



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUAR LA CLARIFICACIÓN DE AGUA DE LA BAHÍA DE
POMATA EN LA ZONA DE CRIANZA DE TRUCHAS EN JAULAS
FLOTANTES, USANDO SANCAYO (LOBIVIA MAXIMILIANA)
COMO AGENTE COAGULANTE**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YULY MARIBEL YUPANQUI TARQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2024



YULY MARIBEL YUPANQUI TARQUI

EVALUAR LA CLARIFICACIÓN DE AGUA DE LA BAHÍA DE POMATA EN LA ZONA DE CRIANZA DE TRUCHAS EN JAULAS ...

Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trm:oid::8254-414982585

Fecha de entrega
11 dic 2024, 7:22 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
11 dic 2024, 7:25 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
EVALUAR LA CLARIFICACIÓN DE AGUA DE LA BAHÍA DE POMATA EN LA ZONA DE CRIANZA DE TR...docx

Tamaño de archivo
9.2 MB

79 Páginas

12,713 Palabras

66,961 Caracteres


Dr. Gregorio Palomino Curiá
DIRECTOR ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERÍA DE AGUAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO


Dr. St. German Quispe Colque
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FISIOLOGÍA Y NUTRICIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO



16% 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 12 palabras)

Fuentes principales

- 16% Fuentes de Internet
- 4% Publicaciones
- 9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.



Dr. Gregorio Palomino Cuela
DIRECTOR ESCUELA PROFESIONAL
INGENIERIA FIO-UNA



D. Sr. German Quilte Calizaya
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FIO UNA - PUNO





DEDICATORIA

A mi madre, Maruja Tarqui Cutipa, la mujer más fuerte y admirable que he conocido. Tu amor incondicional y tu apoyo inquebrantable siempre fueron mi mayor motivación para seguir adelante. Recuerdo cada noche en que me ayudabas con las tareas, cada consejo lleno de sabiduría y cada palabra de aliento que me daba fuerzas para no rendirme. A pesar de las dificultades que enfrentamos juntas, me enseñaste que la educación es el camino para alcanzar los sueños, y que con esfuerzo y determinación todo es posible. Aunque ya no estás físicamente aquí, sé que me acompañas en cada paso y que desde el cielo celebras conmigo este logro. Esta tesis es un humilde homenaje a todo lo que me diste, mamá. Te llevo siempre en mi corazón con gratitud y amor eterno.

YULY MARIBEL YUPANQUI TARQUI



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, mi más profundo agradecimiento por ser la institución que me acogió y formó durante estos años de aprendizaje y crecimiento. Su compromiso con la excelencia académica y el desarrollo integral de sus estudiantes ha sido un pilar fundamental en mi formación profesional y personal.

Agradezco profundamente a los docentes de la Facultad de Ingeniería Química, quienes no solo transmitieron conocimientos, sino que se convirtieron en verdaderos mentores a lo largo de mi formación. Con su experiencia, exigencia y dedicación, me guiaron a enfrentar los retos académicos y personales con disciplina, resiliencia y determinación.

Agradezco profundamente a mis padres, Máximo Yupanqui Mamani y mi querida madre, Maruja Tarqui Cutipa, cuyo amor y sacrificio han sido los pilares fundamentales de mi vida. Papá, gracias por tu apoyo incondicional, por enseñarme con tu ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia. Mamá, aunque ya no estás físicamente conmigo, siento tu presencia en cada paso que doy. Tu amor, tus enseñanzas y tu fortaleza siempre serán mi guía. Este logro es tan mío como suyo, porque fue su dedicación y confianza en mí lo que me dio las fuerzas para alcanzar esta meta. Gracias por ser mi mayor inspiración y por llenar mi vida de amor y esperanza.

A Luis Franco Nieto Díaz, mi compañero de vida y el padre amoroso de nuestra hija, gracias por ser mi mayor apoyo en este nuevo capítulo. Tu presencia constante y tu cariño incondicional han transformado nuestra familia en un hogar lleno de alegría. Admiro tu dedicación como padre y tu capacidad para crear momentos inolvidables para nuestra pequeña. Junto a ti, he encontrado la felicidad más plena.

YULY MARIBEL YUPANQUI TARQUI



ÍNDICE GENERAL

| | Pág |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| ÍNDICE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE ANEXOS | |
| ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 13 |
| ABSTRACT..... | 14 |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUCCIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 16 |
| 1.1.1. Problema General..... | 17 |
| 1.1.2. Problemas Específicos..... | 17 |
| 1.2. ANTECEDENTES..... | 18 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 23 |
| 1.4. OBJETIVO GENERAL | 25 |
| 1.5. HIPÓTESIS GENERAL | 25 |
| CAPÍTULO II | |
| REVISIÓN DE LITERATURA | |
| 2.1. MARCO TEÓRICO | 26 |
| 2.1.1. Sancayo | 26 |
| 2.1.2. Clasificación Taxonómica..... | 28 |



| | |
|--|----|
| 2.1.3. Prueba de jarras | 28 |
| 2.1.4. Coagulación..... | 29 |
| 2.1.5. Factores que influyen en la coagulación | 29 |
| 2.1.6. Etapas o Fases de la Coagulación | 30 |
| 2.1.7. Tipos de Coagulación..... | 30 |
| 2.1.8. Coagulantes Orgánicos..... | 31 |
| 2.1.9. Floculación..... | 32 |
| 2.1.10. pH..... | 33 |
| 2.1.11. Turbidez | 33 |
| 2.1.12. Sólidos Suspendidos Totales..... | 33 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

| | |
|---|-----------|
| 3.1. MATERIALES: | 35 |
| 3.2. EQUIPOS: | 35 |
| 3.3. REACTIVOS: | 35 |
| 3.4. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 35 |
| 3.5. PRIMERA ETAPA..... | 36 |
| 3.6. SEGUNDA ETAPA. EXTRACCIÓN DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (<i>LOBIVIA MAXIMILIANA</i>)...... | 37 |
| 3.6.1. Procesos para la obtención de la harina de Sancayo. | 37 |
| 3.7. TERCERA ETAPA. PURIFICACIÓN DEL SANCAYO, APLICANDO EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO, CON DIFERENTES SOLVENTES | 39 |
| 3.8. CUARTA ETAPA. DETERMINAR LA DOSIS ÓPTIMA DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (<i>LOBIVIA MAXIMILIANA</i>). | 39 |

CAPÍTULO IV



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|--|-----------|
| 4.1. OBTENCIÓN DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (<i>Lobivia maximiliana</i>). | 41 |
| 4.1.1. Procesos para la obtención de la harina de Sancayo. | 41 |
| 4.1.2. Purificación del Sancayo, aplicando extracción sólido-líquido | 41 |
| 4.1.3. Caracterización de la harina del Sancayo..... | 41 |
| 4.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (<i>LOBIVIA MAXIMILIANA</i>) | 45 |
| 4.2.1. Dosis óptima del coagulante de Sancayo | 49 |
| 4.2.2. Análisis de Varianza: | 52 |
| 4.2.3. ANOVA para pH..... | 53 |
| 4.2.4. ANOVA para Turbidez | 55 |
| 4.2.5. ANOVA para SST..... | 58 |
| V. CONCLUSIONES | 62 |
| VI. RECOMENDACIONES | 63 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIGRÁFICAS | 64 |
| ANEXOS | 68 |

Área: Tecnologías ambientales y recursos naturales

Tema: Tratamiento de aguas

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 de diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág |
|---|------------|
| Tabla 1 Clasificación taxonómica del Sancayo (Alanoca, 2009). | 28 |
| Tabla 2 Protocolo de DGCR de la Autoridad Nacional de Agua (ANA, 2016). | 37 |
| Tabla 3 Identificación de grupos funcionales (S-5547) | 42 |
| Tabla 4 Resultados experimentales de la prueba de Jarras. | 45 |
| Tabla 5 Resultados experimentales de la prueba de Jarras. | 46 |
| Tabla 6 Resultados experimentales de la prueba de Jarras. | 47 |
| Tabla 7 Análisis Físicoquímico del agua cruda de la Bahía de Pomata..... | 48 |
| Tabla 8 Datos obtenidos para cada parámetro establecido en la Prueba de Jarras. .. | 50 |
| Tabla 9 Análisis de Varianza para el pH..... | 53 |
| Tabla 10 Dosis de Coagulante para un pH óptimo. | 55 |
| Tabla 11 Análisis de Varianza para la Turbidez | 56 |
| Tabla 12 Dosis de Coagulante para una Turbidez óptima. | 58 |
| Tabla 13 Análisis de Varianza para los SST..... | 59 |
| Tabla 14 Dosis de Coagulante para los SST óptimos. | 61 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág |
|--|------------|
| Figura 1 Diagrama de Flujo Procesos para la obtención de la harina de Sancayo. | 38 |
| Figura 2 Espectro infrarrojo de la muestra de Sancayo..... | 43 |
| Figura 3 Diagrama de Barras de prueba de Jarras del coagulante de Sancayo. | 48 |
| Figura 4 Parámetros fisicoquímicos del Agua cruda inicial de la bahía de Pomata... | 49 |
| Figura 5 Diagrama de Pareto estandarizada para el pH. | 54 |
| Figura 6 Diagrama de Pareto Estandarizada para la Turbidez. | 57 |
| Figura 7 Diagrama de Pareto estandarizada para los SST..... | 61 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág |
|--|------------|
| ANEXO 1 Resultados del Análisis fisicoquímico del agua cruda de la Bahía de Pomata..... | 68 |
| ANEXO 2 Resultados de Caracterización de la harina de Sancayo | 69 |
| ANEXO 3 Equipo Secador por Convección Forzada | 72 |
| ANEXO 4 Autorización para el repositorio de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional..... | 73 |
| ANEXO 5 Declaración jurada de autenticidad de tesis | 73 |



ACRÓNIMOS

| | |
|-----------------|---|
| LOPU: | Laboratorio de Operaciones y Procesos Unitarios |
| Kg: | Kilogramos |
| g: | Gramos |
| °C: | Grados Celsius |
| cm: | Centímetros |
| SST: | Sólidos Suspendidos Totales |
| pH: | Potencial de Hidrógeno |
| NTU: | Nephelometric Turbidity Unit |
| ml: | Mililitros |
| L/h: | Litros por hora |
| L: | Litros |
| min: | Minutos |
| R: | Repeticiones |
| RPM: | Revoluciones por minuto |
| ANOVA: | Análisis de Varianza |
| OD: | Oxígeno disuelto |
| DQO: | Demanda Química de Oxígeno |
| IMARPE: | Instituto del Mar del Perú |
| OMS: | Organización Mundial de la Salud |
| MINAM: | Ministerio del Ambiente |
| ECA: | Estándares de Calidad Ambiental |
| UPC: | Unidades de platino-cobalto |
| UNA: | Universidad Nacional del Altiplano |
| V _{ma} | : Valores Máximos Admisibles |



RESUMEN

La clarificación del agua es un proceso importante para lograr el tratamiento del agua, es necesario utilizar coagulantes para eliminar la materia suspendida, materia orgánica, iones disueltos, microorganismos. Este estudio evaluó la efectividad del Sancayo (*Lobivia maximiliana*) como agente coagulante durante el proceso de clarificación del agua de criaderos de Truchas en jaulas flotantes de la Bahía de Pomata. El objetivo principal evaluó la eficiencia del Sancayo como coagulante natural. Se realizaron pruebas a escala laboratorio, para la obtención del coagulante se aplicó la extracción sólido-líquido con metanol al 70%. Como variable independiente esta el Sancayo y como variable dependiente la remoción de Turbiedad y Sólidos Suspendidos. Para el primer objetivo específico se realizó la obtención del coagulante, donde se obtuvo 240 g de Sancayo pulverizado, posteriormente se realizó la mezcla de 2 g, 3 g y 5 g con 10 ml del solvente metanol al 70%. Se realizó la caracterización por espectrometría infrarroja dándonos como resultados la identificación de grupos funcionales: aminas "N-H" al 97,86%; 96,625%, hidroxilo "O-H" al 97,84%, carbonilo "C=O" al 98,423 %; 96,895% y carbonilos "C-O-C" al 91,73%. Como segundo objetivo específico se determinó que la dosis de concentración óptima del coagulante es de 2% equivalente a la dilución de 2 g de Sancayo pulverizado en 100 ml de agua destilada y metanol, se aplicó la prueba de jarras a una velocidad de 300 RPM por 5 minutos. Se logró la clarificación del agua cruda que contaba con parámetros iniciales de 8,23 de pH, 0,89 NTU de turbidez y 106,70 mg/L de SST, al realizar la aplicación del coagulante dio como resultados 7,18 de pH; 0,486 NTU de turbidez y 49,33 SST. Se concluyó que hubo una disminución significativa de la turbidez hasta un 45,4%, los SST a un 53.8% y el pH en 12,8%.

Palabras Clave: Clarificación, Coagulante, Dosis, Pomata, Sancayo.



ABSTRACT

Water clarification is an important process to achieve water treatment, it is necessary to use coagulants to remove suspended matter, organic matter, dissolved ions, microorganisms. This research evaluated the effectiveness of Sancayo (*Lobivia maximiliana*) as a coagulant agent during the water clarification process of trout farms in floating cages in Pomata Bay. The main objective was to evaluate the efficiency of Sancayo as a natural coagulant. Laboratory scale tests were performed, to obtain the coagulant, solid-liquid extraction with 70% methanol was applied. The independent variable is Sancayo and the dependent variable is the removal of Turbidity and Suspended Solids. For the first specific objective, the coagulant was obtained, where 240 g of pulverized Sancayo were obtained, then the mixture of 2 g, 3 g and 5 g with 10 ml of the solvent 70% methanol was made. The characterization was carried out by infrared spectrometry giving us as results the identification of functional groups: amines "N-H" at 97.86%; 96.625%, hydroxyl "O-H" at 97.84%, carbonyl "C = O" at 98.423 %; 96.895% and carbonyls "C-O-C" at 91.73%. As a second specific objective, it was determined that the optimal concentration dose of the coagulant is 2% equivalent to the dilution of 2 g of Sancayo pulverized in 100 ml of distilled water and methanol, the jar test was applied at a speed of 300 RPM for 5 minutes. The clarification of the raw water was achieved, which had initial parameters of 8.23 pH, 0.89 NTU turbidity and 106.70 mg/L TSS. When applying the coagulant, the results were 7.18 pH, 0.486 NTU turbidity and 49.33 TSS. It was concluded that there was a significant decrease in turbidity up to 45.4%, TSS to 53.8% and pH to 12.8%.

Key Words: Clarification, Coagulant, Dose, Pomata, Sancayo.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La clarificación del agua es uno de principales pasos para lograr el tratamiento del agua, es necesario utilizar coagulantes para eliminar materia suspendida, materia orgánica disuelta, microorganismos. Los coagulantes, pueden ser sintéticos o de origen natural, desestabilizan la carga de los coloides y hacen que se formar partículas y precipitados más grandes y pesados, reduciendo así los valores de turbidez (Chama, 2017).

Existen muchas alternativas para el tratamiento del agua, una de las cuales es el uso de coagulantes naturales, llamados polímeros naturales. (Jiménez & Piscal, 2015). Debido a su naturaleza, estos polímeros no tienen un impacto negativo en el medio ambiente ni en la salud humana, estas están disponibles a un precio reducido, lo que atrae la atención de muchos investigadores (Bravo, 2017).

Los coagulantes químicos utilizados convencionalmente son el sulfato de aluminio, aluminato de sodio, cloruro de aluminio (policloruro de aluminio), cloruro férrico, sulfato férrico, etc. Pero el uso de estos coagulantes químicos puede tener problemas en el futuro. El $Al_2(SO_4)_3$ requiere un control del pH porque el rango de este parámetro es muy pequeño. Además, no se consiguen los resultados esperados cuando se utiliza en agua con alta turbiedad. En muchos casos es necesaria la ayuda del floculado, el uso de este coagulante químico produce una gran cantidad de residuos de aluminio (Rinne, 2001).

Los polímeros orgánicos de origen natural suelen tener poca o nula toxicidad, considerando que muchos investigadores han introducido los cactus para complementar alternativas para los tratamientos de agua basado en el uso de los coagulantes naturales



para los procesos de tratamiento, y dadas las condiciones económicas actuales, se han vuelto imprescindibles en muchos países (Rodríguez, 2007).

En la presente investigación se tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del Sancayo como coagulante natural, las pruebas se realizaron a escala de laboratorio, utilizando muestras de agua cruda, para la obtención del coagulante se aplicó la extracción sólido-líquido con metanol al 70%. Para el primer objetivo específico se realizó la obtención del coagulante, posteriormente se realizó la mezcla de 2 g, 3 g y 5 g con 10 ml de metanol al 70% para quitar impurezas. Se realizó la caracterización por espectrometría infrarroja para la identificación de sus grupos funcionales. Para el segundo objetivo específico se determinó la dosis de concentración óptima del coagulante.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad del agua es una gran preocupación para todos los países en desarrollo. Las fuentes de agua potable enfrentan amenazas cada vez mayores de contaminación, lo que afecta significativamente la salud de las comunidades y países, así como el desarrollo económico y social. Además, los países en desarrollo también han adoptado muchas tecnologías tradicionales para eliminar la turbiedad del agua potable. Entre ellos, el más investigado es el uso de extractos de plantas naturales para la purificación del agua cruda. La mayoría de las veces se consumen de forma natural, por lo que no son tóxicos para el ser humano. Además, si se utilizan en procesos de purificación convencionales, los residuos son cinco veces menores que los de los coagulantes químicos, y los residuos resultantes tienen una alta biodegradabilidad y un alto valor nutricional (Sedolfo et al., 2018).

Actualmente, la mayoría de los suplementos utilizados son sales minerales de aluminio y hierro debido a su efectividad, pero se demostró que su consumo puede afectar



la enfermedad de Alzheimer en humanos, y su uso muestra un gran valor porque crean cambios significativos en lodos y pH en el agua tratada (Guzman et al., 2015).

Para tratar de eliminar los sólidos en suspensión y la turbidez, nos centramos en la coagulación, que implica agregar sustancias químicas llamadas coagulantes que ayudan a neutralizar la carga estática de la mayoría de las partículas suspendidas presentes en el agua, lo que hace que se junten en moléculas más pesadas y grandes que se sedimentan por la gravedad, para lo cual se utilizan sustancias orgánicas con una estructura química compleja, compuesta generalmente por diferentes tipos de proteínas naturales y polisacáridos. Varios de estos tienen propiedades floculantes o coagulantes y son utilizados empíricamente por la población local en muchos lugares para purificar aguas turbias con resultados muy buenos. Entre las sustancias conocidas con este tipo de propiedad de agregación se encuentran diferentes compuestos orgánicos naturales de origen vegetal en especies como el nopal *Opuntia*, maíz, moringa, legumbres, y resinas naturales por lo que logramos encontrar un nuevo coagulante natural (Sedolfo et al., 2018).

1.1.1. Problema General

¿Se logrará evaluar la clarificación del agua de la Bahía de Pomata en la zona de crianza de Truchas en Jaulas Flotantes, usando Sancayo (*Lobivia maximiliana*) como agente coagulante?

1.1.2. Problemas Específicos

- ¿Se logrará obtener y realizar la caracterización del Sancayo (*Lobivia maximiliana*)?
- ¿Se podrá determinar el parámetro de concentración óptimo del



coagulante del Sancayo (*Lobivia maximiliana*) para la clarificación del agua de la bahía de Pomata en la zona de crianza de truchas en jaulas flotantes?

1.2. ANTECEDENTES

Antecedentes Internacionales

Garnica, (2019) en su investigación comparo los biopolímeros y determinar su efectividad para eliminar la materia orgánica suspendida de las aguas del Estero de San Camilo - Cantón Durán, Ecuador, trabajando con concentraciones de 400 mg/l, 800 mg/L y 1200 mg/L, usando una prueba de frasco. Los resultados indicaron que las concentraciones más eficaces fueron de 800 mg/L para Aloe vera, con una eficiencia de eliminación del 81,40%, y de 1200 mg/L para pitahaya, con una tasa de eliminación de sólidos totales suspendidos del 82,70%. Al final, determinó que dos biopolímeros (pitahaya y aloe vera) tienen características parecidas como coagulantes.

Ortiz et al., (2018) en la investigación titulada “Almidón extraído de la yuca como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas, 2018”. En el estudio, emplearon el almidón de la yuca junto con coagulantes químicos como Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), Cloruro de Sodio (NaCl) e Hidróxido de Calcio ($Ca(OH)_2$) con el fin de tratar aguas residuales domésticas. Durante la investigación, se determinó la cantidad ideal de polímero y coagulantes para lograr una mayor eliminación de turbidez y color en el agua residual. Se examinaron 216 muestras de aguas residuales domésticas. Se encontró que la combinación más eficiente fue la de 250 mg/L de Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$) y 750 mg/L de almidón. La turbidez inicial era de 24 NTU y el color inicial era de 958 UPC. La turbidez final fue de 6 UNT y el color final de 210 UPC, logrando remover el 75 % de la turbidez y el 78 % del color.



Md Som & Abd Wahab, (2018) logró determinar las condiciones óptimas para el proceso de coagulación-floculación mediante el uso de pH y dosis de coagulante de hojas de pitahaya en el tratamiento de aguas residuales de una fábrica de aceite de palma en Malasia. Se realizó la medición de la eliminación de DQO, SST y turbidez. Los resultados indican que con una concentración de 500 mg/L, se logró eliminar los sólidos totales suspendidos en un 98,8% a un pH de 2; con una dosis de coagulante de 300 mg/L, se obtuvo una eliminación del 48,7% de la DQO a un pH de 4, y la turbidez disminuyó en un 99,2% desde el decantador POME trifásico a un pH de 2 con una dosis de coagulante de 800 mg/L.

Trujillo et al., (2014) en su estudio sobre la “Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano”. De conformidad con las observaciones efectuadas en los ensayos por jarros y los resultados de turbidez indican que el almidón de banana es eficaz como coadyuvante de floculación, al emplear sulfato de aluminio en forma líquida. La conclusión a la que se llega es que el almidón de plátano tiene un gran potencial. Se recomiendan tener una menor velocidad de mezcla, de 100 rpm en lugar de 150 rpm. En este sentido hay que considerar que con un valor muy bajo de la velocidad de mezclado no se conseguiría la turbulencia necesaria para que los nutrientes quedaran bien distribuidos en el agua estudiada. El pH recomendado es 5 en lugar de 7, lo que depende del agua tratada y de los precipitados, que son sulfato de aluminio y almidón de plátano. El hecho de que la turbidez más baja se produce a pH bajo, la adsorción de almidón es óptima en el rango de pH de 3-6 y la mejor adsorción a pH 3.

Antecedentes Nacionales

Escobar, (2019) en su investigación sobre la “Determinación de Parámetros Fisicoquímicos y Niveles de Metales Pesados en Agua y Sedimentos en la Zona de



Crianza de Truchas (*Oncorhynchus Mykiss*), Bahía de Puno del Lago Titicaca”. Este estudio examinó la calidad del agua y los niveles de metales en el agua y los humedales en dos regiones de la Bahía de Bayo en el Lago Titicaca. Una de las zonas estaba cercana al área de producción de Cusipata, donde se instaló el módulo de cría de truchas, y la otra zona estaba a 500 metros, lo que no tuvo un impacto directo en la producción de truchas. Desde julio de 2017 hasta septiembre de 2018, se recogieron muestras de agua a diferentes profundidades de 1, 5, 10 y 15 metros bajo tierra. Mientras que en campo y en el laboratorio del IMARPE se analizaron parámetros del agua, en el laboratorio de ALS-LS-Perú SAC se analizaron los metales. Los resultados mostraron que los parámetros de las celdas de agua estaban dentro de las tolerancias de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). Por ejemplo, el pH del agua (8,79) estaba en el rango aceptable de 6,0 - 9,0 pH y el oxígeno disuelto (OD) en el agua estaba ($6,81 > 5$ mg/L). Aunque hubo diferencia significativa entre jaula y blanco, $p < 0.05$; Se creó un buen modelo estadístico para mediciones confiables y el mejor nivel de muestreo se determinó a una profundidad de 1,20 m. En el estudio se determinó que los metales pesados en el agua y los humedales estaban dentro de los límites aceptables según las leyes canadienses. El arsénico (As) mostró un riesgo ($41,1 > 17$ mg/kg) pero no superó el valor de ECA de (50 mg/kg). Se concluyó que, a pesar del aumento de las actividades acuícolas, las condiciones actuales no amenazan la calidad del agua y la sostenibilidad del Lago Titicaca. Sin embargo, en esta actividad económica se deben implementar medidas responsables y buenas prácticas para proteger la calidad del agua y la vida de los organismos en el lago.

Barbarán et al., (2017) en la tesis titulada “Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*)”. Se encontraron que la semilla de durazno disminuyó la turbidez del agua del río Santa en un 92.95%, utilizando una concentración de 15 g/L, con un pH de 6,4 y



una concentración de sólidos solubles de 2070 mg/L. La reducción de la turbidez del agua del río Santa alcanzó un 48,92% con la semilla de aguacate, a una concentración de 5 g/L, pH de 6,6 y sólidos solubles de 4220 (mg/L).

Hurtado & Yarleque, (2017) en su investigación sobre la “Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum tuberosum*) en la purificación del agua del río Patari para uso de consumo humano”. Su investigación concluyó que el coagulante natural de la papa tiene una capacidad del 86,3%, lo que lo hace efectivo para eliminar partículas y cumplir con los estándares de calidad del agua de la OMS y el MINAM. Esto es posible y demuestra que el coagulante de papa podría ser una forma eficaz y segura de purificar el agua y contribuir a la disponibilidad de agua limpia y asequible. Los resultados mostraron que la dosis óptima de coagulante es de 80 mg/L, este logro reducir el color del agua de 10 UPC a 5 UPC, la turbidez de 30 NTU a 4,1 NTU y el pH de 7,5 que podría variar a 7,73 mientras que la temperatura se mantuvo constante a 25°C.

Daviran, (2021) en su investigación de la “Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos totales con la utilización de la cáscara de Cacao (*Theobroma Cacao*) como coagulante natural en las aguas del Río Chillón”. Los resultados obtenidos en dicha investigación muestran la eficacia de la cáscara de cacao en mejorar la remoción de la turbiedad y SST del río Chillón. De esta manera, lograron una remoción de la turbidez de hasta 91,2%, mientras que se logró una remoción del SST del 48,78% y el color del 73,19%, ofreciéndose en una proporción relativamente más limpia. Estos resultados confirman la eficacia de los coagulantes naturales como una manera amigable de tratar las aguas de manera sostenible.



Gonzales et al., (2022) investigaron sobre la “Acción conjunta de coagulantes (Opuntia ficus-indica - sulfato de aluminio) para la reducción de contaminantes del agua residual del camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022”. Este proyecto de investigación propone una solución para reducir la contaminación de las aguas residuales animales en la región San Vicente de la provincia de Cañete. Se determinan diversos parámetros de calidad del agua como la demanda de oxígeno (DQO), la demanda biológica de oxígeno (DBO5), los sólidos suspendidos totales (SST), la volatilidad, la estabilidad y el pH. Para lograr sus objetivos, el proceso de coagulación lo realizaron utilizando coagulantes naturales (Opuntia ficus-indica) y químicos (sulfato de aluminio). Se lograron eficiencias de eliminación del 97,79 %, 78,04 % DBO5, 59,82 % DQO y 98,99 % SST. Además, la conductividad disminuyó a 1440,33 us/cm y el pH cambió a 7,0. Los resultados que encontraron fue con una dosis efectiva de 700 mg/l, con tiempo de mezclado de 30 minutos y una velocidad alta de 20 RPM, como se probó en el ensayo. La comparación de los resultados con el valor máximo permitido, demostraron que estos cumplen con la normativa vigente. Se ha confirmado que Opuntia ficus-indica desempeña un papel importante en la reducción de la contaminación de las aguas subterráneas junto con el sulfato de aluminio. Esto hace que esta combinación sea una alternativa práctica para muchas aplicaciones, proporcionando una solución eficiente y cumpliendo con los requisitos de calidad del agua.

Antecedentes Locales

Aparicio, (2020) realizó una investigación sobre la “Eficiencia Del Sancayo (Lobivia maximiliana) Como Coagulante Natural En El Tratamiento De Agua Residual Industrial Del Camal Privado “El Modernito” – Juliaca”. Los resultados del estudio revelaron que, al caracterizar las aguas residuales, se observaron los siguientes valores para los parámetros: PH = 8,47; Temperatura = 15,2 °C, DBO5 = 827,00 mgO₂/L, DQO



= 2232,10 mg/L, SST (Sólidos Suspendidos Totales) = 480,00 mg/L, A y G (Aceites y Grasas) = 46,00 mg/L. En relación con DBO5 y DQO, que superaron los límites de descarga de Aguas Residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario establecidos como vma.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. Justificación Ambiental

La crianza de truchas en jaulas flotantes puede tener impactos ambientales significativos, como la acumulación de nutrientes, la contaminación del agua y la eutrofización. Al implementar y desarrollar métodos de clarificación del agua que utilizan agentes coagulantes naturales como el Sancayo, se puede reducir el impacto negativo de la acuicultura en el medio ambiente.

Durante el procedimiento de coagulación-floculación para la limpieza del agua, se nota la utilización de sustancias químicas; Una alternativa para disminuir el empleo de estos compuestos y prevenir la generación de desechos luego del proceso de purificación del agua es emplear coagulantes naturales, bien sea como complemento o como reemplazo. Los coagulantes sintéticos son efectivos en el tratamiento de agua, su uso conlleva una serie de consecuencias ambientales y de salud pública que deben ser gestionadas adecuadamente. La exploración de alternativas naturales y sostenibles, junto con una gestión eficiente, puede contribuir a minimizar estos impactos negativos. Con el objetivo de reemplazar el sulfato de aluminio en este procedimiento de clarificación se plantea al Sancayo como agente coagulante.

1.3.2. Justificación Social:



Al emplear al Sancayo como coagulante, se contaría con una opción económica para el tratamiento del agua, con niveles bajos o inexistentes de toxicidad, que posibilitaría el cumplimiento de los estándares máximos permitidos para el agua. La utilización de los coagulantes más usuales, como el sulfato de aluminio, ha generado controversia recientemente debido, entre otras razones, a las dificultades técnicas para mantener estable el pH ideal de coagulación durante el proceso y su posible conexión con enfermedades neurodegenerativas (Becaria et al., 2006).

A pesar de que estos coagulantes alternativos son utilizados con éxito en la clarificación de aguas debido a su rendimiento superior en la eliminación de materia orgánica y partículas en suspensión, así como su habilidad para asegurar un proceso con cambios mínimos y un menor costo que los coagulantes convencionales.

1.3.3. Justificación Científica:

En la década de los setenta, se inició el uso de coagulantes naturales con el objetivo de mejorar la calidad del agua en comunidades rurales. Se ha revelado la importancia de estos agentes coagulantes que son obtenidos de plantas autóctonas. Estos agentes coagulantes naturales han sido comprobados como efectivos en la disminución de las partículas presentes en el agua utilizada para el consumo de las personas. Este logro posibilitó la substitución parcial de los coagulantes sintéticos que se utilizaban anteriormente en el proceso de potabilización del agua.



1.4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la clarificación del agua de la bahía de Pomata en la zona de crianza de Truchas en Jaulas Flotantes, usando Sancayo (*Lobivia maximiliana*) como agente coagulante.

1.4.1. Objetivos específicos

- Obtener y caracterizar el Sancayo (*Lobivia maximiliana*).
- Determinar el parámetro de concentración óptimo del coagulante del Sancayo (*Lobivia maximiliana*) para la clarificación del agua de la bahía de Pomata en la zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

1.5. HIPÓTESIS GENERAL

Se logrará evaluar la clarificación del agua de la bahía de Pomata en la zona de crianza de Truchas en Jaulas Flotantes, usando Sancayo (*Lobivia maximiliana*) como agente coagulante.

1.5.1. Hipótesis específicas

- Se logró obtener y realizar la caracterización del Sancayo (*Lobivia maximiliana*).
- Se determino el parámetro de concentración óptimo del coagulante del Sancayo (*Lobivia maximiliana*) para la clarificación del agua de la bahía de Pomata en la zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Sancayo

Es un cactus de la tribu Pachiereae. Crece en Perú, Bolivia y Chile. Tiene tallos carnosos, de 2 a 5 m de altura, flores amarillas y frutos de color morera (Chambi, 2018).

Es endémica de los Andes del Perú, crece en las zonas secas y pedregosas del altiplano puneño. La tolerancia al frío es de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el período de floración de las semillas es de 4 a 5 años. Según los agricultores, es una planta silvestre importante para la predicción meteorológica. Una señal de un buen año es que esta planta florece profusamente en agosto. Los agricultores consideran esta planta principalmente como un indicador del crecimiento futuro de los tubérculos, principalmente la papa. Si las flores de las plantas se destruyen en determinadas fechas durante el invierno, esto nos indica una mala producción (Cutipa, 2009).

El Sancayo, también conocido como *Lobivia maximiliana*, es una planta de larga vida, con un tono de verde intenso, que tiene un ancho de 10,0-26,0 cm, con 14-22 costillas y espinas rígidas de color marrón rojizo a marrón oscuro que apuntan hacia arriba. Las flores diurnas son vistosas, con pétalos de color rojo anaranjado, midiendo de 3,5 a 3,8 pulgadas de alto y 4,1 cm a 6 cm de diámetro. Los frutos son esféricos, de 1,7 a 2,8 cm de diámetro, de color marrón rosado, con pulpa blanca y semillas negras. Puede crecer de forma individual o en conglomerados, con pocas o numerosas espinas (Cutipa, 2009).



Las formas individuales pueden tener una forma esférica o cóncava. Las colonias de diverso tamaño comúnmente cuentan con un número de crías que oscila entre 2 y 13. Esta estructura ocurre durante el proceso de crecimiento del tallo, debido a la presencia de una sola raíz, la cual es tuberosa y se ensancha, con ramificaciones en forma de cerdas. La parte superior es redonda, con múltiples venas (entre 14 y 22), inclinada, ancha (4 milímetros de ancho) y profunda (3 milímetros de alto). La epidermis que es de color verde oscuro se transforma a una tonalidad amarillenta y rojiza a medida que envejece. Las hojas alteradas, conocidas como espinas, emergen de la areola y presentan espinas rígidas de tono marrón rojizo a marrón oscuro en la parte superior, con un total de 8 a 14 espinas por hoja. La areola tiene 55 espinas centrales grandes que miden de 4,2 a 5,1 cm de largo y de 3 a 8. Hay varias espinas más pequeñas presentes; las espinas radiales son delgadas y algunas son ligeramente horizontales, midiendo entre 0,7 y 2,7 cm de longitud. En los adultos, las espinas basales envejecen, se oscurecen y se vuelven quebradizas. Las flores surgen de la tercera o cuarta areola y constituyen una corola, de cada flor brotan entre 4 y 19 flores. Posee una gran cantidad de estambres (208 estambres) y cuenta con 8 lóbulos de tono verde limón. Las bayas son redondas, miden entre 1,6 y 2,8 centímetros de longitud y tienen un diámetro de 1,5 a 2,5 centímetros. En el interior del fruto fueron halladas unas 214 diminutas semillas negras, de 1 mm de diámetro, insertadas en la pulpa de color blanco. El proceso de maduración lleva de 1 a 2 meses. La existencia de ramas laterales es un método de reproducción natural, generando agrupaciones globulares densas, no hay información de reproducción a través de semillas (Alanoca, 2009).

2.1.2. Clasificación Taxonómica

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del Sancayo (Alanoca, 2009).

| Reino | Vegetal |
|-----------|---------------------|
| Sub-Reino | Phanerogamae |
| División | Angiospermae |
| Nombre | Sancayo, waraco |
| Familia | Cactaceae |
| Género | Lobivia |
| Especie | Lobivia maximiliana |
| Clase | Dicotyledoneae |
| Subclase | Archychlamydeae |
| Orden | Cactales |

Nota: La tabla representa la clasificación taxonómica del Sancayo.

2.1.3. Prueba de jarras

La prueba de jarras es un ensayo de laboratorio a nivel piloto que recrea la coagulación o floculación mediante diversas dosis de sustancias químicas. El propósito de esta prueba es calcular la dosis mínima de coagulante requerida para cumplir con ciertos estándares de calidad del agua. En resumen, la prueba de jarras contribuye a establecer la cantidad correcta de productos químicos para el tratamiento: la dosis más baja de estos productos químicos que logra una sedimentación adecuada es la que se emplea para el tratamiento del agua.

Esto es lo que mejor reproduce la coagulación química y la dosificación correcta de reactivos en el proceso de clarificación y sedimentación. El objetivo es establecer la cantidad adecuada de coagulante necesaria para producir flóculos con propiedades mejoradas. Se utilizan vasos y varillas para comparar varias



mezclas químicas distintas, todas influenciadas por condiciones hidráulicas parecidas (Restrepo, 2009).

2.1.4. Coagulación

La coagulación se define como el proceso de desestabilización química de partículas coloidales mediante la neutralización de las fuerzas que las separan, añadiendo coagulantes químicos y luego tratándolas con floculación o creando condiciones que permitan su posterior eliminación (Howe et al., 2017).

La etapa más arriesgada durante el tratamiento del agua es la coagulación, la cual solo se puede conseguir utilizando coagulantes que se sabe que tienen la capacidad de neutralizar las cargas coloidales presentes en el agua y que fueron empleados inicialmente para favorecer su agrupación (Ortiz & Astuillo, 2013).

2.1.5. Factores que influyen en la coagulación

Los factores que afectan el endurecimiento incluyen:

- Valencia: Cuanto mayor sea la valencia iónica, mejor será el efecto coagulante.
- Tamaño de las partículas: Para estimular un flóculo, las partículas deben tener menos de un micrómetro de diámetro, pero si tienen más de cinco micrómetros de diámetro, son demasiado grandes para incorporarse a los flóculos.
- Temperatura: Es un elemento que modifica el tiempo de creación de flóculos e impacta en la energía cinética de las partículas que se encuentran en suspensión.



- **Influencia del pH:** Cada agente coagulante cuenta con un rango de pH ideal en el cual se lleva a cabo la floculación en el menor lapso.
- **Alcalinidad:** La alcalinidad es un valor que guarda una relación directa con el pH.
- **Dosis del Coagulante:** La eficiencia se ve directamente afectada por la cantidad de coagulante y es inversamente proporcional al tiempo.
- **Velocidad de la mezcla:** Es el grado de agitación de la masa de agua que se mantiene durante se agrega el coagulante.

2.1.6. Etapas o Fases de la Coagulación

Según Vargas, 2004 el endurecimiento ocurre en un lapso muy breve (prácticamente al instante), mientras se llevan a cabo las siguientes fases:

- Hidrólisis de los iones metálicos
- Adsorción de las especies hidrolíticas
- Aglomeración de las partículas desestabilizadas.
- Formación de los flóculos.
- Precipitación del hidróxido metálico.

2.1.7. Tipos de Coagulación

a. Coagulación por Barrido:

Este tipo de proceso de coagulación generalmente se produce en aguas claras (con baja turbidez) y con un contenido bajo de partículas coloidales. Cuando se produce la sobresaturación del precipitado de hidróxido de aluminio, las partículas quedan atrapadas en este caso (Vargas, 2004).

b. Coagulación por Adsorción:



Esto sucede cuando la concentración de partículas coloidales en el agua es alta; cuando se agrega un coagulante, los productos solubles del coagulante se absorben en el coloide para formar un flóculo.

2.1.8. Coagulantes Orgánicos

Son sustancias con una estructura complicada y un peso molecular elevado. La cantidad de estas sustancias se mide en niveles muy reducidos, lo que significa una enorme ventaja y equilibra el costo del polímero. Los productos destacados en esta categoría son los que se derivan del almidón y la celulosa, los exoesqueletos de los animales, los extractos de plantas, los alginatos (extracciones de algas), en compuestos complejos de elevado peso molecular. La dosificación de estos compuestos se realiza en niveles muy bajos, lo que supone una gran ventaja y equilibra el gasto del polímero. Dentro de esta clasificación se destacan los productos derivados del almidón y la celulosa, los exoesqueletos de animales, los extractos de plantas, los alginatos (extracto de algas), entre otros.

Aunque se han informado muchas fuentes naturales de coagulantes, la ciencia solo conoce cuatro tipos: oleífera, cactus, moringa, taninos (Yin, 2010). Los cactus son muy ramificados y contienen proteínas, saponinas, flavonoides, sales minerales de calcio y hierro presentes en la planta porque sus proporciones son tan pequeñas que no son responsables de su capacidad de coagulación (Villabona et al., 2013). Varios estudios (Arboleda, 1992; Almendárez, 2004; Lozano, 2018) indicaron que el alto contenido de carbohidratos puede promover la formación de coágulos. El ácido galacturónico también es un componente importante (Hernandez et al., 2008). La adición de ácido galacturónico solo reduce



la turbidez en un 50%, señalando que puede haber otros componentes adicionales en el cactus (Miller et al., 2008).

2.1.9. Floculación

El objetivo de la floculación es lograr que las partículas se agreguen para que puedan ser eliminadas a través de métodos como la sedimentación por gravedad y la filtración.

a. Etapas de floculación: Hay dos categorías principales de floculación en las que se puede confiar (Howe et al., 2017).

- **Microfloculación:** Durante esta fase, la unión de partículas ocurre debido al movimiento térmico al azar de las moléculas del líquido, conocido como movimiento browniano.
- **Macrofloculación:** También llamada floculación directa, en la cual la agregación de partículas se logra al mezclar suavemente el líquido que contiene las partículas para provocar un gradiente de velocidad.

b. Factores que influyen en la coagulación: Los siguientes puntos se distinguen de acuerdo con los principales factores definidos por Vargas, 2014 que impactan en la eficiencia de la floculación:

- Variaciones del caudal
- Tiempo de Floculación.
- Gradiente de velocidad
- Naturaleza del agua



2.1.10. pH

Es una medida del nivel de acidez o alcalinidad de un compuesto o una solución. Es igual al logaritmo negativo de la concentración en moles/litro. Un valor de 7 indica un nivel de pH neutro, lo que indica que un pH ácido es inferior a 7 (Guevara, 2015).

2.1.11. Turbidez

Es un medidor de la absorción o disminución de la luz en un cuerpo de agua. La presencia de sedimentos en suspensión como arcilla, materia orgánica, plancton y otras partículas orgánicas e inorgánicas es la causa de la turbidez (Guevara, 2015).

2.1.12. Sólidos Suspendidos Totales

Los sólidos disueltos se definen como cualquier residuo que queda después de la filtración a través de una membrana con un tamaño de poro de 1,2 μm y la evaporación del agua a 103 °C. La prueba global se caracteriza por tener una amplia variedad de compuestos en su selección. Los sólidos consisten en sales inorgánicas como carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro, así como compuestos orgánicos. El intervalo normal de los sólidos disueltos totales en los suministros de agua es de 25 a 5000 mg/l, variando según la geología de la zona. La concentración óptima suele ser de 200 mg/l.

Si hay iones en el agua (tales como sodio, magnesio o sulfato), es posible disminuir los sólidos disueltos totales a través de la ósmosis inversa. Además, se



pueden emplear la electrodiálisis, la destilación y el intercambio iónico.

Cualquiera de estos métodos puede ser utilizado después del otro (CNA, 2007).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES:

- Bidón de 20 Lt
- Vaso precipitado de 10 ml
- Probeta de 10 ml
- Matraz 100 ml

3.2. EQUIPOS:

- Secador por Convección Forzada
- Balanza analítica Mettler Toledo (d=0.0001 g / Max 220 g)
- Prueba de Jarras Velp Scientifica JLT6 – Flocculation Tester
- Phmetro HANNA
- Turbimetro 2100Q – HACH

3.3. REACTIVOS:

- Agua destilada
- Metanol al 70%

3.4. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

a. Tipo

El propósito de la investigación está estrechamente relacionado con la investigación básica, ya que depende de sus hallazgos y contribuciones teóricas para resolver un problema y así promover el bienestar social.

b. Diseño experimental



El diseño de la investigación es experimental ya que nos permitirá la manipulación de variables independientes.

Para este estudio se aplicó un diseño factorial 2^3 , que nos brindó 8 combinaciones y se realizaron por duplicado para obtener como resultado 16 tratamientos, se utilizaron las concentraciones del coagulante a los niveles de 2 g/ml, 3 g/ml y 5 g/ml. El experimento de diseño factorial 2^3 examina todas las posibles combinaciones de los niveles de tres factores, cada uno con dos niveles. Este diseño conlleva ocho combinaciones, excluyendo las réplicas o las ejecuciones en el punto central.

Los factores por utilizar fueron:

A: Dosis de coagulante

B: Velocidad

D: Tiempo de agitación

3.5. PRIMERA ETAPA.

Recolección del agua

Las muestras se recolectaron en la bahía de Pomata en la zona de crianza de truchas en jaulas flotantes. El muestreo se realizará según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua (DGCRH).

- Las muestras se recogieron en recipientes de plástico limpios de 4 litros de capacidad cada uno.
- Al recoger las muestras, se sujetó el frasco por su base y se sumergió el frasco bajo la superficie. La boca de la botella debe mirar en una dirección diferente a la actual.
- Se tomó la muestra a una profundidad de 20 a 50 cm debajo de la superficie para evitar la recolección de cualquier material flotante.



- Las muestras se llevaron al laboratorio de control de calidad de Agua de la Facultad de Ingeniería Química, donde se midió factores tales como la turbidez, pH, la temperatura, la conductividad y los SST.

Tabla 2.

Protocolo de DGCR de la Autoridad Nacional de Agua (ANA, 2016).

| Parámetro | Recipiente | Vol. Min. De muestra (x análisis) | Tipo de muestra | Preserv. Y conserv. | Tiempo máximo de duración |
|-----------------------------------|------------|---|--------------------|---|---------------------------------|
| Turbidez (NTU) | P/V | 100 ml | AS | Guardar en oscuridad y refrigerar | 48 horas |
| Potencial de hidrógeno (pH) | P/V | 50 ml | AS | Análisis Inmediato | -- |

Nota. Gestión de calidad de los recursos hídricos - protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos y conservación de muestras.

3.6. SEGUNDA ETAPA. EXTRACCIÓN DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (*LOBIVIA MAXIMILIANA*).

3.6.1. Procesos para la obtención de la harina de Sancayo.

El proceso para la obtención de harina pulverizada a partir del Sancayo se llevó en las siguientes fases:

Selección: Se realizó la selección del Sancayo que no presenten signos de deterioro físico.

Lavado: Se realizó varias veces el lavado con agua destilada para quitar impurezas.

Trozado y pesado: Se corto en trozos pequeños de 10 cm aproximadamente, una vez listos se realizó el pesado.

Secado: Se colocó en bandejas de acero inoxidable y luego introducidos al equipo disecador a una temperatura de $90^{\circ}\text{C} \pm 5,0^{\circ}\text{C}$ por 35 horas, hasta que alcance una humedad del 10%.

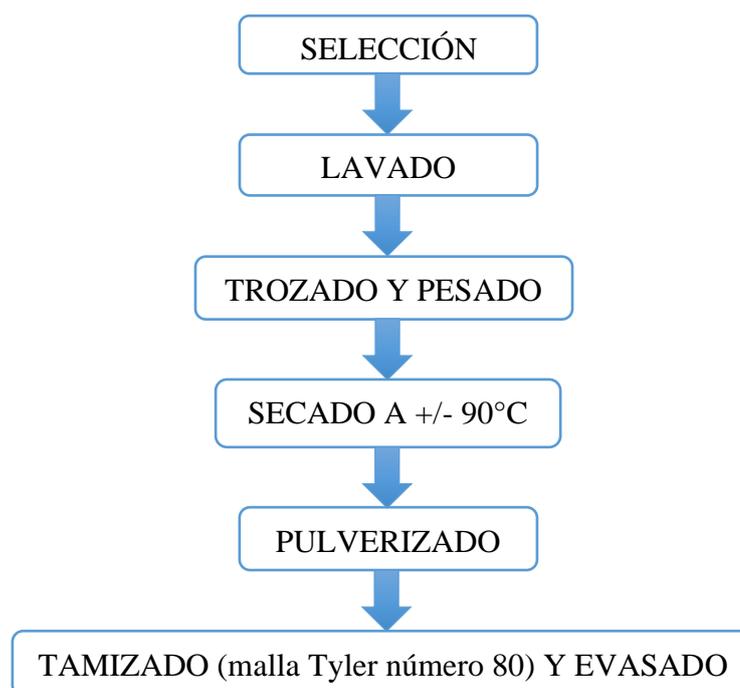
Pulverizado: Para esta operación se realizó la selección de los trozos secos y posteriormente utilizó un mortero.

Tamizado y envasado: El material obtenido fue tamizado cuidadosamente a través de una malla Tyler número 80 y se realizó el envasado en recipientes para futuras aplicaciones. Todo el proceso se detalla en el diagrama de flujo de la Figura 1.

Diagrama de Flujo:

Figura 1.

Diagrama de Flujo Procesos para la obtención de la harina de Sancayo.



Nota. La imagen representa los pasos para la obtención del coagulante de Sancayo.



3.7. TERCERA ETAPA. PURIFICACIÓN DEL SANCAYO, APLICANDO EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO, CON DIFERENTES SOLVENTES

Para la extracción de sólidos y líquidos se emplearán agua destilada y metanol como solventes, con el objetivo de separar la sustancia activa del polvo crudo de Sancayo. Se mezclaron 2 g, 3 g y 5 g de Sancayo pulverizado con 10 ml de metanol al 70% durante 5 minutos, luego se centrifugó a 300 RPM en 3 repeticiones.

3.8. CUARTA ETAPA. DETERMINAR LA DOSIS ÓPTIMA DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (*LOBIVIA MAXIMILIANA*).

Por ello, se realizó la prueba de Jarras, que permite comparar dosis de coagulante a diferentes niveles en condiciones normales y consiste en la adición simultánea de coagulante orgánico (Sancayo) a las jarras con agua extraída de las muestras a tomar. La solución madre fue preparada en concentraciones del 2%, 3% y 5% para evaluar su efectividad, lo que significa que 2 g de coagulante fueron mezclados en 100 ml de agua destilada. Después de cada jarra sedimentada, se llevaron a cabo pruebas de turbidez y SST utilizando los métodos descritos en el manual de métodos estandarizados (APHA-AWWA-WEF, 1998). El método idéntico fue realizado con los disolventes que recibieron tratamiento con el coagulante de Sancayo, que fueron metanol y agua destilada.

Para determinar la dosis óptima, se consideraron los estudios en los que la turbidez y los SST se encuentren en niveles adecuados para cumplir con los estándares de calidad del agua. Además, se evaluaron las pruebas en las que la cantidad de coagulante requerida sea la mínima posible, con el objetivo de lograr un mejor tratamiento en los procesos de coagulación. También se analizaron los resultados para identificar qué solvente, en este caso el coagulante Sancayo, resultó más efectivo en el procedimiento de clarificación del



agua. Los datos obtenidos fueron interpretados mediante el análisis de varianza factorial (ANOVA).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. OBTENCIÓN DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (*Lobivia maximiliana*).

4.1.1. Procesos para la obtención de la harina de Sancayo.

El peso promedio obtenido luego de retirar la corteza fue de 8 Kg, luego del proceso de secado y tamizado el peso obtenido de harina fue de 240 g, el rendimiento obtenido fue del 3%.

$$\% \text{Rendimiento} = (\text{Peso final} / \text{Peso inicial}) * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{240 \text{ g}}{8000 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 3$$

4.1.2. Purificación del Sancayo, aplicando extracción sólido-líquido

Se realizó la mezcla de 2 g, 3 g y 5 g de harina de Sancayo con 10 ml del solvente metanol al 70% por 5 minutos, posteriormente se realizó el centrifugado a una velocidad de 300 RPM, el cual garantizó la separación casi completa de las impurezas.

4.1.3. Caracterización de la harina del Sancayo

La espectroscopia se basa en la captación de radiación infrarroja por las moléculas en movimiento. Una molécula absorberá la energía de un haz infrarrojo cuando la energía absorbida sea la misma que la requerida para que se produzca una transición vibracional en la molécula. La molécula empieza a vibrar de una

forma específica debido a la energía proporcionada a través de la luz infrarroja, como se muestra en la Tabla 3 (UPV/EHU, 2024).

Tabla 3.

Identificación de grupos funcionales (S-5547)

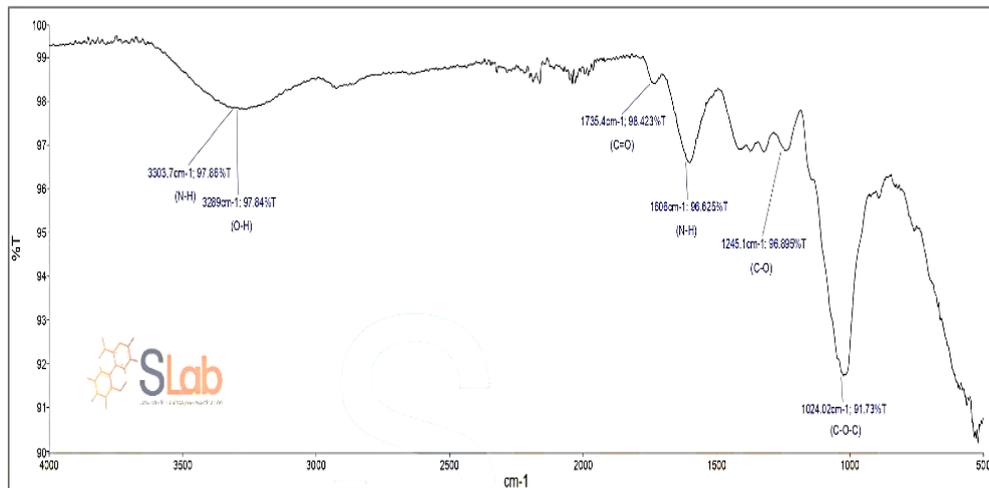
| Tipo de vibración | Grupo funcional | Rango Teórico (cm ⁻¹) | Resultado experimental (cm ⁻¹) |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|
| Banda de vibración de tensión | “N-H” | 3500-3300 | 3303 |
| Banda de vibración de tensión | “O-H” | 3400-3300 | 3289 |
| Banda de vibración de tensión | “C=O” | 1730-1700 | 1735 |
| Banda de vibración de tensión | “N-H” | 1640-1560 | 1606 |
| Banda de vibración de tensión | “C=O” | 1320-1210 | 1245 |
| Banda de vibración de tensión | “C-O-C” | 1130-930 | 1024 |

Nota: La tabla muestra los resultados del análisis de espectrometría infrarroja FTIR-ATR (S-5547) realizadas en el Laboratorio de Ensayos e Investigación Slab (Sistema de servicios y análisis químicos S.A.C).

La Figura 2 muestra los picos de los resultados de la identificación de grupos funcionales: aminas “N-H” al 97,86%; 96,625%, hidroxilo “O-H” al 97,84%, carbonilo “C=O” al 98,423 %; 96,895% y carbonilos “C-O-C” al 91,73%.

Figura 2.

Espectro infrarrojo de la muestra de Sancayo.



Nota: El espectro infrarrojo, facilita la identificación de grupos funcionales en una molécula. A continuación, se lleva a cabo un análisis de las bandas más destacadas:

3303 cm^{-1} (N-H) y 3289 cm^{-1} (O-H): Estas bandas se relacionan con las vibraciones de expansión de los enlaces N-H y O-H, posiblemente de un grupo amino (NH) o de un grupo hidroxilo (OH) respectivamente. Estas señales tienden a ser extensas a causa de la creación de enlaces de hidrógeno.

1735 cm^{-1} (C=O): Es una propiedad de un grupo carbonilo (C=O), que se encuentra en sustancias como cetonas, ésteres o aldehídos. La fuerza de esta banda señala la existencia de este conjunto en la selección.

1605 cm^{-1} (N-H): Esta banda podría estar vinculada con la vibración de deformación del enlace N-H, probablemente proveniente de un grupo amina o amida.

1245 cm^{-1} (C-O): Se refiere a las vibraciones de expansión de los enlaces C-O, habituales en éteres, ésteres o alcoholes.



1024 cm^{-1} (C-O-C): Se refiere a un grupo éter (C-O-C), lo que señala la existencia de oxígenos vinculados a carbonos en la composición.

La mezcla de bandas indica que la molécula alberga:

- Grupos químicos como los hidroxilos (O-H) y/o las aminas (N-H).
- Enlaces de carbono (C=O), probablemente vinculados a cetonas u ésteres.
- Alcoholes con estiramientos C-O o compuestos éter (C-O-C).

Para identificar el componente que desempeña el papel de coagulante en la muestra examinada a través del espectro IR de la imagen, es esencial reconocer las propiedades funcionales de los grupos que se encuentran:

La banda en 3303 cm^{-1} (N-H) y 3289 cm^{-1} (O-H) indica la existencia de grupos hidroxilo o amino, que se encuentran habituales en compuestos poliméricos o coagulantes a base de derivados de aminas.

a. Comentarios Alusivos a propiedades Floculante/ Coagulante:

Grupos de Hidroxilos (-OH)

Los grupos hidroxilo, presentes en compuestos como azúcares o polisacáridos (almidón) en la harina, capaces de formar enlaces de hidrógeno con otras moléculas de agua. Esta propiedad es clave en los procesos de floculación, ya que los enlaces de hidrógeno pueden ayudar a aglutinar las partículas y promover la sedimentación.

Grupos Carbonilo (C=O)

Los grupos carbonilo en carbohidratos, proteínas y ácidos grasos pueden interactuar con otros grupos funcionales, particularmente en la formación de puentes iónicos o complejos con cationes presentes en solución como en el caso

de flocculantes iónicos). En el caso del almidón, los grupos carbonilo pueden formar enlaces con metales pesados o partículas cargadas, ayudando en la aglomeración.

Grupos Amino (-NH₂)

Si la harina de Sancayo contiene proteínas o compuestos nitrogenados, los grupos amino pueden formar o interacciones con otros grupos negativos o cationes.

Grupos Éster (C-O-C)

Los grupos éster son comunes en la química de lípidos y polisacáridos, y pueden influir en la dispersión y la interacción con otras moléculas en la solución, Si hay componentes lipídicos en la muestra de Sancayo, estos podrían actuar de forma similar a los grupos hidrófobos, interactuando con la superficie de las partículas en suspensión.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DEL COAGULANTE DEL SANCAYO (*Lobivia maximiliana*)

En la Tabla 4 se muestran los resultados para el pH, la turbiedad y los SST del proceso de aplicación del coagulante de Sancayo al 2%, utilizando agua destilada y metanol como solventes para 400 ml de agua cruda a 300 RPM durante 5 minutos.

Tabla 4.

Resultados experimentales de la prueba de Jarras.

| | | Sancayo al 2% | | |
|-----------|-------|---------------|-----------|------|
| | | pH | Turbiedad | SST |
| Agua | 25 ml | 7.360 | 0.42 | 50.1 |
| Destilada | | | | |



| | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|------|------|
| R1 | Agua | 50 ml | 7.374 | 0.36 | 43.4 |
| | Destilada | | | | |
| | Metanol | 25 ml | 7.010 | 0.41 | 49.8 |
| | Metanol | 50 ml | 6.903 | 0.34 | 45.7 |
| | Agua | 25 ml | 7.279 | 0.44 | 50.6 |
| R2 | Destilada | | | | |
| | Agua | 50 ml | 7.301 | 0.39 | 45.2 |
| | Destilada | | | | |
| | Metanol | 25 ml | 7.103 | 0.39 | 49.6 |
| | Metanol | 50 ml | 7.005 | 0.32 | 42.3 |

Nota. Datos obtenidos durante el proceso de análisis a una concentración del 2%.

En la Tabla 5 se muestran los resultados para el pH, la turbiedad y los SST del proceso de aplicación del coagulante de Sancayo al 3%, utilizando agua destilada y metanol como solventes para 400 ml de agua cruda a 300 revoluciones por minuto durante 5 minutos.

Tabla 5.

Resultados experimentales de la prueba de Jarras.

| | | | Sancayo al 3% | | |
|----|-----------|-------|---------------|-----------|------|
| | | | pH | Turbiedad | SST |
| R1 | Agua | 25 ml | 7.378 | 0.51 | 52.7 |
| | Destilada | | | | |
| | Agua | 50 ml | 7.379 | 0.45 | 44.4 |
| | Destilada | | | | |
| | Metanol | 25 ml | 7.033 | 0.49 | 51.8 |
| | Metanol | 50 ml | 7.012 | 0.41 | 43.9 |
| | Agua | 25 ml | 7.257 | 0.53 | 50.9 |
| | Destilada | | | | |
| R2 | Agua | 50 ml | 7.304 | 0.50 | 43.5 |
| | Destilada | | | | |
| | Metanol | 25 ml | 7.122 | 0.46 | 49.8 |

| | | | | |
|---------|-------|-------|------|------|
| Metanol | 50 ml | 7.118 | 0.42 | 43.7 |
|---------|-------|-------|------|------|

Nota. Datos obtenidos durante el proceso de análisis a una concentración del 3%.

En la Tabla 6 se muestran los resultados para el pH, la turbiedad y los SST del proceso de aplicación el Sancayo al 5%, utilizando agua destilada y metanol como solventes para 400 ml de agua cruda a 300 revoluciones por minuto durante 5 minutos.

Tabla 6.

Resultados experimentales de la prueba de Jarras.

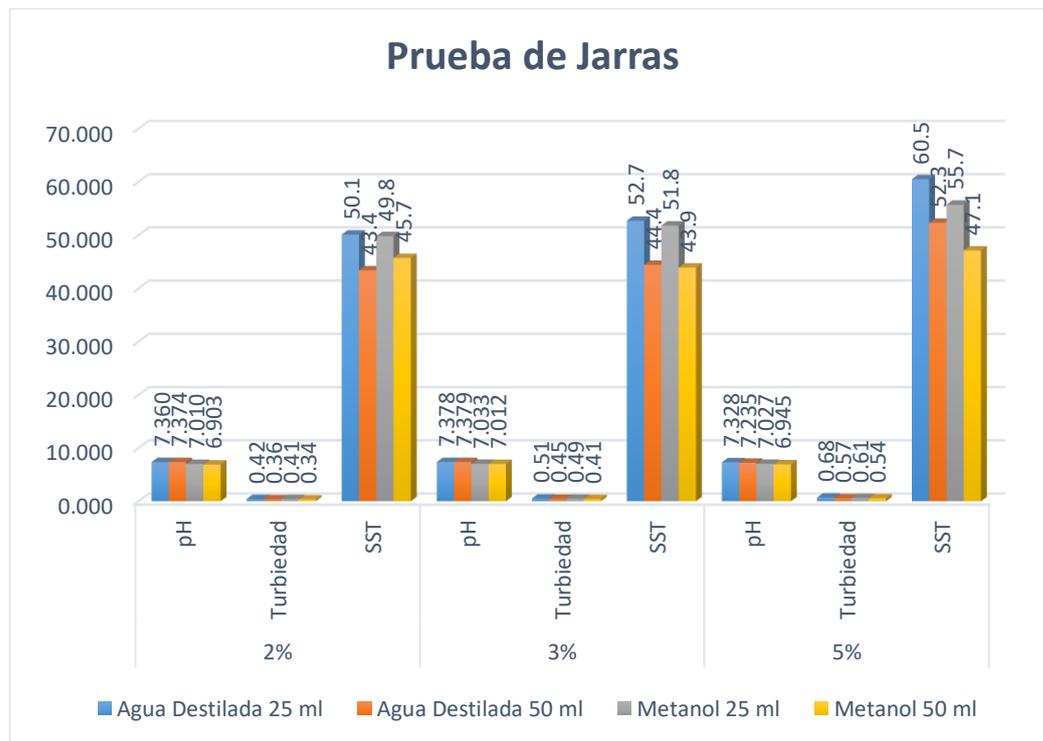
| | | Sancayo al 5% | | | |
|----|-------------------|---------------|-------|-----------|------|
| | | | pH | Turbiedad | SST |
| R1 | Agua Destilada | 25 ml | 7.328 | 0.68 | 60.5 |
| | Agua Destilada | 50 ml | 7.235 | 0.57 | 52.3 |
| | Metanol | 25 ml | 7.027 | 0.61 | 55.7 |
| | Metanol | 50 ml | 6.945 | 0.54 | 47.1 |
| R2 | Agua Destilada | 25 ml | 7.332 | 0.66 | 59.6 |
| | Agua Destilada | 50 ml | 7.310 | 0.61 | 50.2 |
| | Metanol | 25 ml | 7.116 | 0.63 | 53.5 |
| | Metanol | 50 ml | 6.995 | 0.53 | 47.6 |

Nota. Datos obtenidos durante el proceso de análisis a una concentración al 5%.

En la Figura 3, se deduce que, durante la prueba de jarras se obtuvo que el coagulante de Sancayo influye en el proceso de la coagulación disminuyendo los parámetros como el pH, la turbidez y los SST.

Figura 3.

Diagrama de Barras de prueba de Jarras del coagulante de Sancayo.



Nota. Parámetros de pH, Turbiedad y SST obtenidos después de la prueba de jarras, siendo los más resaltantes la disminución del pH a un 6,9; la turbiedad a un 0,34 NTU y los SST a un 43.4 mg/L, aplicando el Sancayo al 2% de concentración.

La Tabla 7 indica los resultados del análisis fisicoquímico del agua cruda de la bahía de Pomata, realizados en el laboratorio de control de calidad de la facultad de ingeniería química de la UNA-Puno.

Tabla 7.

Análisis Fisicoquímico del agua cruda de la Bahía de Pomata.

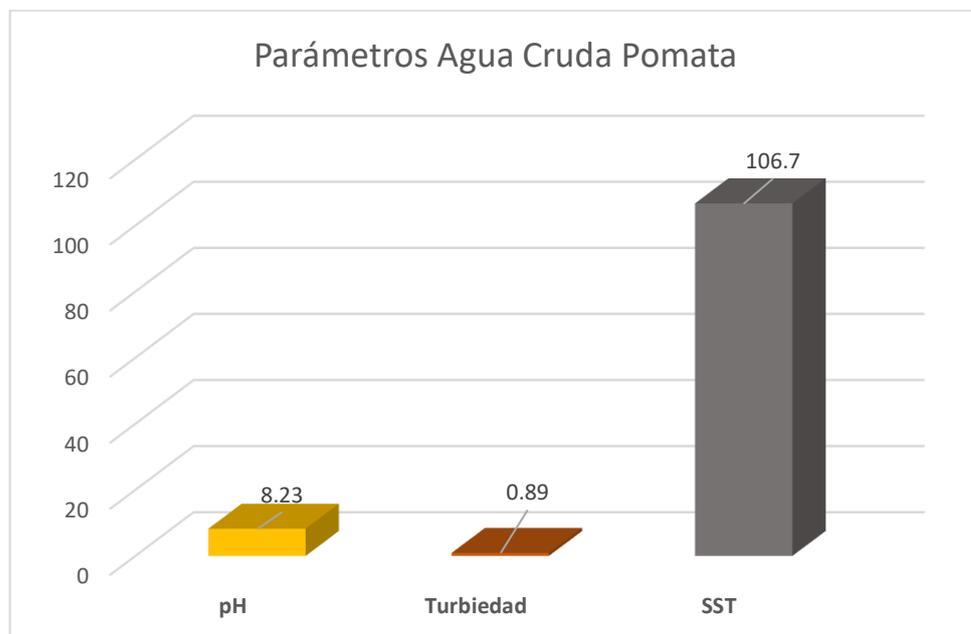
| PARAMETRO | VALOR | UNIDAD |
|-----------|-------|--------|
| pH | 8,23 | |
| Turbiedad | 0,89 | NTU |
| SST | 106,7 | mg/L |

Nota. Resultados del análisis fisicoquímico en el laboratorio de control de calidad de agua de la facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

De acuerdo con la Figura 4, se deduce que, durante la recolección del agua cruda de la bahía de Pomata los parámetros iniciales obtenidos después del control de calidad fueron: 8,23 de pH, 0,89 NTU de turbidez y 106 mg/L de SST.

Figura 4.

Parámetros fisicoquímicos del Agua cruda inicial de la bahía de Pomata.



Nota. Diagrama de barras de los resultados obtenidos del pH, turbiedad y SST antes de las pruebas de jarras.

4.2.1. Dosis óptima del coagulante de Sancayo

Para determinar la dosis óptima del coagulante de Sancayo, se muestra detalladamente para cada tratamiento en la Tabla 8. Se preparo 3 cultivos madre para cada parámetro establecido al 2%, 3% y 5%, con 2 repeticiones y se realizó

las pruebas para cada factor pH, Turbidez y SST, según el diseño experimental establecido.

Tabla 8.

Datos obtenidos para cada parámetro establecido en la Prueba de Jarras.

| | | 2% | | | 3% | | | 5% | | |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Solvente | Coag | pH | Turb | SST | pH | Turb | SST | pH | Turb | SST |
| Agua | 25 ml | 7,36 | 0,42 | 50,1 | 7,37 | 0,51 | 52,7 | 7,32 | 0,68 | 60,5 |
| Destilada | | | | | | | | | | |
| Agua | 50 ml | 7,37 | 0,36 | 43,4 | 7,37 | 0,45 | 44,4 | 7,23 | 0,57 | 52,3 |
| R1 Destilada | | | | | | | | | | |
| Metanol | 25 ml | 7,01 | 0,41 | 49,8 | 7,03 | 0,49 | 51,8 | 7,02 | 0,61 | 55,7 |
| Metanol | 50 ml | 6,90 | 0,34 | 45,7 | 7,01 | 0,41 | 43,9 | 6,94 | 0,54 | 47,1 |
| Agua | 25 ml | 7,27 | 0,44 | 50,6 | 7,25 | 0,53 | 50,9 | 7,33 | 0,66 | 59,6 |
| Destilada | | | | | | | | | | |
| Agua | 50 ml | 7,30 | 0,39 | 45,2 | 7,30 | 0,50 | 43,5 | 7,31 | 0,61 | 50,2 |
| R2 Destilada | | | | | | | | | | |
| Metanol | 25 ml | 7,10 | 0,39 | 49,6 | 7,12 | 0,46 | 49,8 | 7,11 | 0,63 | 53,5 |
| Metanol | 50 ml | 7,00 | 0,32 | 42,3 | 7,11 | 0,42 | 43,7 | 6,99 | 0,53 | 47,6 |

Se logró la purificación de agua cruda que tenía 8,23 de pH, 0,89 NTU de turbidez y 106,70 mg/L de sólidos totales disueltos como resultados después de la aplicación del coagulante de Sancayo, posteriormente se realizó la medición de los parámetros fisicoquímicos establecidos dándonos como resultados promedio finales 7,18 de pH, 0,486 NTU de turbidez y 49,33 sólidos totales disueltos.

En la investigación sobre la “Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*)”. En el trabajo de investigación se obtuvo como resultados que la semilla de durazno redujo la turbidez del agua del río Santa, en un 92,95%;



a una concentración de 15 gr/L, con un pH de 6,4 y concentración de sólidos solubles de 2070 (mg/L). Y la semilla de palta alcanzo un 48,92% en la reducción de la turbidez del agua del río Santa, a una concentración de 5 gr/L., pH de 6,6 y sólidos solubles de 4220 (mg/L). A diferencia de mi trabajo de investigación que se obtuvo como resultados para el coagulante de Sancayo una reducción de la turbidez del agua cruda de la bahía de Pomata, en un 45,4% a una concentración optima de 2 g/ml, con un pH de 7,18 promedio y una concentración de SST de 49,33.

En el estudio realizado sobre la “Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum tuberosum*) en la purificación del agua del río Patari para uso de consumo humano”. Su investigación concluyó que el coagulante natural de la papa tiene una capacidad del 86,3%, Los resultados mostraron que la dosis óptima de coagulante, 80 mg/L, esta redujo la turbidez de 30 NTU a 4,1 NTU y el pH de 7,5. En la aplicación del coagulante de Sancayo se concluyó que la dosis óptima de coagulante es de 2 g/ml y esto logro reducir la turbidez de 0,89 NTU a 0,486 NTU y el pH de 8,23 a 7,18.

Se encontró que, al considerar un período de reposo de dos horas, se evaluaron los parámetros en un laboratorio, encontrando que se removió la turbidez hasta en un 45,4%, mientras que los SST disminuyeron en un 53,8% y el pH se redujo en un 12,8% estadísticamente. Por lo tanto, la cantidad de muestra en un intervalo específico de tiempo reduce la turbidez, los sólidos en suspensión (SST) y nivela el pH.

Por otro lado, la investigación sobre la “Remoción de turbiedad y sólidos suspendidos totales con la utilización de la cáscara de Cacao (*Theobroma Cacao*)



como coagulante natural en las aguas del Río Chillón”. Los resultados logrados en la investigación demuestran la efectividad de la cáscara de cacao para mejorar el tratamiento de agua del río Chillón. Se logró una reducción de la turbidez de hasta el 91,2%, mientras que se alcanzó una disminución del SST del 48,78%, lo que resultó en una proporción más limpia de manera relativa. Estos hallazgos confirman la eficacia de los coagulantes naturales como un enfoque amigable para tratar el agua de forma sostenible. La eficacia del coagulante de Sancayo logró una remoción de la turbidez hasta un 45,4% de remoción y para los SST del 53,8%. ofreciéndonos también una proporción relativamente más limpia del agua cruda, confirmándonos la eficacia del coagulante natural del Sancayo para tratar el agua de manera más sostenible.

En el trabajo sobre la “Eficiencia Del Sancayo (*Lobivia maximiliana*) como Coagulante Natural en el Tratamiento De Agua Residual Industrial del camal privado “El Modernito” – Juliaca” Como resultados de dicho estudio se obtuvo que tras caracterizar las aguas residuales mostró resultados de los parámetros de pH = 8,47; SST (Sólidos Suspendidos Totales) = 480,00 mg/L. Por otro lado, los resultados obtenidos aplicando el coagulante de Sancayo en el agua cruda de la bahía de Pomata mostró los parámetros de 7,18 en el pH y 49.33 de SST, esto nos demuestra una variación significativa de los resultados obtenidos en el tipo de muestras de agua tratada en cada investigación.

4.2.2. Análisis de Varianza:

Para cada tratamiento, se realizaron 2 repeticiones. Los indicadores utilizados son A: Dosis de coagulante, B: Velocidad, C: Tiempo de agitación, que fueron usados para cada uno de los niveles de medición.

4.2.3. ANOVA para pH

En la Tabla 9 se analizó los datos estadísticos donde la velocidad tiene un mayor resultado respecto al valor de P del modelo para el pH de 0,0000 con un valor de $p < 0,05$.

Tabla 9.

Análisis de Varianza para el pH.

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| A:Coagulante | 0,00897067 | 1 | 0,00897067 | 4,97 | 0,0415 |
| B:Velocidad | 0,495363 | 1 | 0,495363 | 274,36 | 0,0000 |
| C:Tiempo | 0,0027735 | 1 | 0,0027735 | 1,54 | 0,2342 |
| AB | 0,0067335 | 1 | 0,0067335 | 3,73 | 0,0726 |
| AC | 0,000522667 | 1 | 0,000522667 | 0,29 | 0,5984 |
| BC | 0,0266667 | 1 | 0,0266667 | 14,77 | 0,0016 |
| bloques | 0,00721908 | 2 | 0,00360954 | 2,00 | 0,1700 |
| Error total | 0,0270831 | 15 | 0,00180554 | | |
| Total (corr.) | 0,575332 | 23 | | | |

Nota. Esto indica que el análisis es relevante para determinar que el coagulante natural ejerce un impacto considerable en el comportamiento del pH.

R-cuadrada = 95,2926 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 92,782 porciento

Error estándar del est. = 0,0424916

Error absoluto medio = 0,0268333

Estadístico Durbin-Watson = 2,0047 (P=0,3276)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,032077

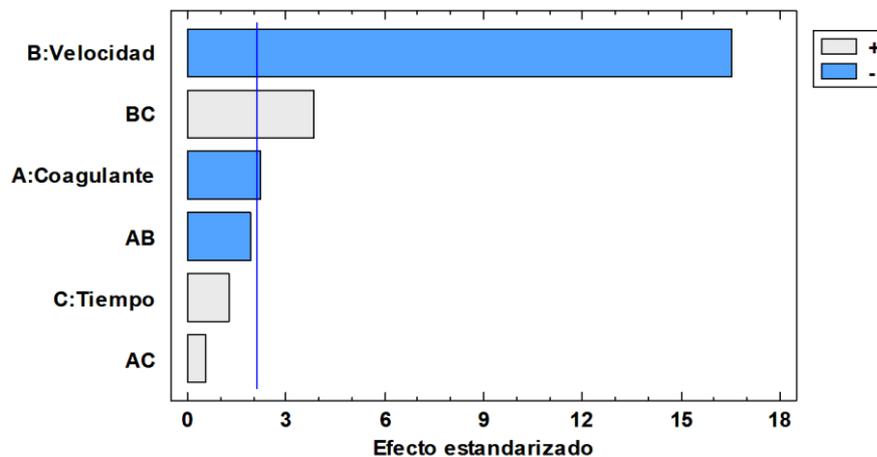
La tabla ANOVA separó la variabilidad del pH en componentes individuales para cada efecto, luego evaluó la importancia estadística de cada efecto al comparar su media cuadrada con una estimación del error experimental. En este escenario, tres efectos presentan un valor-P inferior a 0,05; lo que sugiere que son estadísticamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El R-Cuadrada de estadísticas muestra que el modelo, después de ser ajustado, explica el 95,2926% de la variabilidad en el pH. El R-cuadrada ajustada, que es apropiado para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, es del 92,782%. El error estándar del estimado refleja que la desviación de los residuos es de 0,0424916. El error medio absoluto (MAE) de 0,0268333 es el promedio de los residuos.

En la Figura 5 se muestran los factores como la velocidad, dosis de coagulante y el tiempo de agitación, implica que todos los elementos y sus interacciones ejercen un impacto considerable en el pH.

Figura 5.

Diagrama de Pareto estandarizada para el pH.





Optimizar Respuesta:

Valor óptimo Coagulante= 2%

Valor óptimo pH = 7,34958

En la Tabla 10 se muestra la combinación de los niveles de los factores en esta muestra maximiza el pH en la región especificada. Se utilizó el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para especificar la zona en la que se realizará la optimización. Se fijo el valor de uno o varios factores en una constante al establecer los límites alto, medio y bajo en dicho valor para el pH óptimo.

Tabla 10.

Dosis de Coagulante para un pH óptimo.

| Factor | Bajo | Medio | Alto | Óptimo |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| Coagulante % | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 2,0 |
| Velocidad (RPM) | 290,0 | 295,0 | 300,0 | 300,0 |
| Tiempo (min) | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 |

4.2.4. ANOVA para Turbidez

En la Tabla 11 se analizó los datos estadísticos donde la cantidad del coagulante y la velocidad tienen un mayor resultado respecto al valor de P del modelo para la turbidez de 0,0000 con un valor de $p < 0,05$.



Tabla 11.

Análisis de Varianza para la Turbidez

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| A: Coagulante | 0,0260042 | 1 | 0,0260042 | 123,02 | 0,0000 |
| B: Velocidad | 0,0135375 | 1 | 0,0135375 | 64,04 | 0,0000 |
| C: Tiempo | 0,0003375 | 1 | 0,0003375 | 1,60 | 0,2257 |
| AB | 0,000204167 | 1 | 0,000204167 | 0,97 | 0,3413 |
| AC | 0,000504167 | 1 | 0,000504167 | 2,39 | 0,1433 |
| BC | 0,00150417 | 1 | 0,00150417 | 7,12 | 0,0176 |
| Bloques | 0,1963 | 2 | 0,09815 | 464,31 | 0,0000 |
| Error total | 0,00317083 | 15 | 0,000211389 | | |
| Total (corr.) | 0,241563 | 23 | | | |

Nota. Esto indica que el análisis es relevante para determinar que el coagulante natural ejerce un impacto considerable en el comportamiento de la turbiedad.

R-cuadrada = 98,6874 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 97,9873 porciento

Error estándar del est. = 0,0145392

Error absoluto medio = 0,00875

Estadístico Durbin-Watson = 2,3099 (P=0,5909)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,205596

La tabla ANOVA dividió la variabilidad de la turbidez en partes separadas para cada uno de los efectos, luego evaluó la importancia estadística de cada efecto

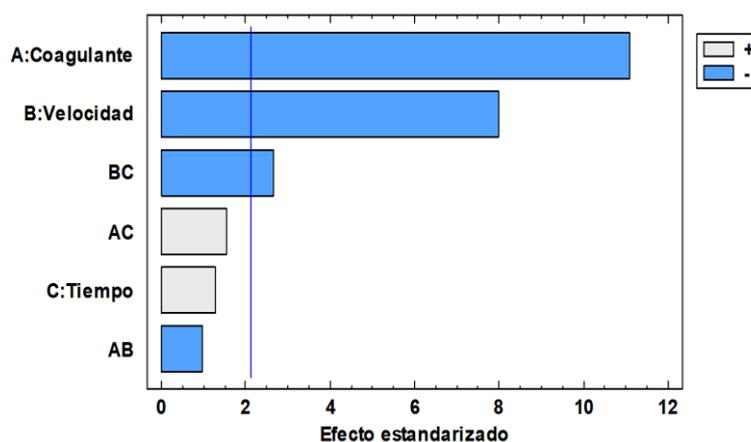
al comparar su varianza con una estimación del error experimental. En este caso, cuatro efectos tienen un valor-P inferior a 0,05, lo que sugiere que son significativamente distintos de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El coeficiente de determinación R-Cuadrada muestra que el modelo ajustado explica el 98,6874% de la variabilidad en Turbidez. El coeficiente R-cuadrada ajustado, que es más apropiado para comparar modelos con un número diferente de variables independientes, es del 97,9873%. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es de 0,0145392. El valor promedio de los residuos es el error medio absoluto (MAE) de 0,00875. El Durbin-Watson (DW) estadístico verifica si hay alguna correlación significativa en los residuos según el orden de los datos en el archivo. Dado que el valor-P es superior al 5,0 %, no se observa evidencia de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

En la Figura 6 se muestran como los factores como el coagulante, velocidad y el tiempo de agitación tienen sus interacciones y efectos significativos para la turbidez.

Figura 6.

Diagrama de Pareto Estandarizada para la Turbidez.





Optimizar Respuesta:

Valor óptimo Coagulante = 2%

Valor óptimo Turbidez = 0,547083

La Tabla 12 muestra la combinación de los niveles de los factores en esta muestra maximiza la turbidez en la región señalada. Se utilizó el cuadro de diálogo de Opciones de Ventana para especificar la región en la que se realizará la optimización. Se fijó el valor de los factores en una constante, definiendo los límites alto, medio y bajo para dicho valor óptimo de la turbidez.

Tabla 12.

Dosis de Coagulante para una Turbidez óptima.

| Factor | Bajo | Medio | Alto | Óptimo |
|-----------------|-------|-------|-------|--------|
| Coagulante (%) | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 2,0 |
| Velocidad (RPM) | 290,0 | 295,0 | 300,0 | 300,0 |
| Tiempo (min) | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 |

4.2.5. ANOVA para SST

En la Tabla 13 se analizó los datos estadísticos donde la cantidad del coagulante tiene un mayor resultado respecto al valor de P del modelo para los SST de 0,0178 con un valor de $p < 0,05$.

Tabla 13.*Análisis de Varianza para los SST*

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| A: Coagulante | 124,021 | 1 | 124,021 | 7,21 | 0,0178 |
| B: Velocidad | 17,1392 | 1 | 17,1392 | 1,00 | 0,3352 |
| C: Tiempo | 6,14917 | 1 | 6,14917 | 0,36 | 0,5595 |
| AB | 61,7108 | 1 | 61,7108 | 3,59 | 0,0791 |
| AC | 11,7542 | 1 | 11,7542 | 0,68 | 0,4223 |
| BC | 19,5068 | 1 | 19,5068 | 1,13 | 0,3050 |
| bloques | 109,376 | 2 | 54,6879 | 3,18 | 0,0727 |
| Error total | 240,852 | 14 | 17,2037 | | |
| Total (corr.) | 511,132 | 22 | | | |

Nota. Esto establece que el estudio de la varianza es relevante para determinar que el coagulante natural ejerce un impacto considerable en la remisión de los SST.

R-cuadrada = 52,8786 porciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 25,9522 porciento

Error estándar del est. = 4,14774

Error absoluto medio = 2,80389

Estadístico Durbin-Watson = 3,35188 (P=0,9979)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,708015

La tabla ANOVA dividió la variabilidad de la temperatura superficial en partes individuales para cada uno de los efectos, luego evaluó la importancia



estadística de cada efecto al comparar su varianza con una estimación del error experimental. En este caso, los efectos tienen un valor-P menor de 0,05; lo que sugiere que son estadísticamente significativos en comparación con cero con un nivel de confianza del 95,0%.

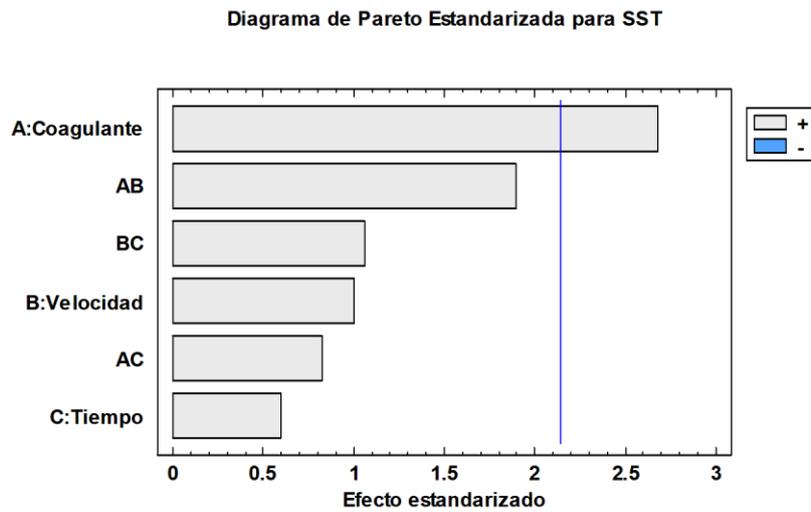
El coeficiente de determinación R-cuadrada demostró que el modelo, después de ajustarse, explica 52,8786% de la varianza en SST. La R-cuadrada ajustada, que es más apropiada para comparar modelos con diferentes números de variables independientes, es del 25,9522%. El error estándar del estimado indica que la desviación estándar de los residuos es 4,14774. El MAE de 2,80389 es el promedio de los residuos.

El estadístico de Durbin-Watson (DW) examina los residuos con el propósito de identificar si existe alguna correlación importante según el orden en que los datos aparecen en el conjunto. Dado que el valor-P es superior al 5,0%, no se observa una evidencia de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

En la Figura 7 se muestran los factores como el coagulante, velocidad y el tiempo de agitación, por lo que Estos elementos y sus interrelaciones ejercen un impacto considerable en la eliminación de SST.

Figura 7.

Diagrama de Pareto estandarizada para los SST.



Optimizar Respuesta:

Valor óptimo Coagulante = 2%

Valor óptimo = 57.1344

En la Tabla 14 se presentan las combinaciones de niveles de los factores que maximizan SST en la región especificada. Se utilizó la ventana de Opciones de Diálogo para especificar la zona en la que se realizará la optimización. Se fijó el valor de los factores a las constantes, definiendo los límites alto, medio y bajo para determinar el valor óptimo.

Tabla 14.

Dosis de Coagulante para los SST óptimos.

| Factor | Bajo | Medio | Alto | Óptimo |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|---------------|
| Coagulante (%) | 2,0 | 3,0 | 5,0 | 2,0 |
| Velocidad (RPM) | 290,0 | 295,0 | 300,0 | 300.0 |
| Tiempo (min) | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5.0 |



V. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de la evaluación en esta investigación demuestran la efectividad del Sancayo como coagulante natural en la clarificación del agua cruda en aguas ligeramente turbias, como las del lago de la bahía de Pomata, Departamento Puno, siendo la velocidad de agitación y el tiempo que afecta la eficacia del coagulante ya que es capaz de llegar a las partículas más dispersas y mejorar la eficacia.
- Se obtuvo el coagulante de Sancayo en una cantidad de 240 g, dándonos un rendimiento del 3%. Seguidamente se realizó la mezcla de 2 g, 3 g y 5 g de Sancayo pulverizado con 10 ml del solvente metanol al 70% por 5 minutos y se centrifugó a 300 RPM. Se realizó la caracterización de la harina de Sancayo por análisis de espectrometría infrarroja dándonos como resultados la identificación de grupos funcionales: aminas “N-H” al 97,86%; 96,625%, hidroxilo “O-H” al 97,84%, carbonilo “C=O” al 98,423 %; 96,895% y carbonilos “C-O-C” al 91,73%.
- La dosis óptima del coagulante del Sancayo (*Lobivia maximiliana*) es del 2%, lo que equivale a la dilución de 2 g de harina de Sancayo en 100 ml de agua destilada y metanol, se realizó el test de jarras a una velocidad de 300RPM durante 5 minutos. Se consiguió la purificación del agua cruda que tenía parámetros iniciales de 8,23 de pH; 0,89 NTU de turbidez y 106,70 mg/L de sólidos totales disueltos. Al aplicar el coagulante de Sancayo se llevó a cabo la medición de los parámetros, resultando en 7,18 de pH, 0,486 NTU de turbidez y 49.33 sólidos totales disueltos, demostrando que la turbidez se redujo hasta un 45,4%, los SST en un 53,8% y el pH en un 12,8%.



VI. RECOMENDACIONES

- En futuros estudios se recomienda aumentar el número de variables o factores que cambien la efectividad del tratamiento, como DQO, DBO y análisis bacteriológicos, para ayudar a mejorar la precisión de los resultados.
- Se recomienda realizar más estudios sobre la aplicación del Sancayo para diferentes tratamientos como aguas residuales, absorción de metales pesados, etc.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanoca, O. (2009). "Identificación y evaluación ecológica de sancayos (genero *lobivia*) en el distrito de Pomata-Chucuito". Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias; Puno-Perú .
- Almendárez, N. (2004). Comprobacion de la efectividad del cuagulante (*cochifloc*) en aguas del lago Maguana "Piedras Azules". Iberoamericana de Polimeros, 46-54.
- ANA. (2016). Dirección de gestión de calidad de los recursos hídricos – protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos conservación de la muestra.
- Aparicio, L. (2020). Eficiencia Del Sancayo (*Lobivia maximiliana*) Como Coagulante Natural En El Tratamiento De Agua Residual Industrial Del Camal Privado "El Modernito" – Juliaca. UANCV.
- Arboleda, J. (1992). Teorica y práctica de la purificación del agua. Acodal, 1-19.
- Barbarán, H., López, J., & Chico, J. (2017). Remoción de la turbiedad de agua con coagulantes naturales obtenidos de semillas de durazno (*Prunus persica*) y palta (*Persea americana*).
- Becaria, A., Lahiri, D., Bondy, S., Chen, D., Hamadeh, A., Li, H., & Campbell, A. (2006). Aluminum and copper in drinking water enhance inflammatory or oxidative events specifically in the brain. Journal of Neuroimmunology. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2006.03.025>
- Bravo, M. (2017). Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, solidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales. Universidad Distrital Francisco Jose Caldas, 24-25.
- Chama, J. R. (2017). Evaluación del poder coagulante del almidón de papa variedad unica y el policloruro de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la planta de tratamiento Samegua Moquegua 2016. Universidad Jose Carlos Mariátegui., Facultad de Ingeniería y Arquitectura., Moquegua.
- Chambi, V. (2018). Análisis físico químico y aceptabilidad del néctar a base de sancayo (*Lobivia maximiliana*). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Del Antiplano.



http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9305/Chambi_Condori_Vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- CNA, C. N. (2007). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. México.
- Cutipa, C. (2009). “Sankayo - Puno”. http://sankayo.blogspot.pe/2009/05/sankayo-echinopsis_maximiliana.html. Monografía del Sancayo
- Daviran, J. (2021). “remoción de turbiedad y sólidos suspendidos totales con la utilización de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como coagulante natural en las aguas del río Chillón”.
- Escobar, F. (2019). Determinación de Parámetros Físico-Químicos y Niveles de Metales Pesados en Agua y Sedimentos en la Zona de Crianza de Truchas (*Oncorhynchus Mykiss*), Bahía de Puno del Lago Titicaca. Repositorio Institucional UNA-PUNO: <http://repositorio.unap.edu.pe>
- Garnica, M. (2019). Comparación de biopolímeros y su eficiencia en la eliminación de materia orgánica suspendida en aguas del estero San Camilo-cantón Durán. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/44795>
- Gonzales, K., Meneses, N., & Sanchez, M. (2022). Acción conjunta de coagulantes (*Opuntia ficus-indica* - sulfato de aluminio) para la reducción de contaminantes del agua residual del camal de res, distrito San Vicente – provincia de Cañete, 2022.
- Guevara, P. (2015). Métodos para el análisis de variables hidrológicas y ambientales. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Guzman, C., Taron, A., & Muñoz, A. (2015). Polvo de semilla *Cassia fistula* como coagulante natural para el tratamiento de agua cruda. Revista de Facultad de Ciencias Basicas, 7. [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(13\)123-129](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(13)123-129)
- Hernandez, M., Torruco, J., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatan, México. Scielo, 723-725.
- Howe, K., Hand, D., Crittenden, J., Trussell, R., & Tchobanoglous, G. (2017). Principios de tratamiento del agua. México: Cengage Learning Editores S.A.



- Hurtado, J., & Yarleque, E. (2017). Determinación de la capacidad clarificadora del coagulante natural extraído de la papa (*Solanum tuberosum*) en la purificación del agua del río Patari para uso de consumo humano. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/3822>
- Jiménez, D., & Piscal, B. (2015). Estudio y Evaluación del almidón de Maíz como alternativa natural en el proceso de coagulación de agua para consumo humano. San Juan de Pasco: Universidad de Nariño.
- Lozano, L. (2018). Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por flocculantes de *Opuntia ficus-indica* (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.
- Md Som, A., & Abd Wahab, A. (2018). Performance Study of Dragon Fruit Foliage as a Plant-based Coagulant for Treatment of Palm Oil Mill Effluent from Three-phase Decanters. BioResources. <http://ncsu.edu/bioresources>
- Miller, S., Fugate, E., Craver, V., Smith, J., & Zimmerman, J. (2008). Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of *Opuntia* spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment. Environmental Scielo, 6.
- Ortiz, A., & Astuillo, I. G. (2013). Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. Colombia. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4776461>
- Ortiz, V., López, G., Torres, C., & Pampillón, L. (2018). “Almidón extraído de la yuca como coadyuvante en la coagulación flocculación de aguas residuales domésticas, 2018”.
- Restrepo, A. (2009). Evaluación del proceso de coagulación – flocculación de una planta de tratamiento de agua potable. http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf
- Rinne, T. (2001). “Potabilización con diferentes coagulantes de aluminio y hierro”. En: XXII Congreso de Centroamérica y Panamá de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Superación Sanitaria y Ambiental: el reto, Tegucigalpa, Honduras.



- Rodríguez, J. (2007). Evaluación del proceso de coagulación para el diseño de una planta potabilizadora. *Umbral Científico*, 11, 8-16.
- Sedolfo, C., Martínez, M., Castro, M., Díaz, A., & Colina, G. (2018). Remoción de turbidez usando semilla de *Tamarindus indica* como coagulante en al potabilización de aguas. *Revista Bases de la Ciencia*, 25. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i1.1424
- Trujillo, D., Duque, L., Arcila, J., & Rincón, A. (2014). Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano.
- UPV/EHU. (2024, Noviembre 15). Espectroscopia Infrarroja [IR]. Técnicas a utilizar: <https://www.ehu.eus/imacris/PIE06/web/IR.htm>
- Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Lima, Lima, Perú: CEPIS.
- Villabona, A., Paz, I., & Martinez, J. (2013). Characterization of *Opuntia Ficus-indica* for using as a natural coagulant. *Scielo*, 2-6.
- Yin, C. (2010). Uso de emergentes de coagulación de origen vegetal para el tratamiento de aguas y aguas residuales. Elsevier.



VIII. ANEXOS

ANEXO 1: Resultados del Análisis fisicoquímico del agua cruda de la Bahía de Pomata



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



N.º 002996

Certificado de Análisis

ASUNTO: Análisis Físico Químico AGUA MUESTRA (1)

PROCEDENCIA : BAHIA POMATA
INTERESADO : YULY MARIBEL YUPANQUI TARQUI
PROYECTO : CLARIFICACIÓN DE AGUA DE LA BAHÍA DE POMATA EN LA ZONA DE CRIANZA DE TRUCHAS EN JAULAS FLOTANTES, USANDO SANCAYO (LOBIVIA MAXIMILIANA) COMO AGENTE COAGULANTE

MOTIVO : INVESTIGACIÓN DE TESIS
MUESTREO : 12/08/2024, por el interesado
RECEP. DE MUESTRA: 14/08/2024
ANÁLISIS : 14/08/2024
COD. MUESTRA : F009 - 000644

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:

ASPECTO : Líquido
COLOR : Incoloro
OLOR : Inodoro

CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

| | | |
|-------------------------|---|--------------------------------|
| pH | : | 8.23 |
| Temperatura | : | 15.00 °C |
| Conductividad Eléctrica | : | 213.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ |

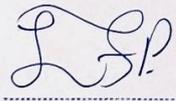
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

| | | |
|-----------------------------------|---|-------------|
| Dureza Total como CaCO_3 | : | 337.88 mg/L |
| Alcalinidad como CaCO_3 | : | 475.00 mg/L |
| Cloruros como Cl^- | : | 328.10 mg/L |
| Calcio como Ca^{++} | : | 84.40 mg/L |
| Sulfatos como SO_4^{--} | : | 111.90 mg/L |
| Magnesio como Mg^+ | : | 30.84 mg/L |
| Sólidos Totales Disueltos | : | 106.70 mg/L |
| Porcentaje de salinidad | : | 0.1 % |
| Turbidez | : | 0.89 NTU |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico y microbiológico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA,
Puno, C.U. 04 de setiembre del 2024.

vºBº



ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
F00 - 000644 - 002996



Dr. Delfino Domínguez Flores
DECANO DE LA F.I.Q.
UNA - PUNO

Ciudad Universitaria Av. Floral N° 1153, Facultad de Ingeniería Química – Cel.: 951755420



ANEXO 2: Resultados de Caracterización de la harina de Sancayo



SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS
S.A.C.

INFORME DE ENSAYO IE-2024-3413

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1 Cliente : YULY MARIBEL YUPANQUI TARQUI
1.2 RUC o DNI : 70393110
1.3 Dirección : JR. LOS LIRIOS 52 MZ-A LT 12

2. DATOS DE LA MUESTRA

2.1 Producto : HARINA DE SANCAYO
2.2 Muestreado por : CLIENTE (c)
2.3 Número de Muestras : 01
2.4 Fecha de Recepción : 2024-11-13
2.5 Periodo de Ensayo : 2024-11-13 al 2024-11-14
2.6 Fecha de Emisión : 2024-11-14
2.7 Fecha y Hora de Muestreo : No Precisa
2.8 N° de cotización : COT-156160-SL24

3. ENSAYO SOLICITADO - METODOLOGÍA UTILIZADA

| ENSAYO | MÉTODO |
|--|--|
| Caracterización de materiales por Análisis de Espectroscopía Infrarroja FTIR-ATR | ASTM E1252 Práctica estándar para técnicas generales de obtención de espectros infrarrojos para análisis cualitativo |

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE MUESTRA: SANCAYO (LOBIVIA MAXIMILIANA) (c)

Nombre del Proyecto: EVALUAR LA CLARIFICACIÓN DE AGUA DE LA BAHÍA DE POMATA EN LA ZONA DE CRIANZA DE TRUCHAS EN JAULAS FLOTANTES, USANDO SANCAYO (LOBIVIA MAXIMILIANA) COMO AGENTE COAGULANTE. (c)

Integrante: Yuly Maribel Yupanqui Tarqui (c)


DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

INFORME DE ENSAYO IE-2024-3413

4.2. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE ESPECTROCOPIA INFRARROJA FTIR-ATR (S-5547)

- Normas de Referencia: ASTM E1252 "Práctica estándar para técnicas generales para obtener espectros infrarrojos para análisis cualitativo".
- Equipo Utilizado: Espectrofotómetro Infrarrojo -Perkin Elmer
- Software: Perkin Elmer Spectrum 10
- Rango de Prueba: Intervalo de número de onda 380 cm^{-1} a 4000 cm^{-1}

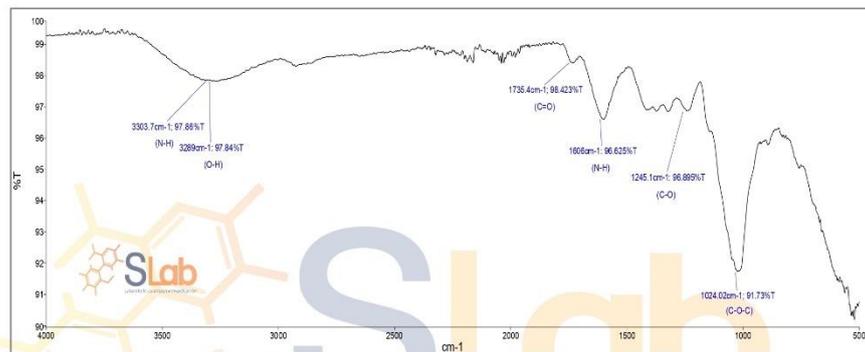


Figura N°1: Espectro Infrarrojo de la muestra analizada (S-5547)

Tabla N°1: Identificación de Grupos Funcionales (S-5547)

| Tipo de Vibración | Grupo funcional | Rango Teórico (cm^{-1}) | Resultado experimental (cm^{-1}) |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------------|---|
| Banda de vibración de tensión | "N-H" | 3500-3300 | 3303 |
| Banda de vibración de tensión | "O-H" | 3400-3300 | 3289 |
| Banda de vibración de tensión | "C=O" | 1730-1700 | 1735 |
| Banda de vibración de flexión | "N-H" | 1640-1560 | 1606 |
| Banda de vibración de tensión | "C-O" | 1320-1210 | 1245 |
| Banda de vibración de tensión | "C-O-C" | 1130-930 | 1024 |



INFORME DE ENSAYO IE-2024-3413

Comentarios Alusivos a propiedades Floculante/ Coagulante:

Grupos de Hidroxilos (-OH)

Los grupos hidroxilo, presentes en compuestos como azúcares o polisacáridos (almidón) en la harina, son capaces de formar enlaces de hidrógeno con otras moléculas de agua o partículas. Esta propiedad es clave en los procesos de floculación, ya que los enlaces de hidrógeno pueden ayudar a aglutinar las partículas y promover la sedimentación.

Grupos Carbonilo (C=O)

Los grupos carbonilo en carbohidratos, proteínas y ácidos grasos pueden interactuar con otros grupos funcionales, particularmente en la formación de puentes iónicos o complejos con cationes presentes en solución (como en el caso de floculantes iónicos). En el caso del almidón, los grupos carbonilo pueden formar enlaces con metales pesados o partículas cargadas, ayudando en la aglomeración.

Grupos Amino (-NH₂)

Si la harina de sancayo contiene proteínas o compuestos nitrogenados, los grupos amino pueden formar interacciones con otros grupos negativos o cationes. Este tipo de interacción también es clave en la formación de flocúlos, ya que los grupos amino pueden contribuir a la adsorción de partículas o a la agregación de las mismas.

Grupos Éster (C-O-C)

Los grupos éster son comunes en la química de lípidos y polisacáridos, y pueden influir en la dispersión y la interacción con otras moléculas en la solución. Si hay lípidos o componentes lipídicos en la muestra de harina de sancayo, estos podrían actuar de forma similar a los grupos hidrófobos, interactuando con la superficie de las partículas en suspensión.

Leyenda

(*) Información suministrada por el cliente.

- Sin la aprobación del laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. no se debe reproducir el informe de ensayo parcial, excepto cuando se reproduce en su totalidad.
- Los resultados de los ensayos se aplican a la muestra cómo se recibió y no se deben usar como una declaración de conformidad con una especificación o normas de productos de la entidad que lo produce.
- El laboratorio no es responsable de la información que ha sido identificada como suministrada por el cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo.
- Este laboratorio está acreditado de acuerdo con la norma internacional reconocida ISO / IEC 17025. Esta acreditación demuestra la competencia técnica para un alcance definido y el funcionamiento de un sistema de gestión de calidad de laboratorio.

FIN DE DOCUMENTO

ANEXO 3: Equipo Secador por Convección Forzada



B2. Selección de la materia prima



B3. Secado de la materia prima.



B4. Suncayo seco



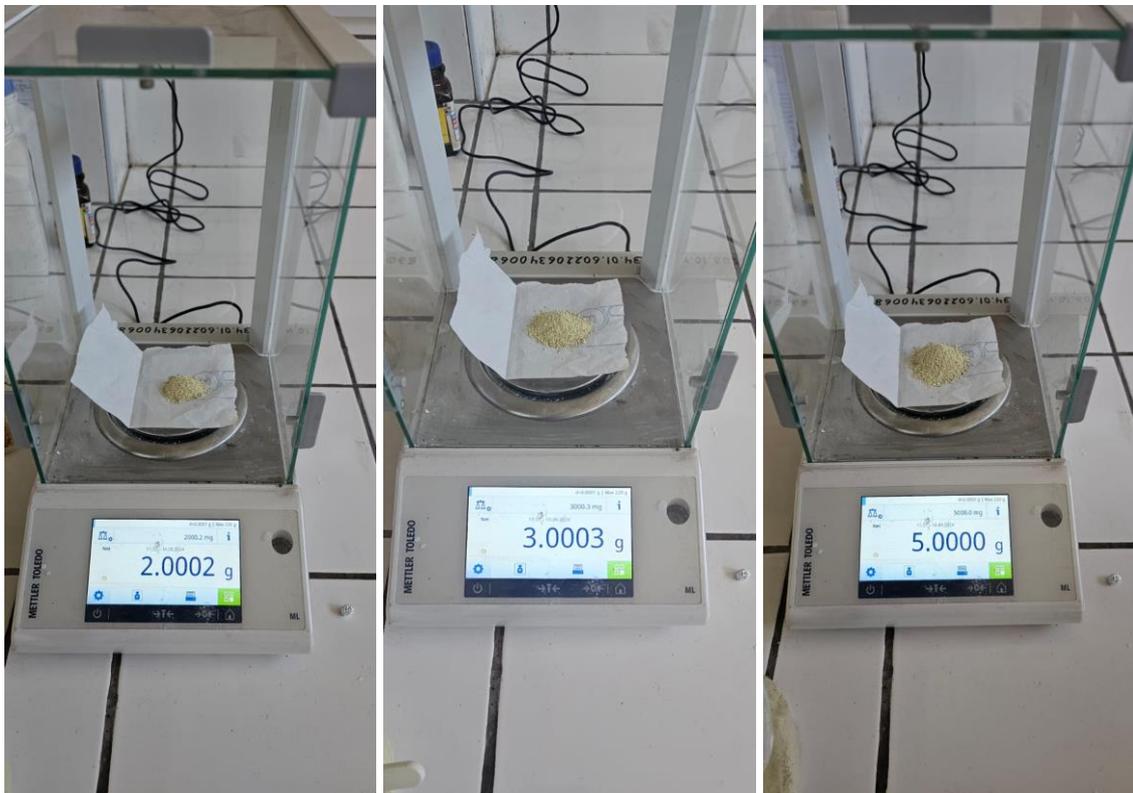
B5. Toma de muestra de agua cruda de la Bahía de Pomata



B6. Pesado de Sancayo Purificado

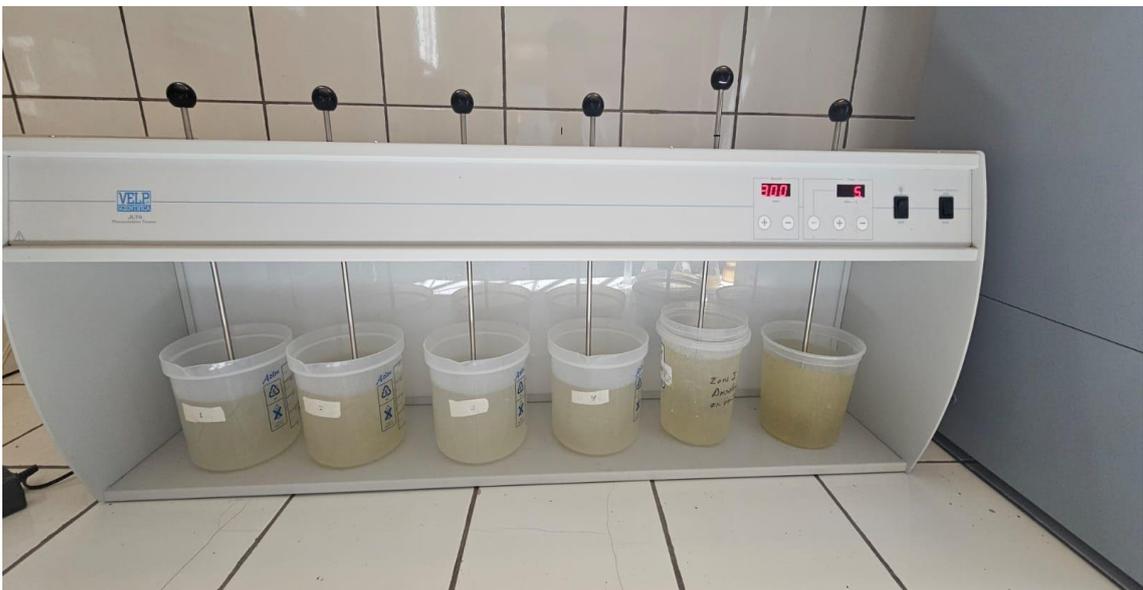


B7. Pesado y Preparación de solución madre del Sancayo





B8. Prueba de Jarras a 300 RPM





B9. Medición de los parámetros Físicoquímicos (pH, SST, Turbiedad)





ANEXO 4. Autorización para el repositorio de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Yuly Maribel Yupanqui Tarqui,
identificado con DNI 70393110 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Química
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

" Evaluar la clarificación de agua de la Bahía de Pomata en la zona de Crianza de Truchas en jaulas flotantes, usando Sarcosyza (Cebivia maxmiliana) como agente coagulante. "

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 29 de noviembre del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 5. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo July Haribel Yupanqui Tarqui
identificado con DNI 70393110 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"Evaluar la clarificación de agua de la Bahía de Pomata en la zona de crianza de frutas en Jaulas flotantes, usando Sarcosyis (Lobivia Maximiliana) como agente coagulante"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 29 de noviembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella