que la dosis óptima de coagulante natural a base de cáscara de papa para la remoción de la turbidez fue de 10 mg/L, alcanzando una eficiencia del 81.32 %. De manera similar, Riaños et al. (2023) reportaron una reducción de turbidez hasta 11.6 NTU al aplicar la misma dosis (10 mg/L) del coagulante natural.

Aquino (2021), analizó la dosis óptima de coagulante natural a base de cáscara de papa para reducir la turbidez del agua, para ello determinaron que, con una dosis de 25 mg/L hay una reducción de hasta 7.45 NTU. De la misma manera, Cahuaya y Choquegonza (2024), evaluaron diferentes concentraciones y concluyeron que una dosis de 75 mg/L es necesaria para alcanzar una reducción de turbidez de hasta 2 NTU. También, Ynofuente et al. (2022), aplicaron una dosis adecuada de 35 mg/L del mismo coagulante, logrando una remoción más eficiente, con una turbidez final de 0.90 NTU. Estos resultados evidencian que, si bien las dosis efectivas pueden variar, el coagulante natural a base de cáscara de papa presenta un alto potencial en la remoción de turbidez.

Los resultados evidencian que la turbidez del agua puede reducirse significativamente a través de la implementación de coagulantes naturales provenientes de la cáscara de papa, siempre que se aplique una dosis adecuada. Se ha observado que diferentes concentraciones permiten alcanzar niveles bajos de turbidez, lo que confirma la eficacia del coagulante bajo distintas condiciones de tratamiento. Esto exhibe la necesidad de ajustar la dosis basándose en las características específicas del agua a tratar. Una dosificación precisa no solo mejora la claridad del recurso hídrico, sino que también optimiza el rendimiento del proceso de coagulación de manera eficiente y sostenible (Cahuaya & Choquegonza, 2024).

Tabla 19.

Análisis de Tukey sobre el parámetro DBO₅ en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (DBO ₅) para alfa = 0.05	
		1	2
3.0	3	4.0667	
2.5	3	4.8000	
1.5	3	4.9000	
2.0	3	4.9333	
1.0	3	5.2000	
0.5	3	6.0000	
0.0	3		31.2000

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La Tabla 19 presenta los resultados del análisis de Tukey aplicado al parámetro demanda bioquímica de oxígeno, considerando las diferentes dosis del coagulante natural a base de cáscara de papa (0.0 a 3.0 mL/L). Se observa la formación de dos subconjuntos claramente diferenciados, lo que evidencia diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El tratamiento sin coagulante (0.0 mL/L) presentó un valor promedio de 31.20 mg/L, mientras que las dosis de 0.5 a 3.0 mL/L mostraron valores significativamente menores, entre 6.00 y 4.07 mg/L, agrupándose en un mismo subconjunto. Esto indica que la aplicación del coagulante natural generó una reducción significativa de la DBO₅ respecto al agua sin tratamiento. Asimismo, no se observaron diferencias significativas a nivel estadístico entre las distintas concentraciones del coagulante, lo que sugiere que incluso a bajas dosis (0.5 mg/L) se alcanza una eficiente remoción de materia orgánica biodegradable, optimizando el uso del material natural sin comprometer la eficiencia del tratamiento.

Estos hallazgos de la investigación se encuentran en relación con los aportes de Ramos (2021), quien empleó una dosis de 0.25 mg/L de coagulante natural a base de cáscara de papa en el tratamiento de aguas residuales domésticas, logrando una remoción significativa del 48.4 % de DBO₅. Esto resalta el potencial de este coagulante natural para mejorar la calidad del agua en diversos contextos, tanto en aguas superficiales como residuales, siempre que se aplique una dosis adecuada según las condiciones del tratamiento.

De manera similar, Espiritu y Valladares (2022) reportaron una notable disminución de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) en los lixiviados del botadero MPCH al aplicar un coagulante natural. En su estudio, la mayor reducción de DBO₅ (83.82 %) se obtuvo con una dosis de 2 g y un pH de 5, mientras que la reducción mínima (63.73 %) se registró con una dosis de 1 g y un pH de 7. Estos resultados evidencian que la eficiencia del coagulante depende tanto de la dosis como del pH de trabajo. Este comportamiento coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde la aplicación del coagulante de cáscara de papa generó una disminución significativa de la DBO₅ incluso a bajas concentraciones, demostrando su potencial como tratamiento ecológico y eficiente para mejorar la calidad del agua.

La información obtenida indica que la cáscara de papa, utilizada como coagulante natural, posee un alto potencial para la reducción de la DBO₅, incluso cuando se aplica en bajas concentraciones. Su efectividad comprobada en distintos tipos de aguas respalda su viabilidad como una mejor opción en contraparte a los coagulantes convencionales, al demostrar una notable eficiencia en la mitigación de materia orgánica presente. Estos resultados evidencian su capacidad para mejorar significativamente la calidad hídrica tratada, contribuyendo a procesos de depuración más eficientes y ambientalmente responsables (Raffo & Ruiz, 2014). Cabe señalar que niveles elevados de DBO₅ reflejan una alta carga de contaminación orgánica, la cual puede reducir el oxígeno disuelto, favorecer procesos de eutrofización y alterar la estructura de las comunidades acuáticas.

Tabla 20.

Análisis de Tukey sobre el parámetro DQO en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (DQO) para alfa = 0.05	
		1	2
1.5	3	9.1000	
2.0	3	10.1333	
2.5	3	10.3667	
0.5	3	10.8000	
1.0	3	10.9667	
3.0	3	11.0333	
0.0	3		77.6667

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La Tabla 20 presenta el análisis de Tukey aplicado al parámetro de la DQO, considerando las diferentes dosis de coagulante natural a base de cáscara de papa: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L. Los resultados revelan diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas. En particular, se observó que con el tratamiento de control (0.0 mL/L) la DQO fue de 77.66 mg/L, mientras que al aplicar 1.5 mL/L de coagulante se redujo considerablemente a 9.01 mg/L.

Los hallazgos de la investigación se hallan en consonancia con los hallazgos de Ramos (2021), quien empleó cáscara de papa como coagulante en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Al emplear una dosis de 0.25 mg/L, se logró una remoción significativa del 41.2 % de la DQO, lo que refuerza la eficiencia de este coagulante natural en la depuración de distintos tipos de agua. Estos datos respaldan el potencial de la cáscara de papa como una estrategia eficiente y sostenible a diferencia de coagulantes tradicionales.

De manera similar, Espiritu y Valladares (2022) reportaron que la eficacia del coagulante a base de cáscara de papa depende tanto de la dosis como del pH. Con dosis de 2 g y pH 5 se alcanzó una mayor mitigación de DQO (79.88 %), mientras que con 1 g y pH 7 la disminución fue menor (51.22 %). En general, la interacción entre ambos factores permitió obtener una reducción promedio de 66.42 % de DQO.

Los resultados reflejan que la cáscara de papa es eficaz para la remoción de la DQO, incluso cuando se utiliza en dosis bajas, lo que destaca su eficiencia como coagulante natural. Su aplicación permite una reducción significativa de la carga orgánica presente en el agua tratada, mejorando así su calidad. Estos resultados refuerzan su potencial como una alternativa económica y ambientalmente sostenible para el tratamiento de aguas, especialmente en contextos donde se requiere el uso de tecnologías accesibles y de bajo impacto ambiental.

Tabla 21.

Análisis de Tukey sobre el parámetro SST en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (SST) para alfa = 0.05	
		1	2
1.0	3	2.5000	
0.5	3	2.7333	
1.5	3	2.8667	
2.5	3	3.0000	
2.0	3	3.4333	
3.0	3	3.4333	
0.0	3		267.3333

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La Tabla 21 muestra el resultado de la prueba de Tukey aplicado al parámetro de sólidos suspendidos totales (SST) para las diversas dosis del coagulante natural a extraído de cáscara de papa (0.0 a 3.0 mL/L). Se identificaron dos subconjuntos claramente diferenciados: el tratamiento sin coagulante (0.0 mL/L), con un valor promedio de 267.33 mg/L, y las dosis tratadas entre 0.5 y 3.0 mL/L, cuyos valores oscilaron entre 2.50 y 3.43 mg/L. Esta diferencia evidencia un efecto estadísticamente significativo del coagulante sobre la reducción de SST en comparación con el agua sin tratamiento. Asimismo, no se observaron diferencias de alta magnitud entre las dosis tratadas, lo que exhibe que incluso a concentraciones bajas (0.5 mL/L) se alcanza una remoción eficiente de sólidos suspendidos. Esto demuestra la alta capacidad de la cáscara de papa como coagulante natural, capaz de lograr una remoción superior al 98 %, optimizando el uso del material sin necesidad de incrementar la dosis.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se contrastan con los reportados por Ambrosio et al. (2024), quienes determinaron la dosis óptima de un coagulante natural a base de cáscara de papa para la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) en aguas del río Cuna. En su estudio, aplicaron una dosis de 75 mg/L, alcanzando una reducción del 55.86 % de SST. De manera similar, Vicuña (2023) obtuvo una remoción del 80.65 % al emplear 1.5 g de coagulante de papa. En comparación, los resultados de la presente investigación muestran una eficiencia superior, logrando hasta 99.1 % de remoción de SST con una dosis significativamente menor (0.5 mL/L), lo que evidencia un alto potencial coagulante de la cáscara de papa incluso a bajas concentraciones.

Por otro lado, Escandón y Cáceres (2022) señalan que los sólidos suspendidos totales comprenden materiales subyacentes del agua en forma de partículas flotantes, suspendidas, coloidales o disueltas, tanto en aguas limpias como residuales. Su concentración tiende a incrementarse en ambientes más contaminados, dificultando los procesos de clarificación y potabilización. En este contexto, la alta capacidad de remoción observada con el coagulante de cáscara de papa demuestra su eficacia para mejorar la calidad hídrica y reducir significativamente la carga de sólidos, contribuyendo a la sostenibilidad de los procesos de tratamiento.

Tabla 22.

Análisis de Tukey sobre el parámetro conductividad eléctrica en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de cáscara de papa.

Dosis de coagulantes (mL/L)	N	Subconjunto (conductividad eléctrica) para alfa = 0.05	
		1	2
2.5	3	849.6667	
2.0	3	853.0000	
0.5	3	853.3333	
1.0	3	858.3333	
1.5	3	860.6667	
3.0	3	861.0000	
0.0	3		887.3333

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La Tabla 22 presenta el análisis de Tukey aplicado al parámetro de conductividad eléctrica, considerando las diversas dosis del coagulante natural con cáscara de papa: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L. Los resultados evidencian diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas. En particular, se observó que con una dosis de 0.0 mg/L la conductividad eléctrica fue de 887.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que al aplicar 2.5 mL/L se redujo a 849.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta disminución indica que el coagulante natural influye también en la reducción de la cantidad de iones disueltos en el agua, contribuyendo así a mejorar su calidad fisicoquímica.

Adjovu et al. (2023) y Muhammad et al. (2025), concluyeron que la conductividad eléctrica puede utilizarse como un indicador indirecto de la concentración total de sólidos disueltos en el agua, incluyendo minerales y sales. Estos componentes suelen encontrarse en mayores concentraciones en aguas con alta conductividad, lo que puede afectar negativamente la salud de los ecosistemas acuáticos e incluso comprometer la

potabilidad del recurso. Por el contrario, niveles bajos de conductividad suelen estar asociados a una menor presencia de contaminantes iónicos, lo que indica una mejor calidad del agua.

La conductividad eléctrica se considera un indicador clave de la concentración de sólidos disueltos en el agua, ya exhibe la presencia de minerales, sales y otros compuestos iónicos que inciden directamente en su calidad. Niveles elevados de conductividad suelen estar asociados a una mayor carga contaminante, lo que puede comprometer tanto la salud de los ecosistemas acuáticos como la potabilidad del recurso hídrico (Adjovu et al., 2023; Muhammad et al., 2025).

Tabla 23.

Análisis de Varianza (ANOVA) aplicado al coagulante de almidón de papa en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri.

Parámetros		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Potencial de hidrógeno	Inter-grupos	1.369	6	0.228	92.836	0.001
	Intra-grupos	0.034	14	0.002		
	Total	1.403	20			
Turbidez	Inter-grupos	4273.112	6	712.185	299.060	0.003
	Intra-grupos	33.340	14	2.381		
	Total	4306.452	20			
Demanda bioquímica de oxígeno	Inter-grupos	1397.579	6	232.930	81.417	0.020
	Intra-grupos	40.053	14	2.861		
	Total	1437.632	20			
Demanda química de oxígeno	Inter-grupos	10640.483	6	1773.414	211.501	0.000
	Intra-grupos	117.388	14	8.385		
	Total	10757.871	20			
Sólidos suspendidos totales	Inter-grupos	179779.696	6	29963.283	9041.945	0.002
	Intra-grupos	46.393	14	3.314		
	Total	179826.090	20			
Conductividad eléctrica	Inter-grupos	2554.952	6	425.825	45.858	0.000
	Intra-grupos	130.000	14	9.286		
	Total	2684.952	20			

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La tabla 23, presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los parámetros fisicoquímicos del agua tratada con el coagulante a base de almidón de papa, evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas entre las distintas dosis evaluadas. Los valores de significancia (Sig.) obtenidos fueron inferiores a 0.05 en todos los casos, lo que confirma que la dosis del coagulante incide de manera directa en la variación de los parámetros analizados. En detalle, el pH presentó un valor de $F = 92.836$ y $p = 0.001$, indicando un efecto significativo del almidón sobre la neutralidad del agua tratada. La turbidez registró $F = 299.060$ y $p = 0.003$, demostrando una reducción efectiva de las partículas suspendidas. En cuanto a la DBO₅, se obtuvo $F = 81.417$ y $p = 0.020$, reflejando la capacidad del coagulante para disminuir la carga orgánica biodegradable. La DQO mostró $F = 211.501$ y $p = 0.000$, confirmando una remoción significativa de materia orgánica oxidables.

Asimismo, los sólidos suspendidos totales (SST) alcanzaron un valor muy elevado ($F = 9041.945$, $p = 0.002$), evidenciando una alta eficiencia del almidón de papa en la reducción de sólidos presentes en el agua. Finalmente, la conductividad eléctrica presentó $F = 45.858$ y $p = 0.000$, lo cual sugiere que la aplicación del coagulante también genera variaciones en la concentración de iones disueltos. En conjunto, estos resultados confirman que el almidón de papa actúa como un coagulante natural eficaz, capaz de modificar significativamente los parámetros fisicoquímicos del agua del río Ayaviri, mejorando su calidad y demostrando su potencial como alternativa ambientalmente sostenible frente a los coagulantes sintéticos tradicionales.

Entre los estudios más relevantes se encuentran los de Cerna et al. (2023), Herrera y Sánchez (2023), Moreno et al. (2021) y Mgombezi y Rao (2020), quienes evaluaron la eficacia del coagulante natural a base de almidón de papa en el tratamiento de aguas mediante la prueba de jarras, aplicando distintas concentraciones del coagulante y variando las velocidades de agitación. En todos los casos, se comprobó que el ajuste adecuado de estas variables incide directamente en la eficiencia del proceso de coagulación–floculación, ya que permite una mejor formación y sedimentación de los flóculos. Estos hallazgos confirman que la efectividad del almidón de papa no depende únicamente del tipo de agua tratada, sino también de la dosificación precisa y las condiciones óptimas de agitación, factores determinantes para optimizar la remoción de contaminantes y lograr una mejora sostenible en la calidad del agua tratada.

Tabla 24.

Análisis de Tukey sobre el parámetro de pH en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (pH) para alfa = 0.05		
		1	2	3
0.0	3	7.0667		
0.5	3		7.7267	
1.0	3		7.7367	7.7367
2.0	3		7.7867	7.7867
1.5	3		7.7933	7.7933
2.5	3		7.8100	7.8100
3.0	3			7.8633

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

El análisis post hoc mediante la prueba de Tukey (Tabla 24) permitió identificar diferencias significativas entre las dosis aplicadas del coagulante de almidón de papa respecto al potencial de hidrógeno (pH). Se observó la formación de tres subconjuntos, lo que evidencia la existencia de variaciones estadísticamente significativas entre algunos tratamientos. El tratamiento sin coagulante (0.0 mL/L) conformó el primer subconjunto con un valor promedio de 7.07, representando el pH inicial del agua sin intervención. En contraste, las dosis de 0.5 a 3.0 mg/L se agruparon en los subconjuntos 2 y 3, con valores que oscilaron entre 7.72 y 7.86, mostrando un ligero incremento del pH conforme aumentó la concentración del coagulante. Este comportamiento podría atribuirse a la presencia de compuestos orgánicos del almidón de papa con carácter ligeramente alcalino, los cuales al interactuar con el agua neutralizan parcialmente los ácidos presentes (Herrera & Sanchez, 2023). En general, el uso del coagulante no modificó significativamente la neutralidad del agua

Moreno et al. (2021) obtuvieron diferentes resultados, ya que al aplicar una dosis de 50 mg/L de coagulante natural a base de almidón de papa, se logró mejorar varios parámetros fisicoquímicos del agua; sin embargo, el pH se mantuvo elevado en 8.21, sin presentar una reducción significativa. Por otro lado, Herrera y Sánchez (2023) aplicaron una dosis de 25 mg/L de coagulante natural elaborado a partir de cáscara de papa, logrando una mejora del pH hasta alcanzar un valor de 6.7, lo que evidencia que

tanto la concentración como el tipo de coagulante natural utilizado pueden influir de manera diferenciada sobre este parámetro.

Asimismo, (Moreno et al., 2022), observó que la aplicación del coagulante a base de almidón de papa en el agua de la Laguna de Punrún no generó variaciones significativas en el pH, cuyo valor inicial era de 8.20. Durante los tratamientos T1 y T2 (25 mg/L y 50 mg/L), el pH se mantuvo en un rango de 8.19 a 8.21, evidenciando cambios prácticamente imperceptibles respecto al valor inicial. Incluso en el tratamiento T4 (100 mg/L), aunque se registró un ligero incremento, este fue mínimo y no comprometió la estabilidad del parámetro. Estos resultados indican que el almidón de papa actúa como coagulante eficiente sin alterar significativamente la acidez del agua, lo que es un factor favorable para su aplicación en el tratamiento de cuerpos de agua, ya que permite mejorar la calidad físico-química sin afectar parámetros críticos como el pH.

Los estudios evidencian que la aplicación de coagulantes naturales a base de papa puede contribuir significativamente a la mejora de diversos parámetros fisicoquímicos del agua. No obstante, el impacto sobre el pH varía en función de la dosis y del tipo de coagulante utilizado (almidón o cáscara). En algunos casos, el pH se mantiene relativamente estable, mientras que en otros se reportan mejoras notables. Esto sugiere que una selección adecuada del tipo de coagulante y una dosificación precisa son determinantes para optimizar la calidad del agua tratada de manera eficaz y sostenible (Moreno et al., 2022).

Tabla 25.

Análisis de Tukey sobre el parámetro de la turbidez en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.

Dosis de coagulantes	N	Subconjunto (turbidez) para alfa = 0.05	
		1	2
0.5 mL/L	3	1.7767	
1.0 mL/L	3	1.9100	
1.5 mL/L	3	2.1167	
2.5 mL/L	3	2.2867	
2.0 mL/L	3	2.3467	
3.0 mL/L	3	2.5933	
0.0 mL/L	3		42.9300

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

El análisis post hoc mediante la prueba de Tukey permitió identificar las diferencias significativas entre las dosis aplicadas con respecto al parámetro de turbidez (Tabla 25). Se observa que las dosis de coagulante comprendidas entre 0.5 y 3.0 mL/L se agrupan dentro de un mismo subconjunto, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas en cuanto a la reducción de la turbidez. En contraste, estas dosis difieren significativamente del tratamiento control (0.0 mL/L), el cual se ubica en un subconjunto separado. Este resultado confirma que la aplicación del coagulante, en cualquiera de las dosis evaluadas, genera una reducción significativa de la turbidez en comparación con la ausencia de tratamiento. Asimismo, destaca la dosis de 0.5 mg/L, que logró reducir la turbidez hasta 1.77 NTU, evidenciando que incluso concentraciones bajas del coagulante resultan eficaces en la mejora de la calidad del agua.

Los hallazgos se encuentran en consonancia con los resultados reportados por diversos autores. Cainaba y Esteban (2020), lograron una turbidez final de 10.4 NTU al aplicar una dosis de 20 mL de coagulante de almidón de papa. De manera similar, Riaños et al. (2023) utilizaron una dosis exacta de 20 mg/L, obteniendo una turbidez final de 11.6 NTU. Por su parte, Moreno et al. (2022) alcanzó una reducción más significativa, registrando una turbidez final de 0.55 NTU con una dosis de 100 mg/L de coagulante natural. Estos estudios refuerzan la evidencia sobre la eficacia del almidón de papa en la remoción de turbidez, destacando su potencial como alternativa natural para el tratamiento de aguas en distintos contextos.

Los resultados evidencian que la reducción de la turbidez mediante el uso de coagulantes naturales a base de almidón de papa está estrechamente vinculada con la dosis aplicada, observándose una relación directa entre el incremento de la concentración y la disminución de la turbidez final. Esta tendencia resalta la importancia de optimizar la dosificación para alcanzar niveles adecuados de claridad en el agua tratada. La notable capacidad del almidón de papa para remover turbidez refuerza su viabilidad como una alternativa ecológica y eficiente en procesos de tratamiento de aguas residuales o naturales.

Tabla 26.

Análisis de Tukey sobre el parámetro DBO₅ en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.

Dosis de coagulantes	N	Subconjunto (DBO ₅) para alfa = 0.05	
		1	2
0.5 mL/L	3	6.6667	
1.5 mL/L	3	7.7667	
2.0 mL/L	3	7.9333	
2.5 mL/L	3	8.1667	
1.0 mL/L	3	8.2000	
3.0 mL/L	3	9.0333	
0.0 mL/L	3		31.2000

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La Tabla 26 presenta el análisis de Tukey aplicado al parámetro de la DBO₅, en función de las distintas dosis de coagulante natural empleadas (0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L). Los resultados revelan diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas, lo que indica que la dosis del coagulante repercute directamente en la remoción de materia orgánica biodegradable. En este sentido en el tratamiento de control (0.0 mg/L) se registró una DBO₅ de 31.20 mg/L, mientras que con 0.5 mg/L se redujo a 6.66 mg/L, lo que refleja una reducción sustancial en la carga orgánica del agua tratada.

De manera similar, los resultados coinciden con los hallazgos de Ramos (2021), quien aplicó 0.25 mL de coagulante a base de almidón de papa y logró una reducción del 54.6 % en la DBO₅, evidenciando la eficacia del coagulante incluso a bajas dosis. Asimismo, Cerna et al. (2023), identificaron que una dosis óptima de 0.3 mL de coagulante de almidón de papa permite mejorar significativamente la calidad del agua, reafirmando su potencial como agente natural en procesos de tratamiento.

Diversos estudios demuestran que pequeñas dosis de coagulante a base de almidón de papa pueden lograr reducciones significativas en la contaminación del agua, lo que resalta la eficiencia de este coagulante natural. La determinación de dosis precisas permite maximizar la mejora en la calidad del agua, el proceso de tratamiento y promover su uso como una alternativa sostenible y amigable.

Tabla 27.

Análisis de Tukey sobre el parámetro DQO en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (DQO) para alfa = 0.05	
		1	2
0.5	3	11.1667	
1.0	3	13.1000	
1.5	3	13.1667	
2.0	3	13.2333	
2.5	3	14.9000	
3.0	3	15.0167	
0.0	3		77.6667

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La tabla 27 presenta el análisis de Tukey aplicado al parámetro de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), considerando las diferentes dosis de coagulante natural utilizadas, que fueron: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L. A partir de este análisis, se evidencian diferencias significativas entre las concentraciones de coagulante a base de almidón de papa. En particular, en el tratamiento de control (0.0 mL/L) la DQO fue de 77.66 mg/L, mientras que con 0.5 mg/L se redujo notablemente a 11.17 mg/L.

En consonancia, los resultados obtenidos se alinean con los hallazgos de Ramos (2021), quien logró una reducción del 54.7 % en la DQO al aplicar 0.25 mL de coagulante de almidón de papa. De manera similar, Munive et al. (2024) reportaron una remoción del 65 % de la DQO empleando 105 mg/L de coagulante natural a base de almidón de papa. Estos antecedentes refuerzan la eficiencia de los coagulantes orgánicos en la disminución de la carga orgánica presente en el agua, demostrando que incluso con diferentes tipos y dosis, es posible alcanzar resultados significativos.

Los resultados evidencian que el uso del coagulante natural a base de almidón de papa, permite obtener reducciones significativas en los niveles de Demanda Química de Oxígeno (DQO), incluso utilizando dosis relativamente bajas.

Esta efectividad pone de manifiesto el potencial de estos materiales como alternativas sostenibles y ecológicas en el tratamiento de aguas residuales. No obstante, la eficacia del proceso depende en gran medida de una dosificación adecuada, lo que resalta la importancia de optimizar las condiciones de aplicación para maximizar la remoción de contaminantes y mejorar sustancialmente la calidad del recurso hídrico.

Tabla 28.

Análisis de Tukey sobre el parámetro SST en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (SST) para alfa = 0.05	
		1	2
0.5	3	2.5000	
1.5	3	2.6667	
2.0	3	2.6667	
1.0	3	2.7667	
3.0	3	3.4000	
2.5	3	3.5333	
0.0	3		267.3333

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La tabla 28 presenta el análisis de Tukey aplicado al parámetro de los Sólidos Suspendedos Totales, considerando las diferentes dosis de coagulante natural a base de almidón de papa (0.0 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L). Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones evaluadas. En el tratamiento de control (0.0 mL/L), la concentración de SST fue de 267.3 mg/L, por otro lado, una dosis de 0.5 mL/L se redujo drásticamente a 2.5 mg/L. Este notable descenso demuestra la alta eficacia del coagulante natural en la remoción de sólidos suspendidos, incluso a bajas concentraciones.

De manera similar, Balderrama y Damiano (2023), aplicaron una dosis exacta de 800 mg/L de coagulante de papa, logrando una reducción del 96.35 % en los Sólidos Suspendedos Totales. Por su parte, Ramos (2019) determinó que la dosis óptima de coagulante natural a base de almidón de papa fue de 0.100 mg/L, alcanzando una remoción máxima de hasta 164 mg/L de SST. Estos resultados respaldan la capacidad de los biocoagulantes derivados de tubérculos en la minimización significativa de contaminantes suspendidos en el agua.

Los resultados evidencian que el uso de coagulantes naturales, como los derivados de la papa, permite una disminución significativa de los sólidos suspendidos totales (SST), lo que contribuye a una mejora sustancial en la calidad hídrica. La alta eficiencia en la remoción de SST destaca el potencial de estos coagulantes como alternativas sostenibles para el tratamiento de aguas con elevada carga contaminante (Riaños et al., 2023).

Tabla 29.

Análisis de Tukey sobre el parámetro conductividad eléctrica en la mejora de la calidad del agua del río Ayaviri mediante el uso de coagulante a base de almidón de papa.

Dosis de coagulantes mL/L	N	Subconjunto (Conductividad eléctrica) para alfa = 0.05	
		1	2
2.0	3	854.6667	
1.0	3	855.3333	
0.5	3	855.6667	
2.5	3	856.0000	
1.5	3	856.3333	
3.0	3	857.3333	
0.0	3		887.3333

Nota. Obtenido a partir del software estadístico SPSS.

La tabla 29 presenta el análisis de Tukey aplicado al parámetro de la conductividad eléctrica, considerando las diferentes dosis de coagulante natural a base de almidón de papa: 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mL/L; A partir de este análisis, se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones del coagulante de almidón de papa. En el tratamiento de control (0.0 mL/L), la conductividad eléctrica fue de 887.3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que con 2.5 mL/L se registró un valor de 854.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta disminución sugiere que el uso del coagulante influye en la concentración de sólidos disueltos presentes en el agua, lo que refleja una mejora en su calidad general.

El análisis de Tukey revela que las diferentes dosis del coagulante natural a base de almidón de papa generan variaciones significativas en la conductividad eléctrica del agua, evidenciando una tendencia decreciente a medida que aumenta la concentración del coagulante. Este comportamiento sugiere que la dosificación influye directamente en la concentración de sales y minerales disueltos, afectando las propiedades iónicas del agua tratada y, en consecuencia, su calidad.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis fisicoquímicos del agua del río Ayaviri muestran que varios parámetros superan los límites establecidos por los ECA para agua – Categoría 1, (DS N.º 004-2017-MINAM). En particular, se registraron niveles elevados de turbidez (42.9 NTU), DBO₅ (31.2 mg/L) y DQO (77.7 mg/L), así como valores de Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 267.3 mg/L y un pH de 7.1.

La obtención de coagulantes naturales a partir de cáscara y almidón de papa resultó eficiente y viable, evidenciándose una adecuada capacidad de remoción de turbidez y de reducción de la carga orgánica del agua del río Ayaviri. Estos resultados demuestran que es posible valorizar residuos agroindustriales para generar insumos útiles en el tratamiento de aguas superficiales, promoviendo prácticas sostenibles y de bajo costo que contribuyen a la gestión ambiental y a la mejora de la calidad del agua.

El coagulante natural a partir de cáscara de papa mostró mayor eficiencia en la remoción de parámetros fisicoquímicos del agua en comparación con el coagulante de almidón de papa, evidenciando su efectividad, bajo costo y sostenibilidad ambiental. Estos resultados destacan su potencial como una alternativa viable y eficiente frente a los métodos convencionales de tratamiento de agua.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar el uso de los coagulantes naturales a base de cáscara y almidón de papa en la remoción de un mayor número de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, con el fin de evaluar de manera integral su efectividad como alternativa sostenible en procesos de tratamiento de agua superficial. Asimismo, se sugiere complementar estos estudios con etapas adicionales de tratamiento para analizar su potencial contribución al cumplimiento de los estándares de calidad del agua establecidos por la normativa ambiental vigente.
- Se recomienda que futuras investigaciones evalúen la influencia del pH, la temperatura, la velocidad de agitación y el tiempo de mezcla sobre el proceso de coagulación–floculación, con el fin de optimizar la eficiencia del coagulante y determinar una dosis óptima bajo diferentes condiciones del agua.
- Se recomienda evaluar la eficiencia del uso combinado de los coagulantes naturales de cáscara de papa y almidón de papa, con el objetivo de analizar su desempeño conjunto en la remoción de parámetros fisicoquímicos del agua. De igual manera, se sugiere aplicar estos coagulantes en aguas con mayor carga contaminante, como aguas residuales, a fin de comparar su eficiencia en condiciones más críticas de contaminación.
- Se recomienda que futuros estudios realicen un análisis económico comparativo entre los coagulantes naturales evaluados y coagulantes químicos convencionales, como el sulfato de aluminio, a fin de cuantificar los costos reales del tratamiento del agua.
- Se recomienda evaluar concentraciones intermedias del coagulante a base de almidón de papa, así como otras dosis menores y mayores a las consideradas en el presente estudio, con el fin de analizar con mayor precisión el comportamiento del proceso de coagulación–floculación y aproximarse a una dosis óptima bajo diferentes condiciones del agua.
- Se recomienda optimizar el proceso de producción de los coagulantes naturales mediante el uso de equipos más especializados, que permitan su elaboración a mayor escala. Esta optimización favorecerá el aprovechamiento sostenible de los residuos generados durante el pelado de la papa, los cuales, en muchos casos, son descartados sin tratamiento adecuado, contribuyendo a la contaminación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adedjoja, O. A., Suzylawati, I., & Boon, O. (2024). Green bean seed coagulant for turbidity removal: parameter optimization and modelling. *Water Practice and Technology*, 19(5), 1-18. <https://doi.org/10.2166/wpt.2024.105>
- Adjovu, G. E., Stephen, H., & Ahmad, S. (2023). A Machine Learning Approach for the Estimation of Total Dissolved Solids Concentration in Lake Mead Using Electrical Conductivity and Temperature. *Water (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/w15132439>
- Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M. F., & Verardo, V. (2016). Phenolic compounds in the potato and its byproducts: An overview. En *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 17, Número 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijms17060835>
- Alarcón, L., & Ruiz, A. (2024). *Cáscara de papa (Solanum tuberosum) como coagulante natural para el tratamiento de agua superficial Alfonso Ugarte* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/4ccc32f6-80e5-4d21-b35f-50b467051bac/content>
- Alazaiza, M. Y. D., Albahnasawi, A., Ali, G. A. M., Bashir, M. J. K., Nassani, D. E., Al Maskari, T., Abu Amr, S. S., & Abujazar, M. S. S. (2022). Application of Natural Coagulants for Pharmaceutical Removal from Water and Wastewater: A Review. *Water (Switzerland)*, 14(2), 1-16. <https://doi.org/10.3390/w14020140>
- Alazaiza, M. Y. D., Alzghoul, T. M., Nassani, D. E., & Bashir, M. J. K. (2025). Natural Coagulants for Sustainable Wastewater Treatment: Current Global Research Trends. En *Processes* (Vol. 13, Número 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/pr13061754>
- Al-Kubaish, A., Salama, J., & Al-Jurayan, W. (2024). Study of Total Dissolved Solids (TDS) Concentrations Factor of SWCC Al-Khobar Plant Seawater Intakes. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*, 13(01), 1-12. <https://doi.org/10.4236/cweee.2024.131001>
- ANA. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. 92. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- ANA. (2020). *Plan Nacional de Recursos Hídricos - Memoria Final*.

- Andía, Y. (2000). *Tratamiento de Agua - Coagulación y Floculación*.
- Aquino, L. M., & Tovar, M. K. (2021). *Eficiencia de remoción del plomo (II) de aguas residuales mineras utilizando almidón de cáscara de papa (Solanum tuberosum) como coagulante natural* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6c20d563-26d1-4ad7-8c49-22b881263c04/content>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y metodología de la Investigación*. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Ariza, M., & Gutiérrez, L. (2020). Revisión bibliográfica del uso de coagulantes naturales como alternativa para el tratamiento de aguas residuales. En *Ciencias Básicas • Ingeciencia* (Vol. 5). <https://revistas.ucentral.edu.co/index.php/Ingeciencia/article/view/3190/3206>
- ASTMD. (2017). *Standard Test Method for Turbdity of Water D1889-00*. . <https://www.astm.org/d1889-00.html>
- ASTMD. (2018a). *Standard Test Methods for Dissolved Oxygen in Water D888-18*. . <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/100163/894553803c4444bf94612b70207bab34/ASTM-D888-18.pdf>
- ASTMD. (2018b). *Standard Test Methods for Filterable Matter (Total Dissolved Solids) and Nonfilterable Matter (Total Suspended Solids) in Water D5907-18*. <https://www.astm.org/d5907-18.html>
- ASTMD. (2018c). *Standard Test Methods for pH of Water D1293-18*. <https://www.astm.org/d1293-18.html>
- Atencio, S. H. (2018). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón bolívar, provincia y región Pasco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/428>
- Azazy, M., Shafie, A. S., Issa, A. A., Sulaiti, M., Yafie, J., Shomar, B., & Saad, K. (2019). Potato Peels as an Adsorbent for Heavy Metals from Aqueous Solutions: Eco-Structuring of a Green Adsorbent Operating Plackett-Burman Design. *Journal of Chemistry*, 2019, 14. <https://doi.org/10.1155/2019/4926240>

- Baeza, E. (2024). La dureza del agua: efectos, directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y regulaciones en diferentes países. Casos de Chile, España, Brasil, México y Canadá. *Casos de Chile, España, Brasil, México y Canadá*, 1-6. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/36257/1/Informe_Aguas_Duras__F_.pdf
- Barisoni, G., Ghione, A., Rigalli, A., & Lupo, M. (2022). *Determinación de turbidez en agua de consumo y estabilidad de una solución control de calidad en el tiempo*. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/217821/CONICET_Digital_Nro.c7934a44-35a4-43e0-a3c4-90752b305274_C.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Barreto, P. J. S., Vargas, M. D. K., Ruiz, M. L., & Gomez, A. S. L. (2019). Evaluación de coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 11(1), 105-116. <https://doi.org/10.22490/21456453.3081>
- Benöhr, I. (2023). The Right to Water and Sustainable Consumption in EU Law. *Journal of Consumer Policy*, 46(1), 53-77. <https://doi.org/10.1007/s10603-022-09532-5>
- Cabello, C., & Lazaro, M. (2023). *Influencia de la concentración de linaza y tiempo de coagulación en la remoción de la demanda química de oxígeno de las aguas residuales del mercado Modelo de Huancayo a nivel de laboratorio* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d951ede6-6bef-4b40-a2dc-2963f1e5338f/content>
- Cahuaya, I., & Choquegonza, J. (2024). *Eficiencia del almidón de cáscara de papa como coagulante para la remoción de parámetros fisicoquímicos del río Locumba, Tacna*. <https://revista.sciencevolution.com/index.php/sciencevolution/article/view/134/99>
- Camacho, H., Campos, D., Mercado, I., Cubillán, N., & Castellar, G. (2020). Uso de las cáscaras de papa (*Solanum tuberosum* L) en la clarificación del agua de la Ciénaga de Malambo. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 100-111. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3572>
- Cámara, J., Barbosa, I. D., Galvão, E. R. V. P., da Silva, D. R., dos Santos, E. V., & Martínez, C. A. (2023). Decentralized environmental applications of a smartphone-based method for chemical oxygen demand and color analysis. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37126-9>

- Campoverde, K., & Quituisaca, C. (2023). *Evaluación del poder de coagulación – floculación de los residuos de papa (Solanum Tuberosum) para la remoción de turbidez y color en agua destinada a consumo humano*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca].
<https://vufind.ucuenca.edu.ec/vufind/Record/oai:dspace.ucuenca.edu.ec:123456789-42448>
- Carbotecnia. (2023, febrero 7). *¿Cuál es la diferencia entre absorción y adsorción?* .
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/diferencia-entre-absorcion-y-adsorcion/>
- Castañeda, A. C., Rojas, Y., & Cabello, J. R. (2024). Bibliometric Analysis on the Use of Natural Coagulants in the Treatment of Water for Human Use. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*.
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1260>
- Cerna, A., Vega, P., Cordova, T., Pizarro, J., Rojas, N., Mallcco, M., Da Cruz, A., Zavala, S., & Kalion, J. (2024). Evaluación de almidones como floculantes para la remoción de turbiedad en agua superficial. *TECNIA*, 33(2), 1-9.
<https://doi.org/10.21754/tecnia.v33i2.1907>
- Cevallos, N., Burgos, G., & Cordova, A. (2022). Evaluación de la eficacia de coagulantes sintéticos y naturales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de harina de pescado. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 16, 54-68.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.6993155>
- Chamieh, C., Haddad, C., Khatib, K., Jalkh, E., Karaki, V., Zeineddine, J., Assaf, A., Harb, T., & Sanayeh, E. (2024). River water pollution in Lebanon: the country's most underestimated public health challenge. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 30(2), 136-144. <https://doi.org/10.26719/emhj.24.029>
- Costa, C. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río chillón durante los meses enero a junio del 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].
<https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d9ba992d-59e5-4cd4-953a-c14efbafcecc/content>
- Dayarathne, N., Angove, M. J., Aryal, R., Abuel-Naga, H., & Mainali, B. (2021). Removal of natural organic matter from source water: Review on coagulants, dual coagulation, alternative coagulants, and mechanisms. *Journal of Water Process Engineering*, 40,

101820. <https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2020.101820>
- Del Borghi, A., Tacchino, V., Moreschi, L., Matarazzo, A., Gallo, M., & Arellano Vazquez, D. (2022). Environmental assessment of vegetable crops towards the water-energy-food nexus: A combination of precision agriculture and life cycle assessment. *Ecological Indicators*, *140*, 109015. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2022.109015>
- Desta, W. M., & Bote, M. E. (2021). Wastewater treatment using a natural coagulant (Moringa oleifera seeds): optimization through response surface methodology. *Heliyon*, *7*(11), e08451. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08451>
- Díaz, G. S., & González, P. J. (2022). La importancia de la temperatura del agua en las redes de abastecimiento. *Ingeniería del Agua*, *26*(2), 107-123. <https://doi.org/10.4995/ia.2022.17366>
- El Peruano. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*.
- Elazhar, F., Elazhar, M., El Filali, N., Belhamidi, S., Elmidaoui, A., & Taky, M. (2021). Potential of hybrid NF-RO system to enhance chloride removal and reduce membrane fouling during surface water desalination. *Separation and Purification Technology*, *261*, 118299. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2021.118299>
- Escandon, C., & Caceres, M. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco – Gualaceo* [Tesis de pregrado, Universidad Politecnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Espiritu, I., & Ramos, M. (2020). *Evaluación de la proporción del almidón modificado de cáscara de papa con Al₂(SO₄)₃ y tiempo de agitación en la remoción de turbidez* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ba4a7b35-2bf2-4b2a-9a99-a522983875fb/content>
- Feria, J., Mercado, T., & Jove, F. (2020). *Uso del quitosano como cuagulante natural en el tratamiento de aguas: una breve revisión*. *41*, 106-116. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n32/a20v41n32p10.pdf>
- Flores, C. M., Del Angel, E., Frías, D. M., & Gómez, A. L. (2018). Evaluation of physicochemical parameters and heavy metals in water and surface sediment in the ilusiones Lagoon, Tabasco, Mexico. *Tecnología y Ciencias del Agua*, *9*(2), 39-57. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-02-02>

- Gálvez, H. M., Félix, D. V., Quiñonez, M. P., Aguilar, M. G., Ochoa, C. A., & Picos, L. A. (2021). *Tratamiento de aguas vía floculación usando materiales ambientalmente amigables: Ensayos en México*. 20-32.
- Gervasio, G., Jerez, E., Morales, B., & Nápoles, M. (2019). Selección de una rizobacteria promotora del crecimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.). En *Cultivos Tropicales* (Vol. 40, Número 2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193262825007>
- Guarnizo, C. D. M., Lapo, E. L. M., & Rodriguez, I. D. L. (2024). Medición de la DQO como Parámetro Eficaz en el Control Ambiental en Descargas de áreas Urbanas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 9399-9417. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13083
- Hadi, M., Martel, C., Huayta, F., Rojas, R., & Arias, J. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
- Hajjar, W., Juahir, H., Mohamad, N., Mohd, N., Mohd, N., Kurniawan, S. B., Zakaria, N., & Muhammad, S. (2024). Harvesting solutions: Discover the evolution of agriculture wastewater treatment through comprehensive bibliometric analysis using scopus database 1971-2023. *Desalination and Water Treatment*, 317, 100291. <https://doi.org/10.1016/J.DWT.2024.100291>
- Hernández, S. Roberto., Fernandez, C. C. F. ., & Baptista, L. Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Herrera, J., & Sanchez, G. (2023). *Comparativa de eficiencia en la remoción de turbidez en aguas superficiales del río Mashcón mediante la dosificación de almidón de Solanum tuberosum, mucílagos de Salvia hispanica y Opuntia ficus-indica en la provincia de Cajamarca* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte] <https://repositorio.upn.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/9f3ad34c-bd32-45cf-bbed-1fd38db09d82/content>
- Ho, K., Lau, S. Y., Ting, L. H., Zahir, A., Lam, M. K., Choy, S. Y., Lim, S., & Shi, T. I. (2025). Review of starch-based coagulants for water treatment: Mechanisms, extraction and surface modification. *Next Sustainability*, 5, 100083. <https://doi.org/10.1016/J.NXSUST.2024.100083>
- Huayhua, L., & Gutierrez, E. (2024). *Remoción de contaminantes orgánicos DBO5 y DQO por coagulación natural empleando cáscara de papa y plátano de las aguas residuales vertidas en el Río Conde Pampa, Cusco* [Broadcast].

<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/86b1e97a-3790-48ab-8c24-e838e0a7093a/content>

- Jiang, J., Wang, X., Ren, H., Cao, G., Xie, G., Xing, D., & Liu, B. (2020). Investigation and fate of microplastics in wastewater and sludge filter cake from a wastewater treatment plant in China. *Science of The Total Environment*, 746, 141378. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141378>
- Jobling, S. (2004). Improving starch for food and industrial applications. *Current Opinion in Plant Biology*, 7(2), 210-218. <https://doi.org/10.1016/J.PBI.2003.12.001>
- Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2002). *Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables*. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00552.x>
- Kristianto, H., Manurung, N., Wardhani, I. K., Prasetyo, S., Sugih, A. K., & Arbita, A. A. (2022). A kinetic, isotherm adsorption, and thermodynamic study of Congo red coagulation using *Leucaena* crude extract as natural coagulant. *Water Practice and Technology*, 17(6), 1332-1346. <https://doi.org/10.2166/wpt.2022.058>
- Kumar, L., Afzal, M. S., & Ahmad, A. (2022). Prediction of water turbidity in a marine environment using machine learning: A case study of Hong Kong. *Regional Studies in Marine Science*, 52, 102260. <https://doi.org/10.1016/J.RSMA.2022.102260>
- Lin, J.-L., Karangan, A., Huang, Y. M., & Kang, S.-F. (2021). *Eutrophication Factor Analysis Using Carlson Trophic State Index (CTSI) Towards Non-Algal Impact Reservoirs in Taiwan*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-995797/v1>
- Lun, W., & Wahab, A. (2020). State of the art and sustainability of natural coagulants in water and wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 262, 121267. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121267>
- Malvern, P. (2024, septiembre 2). *¿Qué es la coagulación en el tratamiento de agua?* <https://www.malvernpanalytical.com/es/learn/knowledge-center/insights/what-is-coagulation-in-water-treatment>
- Mazille, F., & Spuhler, D. (2021). *Coagulación y Floculación*. <https://sswm.info/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/coagulaci%C3%B3n-2C-floculaci%C3%B3n-y-separaci%C3%B3n>
- Mejía, P. A. B., & Buñay, Y. G. E. (2023). *Determinación de la calidad de agua del tramo TD11 del sistema de riego Chambo – Guano – Los Chingazos, Provincia Chimborazo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo].

<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11841>

- Mishra, B. K., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., & Gautam, A. (2021). Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions. *Water (Switzerland)*, *13*(4). <https://doi.org/10.3390/w13040490>
- Morales, U. D., Contreras, E. M., & López, C. A. (2024). Assessment of potato surpluses as eco-friendly adsorbent for removal of Orange II: optimization and kinetic modelling at different pH values. *Scientific Reports*, *14*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70690-2>
- Moreno, G., Ortega, K., & Valerio, L. L. (2022). *Application of Solanum tuberosum (potato) starch as a natural coagulant in the water treatment of the Punrún lagoon – Perú*. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.653>
- Muhammad, S., Ullah, N., Ali, W., Amin, S., Tokatli, C., Din, I., Iqbal, Z., & Farooq, U. (2025). Water quality, risk assessment indices, and source apportionment across spatial patterns. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, *141*, 104151. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2025.104151>
- Muñoz, J. F., Villota, J. M., Márquez, I., & Guzmán, D. (2024). *Generalidades de coagulantes naturales empleados en el tratamiento de agua potable* (Vol. 11, Número 2). <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/4203/4459>
- Nath, A., Mishra, A., & Pande, P. P. (2021). A review natural polymeric coagulants in wastewater treatment. *Materials Today: Proceedings*, *46*, 6113-6117. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.03.551>
- Ng, M., Dalhatou, S., Wilson, J., Kamdem, B. P., Temitope, M. B., Paumo, H. K., Djelal, H., Assadi, A. A., Nguyen-tri, P., & Kane, A. (2022). Characterization of Slaughterhouse Wastewater and Development of Treatment Techniques: A Review. *En Processes* (Vol. 10, Número 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr10071300>
- Okwitanti, Y., Syafiuddin, A., Wikurendra, E. A., Ratnasari, A., Putri, E. B. P., & Anshori, M. Y. (2022). Investigation of rainwater quality at different rooftop types: a case study at the large Islamic Boarding School in Madura. *Desalination and Water Treatment*, *256*, 217-220. <https://doi.org/10.5004/DWT.2022.28352>
- Precious, S. N., Rathilal, S., & Kweinor Tetteh, E. (2021). Coagulation treatment of wastewater: Kinetics and natural coagulant evaluation. *Molecules*, *26*(3).

<https://doi.org/10.3390/molecules26030698>

- Pushpalatha, N., Sreeja, V., Karthik, R., & Saravanan, G. (2022). Total Dissolved Solids and Their Removal Techniques. *International Journal of Environmental Sustainability and Protection*, 2(2), 13-20. <https://doi.org/10.35745/ijesp2022v02.02.0002>
- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno*. 71-80. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
- Ramos, J. (2019). *Eficiencia de la cáscara de papa (Solanum tuberosum) y la cáscara de yuca (Manihot esculenta) en la remoción de materia orgánica en aguas residuales domésticas del parque María Reiche, Miraflores* [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/7908/Tesis_Eficiencia_Cascara__Papa_y%20_Cascara_Yuca.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Riaños, D. K., Meza, L. M., & Mercado, M. I. (2023). *Uso de almidón de yuca (Manihot-esculenta) para la clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Departamento del Atlántico-Colombia*. 21(2), 151-165. <https://doi.org/10.15665/rp.v21i2.3019>
- Rodriguez, D. M., & Gallego, D. D. J. (2019). Evaluación del quitosano como coagulante para el tratamiento de efluentes piscícolas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 6-17. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.73340>
- Rojas, P. (2023). *Evaluación de la eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno utilizando Echinopsis peruviana en el tratamiento por coagulación del agua del río Shullcas*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Centro del Peru]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/657bab70-e365-4865-a360-019af40347b0/content>
- Saar, R. P., Kotkas, K., Rosenberg, V., Kulp, M., Kuchtinskaja, M., & Vaher, M. (2020). Analysis of total phenols, sugars, and mineral elements in colored tubers of solanum tuberosum l. *Foods*, 9(12), 12. <https://doi.org/10.3390/foods9121862>
- Sánchez, C. E. M., & Heredia, M. J. P. (2020). Evaluation of potato peel wastes to produce amylases from bacillus amyloliquefaciens A16. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 794-804. <https://doi.org/10.18257/RACCEFYN.1122>

- Serrano, C. B. J., Herrera, M. G. C., & Jiménez, G. M. Y. (2024). Tratamiento de aguas para uso agropecuario. Caso: Proyecto Agrosilvopastoril, Orellana, Ecuador. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 6(10), 4-22. <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i10.3182>
- Silva, J. A. (2020). *Mexico's efforts to improve its water management systems Los esfuerzos de México para mejorar sus sistemas de gestión del agua*. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p02.pdf>
- Suhas, M., Kushwaha, S., Chaudhary, S., Tyagi, I., Dehghani, M. H., Inbaraj, B., Goscianska, J., & Sharma, M. (2022). Studies on the Removal of Phenol and Nitrophenols from Water by Activated Carbon Developed from Demineralized Kraft Lignin. *Agronomy*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy12102564>
- Sukmana, H., Bellahsen, N., Pantoja, F., & Hodur, C. (2021). Adsorption and coagulation in wastewater treatment - Review. En *Progress in Agricultural Engineering Sciences* (Vol. 17, Número 1, pp. 49-68). Akademiai Kiado ZRt. <https://doi.org/10.1556/446.2021.00029>
- Tarapa, W. (2023). *Calidad ambiental del agua en la bahía interior de Puno - Lago Titicaca 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/523>
- Theodoro, J. D., Felipe Lenz, G., Fiori Zara, R., & Bergamasco, R. (2013). *Coagulants and Natural Polymers: Perspectives for the Treatment of Water*. 2(3), 55-62. www.seipub.org/papt
- Tong, C., Ma, Z., Chen, H., & Gao, H. (2023). Toward an understanding of potato starch structure, function, biosynthesis, and applications. *Food Frontiers*, 4(3), 980-1000. <https://doi.org/10.1002/fft2.223>
- Usman, A. G., Almousa, M., Daud, H., Duwa, B. B., Suleiman, A. A., Ishaq, A. I., & Abba, S. I. (2025). Second-order based ensemble machine learning technique for modelling river water biological oxygen demand (BOD): Insights into improved learning. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 18(2), 101439. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2025.101439>
- Vasquez, V., Cabrera, H., Jimenez, L., & Colunche, A. (2019). Estabilidad del rendimiento de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(3), 279-284. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i1.1307>

- Ventura, E., & Quispe, L. (2022). *Eficiencia del coagulante de papa (Solanum tuberosum) variedad canchan para la reducción de la turbiedad del agua de consumo humano de la fuente superficial del río Disparate* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/66acd1a2-f584-498e-8df0-f38b5154508a/content>
- Vishwakarma, D., & Shikha. (2022). *Biopolymer-based materials for sustainable water treatment*. 10-14.
- Vizcaíno, Z. P. I., Cedeño, C. R. J., & Maldonado, P. I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Ynofuente, L., & Flores, M. (2022). Residuos de papa como auxiliar del sulfato de aluminio para clarificación de agua. *UNED Research Journal*, 14(2). <https://doi.org/10.22458/urj.v14i2.4282>
- Zhang, C., Zhu, Z., & Liu, R. (2023). *The intrinsic relationship between flocculation effect and apparent viscosity of fresh slurry*.
- Zirrahi, F., Hadi, M., Nabizadeh, N. R., Ghordouei, M. E., Bashardoust, P., Abolli, S., & Alimohammadi, M. (2024). A systematic review on the investigation of optimal operating conditions of the reverse osmosis process in nitrate removal from drinking water. *Results in Engineering*, 21, 101947. <https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2024.101947>

ANEXOS

Anexo 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Tabla 30.

Matriz de operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Unidad de medida
Variable independiente Coagulante de cáscara y almidón de papa	Son coagulantes naturales a base de la cáscara de papa y el almidón que tienen un efecto positivo en la eliminación de partículas coloidales (Moreno et al., 2021)	Condiciones del tratamiento	Velocidad de agitación	rpm
			Tiempo de agitación	min
			Concentración del coagulante	mg/L
Variable dependiente Calidad del agua del río Ayaviri	La calidad del agua hace referencia a los parámetros que se miden en el foco de contaminación en condición de cuerpo receptor (Torres, 2018).	Parámetros físicos	Turbidez	NTU
		Parámetros químicos	Potencial de hidrógeno	-
			Solidos suspendidos totales	mg/L
			DBO	mgO ₂ /L
		DQO	mgO ₂ /L	

Nota. Elaboración propia

Anexo 2. Informe de ensayo fisicoquímico del rio Ayaviri (N° 0039)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : F038B14

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00039

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 1 de 3

Señores : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Dirección : AV. NUEVA ZELANDIA NRO. 631 URB. LA CAPILLA PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Proyecto : EFECTO DEL COAGULANTE DE CASCARA Y ALMIDON DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : MILAGROS LEYDY VILLANUEVA QUISPE **Fecha de recepción** : 04/07/2024
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 132-24 **Fecha de ensayo** : 04/07/2024
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente **Nro de muestras** : 1
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000357	Z1-RO-M1 - 0.0	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	13:30
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114428, Emisor de certificado [LANA PE, 13/07/2024 06:02:04 p.m.]

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : F038B14

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00039

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031	*3038	*811	*892
		SST mg/L	DBO-5 mg/L	Turbidez NTU	DQO mg O2/L
AG24000357	21- RO-M1 - 0.0	264	30,2	38,49	76

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE., 13/07/2024 06:02:04 p.m.


Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú,(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : F038B14

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00039

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Sólidos Suspendidos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids Total Suspended Solids Dried From 103 to 105 °C.	[1 - 10000] mg/L
3038	Demanda bioquímica de oxígeno. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	[-] mg/L
811	Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods.	[0.5 - 5000] NTU
892	Ensayo de demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 24th Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Open Reflux Method.	[2 - 54000] mg O ₂ /L

a : Límite detección

b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE, 13/07/2024 06:02:04 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe
vía web



Anexo 3. Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de cáscara de papa - repetición 1 (N° 0040)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 399EA577

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00040

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 1 de 3

Señores : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Dirección : AV. NUEVA ZELANDIA NRO. 631 URB. LA CAPILLA PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Proyecto : EFECTO DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDON DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : MILAGROS LEYDY VILLANUEVA QUISPE **Fecha de recepción** : 04/07/2024
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 132-24 **Fecha de ensayo** : 04/07/2024
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente **Nro de muestras** : 6

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP: 114426. Emisor de certificado: LLAMA PE: 13/07/2024 06:04:27 p.m.

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000358	02- Rp1-1.0-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000359	03- Rp1-1.5-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000360	04- Rp1-2.0-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000361	01- Rp1-0.5-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000362	06- Rp1-3.0-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000363	05- Rp1-2.5-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú,(054)443294 - (054)



Validar el informe via web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 399EA577

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00040

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031	*3038	*811	*892
		SST mg/L	DBO-5 mg/L	Turbidez NTU	DQO mg O2/L
AG24000358	02- Rp 1-1.0-CP	b<2,5	3,4	2,80	8,4
AG24000359	03- Rp 1-1.5-CP	b<2,5	3,0	2,40	7,9
AG24000360	04- Rp 1-2.0-CP	b<2,5	3,2	3,15	9,7
AG24000361	01- Rp 1-0.5-CP	b<2,5	2,6	2,73	8,0
AG24000362	08- Rp 1-3.0-CP	b<2,5	3,4	2,65	9,4
AG24000363	05- Rp 1-2.5-CP	2,6	3,2	3,00	10,3

Firmado por: JUÁREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE, 13/07/2024 06:04:27 p.m.


Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 399EA577

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00040

Fecha de emisión:13/07/2024

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Sólidos Suspendidos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids.Total Suspended Solids Dried From 103 to 105 °C.	[1 - 10000] mg/L
*3038	Demanda bioquímica de oxígeno. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	[p -] mg/L
*811	Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods.	[a 0.5 - 5000] NTU
*892	Ensayo de demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 24th Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Open Reflux Method.	[p 2 - 54000] mg O2/L

a : Limite detección

b : Limite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE, 13/07/2024 06:04:27 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a"<Valor numérico">Limite de detección del método, "b"<Valor Numérico">Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Rio Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.

Validar el informe
vía web



Anexo 4. Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de cáscara de papa - repetición 2 (N° 0045)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 49F451F8

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00045

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 1 de 3

Señores : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Dirección : AV. NUEVA ZELANDIA NRO. 631 URB. LA CAPILLA PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Proyecto : EFECTO DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : MILAGROS LEYDY VILLANUEVA QUISPE
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 132-24
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 04/07/2024
Fecha de ensayo : 04/07/2024
Nro de muestras : 6

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000388	27 - Rp2-0.5-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	13:30
AG24000389	28 - Rp2-1.0-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	13:30
AG24000390	29 - Rp2-1.5-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	13:30
AG24000391	30 - Rp2-2.0-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	13:30
AG24000392	31 - Rp2-2.5-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	13:30
AG24000393	32 - Rp2-3.0-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	13:30
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CP 114426, Emisor de certificado, LLAMA PE 13/07/2024 06:02:50 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 49F451F8

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00045

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031	*811
		SST mg/L	Turbidez NTU
AG24000388	27 - Rp2-0.5-CP	b<2,5	1,88
AG24000389	28 - Rp2-1.0-CP	b<2,5	2,79
AG24000390	29 - Rp2-1.5-CP	3,6	3,08
AG24000391	30 - Rp2-2.0-CP	4,0	4,03
AG24000392	31 - Rp2-2.5-CP	3,4	3,11
AG24000393	32 - Rp2-3.0-CP	2,6	3,39

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA PE, 13/07/2024 06:02:50 p.m.


Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 49F451F8

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00045

Fecha de emisión:13/07/2024

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Sólidos Suspendidos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids.Total Suspended Solids Dried From 103 to 105 °C.	[1 - 10000] mg/L
811	Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods.	[0.5 - 5000] NTU

a : Límite detección

b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE, 13/07/2024 06:02:50 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe
vía web



Anexo 5. Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de cáscara de papa - repetición 3 (N° 0041)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 4E9995E1

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00041

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 1 de 3

Señores : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Dirección : AV. NUEVA ZELANDIA NRO. 631 URB. LA CAPILLA PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Proyecto : EFECTO DEL COAGULANTE DE CÁSCARA Y ALMIDÓN DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAWRI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : MILAGROS LEYDY VILLANUEVA QUISPE
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 132-24
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 04/07/2024
Fecha de ensayo : 04/07/2024
Nro de muestras : 6

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Provi/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000364	07 - Rp3-1-S-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAWRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000365	08 - Rp3-3-S-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAWRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000366	09 - Rp3-2-S-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAWRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000367	10 - Rp3-0-S-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAWRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000368	11 - Rp3-1-S-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAWRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
AG24000369	12 - Rp3-2-S-CP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAWRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	13:30
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Firmado por: JUANES SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico CP# 114426. Emisor de certificado: LLAAMA PE, 13/07/2024 06:03:29 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"<Valor numérico">"Límite de detección del método, "<Valor Numérico">"Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 4E9995E1

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00041

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FÍSICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031	*3038	*811	*892
		SST mg/L	DBO-5 mg/L	Turbidez NTU	DQO mg O2/L
AG24000364	07 - Rp3-1.5-CP	b<2,5	7,5	2,68	10,5
AG24000365	08 - Rp3-3.0-CP	5,2	5,2	3,69	12,5
AG24000366	09 - Rp3-2.0-CP	3,8	7,8	3,25	11,3
AG24000367	10 - Rp3-0.5-CP	3,2	10,2	2,08	16,6
AG24000368	11 - Rp3-1.0-CP	b<2,5	8,4	2,16	13,7
AG24000369	12 - Rp3-2.5-CP	3,0	7,7	3,40	11,0

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 14426, Emisor de certificado: LLAMA PE, 13/07/2024 06:03:29 p.m.


Laboratorios Analíticos del Sur
E.I.D.S.
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 14426

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico"=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 4E9995E1

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00041

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Sólidos Suspendidos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids Total Suspended Solids Dried From 103 to 105 °C.	[1 - 10000] mg/L
*3038	Demanda bioquímica de oxígeno. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	[^a -] mg/L
*811	Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods.	[^a 0.5 - 5000] NTU
*892	Ensayo de demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 24th Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Open Reflux Method.	[^b 2 - 54000] mg O ₂ /L

^a : Límite detección

^b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES, M.Sc., Ingeniero Químico, CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA, PE, 13/07/2024 06:03:29 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"^a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "^b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe
vía web



Anexo 6. Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de almidón de papa - repetición 1 (N° 00042)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : D790C45B

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00042

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 1 de 3

Señores : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Dirección : AV. NUEVA ZELANDIA NRO. 631 URB. LA CAPILLA PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Proyecto : EFECTO DEL COAGULANTE DE CASCARA Y ALMIDON DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : MILAGROS LEYDY VILLANUEVA QUISPE **Fecha de recepción** : 04/07/2024
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 132-24 **Fecha de ensayo** : 04/07/2024
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente **Nro de muestras** : 6

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000370	13 - Rp1-3.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000371	14 - Rp1-0.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000372	15 - Rp1-1.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000373	16 - Rp1-1.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000374	17 - Rp1-2.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000375	18 - Rp1-2.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES, M.Sc., Ingeniero Químico, CIP 114426, Emisor de certificado, LLAMA PE, 13/07/2024 06:03:53 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)



Validar el informe via web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : D790C45B

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00042

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031	*3038	*811	*892
		SST mg/L	DBO-5 mg/L	Turbidez NTU	DQO mg O2/L
AG24000370	13 - Rp 1-0.5-AP	b<2,5	9,8	1,61	15,4
AG24000371	14 - Rp 1-3.0-AP	b<2,5	8,8	2,05	14,4
AG24000372	15 - Rp 1-1.0-AP	b<2,5	10,1	1,59	17,3
AG24000373	16 - Rp 1-1.5-AP	b<2,5	9,8	2,03	16,5
AG24000374	17 - Rp 1-2.5-AP	b<2,5	9,5	2,10	16,5
AG24000375	18 - Rp 1-2.0-AP	b<2,5	11,2	2,12	16,5

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE., 13/07/2024 06:03:53 p.m.


Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú,(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : D790C45B

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00042

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Sólidos Suspendidos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids, Total Suspended Solids Dried From 103 to 105 °C.	[1 - 10000] mg/L
3038	Demanda bioquímica de oxígeno. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	[-] mg/L
811	Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods.	[0.5 - 5000] NTU
892	Ensayo de demanda química de oxígeno en aguas DQO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 24th Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Open Reflux Method.	[2 - 54000] mg O ₂ /L

a : Límite de detección

b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE., 13/07/2024 06:03:53 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú. (054)443294 - (054)4444582.

Validar el informe
vía web



Anexo 7. Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de almidón de papa - repetición 2 (N° 00043)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : A097F4CD

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00043

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 1 de 3

Señores : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Dirección : AV. NUEVA ZELANDIA NRO. 631 URB. LA CAPILLA PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Proyecto : EFECTO DEL COAGULANTE DE CASCARA Y ALMIDON DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : MILAGROS LEYDY VILLANUEVA QUISPE **Fecha de recepción** : 04/07/2024
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 132-24 **Fecha de ensayo** : 04/07/2024
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente **Nro de muestras** : 6

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000376	19 - Rp3-1.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000377	20 - Rp3-1.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000378	22 - Rp3-0.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000379	23 - Rp3-3.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000380	24 - Rp3-2.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
AG24000381	25 - Rp3-2.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53'26"S ; 70° 35'44" O	03/07/2024	15:30
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico QIP 114426, Emisor de certificado. LLAMA PE - 13/07/2024 06:05:07 pm

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a" < Valor numérico = Límite de detección del método, "b" < Valor Numérico = Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : A097F4CD

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00043

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031	*3038	*811	*892
		SST mg/L	DBO-5 mg/L	Turbidez NTU	DQO mg O ₂ /L
AG24000376	19 - Rp3-1.0-AP	3,0	7,1	2,19	12,8
AG24000377	20 - Rp3-1.5-AP	3,0	6,9	2,45	13,0
AG24000378	22 - Rp3-0.5-AP	b<2,5	5,4	1,79	10,7
AG24000379	23 - Rp3-3.0-AP	5,2	8,7	3,45	17,0
AG24000380	24 - Rp3-2.0-AP	3,0	6,2	2,80	11,3
AG24000381	25 - Rp3-2.5-AP	5,6	7,2	2,84	16,4

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE., 13/07/2024 06:05:07 p.m.


Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú,(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : A097F4CD

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00043

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Sólidos Suspendidos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids Total Suspended Solids Dried From 103 to 105 °C.	[1 - 10000] mg/L
3038	Demanda bioquímica de oxígeno. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th Ed. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.	[-] mg/L
811	Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods.	[0.5 - 5000] NTU
892	Ensayo de demanda química de oxígeno en aguas DCO SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220D, 24th Ed. Chemical Oxygen Demand (COD). Open Reflux Method.	[2 - 54000] mg O ₂ /L

a : Límite detección

b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE, 13/07/2024 06:05:07 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a"<Valor numérico">=Límite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)4444582.

Validar el informe
vía web



Anexo 8. Informe de ensayo fisicoquímico de la muestra con aplicación de almidón de papa - repetición 3 (N° 00044)



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 3EF3616E

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00044

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 1 de 3

Señores : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Dirección : AV. NUEVA ZELANDIA NRO. 631 URB. LA CAPILLA PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Atención : UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
Proyecto : EFECTO DEL COAGULANTE DE CASCARA Y ALMIDON DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO AYAVIRI

PROTOCOLO DE MUESTREO

Muestreo realizado por : Cliente : MILAGROS LEYDY VILLANUEVA QUISPE
Registro de muestreo : Cadena de custodia N°: 132-24
Plan de muestreo : Muestreado por el cliente
Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente

Fecha de recepción : 04/07/2024
Fecha de ensayo : 04/07/2024

Nro de muestras : 6

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb, AAHH/Dist/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG24000382	26 - Rp2-3.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	15:30
AG24000383	33 - Rp2-2.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	15:30
AG24000384	34 - Rp2-1.0-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	15:30
AG24000385	35 - Rp2-2.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	15:30
AG24000386	36 - Rp2-1.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	15:30
AG24000387	37 - Rp2-0.5-AP	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	AYAVIRI - MELGAR - PUNO	14° 53' 26"S ; 70° 35' 44" O	03/07/2024	15:30
Condiciones de recepción de la muestra						
Cooler refrigerado						
Observación						
-						

Firmado por: JUAJAREZ SOTO OMAR ALFREDO GERENTE DE OPERACIONES M.Sc. Ingeniero Químico QIP 114426. Emisor de certificado: LLAMA PE 13/07/2024 06:02:29 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a"<Valor numérico">=Limite de detección del método, "b"<Valor Numérico">=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú,(054)443294 - (054)



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 3EF3616E

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00044

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 2 de 3

RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Interno L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031	*811
		SST mg/L	Turbidez NTU
AG24000382	28 - Rp-2-3.0-AP	b<2,5	2,28
AG24000383	33 - Rp-2-2.0-AP	b<2,5	2,12
AG24000384	34 - Rp-2-1.0-AP	2,8	1,95
AG24000385	35 - Rp-2-2.5-AP	b<2,5	1,92
AG24000386	36 - Rp-2-1.5-AP	b<2,5	1,87
AG24000387	37 - Rp-2-0.5-AP	b<2,5	1,93

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA PE, 13/07/2024 06:02:29 p.m.


Laboratorios Analíticos del Sur
Omar A. Juárez Soto
Gerente de Operaciones
M. Sc. Ingeniero Químico CIP 114426

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"a<Valor numérico"=Limite de detección del método, "b<Valor Numérico"=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>. Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú,(054)443294 - (054)444582.



Validar el informe
vía web



Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado
Arequipa Perú

Clave generada : 3EF3616E

INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-24-00044

Fecha de emisión: 13/07/2024

Página 3 de 3

MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Sólidos Suspendidos. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th Ed. Solids Total Suspended Solids Dried From 103 to 105 °C.	[1 - 10000] mg/L
*811	Turbidez. SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 24th Ed. Turbidity. Nephelometric Methods.	[^a 0.5 - 5000] NTU

^a : Límite detección

^b : Límite de cuantificación

----- Fin del informe -----

Firmado por: JUAREZ SOTO OMAR ALFREDO, GERENTE DE OPERACIONES M.Sc., Ingeniero Químico CIP 114426, Emisor de certificado: LLAMA.PE., 13/07/2024 06:02:29 p.m.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

"^a<Valor numérico">=Límite de detección del método, "^b<Valor Numérico">=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú.(054)443294 - (054)444582.

Validar el informe
vía web



Anexo 9. Resultados de Laboratorios Analíticos del Sur.

RESULTADOS DE ANALISIS DE PARAMETROS CASCARA DE PAPA

Dosis de Coagulante	REPETICION 01						REPETICION 02						REPETICION 03						PROMEDIO					
	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad
0.0 ml/L	7.08	38.49	30.20	76.00	264.00	884.00	7.10	44.30	31.40	78.00	272.00	888.00	7.02	46.00	32.00	79.00	266.00	890.00	7.07	42.93	31.20	77.67	267.33	887.33
0.5 ml/L	7.84	2.73	2.60	8.00	2.50	850.00	7.78	1.88	5.20	7.80	2.50	857.00	7.75	2.08	10.20	16.60	3.20	853.00	7.79	2.23	6.00	10.80	2.50	853.33
1.0 ml/L	7.85	2.80	3.40	8.40	2.50	857.00	7.91	2.79	3.80	10.80	2.50	860.00	7.83	2.16	8.40	13.70	2.50	858.00	7.86	2.58	5.20	10.97	2.50	858.33
1.5 ml/L	7.86	2.40	3.00	7.90	2.50	858.00	7.83	3.08	4.20	9.20	3.60	864.00	7.72	2.68	7.50	10.20	2.50	860.00	7.80	2.72	4.90	9.10	2.50	860.67
2.0 ml/L	7.80	3.15	3.20	9.70	2.50	856.00	7.82	4.03	3.80	9.40	4.00	855.00	7.78	3.25	7.80	11.30	3.80	848.00	7.80	3.48	4.93	10.13	3.43	853.00
2.5 ml/L	7.70	3.00	3.20	10.30	2.60	852.00	7.80	3.11	3.50	9.80	3.40	850.00	7.65	3.40	7.70	11.00	3.00	847.00	7.72	3.17	4.80	10.37	3.00	849.67
3.0 ml/L	7.60	2.65	3.40	9.40	2.50	858.00	7.73	3.39	3.60	11.20	2.60	866.00	7.59	3.69	5.20	12.50	5.20	859.00	7.64	3.24	4.07	11.03	3.43	861.00

RESULTADOS DE ANALISIS DE PARAMETROS ALMIDON DE PAPA

Dosis de Coagulante	REPETICION 01						REPETICION 02						REPETICION 03						PROMEDIO					
	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad	pH	Turbidez	DBO	DQO	SST	Conductividad
0.0 ml/L	7.08	38.49	30.20	76.00	264.00	884.00	7.10	44.30	31.40	78.00	272.00	888.00	7.02	46.00	32.00	79.00	266.00	890.00	7.07	42.93	31.20	77.67	267.33	887.33
0.5 ml/L	7.73	1.61	8.80	14.40	2.50	854.00	7.75	1.93	5.80	8.40	2.50	857.00	7.70	1.79	5.4	10.7	2.5	856.00	7.73	1.78	6.67	11.17	2.50	855.67
1.0 ml/L	7.75	1.59	10.10	17.30	2.50	860.00	7.73	1.95	7.40	9.20	2.80	852.00	7.73	2.19	7.1	12.8	3.0	854.00	7.74	1.91	8.20	13.10	2.50	855.33
1.5 ml/L	7.84	2.03	9.80	16.50	2.50	859.00	7.78	1.87	6.60	10.00	2.50	854.00	7.76	2.45	6.9	13.0	3.0	856.00	7.79	2.12	7.77	13.17	2.50	856.33
2.0 ml/L	7.78	2.12	11.20	16.50	2.50	858.00	7.79	2.12	6.40	11.90	2.50	853.00	7.79	2.8	6.2	11.3	3.0	853.00	7.79	2.35	7.93	13.23	2.50	854.67
2.5 ml/L	7.89	2.10	9.50	16.50	2.50	856.00	7.81	1.92	7.80	11.80	2.50	859.00	7.73	2.84	7.2	16.4	5.6	853.00	7.81	2.29	8.17	14.90	2.50	856.00
3.0 ml/L	7.95	2.05	9.80	15.40	2.50	854.00	7.85	2.28	8.60	12.65	2.50	857.00	7.79	3.45	8.7	17.0	5.2	861.00	7.86	2.59	9.03	15.02	2.50	857.33

Nota. Obtenido a partir de los informes de análisis de laboratorio.

CUADRO DE AYUDA PARA CLASIFICAR LA MATRIZ DE UNA MUESTRA DE AGUA

	Matriz	Siglas	Matriz	Descripción		
4	AN	Agua Natural Subterránea	Agua de Manantial	AMt	Agua Natural - Subterránea - Agua de Manantial	Agua que emerge de la tierra o entre las rocas
		Agua Termal	AT	Agua Natural - Subterránea - Agua Termal	Agua que surgen de la tierra de modo espontaneo y que poseen un alto nivel de mineralización y temperaturas >5°C del agua superficial.	
5	AN	Agua Natural Superficial	Agua de Río	ARío	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	Son las corrientes de agua que fluyen sobre sus cauces. Pueden ser según su estacionalidad: Perennes o Intermitentes.
			Agua de Laguna / lago	AL	Agua Natural - Superficial - Agua de Laguna / lago	Cuerpo de agua Alimentado por una fuente de agua natural.
6	AR	Agua Residual	Agua de Deposición Atmosférica	AD	Agua Natural - Superficial - Agua de Deposición Atmosférica	Son aquellas procedentes directamente de la atmosfera, en forma de precipitaciones liquidas, nieve o granizo y se captan antes que lleguen a la superficie terrestre.
7			Agua Residual Domestica	RD	Agua Residual - Agua Residual Domestica	Aguas residuales de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos y aseo personal).
8			Agua Residual Industrial	RI	Agua Residual - Agua Residual Industrial	Aguas residuales originadas como consecuencia del desarrollo de un proceso productivo. Incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial entre otras.
8	ACH	Agua para Uso y Consumo Humano	Agua Residual Municipal	RM	Agua Residual - Agua Residual Municipal	Aguas residuales domesticas que pueden incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial.
9			Agua de Bebida	APb	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Bebida - Agua Potable	Agua que puede ser consumida debido a que no representa un riesgo para la salud. (Agua Potable)
10			Agua de Mesa	AMesa	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Bebida - Agua de Mesa	Agua que puede ser consumida debido a que no representa un riesgo para la salud. (Agua mesa)
11	AS	Agua Salina	Agua de Piscina	APs	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Piscina	Agua que para ser apta para el uso humano debe ser sometida a diferentes tratamientos con la finalidad de evitar la presencia de bacterias, virus, hongos entre otros.
12			Agua de Laguna Artificial	ALA	Agua para Uso y Consumo Humano - Agua de Laguna Artificial	Es el agua empleada para uso recreativo.
13			Agua de Mar	AM	Agua Salina - Agua de Mar	Es el agua costera y de mar abierto cuya salinidad alcanza como valor máximo aproximado de 35 partes por mil.
14	Apr	Agua de Proceso	Agua Salobre	ASb	Agua Salina - Agua Salobre	Se considera agua salobre la que posee altas concentraciones de sales minerales disueltas y la proporción de sal es mayor que el agua dulce y menor que el agua de mar.
15			Salmueras	ASm	Agua Salina - Salmueras	Se considera agua salmuera la que posee una concentración mayor de 40 gramos de sal por litro.
16			Agua de Circulación o Enfriamiento	AE	Agua de Proceso - Agua de Circulación o Enfriamiento	Es el agua que se desplaza o recircula para absorber y remover el calor.
17	Apr	Agua de Proceso	Agua de Alimentación para Calderas	AAC	Agua de Proceso - Agua de Alimentación para Calderas	Son aquellas aguas acondicionadas para alimentar las calderas y producir vapor
18			Agua de Calderas	AC	Agua de Proceso - Agua de Calderas	Son las aguas contenidas en las calderas, como mezcla de liquido y vapor
19			Agua de Lixiviación	ALx	Agua de Proceso - Agua de Lixiviación	Es el agua que pasa a través de un sólido para que se produzca la disolución de uno o más componentes solubles del mismo para los ensayos requeridos.
20			Agua Purificada	AP	Agua de Proceso - Agua Purificada	Es el agua a la cual se le han quitado los iones e impurezas mediante diferentes procesos: térmico (hervido y condensado) para agua destilada; por intercambio iónico para agua desionizada; por membranas de osmosis inversa para agua osmotizada; y otros
21			Agua de Inyección y Reinyección	AIR	Agua de Proceso - Agua de Inyección y Reinyección	Aguas provenientes de la actividad d extracción de hidrocarburos, cuya disposición final se realiza en pozos de origen

NOTA:

La Clasificación presentada es una recopilación de lo que se indica en la Norma Técnica Peruana NTP 214.042:2012 "CALIDAD DE AGUA. Clasificación de la matriz agua para ensayos de laboratorio".

Nota. Obtenido del Laboratorio Analíticos del Sur

Anexo 11. Panel Fotográfico

Figura 13.

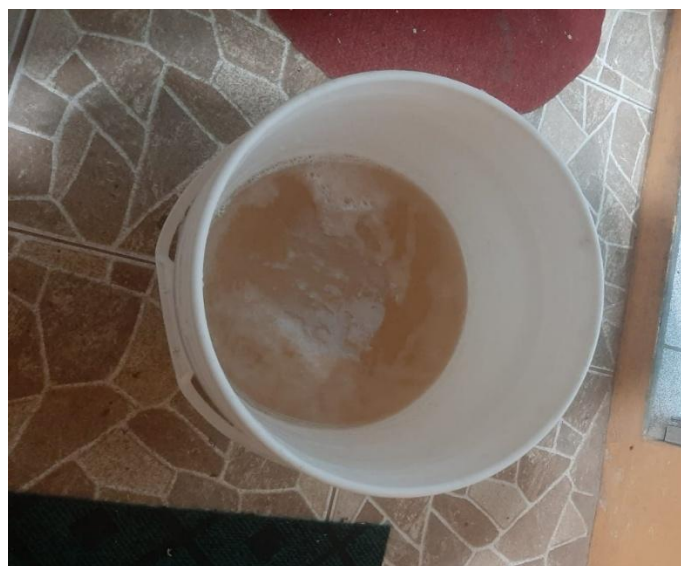
Pesado del rayado de papa



Nota. Fotografía tomada durante el proceso de pesado del rayado de la papa. Elaboración propia.

Figura 14.

Sedimentación del almidón de papa



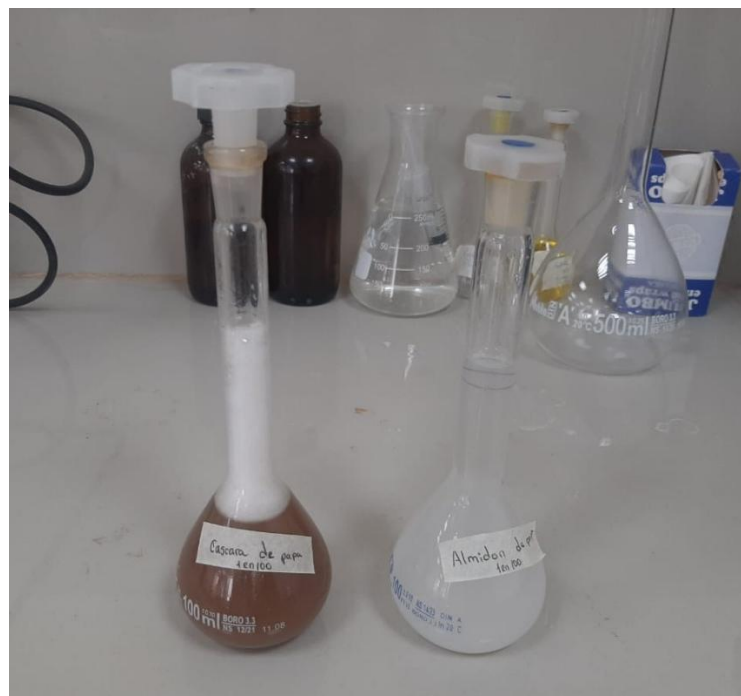
Nota. Fotografía tomada durante el proceso de sedimentación del rayado de la papa para la obtención del almidón. Elaboración propia

Figura 15.
Secado en estufa de la cascara de papa



Nota. Fotografía tomada durante el proceso de secado de la cascara de papa. Elaboración propia.

Figura 16.
Solución Coagulante de cascara y almidón de papa



Nota. Fotografía tomada de la solución coagulante de almidón y cascara de papa. Elaboración propia.

Figura 17.
Ensayo de prueba de jarras



Nota. Fotografía tomada de la aplicación de prueba de jarras

Figura 18.
Filtración de las dosis obtenidas



Nota. Fotografía tomada del proceso de filtración de las muestras

Figura 19.

Muestras a diferentes dosis de coagulante para envío a laboratorio



Nota. Fotografía tomada de muestras debidamente rotuladas para el envío a laboratorio

Figura 20.

Muestras preparadas para análisis de laboratorio



Nota. Fotografía tomada de las muestras preparadas para el envío al laboratorio Analíticos del Sur.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

“Universidad Pública de Calidad”