



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Remoción de turbidez de las aguas del Río Zaña usando mucílago  
de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y piedra de alumbre

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Arrascue Cieza, Maricela Liset ([orcid.org/0000-0002-4092-5484](https://orcid.org/0000-0002-4092-5484))

Figueroa Diaz, Deysi Jared ([orcid.org/0000-0002-0577-1619](https://orcid.org/0000-0002-0577-1619))

**ASESOR:**

Dr. Ponce Ayala, José Elías ([orcid.org/0000-0002-0190-3143](https://orcid.org/0000-0002-0190-3143))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO - PERÚ**

**2023**

## DEDICATORIA

Primero que nada, se lo dedicamos a Dios, a nuestros queridos padres, por todo el apoyo y comprensión que nos brindaron durante nuestros años universitarios, estamos orgullosas de dedicarles este sencillo, pero muy importante logro, gracias por sus motivaciones. Otro pilar fundamental son nuestros hermanos y familiares, ya que estamos seguras que también comparten la misma felicidad de nosotras. Gracias a cada uno de nuestros profesores por su tiempo, enseñanza y paciencia, sin ellos este trabajo no hubiera sido posible.

*Maricela Liset y Deysi Jared.*

## **AGRADECIMIENTO**

Primero que nada, agradecer a nuestra casa de aprendizaje, la Universidad César Vallejo, por las maravillosas experiencias que tuvimos, y a cada docente que participó en nuestra capacitación y profesionales. Gracias a todos y cada uno de nuestros padres que han sido los mayores facilitadores en este proceso. Gracias a Dios Él es nuestro principal apoyo y motivo espiritual para continuar en este camino. También queremos agradecer a cada colega que ha mantenido unión con nosotros por compartir conocimientos y anécdotas inolvidables que quedarán grabadas en nuestra memoria para siempre.

*Maricela Liset y Deysi Jared.*

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Remoción de turbidez de las aguas del río Zaña usando mucilago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y piedra de alumbre", cuyos autores son FIGUEROA DIAZ DEYSI JARED, ARRASCUE CIEZA MARICELA LISET, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

| Apellidos y Nombres del Asesor:                                       | Firma  |
|---|--|
| PONCE AYALA JOSE ELIAS<br>DNI: 16491942<br>ORCID: 0000-0002-0190-3143 | Firmado electrónicamente<br>por: PAYALAJE el 17-11-<br>2023 12:27:25 |

Código documento Trilce: TRI - 0654820



# DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LAS AUTORAS



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

## **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, FIGUEROA DIAZ DEYSI JARED, ARRASCUE CIEZA MARICELA LISET estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Remoción de turbidez de las aguas del río Zaña usando mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y piedra de alumbre", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| <b>Nombres y Apellidos</b>   | <b>Firma</b>  |
|--|---|
| DEYSI JARED FIGUEROA DIAZ<br><b>DNI:</b> 74649710<br><b>ORCID:</b> 0000-0002-0577-1619     | Firmado electrónicamente por: DFIGUEROAD el 16-11-2023 18:53:03   |
| MARICELA LISET ARRASCUE CIEZA<br><b>DNI:</b> 71873848<br><b>ORCID:</b> 0000-0002-4092-5484 | Firmado electrónicamente por: MARRASCUEC13 el 16-11-2023 09:52:56 |

Código documento Trilce: TRI - 0654822

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |      |
|---|------|
| <b>DEDICATORIA</b> .....                                  | ii   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....                               | iii  |
| <b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR</b> .....      | iv   |
| <b>DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LAS AUTORAS</b> .....  | v    |
| <b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....                         | vi   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....                             | vii  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....                            | viii |
| <b>RESUMEN</b> .....                                      | ix   |
| <b>ABSTRACT</b> .....                                     | x    |
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....                              | 1    |
| <b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....                            | 4    |
| <b>III. METODOLOGÍA</b> .....                             | 11   |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....                 | 11   |
| 3.2. Variables y operacionalización.....                  | 11   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo.....                   | 12   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 13   |
| 3.5. Procedimientos .....                                 | 14   |
| 3.6. Método de análisis de datos.....                     | 21   |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                | 22   |
| <b>IV. RESULTADOS</b> .....                               | 23   |
| <b>V. DISCUSIÓN</b> .....                                 | 28   |
| <b>VI. CONCLUSIONES</b> .....                             | 30   |
| <b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....                         | 31   |
| <b>REFERENCIAS</b> .....                                  | 32   |
| <b>ANEXOS</b> .....                                       | 44   |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 01.</b> <i>Registros de recolección</i> .....                                       | 13 |
| <b>Tabla 02.</b> <i>Coordenadas de la zona de estudio</i> .....                              | 15 |
| <b>Tabla 03.</b> <i>Dosis del mucílago de nopal y piedra de alumbre</i> .....                | 20 |
| <b>Tabla 04.</b> <i>Características físicas del agua</i> .....                               | 23 |
| <b>Tabla 05.</b> <i>Concentración de dosis del mucílago de nopal y piedra de alumbre</i> ... | 23 |
| <b>Tabla 06.</b> <i>Análisis físicos después de aplicar mucílago de nopal</i> .....          | 24 |
| <b>Tabla 07.</b> <i>Análisis físicos después de aplicar piedra de alumbre</i> .....          | 24 |
| <b>Tabla 08.</b> <i>Análisis físicos después de aplicar ambos coagulantes</i> .....          | 25 |
| <b>Tabla 09.</b> <i>Resultados antes de aplicar los coagulantes</i> .....                    | 26 |
| <b>Tabla 10.</b> <i>Turbidez final después de aplicar los coagulantes</i> .....              | 26 |
| <b>Tabla 11.</b> <i>Oxígeno disuelto final después de aplicar los coagulantes</i> .....      | 26 |
| <b>Tabla 12.</b> <i>pH final después de aplicar los coagulantes</i> .....                    | 27 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Diagrama de investigación .....                                  | 14 |
| <i>Figura 2.</i> Ubicación Geográfica del río Zaña .....                          | 15 |
| <i>Figura 3.</i> Recolección de muestra de agua del río Zaña .....                | 17 |
| <i>Figura 4.</i> Coagulante obtenido del mucílago de nopal .....                  | 18 |
| <i>Figura 5.</i> Coagulante obtenido de piedra de alumbre .....                   | 19 |
| <i>Figura 6.</i> Prueba de jarras aplicando las dosis de los coagulantes .....    | 19 |
| <i>Figura 7.</i> Dosis del coagulante mucílago de nopal y piedra de alumbre ..... | 20 |
| <i>Figura 8.</i> Dosis para la aplicación de ambos coagulantes .....              | 21 |



## RESUMEN

Esta investigación tenía como objetivo principal determinar el efecto del mucílago del nopal y piedra de alumbre en la remoción de turbidez de las aguas del río Zaña, departamento de Lambayeque. Esta investigación fue de tipo aplicada cuantitativa, con un diseño de tipo experimental utilizando la hoja de cálculo Excel. Los resultados obtenidos antes de aplicar el tratamiento eran >1000 UTN el cual está superando los ECA, para el procedimiento se usó 3 repeticiones con diferentes dosis en un tiempo determinado 30 minutos y su velocidad de agitación de 200, se aplicó la misma cantidad, el mucílago de nopal fue de 1g con 94.4, su oxígeno disuelto con 5.20 y su pH de 7.33, la piedra de alumbre con una dosis de 1g removi6 33.5, el oxígeno disuelto fue de 2.40 y su pH 4.12. Aplicando ambos la dosis efectiva es 0.5g logra una remoci6n de 99.82%, con respecto al oxígeno disuelto y al pH no cumplen con los parámetros, la dosis de 1g logra obtener un 93.5 de remoci6n de turbidez y el pH cumple con los ECA y finalmente la dosis de 1.5g logra una remoci6n de 99.71 % pero hay un desequilibrio en oxígeno disuelto y pH.

**Palabras clave:** Remoci6n, turbidez, coagulante.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the effect of cactus mucilage and alum stone on the removal of turbidity from the waters of the Zaña River, department of Lambayeque. This research was quantitative applied, with an experimental design using the Excel spreadsheet. The results obtained before applying the treatment were >1000 NTU which is exceeding the RCTs, for the procedure 3 repetitions were used with different doses in a certain time of 30 minutes and its shaking speed of 200, the same amount was applied, the cactus mucilage was 1g with 94.4, its dissolved oxygen was 5.20 and its pH was 7.33, the alum stone with a dose of 1g removed 33.5, the dissolved oxygen was 2.40 and its pH was 4.12. Applying both, the effective dose is 0.5g, achieving a removal of 99.82%, with respect to dissolved oxygen and pH, they do not comply with the parameters, the 1g dose achieves a 93.5% turbidity removal and the pH complies with the ECA and finally The 1.5g dose achieves a removal of 99.71% but there is an imbalance in dissolved oxygen and pH.

**Keywords:** Removal, turbidity, coagulant.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el crecimiento demográfico viene siendo una causa primordial en la degradación de las riquezas naturales siendo el recurso agua uno de los más afectados debido a que cumple un rol importante para la flora, fauna y los seres vivos (Izquierdo y Verástegui, 2017). Sin embargo, las diversas actividades antrópicas que ocasionan la descarga de efluentes han tenido como respuesta, la contaminación del agua, acrecentando considerablemente los impactos negativos de los recursos hídricos (Escobar, 2002; Vandana, 2004; Bravo, 2017).

Al día de hoy conseguir fuentes de agua es un enigma que tienen que afrontar diferentes países, debido a que cada día se escasea por el abrupto cambio climático que a la fecha vivimos (Chávez, 2018). Es así que el término “agua apta” para el consumo de los seres humanos, seres vivos y agricultura tiene que ser admisible desde una perspectiva estética, en otras palabras, incolora, no debe de tener olor, sabor y ser libre de turbidez. Pero, por lo general, es inusual que las aguas vistas en las quebradas, nacientes u ojos de agua sean de calidad óptima para el consumo humano y los seres vivos, debido a que son aguas contaminadas por diferentes causas, por lo que deben de ser tratadas (Kiely, 1999).

El líquido elemento es esencial para el crecimiento y desarrollo de los seres vivos, dado que; se usan en inmensas magnitudes tales como: consumo humano, ganadería, regadíos a cultivos agrícolas, como también es trascendental en los ecosistemas debido a que pertenece a una parte del ciclo hidrológico (Herrera, 2018).

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2017), señala que el acceso a los recursos hídricos está relacionado fundamentalmente con la calidad de agua, es por ello que la contaminación de agua puede darse por diferentes usos. Los aumentos en las descargas de aguas residuales sin un tratamiento, también como la escorrentía agrícola y por consiguiente aguas residuales industriales sin tratar, han llevado a la degradación de la calidad del agua a nivel mundial. Si los patrones actuales continúan, la calidad del agua se deteriorará en los próximos años, especialmente en países de bajos

ingresos como el continente africano, amenazando aún más la salud de todos los seres vivos. (Manahan, 2007; OMS, 2022).

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), señala que el Perú cuenta con considerables cuencas hidrográficas convirtiéndonos así en uno de los países con más riqueza en recursos hídricos, sin embargo; factores antrópicos y el incremento económico han sido crucial en el aumento de la contaminación y deterioro del recurso hídrico (Jurado, Delgado, y López, 2018).

Otro factor que agrava el problema es la falta de conciencia sobre el uso inadecuado de los recursos hídricos. A su vez, las aguas superficiales (ríos y quebradas) utilizados para agua recreacional, son las que contienen un grado alto de turbidez, por lo tanto, requieren de un tratamiento para reducir este parámetro y llevarlo a los parámetros óptimos establecidos por el Estándares de Calidad Ambiental - ECA (Briones, 2018).

Según la (Administración del Agua el río, 2010); El río Zaña es una cuenca de alto riesgo por la presencia de coliformes fecales y termotolerantes que excede los límites del ECA, también los parámetros fisicoquímicos.

Para ello, hay métodos analíticos y fisicoquímicos que reducen la contaminación, como el uso de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y la piedra de alumbre que son una solución adecuada para el tratamiento de aguas superficiales, el proceso de coagulación actúa principalmente como un encapsulador de coliformes fecales y termotolerantes (Esquivel, 2019).

Según Lozano y Mendoza (2015), evaluaron al mucílago de nopal como un eficaz coagulante natural, con la finalidad de clarificar agua de ríos. Asimismo, Moreno (2016), señala que la piedra de alumbre es un mineral que al tener contacto directo con el agua las partículas suspendidas y disueltas se sedimentan, esto lleva a que el agua se clarifique, minimizando la turbidez y otros parámetros según los estudios que se realizarán.

La calidad del agua depende de la cantidad de contaminantes y factores fisicoquímicos, por eso es importante medir la turbidez, pH, oxígeno disuelto del agua del río Zaña. Para desarrollar este estudio, se formula el siguiente problema: ¿Cuál es el efecto del mucílago de nopal y piedra de alumbre en la remoción de la turbidez de las aguas del río Zaña?

Dicho lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo general: determinar el efecto del mucílago del nopal y piedra de alumbre en la remoción de turbidez de las aguas del río Zaña, departamento de Lambayeque y como objetivos específicos: Analizar la muestra de aguas del río Zaña antes de aplicar el mucílago de nopal y piedra de alumbre, aplicar las dosis de mucílago de nopal y piedra de alumbre a las aguas del río Zaña, analizar la muestra de aguas del río Zaña después de aplicar el tratamiento de coagulantes mucílago de nopal y piedra de alumbre y comparar resultados antes y después de aplicar el mucílago de nopal y piedra de alumbre teniendo en cuenta los ECA de turbidez.

La hipótesis de dicha investigación fue: El uso de mucílago de nopal y la piedra de alumbre reducen significativamente la turbidez en el proceso de coagulación para el tratamiento de las aguas del río Zaña.

## II. MARCO TEÓRICO

Según Cañari y León (2022). En su investigación incluyó un diseño experimental para determinar el porcentaje de reducción de turbidez de (moringa oleífera) y (*opuntia ficus-indica*) en las aguas del arroyo Huaycoloro. Se utilizaron métodos estándar de agua y aguas residuales a través de pruebas de jarras y dispositivos multiparamétricos, utilizando la observación como técnica junto con instrumentación de cadena de custodia y hojas de recolección de datos. El análisis estadístico confirmó que (cactus) redujo la turbidez en un 48,10% a una dosis de 65 mg/L, mientras que moringa oleífera tuvo un desempeño ligeramente más significativo, con una reducción de turbidez de 48,57% a una dosis de 65 mg/L. 40 mg/l. En resumen, el polvo de semilla de Moringa es la mejor opción el cual puede reducir eficazmente los contaminantes.

De acuerdo con Morejón (2017), quien realizó una investigación experimental con el objetivo de optimizar las aguas aptas para recreación de Pusir Grande, provincia de Carchi - Ecuador, utilizando como coagulante el mucílago de tuna, en el cual; fue utilizado en diferentes concentraciones: a. 0%, b. 25%, c. 50%, d. 75% y e. 100% para cuatro repeticiones. Finalmente, se obtuvieron los siguientes resultados: turbidez (5.89 UNT), sólidos disueltos totales (85 mg/L), dureza (63.52 mg/L), potencial de hidrógeno (6.93) y color (15.50 UTC). La dosis óptima sugerida es 75% del agua a tratar, 25% de mucílago de nopal para clarificar el agua y así poder distribuir el agua a los lugares donde se realizan las investigaciones antes mencionadas.

Según Quino (2019), tiene como objetivo evaluar las aguas residuales del río Jillusaya - La Paz - Bolivia, tratadas a diferentes temperaturas con diferentes semillas como: tuna, durazno y cáscara de papa. Para esto, se deben procesar 3 coagulantes vegetales y luego las aguas residuales se tratan por separado utilizando el método de jarras. Como resultado se le adicionaron 45.8 UNT de agua sin ningún tratamiento en efecto del sulfato de aluminio sobre el coagulante. El mejor de estos resultados fue para el sulfato de aluminio a 25 °C con un valor de 0.7 UNT y una remoción de turbidez de 98.4%. Si lo comparamos con los coagulantes vegetales, lo mejor es la cáscara de papa a 19 °C, produciendo así 1.9

UNT y removiendo turbiedad hasta en un 95.8%. En contraste, el coagulante que mostró menor competitividad en la remoción de turbiedad fue el durazno a 25 °C con un valor de 3.28 UNT y 89% de remoción de turbiedad.

Según Martínez, J. (2012). Colombia, Universidad de Cartagena. Realizó un estudio experimental cuantitativo para analizar la efectividad de remover el color y la turbidez del agua purificada usando mucílagos derivados de plantas (*cactus - indica*) usando concentración de coagulante, tiempo, volumen, agitación, etc. pH y fluctuaciones. El objetivo de este estudio fue analizar la dosis de un coagulante aislado de una planta (*Cacti-India*) para reducir el color y la turbidez (sólidos totales disueltos) y evitar la salinidad en el agua tratada. Pero la combinación es más eficaz para prevenir la turbidez, reducir la salinidad, reducir la conductividad y reducir los TDS en comparación con alano.

Al-Saati et al. (2016), realizaron una investigación comparando coagulantes de cactus (*Opuntia spp.*) y coagulantes de alumbre, recolectando muestras todos los meses de agua cruda del canal Al Mashroo en Iraq. Todo ello para determinar en qué mes se administra la dosis óptima junto con otros criterios de ambos coagulantes. Cabe mencionar que el pH del agua cruda está entre 7.73 - 8.20 y la temperatura del agua cruda está entre 13 - 35 °C. Por lo tanto, los resultados mostraron que la eficiencia y la dosificación óptima del alumbre fueron superiores a las del cactus.

Fuentes et al. (2016), realizó un estudio experimental encaminado a evaluar los coagulantes naturales de almidón Oleífera, moringa, alga marina y cactus (*opuntia*) en la potabilización de aguas uso recreacional en el río Cesar ubicado en Caldas - Colombia. Además, se plantea reemplazar el sulfato de aluminio con estos 4 coagulantes como alternativa. Se realizaron pruebas de muestreo durante las estaciones de verano y lluvia, enfocándose en los niveles bajos y altos de turbidez. Los resultados revelaron que el cactus (*opuntia*) demostró una eficiencia de remoción de turbidez del 98,41% en el agua destinada para uso recreacional proveniente del río Cesar. El cactus fue el único coagulante que no requirió ningún pre tratamiento, en contraste con el 88,26% de eficiencia obtenida por la moringa

con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , el 81,14% logrado por las algas marinas con  $\text{CaCl}_2$ , y el 79,73% de remoción de turbidez.

Según un estudio realizado por Villabona et al. (2013), realizaron una encuesta cuyo objetivo fue caracterizar y extraer coagulantes de las chumberas con el fin de identificar los componentes necesarios para apoyar su capacidad de coagulación para eliminar la turbidez en agua cruda utilizando tallos de atún. Durante la investigación, se determinó que el coagulante en polvo sacado del fruto de la tuna era menos ácido. Dado que el coagulante es sólido, se recomienda dispersar uniformemente antes de agregarlo al agua cruda, para no formar sustancias difíciles de disolver en agua.

Según Jiménez et al. (2012), realizaron un estudio utilizando la tuna para evaluar la eficiencia de remoción en aguas del río Humo, donde se compararon con floculantes catiónicos y sulfato de aluminio. Donde las hojas de tuna tuvieron una eliminación de agua artificial que fueron del 94 %, y la hoja de tuna de eliminación del sulfato de aluminio y el floculante catiónico fue superior al 89 %. En resumen, el uso de hojas de tuna como coagulante en aguas con alta turbidez y alcalinidad es efectivo y por lo tanto muy alentador para futuras investigaciones. Pero al mismo tiempo, no es efectivo para remover el color causado por el humus en aguas con baja turbidez y alcalinidad.

Según Tejada (2015), quien realizó un estudio experimental con el objetivo de enriquecer el agua del canal Santa Rosa en el centro de San Antonio de Moquegua utilizando baba de nopal, y para ello se ha diseñado la maceta como método de prueba. El objetivo de este estudio fue determinar la dosis óptima de coagulante (mucílago de nopal) que aclara el agua.

Lozada (2015), realizó una investigación experimental en la ciudad de Trujillo, con el objetivo de evaluar el rendimiento y color de la extracción del mucílago de nopal (*Opuntia ficus - indica*) en cuanto a temperatura y tiempo. Realizó un análisis factorial  $2 \times 3$  completamente al azar con 3 repeticiones, resultando en 18 tratamientos con temperaturas relevantes de 70 y 90 °C, y consideró variabilidad de tiempo de 20; 40 y 60 min, todos para extraer el coagulante del mucílago de nopal. Asimismo, el estudio se basó en determinar el punto de equilibrio de



temperatura y tiempo para lograr el máximo efecto del rendimiento y color del mucílago de nopal. En base a los datos mostrados anteriormente, los resultados en cuanto a las propiedades de del mucílago de nopal fueron los tratamientos utilizados para la elaboración de las muestras de 70 °C en un tiempo de 60 min, con un rendimiento de 1,9% por parte del coagulante.

Quispe (2012), desarrolló un estudio aplicado para probar la efectividad del mucílago de nopal como coagulante en la remoción y de grado de aguas residuales del río Uchusuma en Tacna. Donde se extrae el mucílago del achiote de dos formas: fresca y seca. El primer método consiste en mezclar 100 g de mucílago de nopal con 300 ml de agua destilada en un tubo de ensayo durante un tiempo determinado de unas 16 horas. Para el segundo método de obtención de nopal seco, se realiza la molienda, maceración que consiste en la separación líquido - sólido, filtración y secado. Finalmente, los resultados obtenidos en la primera forma se refieren a una eliminación de turbidez del 95,39% en la primera dosis y del 41,10% si lo comparamos con la segunda forma. Se puede verificar que el nopal fresco es más efectivo que el nopal seco en la limpieza de la clarificación de las aguas del río Uchusuma.

De igual forma, la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), 2014 señaló que, debido a la preocupación ambiental, las operaciones de fiscalización ambiental han sido priorizadas en la gestión de los recursos hídricos residuales entre las entidades de fiscalización ambiental de los distintos gobiernos distritales y provinciales del país. Los problemas que atraviesa Perú se relacionan con la cobertura y calidad de los servicios de alcantarillado en el país. Si consideramos el tratamiento de estos, sólo el equivalente al 69,6% de las áreas urbanas peruanas es atendido por 50 empresas prestadoras de servicios (EPS). Además, sólo el 32% de los 2,2 millones de m<sup>3</sup> de aguas residuales que fluyen a través de las plantas de tratamiento en todo el país se tratan completamente antes de su uso.

Alcázar (2015), en Bolivia menciona que un coagulante natural extraído de la penca de Nopal como una alternativa al tratamiento convencional. La metodología utilizada consistió en recolectar 10 pencas de la materia prima, limpiarlas y pelarlas.

Posteriormente, se cortaron en segmentos de 1 cm de ancho, 1 cm de espesor y 6 cm de largo, y se secaron a una temperatura de 60°C durante 48 horas. Luego, se molió la penca seca y se extrajo el coagulante mediante un proceso sólido-líquido utilizando extracción Soxhlet durante 4 horas, usando etanol de 96% como solvente. El coagulante extraído se secó y pulverizó. Como resultado, se encontró que el coagulante en polvo obtenido de la penca de nopal (*Opuntia ficus-indica*) logró una eficiencia de remoción promedio satisfactoria, oscilando entre el 93.15% y 90.82%

Según Caldera et al (2011) en su publicación “Eficiencia del Sulfato de Aluminio en el Tratamiento de Residuos Avícolas”, señalando que el coagulante en este caso, sulfato de aluminio (SA). Eliminó DQO, A y G, TSS, SSV, color y turbidez 63–5 %, hasta 93,6 %. La mejor concentración de SA fue de 300 mg/L, que logró más del 74% de remoción de A y G, DQO, TSS y SSV. Así, también se encontró que el porcentaje de remoción fue de 77.09% en el primer tratamiento, 85.76%, lo que mostró que se obtuvo una mayor tasa de reducción. Del mismo modo, Caldera et al. (2011) logran obtener un rendimiento de remoción de 83 - 96% en su investigación. Villabona et al en Colombia (2013) también mencionan que eliminó el 70% de la turbidez del agua cruda con alta turbidez inicial y Alcázar en Bolivia (2015) mostró una reducción porcentual promedio de 90,82% a 93,15%.

Lassoued et al (2018). Investigaron el efecto de las condiciones operativas sobre la eficiencia del proceso de polinización de las hojas del cactus tunecino (*Opuntia ficus indica*). Estudiaron un modelo de agua turbia utilizando arcillas fibrosas como la paligorskita de 50 NTU a 500 NTU; evaluaron la turbidez inicial, el pH, el tamaño de las partículas, el peso del coagulante adsorbente agregado, el método de tratamiento del nopal, velocidad de agitación y tiempo de sedimentación para evitar turbidez. Demostraron que para muestras con turbidez inicial entre 20 NTU y 200 NTU, el pH óptimo para una eliminación del 60% era 10, la dosis óptima era de aprox. 50 mg/L, la velocidad de agitación óptima fue 75 rpm y los tiempos de precipitación favorables son 75 min, 30 min y 60 min.

Asnam, A., Aouabed y Bouras (2017), evaluaron la eficacia de un nuevo biofloculante, no contaminante y económico utilizando diferentes pruebas a partir de una rama natural existente de cactus (*Opuntia Ficus Indica*). Los resultados muestran de manera clara que lograron la mayor reducción de turbidez para el agua sintética en relaciones de volumen muy bajas (floculante de gel/muestra de agua), aumentando el volumen de gel por litro de muestra de 0,025 a 0,8 ml. A 25 °C, la tasa de reducción de turbidez alcanzó el 99,56 %. En todo el rango de pH de prueba de 2~12, la turbidez residual fue de 0,67 NTU, que fue una tasa de reducción muy alta. La turbidez residual cumplió con el estándar sin ningún problema, afectado por el pH.

Dargo Beyene et al (2016), realizaron un estudio comparativo de polvo de cactus, alumbre y sus combinaciones en el análisis fisicoquímico de muestras de agua como TDS, pH, conductividad, salinidad y turbidez durante pruebas anuales; los resultados mostraron que a medida que la cantidad de polvo rojo y polvo de alumbre rojo aumentaba de 0,50 g a 3,50 g, la tasa de eliminación de las muestras de agua turbia aumentaba del 23,9 % al 58,2 %. Los niveles de sal utilizados fueron 0,4–0,69 % y 0,39 %. Cuando se aumentaron las dosis de polvo rojo y alumbre de 0,50 g a 3,50 g, respectivamente, los resultados mostraron que el polvo rojo retuvo los TDS (sólidos disueltos totales) y eliminó la sal con mayor eficacia. Pero la combinación es más eficaz para prevenir la turbidez, reducir la salinidad, reducir la conductividad y reducir los TDS.

El estudio de Quispe (2012), refiere a la aplicación de *Opuntia ficus-indica* para aclarar que en aguas del río Uchusuma. Como método, la investigación fue aplicada y experimental; para extraer el barro de nopal, se obtuvo fresco y seco; Se utilizaron seis vasos para evaluar la coagulabilidad natural. Precipitación por dos litros de muestra de río usada 1, 2, 4, 6, 7 y 8 (ml/2L) partes de barro fresco; después Mediciones de nivel de turbidez, pH, temperatura y color. Según los hallazgos del estudio, se especifica que el uso de baba vegetal fresca mejora la eficiencia de remoción antes mencionada, demostrando que la turbidez alto se logró una disminución de 95.39 %, mientras que a valores más altos se logró una turbidez baja a 92,36 %.

Nopal (*Opuntia ficus-indica*), es una cactácea, esto fue propuesto por Tournefort en 1700 porque se parece a una planta espinosa que se puede encontrar en Orfeo, Grecia. Ha sido utilizada desde la antigüedad, principalmente por la cultura azteca, por el carácter agroclimático de esta planta. El achiote actualmente tiene diferentes usos, como alimento animal o en medicina, debido a sus propiedades terapéuticas y nutricionales. Además, se ha estudiado el uso del bichito en la producción de biogás y el tratamiento de aguas residuales. (Gianina, 2023).

Quispe (2012), menciona que el producto del mucilago de nopal es un hidrocoloide llamado mucílago, el cual es considerado un polisacárido fibroso que es capaz de formar redes moleculares que pueden retener una cantidad importante de agua. Este pegamento vegetal es considerado una goma, además de encontrarse especialmente en los cladodios del higo, también es considerado una neurona de 55 sacáridos de alto peso molecular. Indica la eficacia de la coagulación de sustancias en suspensión (naturales o residuales) en agua.

Piedra de alumbre (sulfato de aluminio) es el coagulante químico más comúnmente utilizado para la clarificación del agua porque puede eliminar entre el 90% y el 99% de los microorganismos cuando se usa en condiciones óptimas (Miller et al., 2008). Sin embargo, a largo plazo puede tener efectos sobre la salud como cáncer, Alzheimer y enfermedades óseas, por lo que la concentración de aluminio en el agua destinada al consumo humano debe ser inferior a 0,1 mg/L.

Coagulación Aguilar et al (2002), este proceso se encarga de neutralizar los sólidos en suspensión en el agua, manteniendo este ambiente inestable, favoreciendo su aglomeración y posterior sedimentación, eliminando así las sustancias en suspensión estables presentes en el agua.

La turbidez es un indicador físico de la calidad del agua, porque el agua pierde su transparencia por la presencia de partículas en suspensión. Según Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) 2004, es producto de la presencia de minerales no metálicos en suspensión.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

Esta investigación fue de aplicación cuantitativa, por lo que sus aportes están relacionados con la interpretación de algunos componentes de la realidad, por lo que es una facultad de una disciplina determinada, Hernández et al (2015).

El diseño de esta investigación fue de tipo experimental, porque permite el manejo premeditado de variables (Sampieri *et al.*, 2016) como por ejemplo los coagulantes, el mucílago de nopal y la piedra de alumbre, que corresponde a la disminución de diferentes parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas según la aplicación de los coagulantes antes mencionados.

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable independiente:** Efecto del mucílago de nopal y piedra de alumbre.

Definición conceptual: El mucílago de nopal, contiene compuestos que sirven como coagulante con la finalidad de remover la turbidez en aguas contaminadas (Ortiz y Astudillo, 2013). La piedra de alumbre es el coagulante y mineral sin componentes tóxicos el cual contiene sulfato de aluminio y sales potásicas. (Chingay y Ortiz, 2018)

Definición operacional: Se aplicaron diversas dosis de ambos coagulantes (mucílago de nopal y piedra de alumbre) en un tiempo establecido, a través del método de jarras para minimizar la turbidez de las aguas del río Zaña.

Dimensiones: Turbidez final aplicando mucílago de nopal y turbidez final aplicando piedra de alumbre.

Indicadores: Turbidez, oxígeno disuelto, pH.

Escala de medición: ordinal

**Variable dependiente:** Remoción de la turbidez de las aguas del río Zaña.

Definición conceptual: La turbidez indica el grado en que el agua pierde transparencia debido a las partículas en suspensión.

Cuando hay más sólidos suspendidos en el agua, el agua parece más oscura, lo que aumenta la turbidez. (MINAM, 2017)

Definición operacional: Con el método de jarras que se usó con los coagulantes permitió una turbidez menor a la inicial en las aguas del río Zaña.

Indicadores: Turbidez

Dimensión: concentración de NTU

Escala de medición: Ordinal

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población es el total de las aguas del río Zaña, que se encuentra en la siguiente coordenada UTM Zona: 656484.023E 9233775.428N 17M Altura: 62.9M

- **Criterios de inclusión:** aguas provenientes río Zaña, a la altura del puente colgante del distrito de Zaña.
- **Criterios de exclusión:** aguas no provenientes del río Zaña.

#### **Muestra**

En esta investigación se contempló una muestra de 11L del agua del río Zaña que serán consideradas para el análisis correspondiente.

#### **Muestreo**

Es un método de obtención de muestra por criterios o fórmulas estadísticas, en nuestro caso utilizamos una muestra sistemática no probabilística por conveniencia que nos permite elegir una muestra de la misma cuando esté disponible, es decir la muestra utilizada en el estudio. Elegido porque está

fácilmente disponible y porque se sabe que pertenece a la población de interés y no porque se utilizaron criterios estadísticos (Arias y Covinos, 2021).

Donde se realizó el muestreo de las aguas provenientes del río Zaña aplicando el protocolo para el seguimiento de la calidad de los recursos hídricos superficiales (R.J. N° 010-2016-ANA), las muestras de agua recolectadas fueron a la altura del puente Zaña – distrito de Zaña.

### **Unidad de análisis**

La unidad de análisis fue de 500 ml equivalente a ½L para esta investigación.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la técnica se usó el método de la observación, que nos ayudó en el proceso de esta investigación sobre muestreo de agua contaminada del río Zaña, para ello fueron sometidos a tratamientos de coagulación para minimizar la turbidez. Para todo esto, se tuvo en consideración los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

Para el instrumento se empleó 4 registros de recolección de datos en donde se detalla en la tabla.

**Tabla 01.** *Registros de recolección*

| <b>REGISTROS DE RECOLECCIÓN</b> |  |
|---------------------------------|--|
| <b>N° 01</b>                    | Registro del lugar donde se recolecto las muestras de aguas contaminadas                       |
| <b>N° 02</b>                    | Datos de muestreo de las aguas del río Zaña contaminadas                                       |
| <b>N° 03</b>                    | Los primeros parámetros fisicoquímicos de las aguas del río Zaña                               |
| <b>N° 04</b>                    | Turbidez final aplicando el mucílago de nopal y piedra de alumbre como proceso de coagulación. |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Procedimientos

Para este proceso, se desarrolló desde el punto de partida de ejecución de la faceta experimental hasta la parte final de la presente investigación, detallado en la figura 1.

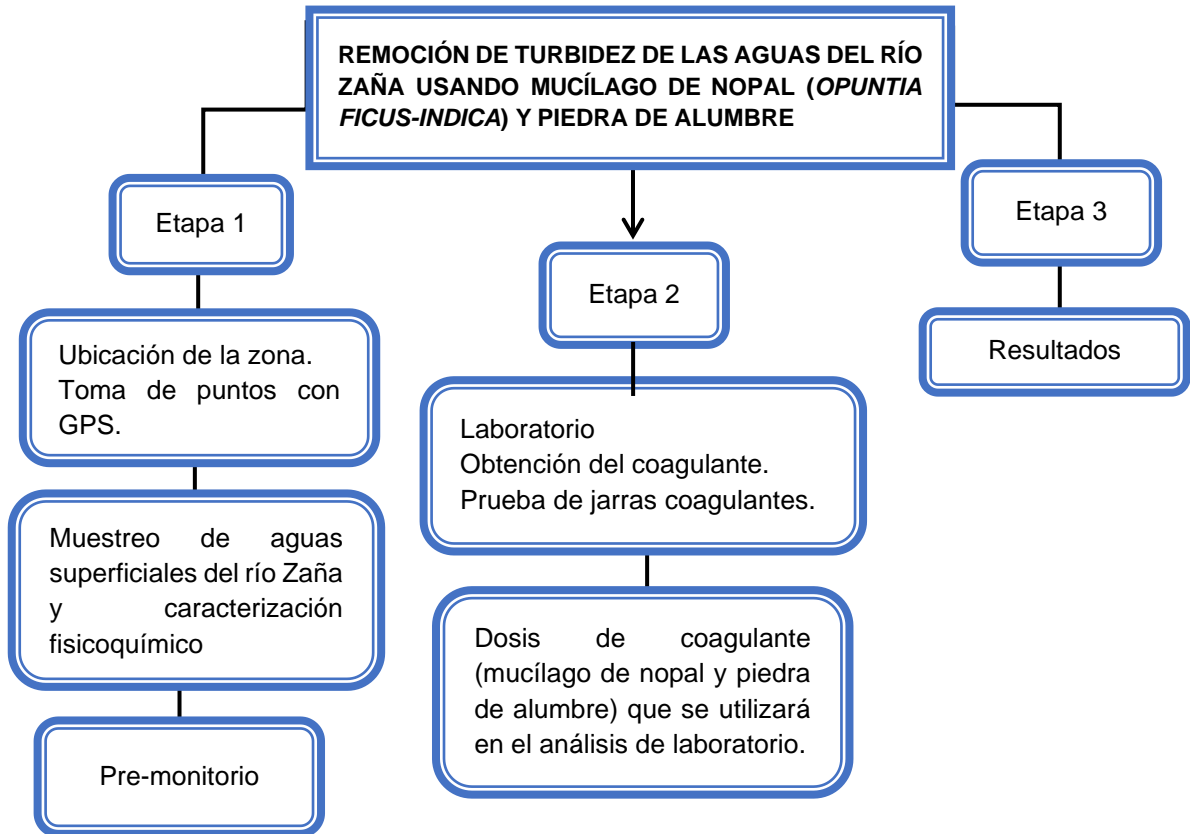


Figura 1. Diagrama de investigación

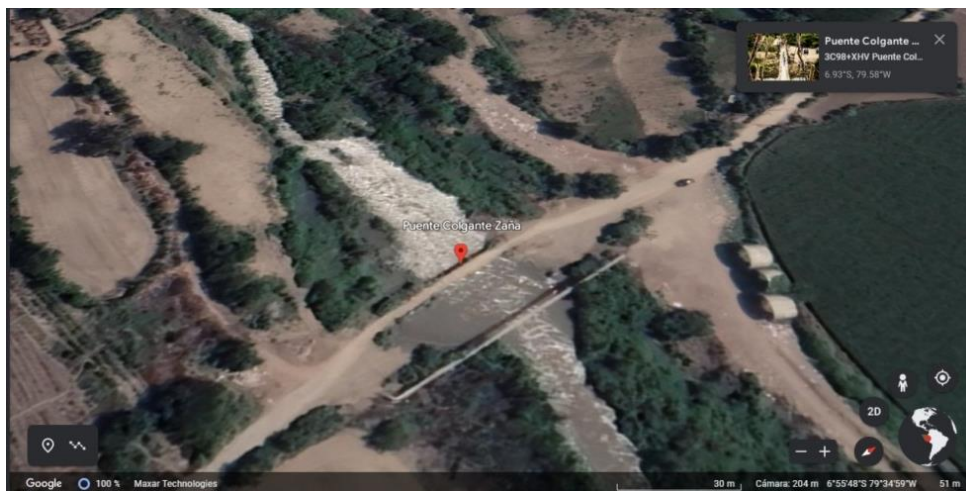
Fuente: Elaboración propia.



- **ETAPA 1: Etapa de campo**

**Ubicación de la zona de muestreo de las aguas del río Zaña.**

Los puntos donde se tomaron las muestras se encuentran ubicados en el río del distrito de Zaña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque como podemos observar en la figura 2. Para el cual utilizamos la herramienta digital Google Eart Pro. También se detalló las coordenadas de los puntos específicos donde se tomaron las muestras de agua contaminada del río Zaña.



*Figura 2. Ubicación Geográfica del río Zaña*

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 02. Coordenadas de la zona de estudio**

| Nombre   | Coordenadas UTM |           | Altitud<br>m.s.n.m | Referencia         |
|----------|-----------------|-----------|--------------------|--------------------|
|          | NORTE           | ESTE      |                    |                    |
| Río Zaña | 6°55'44" S      | 79°34'59W | 450                | Puente<br>Colgante |

Fuente: Elaboración propia

## **Muestreo de aguas superficiales del río Zaña y caracterización físico – Etapa Inicial**

El muestreo de las aguas del río Zaña según lo establecido, se realizó a la altura del puente colgante de Zaña, perteneciente al distrito de Zaña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque considerando lo establecido en la técnica del monitoreo de la calidad del agua superficial (R.J. N° 010-2016-ANA) (ANA, 2016).

### **Pre-monitoreo**

El muestreo se realizó en un lugar preestablecido, el mismo que nos ayudó a precisar la condición del agua. Para lo cual se necesitó de los siguientes materiales:

**Materiales:** 2 baldes de plástico de 4 y 10 litros limpios y transparentes que tenga las medidas referidas. Para tener a una temperatura adecuada las muestras de agua, se requieren frascos de plástico y vidrio ámbar de 500 ml, pipetas, refrigerantes (ice pack) y refrigerantes grandes. Por lo general las muestras de agua son válidas hasta en 24 horas para realizar los diferentes estudios en el laboratorio.

**Equipos:** GPS, multiparámetro y cámara fotográfica. Soluciones y reactivos: agua destilada y solución estándar.

**Equipos de protección personal (EPP):** Indumentaria de protección: guantes descartables, botas de jebe cortas, mascarilla y guardapolvo. Para ambas investigadoras.

### **Monitoreo**

Para recolectar la muestra se utilizó una botella de polietileno, esterilizada.



*Figura 3. Recolección de muestra de agua del río Zaña*

Fuente: Elaboración propia

### **Caracterización del agua superficial muestreada**

El análisis fisicoquímico de la muestra de agua del río Zaña se realizó en el laboratorio de la Universidad César Vallejo – Chiclayo, todo esto con el objetivo de obtener la turbidez inicial.

La toma de muestra se realizó de acuerdo al protocolo nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, dentro de ello los parámetros a medir son:

Turbidez, pH, oxígeno disuelto.

### **Obtención del mucílago de nopal y piedra de alumbre**

Se obtuvo el nopal, en el cual se recolectó en el mercado modelo la provincia de Chiclayo, distrito de Zaña, que serán lavados para eliminar los rastros de tierra y las púas, para luego extraer el mucílago de nopal para realizar la presente investigación utilizamos 5 kg de nopal. También la piedra de alumbre se encontró en las diferentes farmacias y mercados de la ciudad.

- **ETAPA 2: Laboratorio**

### **Obtención del coagulante (mucílago de nopal y piedra de alumbre)**

El nopal fue pelado, extrayendo la capa de la cutícula y obteniendo el mucílago de nopal, el cual; pasó a secarse en un horno por 48 horas a 50 °C., (recomendable). Y para romper los cristales, se utilizó el método de pulverizado de piedra de alumbre después de determinar la dosificación ideal de piedra de alumbre.



Figura 4. Coagulante obtenido del mucílago de nopal

Fuente: Elaboración propia

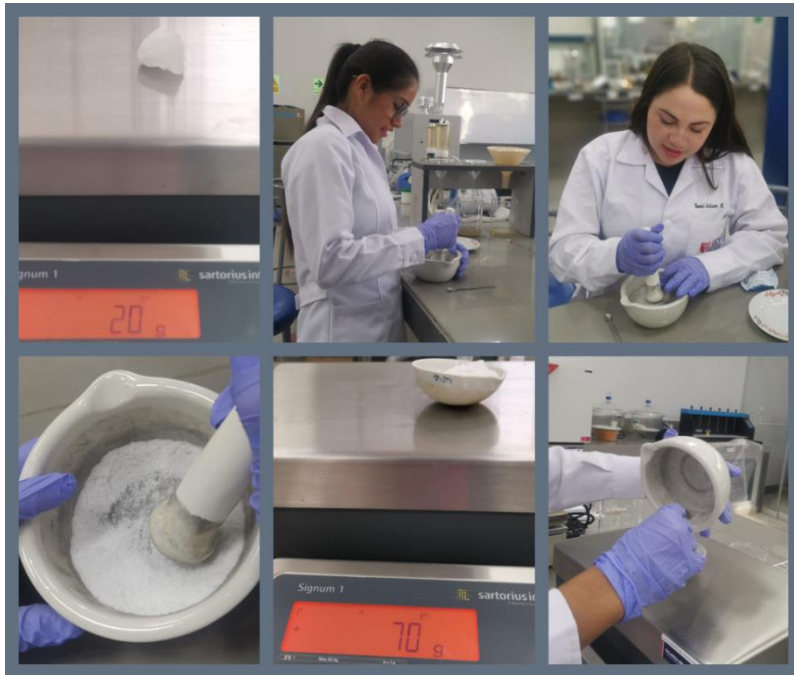


Figura 5. Coagulante obtenido de piedra de alumbre

Fuente: Elaboración propia

### Prueba de jarras coagulantes (mucílago de nopal y piedra de alumbre)

Para ello, se evaluó la efectividad que tienen los coagulantes mucílago de nopal y la piedra de alumbre, en donde se utilizó la muestra de agua superficial del río Zaña a la altura del puente colgante perteneciente al distrito de Zaña. Se empleó el método de jarras guiándonos de la normativa ASTM D2035.

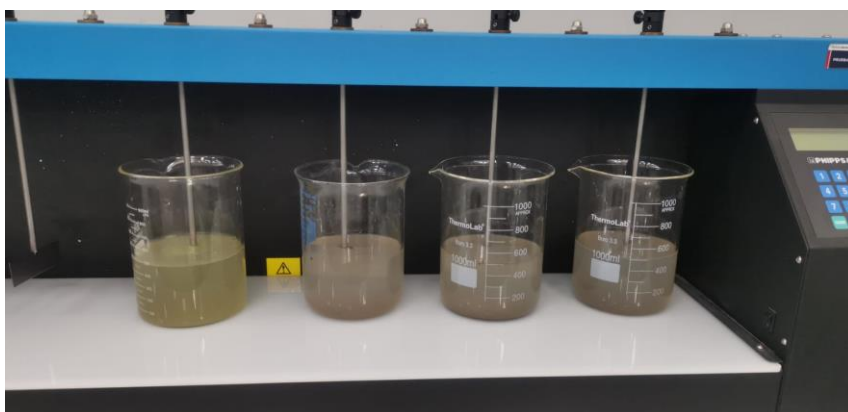


Figura 6. Prueba de jarras aplicando las dosis de los coagulantes

Fuente: Elaboración propia

**Dosis de coagulante (mucílago de nopal y piedra de alumbre) que se utilizará en el análisis de laboratorio**

**Tabla 03.** *Dosis del mucílago de nopal y piedra de alumbre*

| <b>Dosis de coagulantes</b> | <b>Tipo de coagulante</b> |
|-----------------------------|---------------------------|
| 0.5 g                       | Mucílago de Nopal         |
| 1g                          | Piedra de Alumbre         |
| 1.5g                        | Ambos                     |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 7.* Dosis del coagulante mucílago de nopal y piedra de alumbre

Fuente: Elaboración propia



Figura 8. Dosis para la aplicación de ambos coagulantes

Fuente: Elaboración propia

- **ETAPA 3: Resultados**

### Remoción de la turbidez

Después de tratar los coagulantes de mucílago de nopal y piedra de alumbre, se usó la siguiente ecuación para determinar la disminución de la turbidez del agua superficial del río Zaña:

$$\% \text{ de disminución de turbidez} = 1 - tf/ti \times 100$$

Dónde:

*ti*: Turbidez inicial del agua superficial del río Zaña (UNT)

*tf*: Turbidez final del agua superficial del río Zaña (UNT)

### 3.6. Método de análisis de datos

Los datos que se obtuvieron al final de la investigación fueron trabajados en la hoja de cálculo Excel de Microsoft Office. Se realizó en tablas donde se tabularon los resultados con respecto a la turbidez inicial y turbidez final después de la aplicación de los coagulantes (mucílago de nopal y piedra de alumbre).

### **3.7. Aspectos éticos**

Al terminar esta investigación se constató el porcentaje de plagio mediante el filtro de plagio turnitin, que tiene la Universidad César Vallejo, respetando el porcentaje mínimo. Además, la evaluación para la aprobación de dicha investigación tuvo la evaluación periódica del docente del curso. También se parafrasean antecedentes de autores que han realizado diversos estudios relacionados con esta investigación. Asimismo, enfatizando la ética profesional que la universidad en donde estudiamos nos inculca a través de los diferentes profesores que nos han enseñado en los diferentes ciclos de nuestra carrera.



## IV. RESULTADOS

Para la realización de esta investigación se siguió los objetivos específicos propuestos:

4.1. Analizar la muestra de aguas del Río Zaña antes de aplicar el mucílago de nopal y piedra de alumbre.

**Tabla 04.** *Características físicas del agua*

| Parámetros medidos | Valores obtenidos |
|--------------------|-------------------|
| Turbidez           | >1000             |
| Oxígeno disuelto   | 2.89 ppm          |
| pH                 | 7.90              |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla encontramos que la turbidez se encuentra superando los 1000 NTU, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para agua de uso recreacional.

4.2. Aplicar las dosis de mucílago de nopal y piedra de alumbre a las aguas del río Zaña.

**Tabla 05.** *Concentración de dosis del mucílago de nopal y piedra de alumbre*

| Concentración de dosis de mucílago de nopal y piedra de alumbre |            |           |            |             |
|---|------------|-----------|------------|-------------|
|   | Tiempo     | Replica I | Replica II | Replica III |
| 200 revoluciones  | 30 minutos | 0.5g      | 1g         | 1.5         |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En esta tabla se aplicaron las dosis de mucílago de nopal y piedra de alumbre utilizando la prueba de jarras para analizar la efectividad de nuestros coagulantes mediante 3 repeticiones con diferentes dosis a 200 revoluciones y

por 30 min.

4.3. Analizar la muestra de aguas del río Zaña después de aplicar el tratamiento de coagulantes mucílago de nopal y piedra de alumbre.

**Tabla 06.** *Análisis físicos después de aplicar mucílago de nopal*

| Dosis de Mucílago de Nopal | Turbidez | Oxígeno disuelto | pH   |
|----------------------------|----------|------------------|------|
| 0.5 g                      | 85.5     | 2.30             | 4.45 |
| 1 g                        | 94.4     | 5.20             | 7.33 |
| 1.5 g                      | 146      | 2.42             | 7.43 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla se muestra la efectividad del mucílago de nopal teniendo en cuenta la dosis que logró mayor efectividad es la de 1 g ya que se encuentra dentro de los parámetros de los ECA de aguas superficiales de uso recreacional, así mismo el comportamiento de cada uno de ellos fue diferente de acuerdo a las dosis aplicadas, en donde se puede observar que el tratamiento de 0.5 g cumple el parámetro de turbidez con una remoción de 91.5% y con respecto al pH y oxígeno disuelto no se encuentra dentro de los parámetros y por último tenemos la dosis de 1.5 g que lograr únicamente estabilizar el pH a 7.43.

**Tabla 07.** *Análisis físicos después de aplicar piedra de alumbre*

| Dosis de piedra de alumbre | Turbidez | Oxígeno disuelto | pH   |
|----------------------------|----------|------------------|------|
| 0.5 g                      | 126      | 2.40             | 4.44 |
| 1 g                        | 33.5     | 2.40             | 4.12 |
| 1.5 g                      | 48.8     | 2.41             | 4.04 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla se muestra cómo actúa la piedra de alumbre en la remoción de turbidez logrando hasta un 96.65% con una dosis de 1 g, pero se tiene una ineficiencia en los otros parámetros como es oxígeno disuelto y pH, para una dosis de 0.5 g no cumple con ningún parámetro, y para una dosis de 1.5 g hay una remoción de 95.12% de NTU, pero los parámetros como oxígeno disuelto y pH no están dentro de los parámetros de los ECA.

**Tabla 08.** *Análisis físicos después de aplicar ambos coagulantes*

| Tipo de coagulante                    | Dosis | Turbidez | Oxígeno disuelto | pH   |
|---------------------------------------|-------|----------|------------------|------|
| Mucílago de nopal y piedra de alumbre | 0.5 g | 1.79     | 2.45             | 5.13 |
|                                       | 1 g   | 65.0     | 2.53             | 6.60 |
|                                       | 1.5g  | 2.86     | 2.51             | 4.13 |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Así mismo se detalla cómo actúan ambos coagulantes detallándose en la dosis de 0.5 g que logra una remoción de turbidez del 99.82%, pero con respecto al oxígeno disuelto y al pH no cumplen con los parámetros, de la misma manera para la dosis de 1 g se logra obtener un 93.5% de remoción de turbidez y con el pH que cumple los ECA y finalmente la dosis de 1.5 g logra una remoción de turbidez del 99.71 % pero hay un desequilibrio en oxígeno disuelto y pH.

4.4. Comparar resultados antes y después de aplicar el mucílago de nopal y piedra de alumbre teniendo en cuenta los ECA de turbidez.

**Tabla 09. Resultados antes de aplicar los coagulantes**

| Parámetros medidos | ECA   | Valores obtenidos |
|--------------------|-------|-------------------|
| Turbidez           | 100   | >1000             |
| Oxígeno disuelto   | ≥5    | 2.89 ppm          |
| pH                 | 6 – 9 | 7.90              |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10. Turbidez final después de aplicar los coagulantes**

| Dosis | Mucílago de nopal | Piedra de alumbre | Ambos coagulantes |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0.5g  | 85                | 126               | 1.79              |
| 1g    | 94.4              | 33.5              | 65.0              |
| 1.5g  | 146               | 48.8              | 2.86              |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Por lo tanto, en esta tabla se da a conocer la efectividad en el parámetro de turbidez en donde la turbidez inicial es >1000 y teniendo en cuenta los Estándares de Calidad Ambiental para aguas superficiales de uso recreacional la más efectiva es de ambos coagulantes logrando remover hasta un 99.82%. que corresponde a 1.79 NTU.

**Tabla 11. Oxígeno disuelto final después de aplicar los coagulantes**

| Dosis | Mucílago de nopal | Piedra de alumbre | Ambos |
|-------|-------------------|-------------------|-------|
| 0.5g  | 2.30              | 2.40              | 2.45  |
| 1g    | 5.20              | 2.40              | 2.53  |
| 1.5g  | 2.42              | 2.41              | 2.51  |

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Así mismo para el parámetro de oxígeno disuelto la dosis más eficiente es la de mucílago de nopal de 1 g, obteniendo como OD inicial de 2.89 ppm y la final de 5.20 ppm, y según los ECA de aguas superficiales para uso recreacional debe ser  $\geq 5$ , a diferencia de las otras dosis que ninguna cumple con este parámetro ya que se ve como disminuye la cantidad de OD en el agua.

**Tabla 12.** *pH final después de aplicar los coagulantes*

| Dosis | Mucílago de nopal | Piedra de alumbre | Ambos |
|-------|-------------------|-------------------|-------|
| 0.5g  | 4.45              | 4.44              | 5.13  |
| 1g    | 7.33              | 4.12              | 6.60  |
| 1.5g  | 7.43              | 4.04              | 4.13  |

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En la tabla se especifica como el potencial de hidrógeno (pH), tiene un valor inicial de 7.90 y según los ECA para aguas superficiales de uso recreacional debe ser de 6-9, teniendo en cuenta esto se detalla que las dosis más eficientes son de 1 g y 1.5 g de mucílago de nopal y de ambos logrando así mantener el pH de 6.6 a 7.43 mientras que la dosis de 0.5g de piedra de alumbre presenta un pH ácido no apto para uso recreacional.

## V. DISCUSIÓN

En este estudio, los análisis de laboratorio previos a la experimentación determinaron que el río Zaña ubicado en el distrito de Zaña departamento de Lambayeque tenía una turbidez alta que supera los ECA de agua para uso recreacional, siendo así la turbidez inicial de  $>1000$  y de oxígeno disuelto de 2.89 ppm, y un pH de 7.9, es por ello que Quispe (2012) menciona mucílago de nopal, es un producto hidrocoloide llamado mucílago, al encontrarse especialmente en los cladodios del higo, también es considerado una neurona de 55 sacáridos de alto peso molecular lo que indica la eficacia de la coagulación de sustancias en suspensión.

Además, que la piedra de alumbres el coagulante químico más utilizado para la clarificación del agua porque puede eliminar entre el 90% y el 99% de los microorganismos cuando se usa en condiciones óptimas (Miller et al., 2008). Sin embargo, a largo plazo puede tener efectos sobre la salud como cáncer, Alzheimer y enfermedades óseas, por lo que la concentración de aluminio en el agua destinada al uso recreacional debe ser inferior a 0,1 mg/l. es por ello que se debe reemplazar con un coagulante natural ya mencionado.

En el caso de Morejón (2017), quien realizó una investigación experimental con el objetivo de optimizar las aguas aptas para recreación de Pusir Grande, provincia de Carchi - Ecuador, utilizando como coagulante el mucílago de tuna, en el cual; usó un método sencillo al momento de obtener el mucílago agregándole directamente al agua y no uso el método de pulverizado, en la que fue utilizado en diferentes concentraciones, para 4 repeticiones, finalmente, se obtuvieron los siguientes resultados: turbidez (5.89 UNT), potencial de hidrógeno (6.93), de mucílago de nopal para clarificar el agua.

Por su parte Fuentes et al. (2016), realizó un estudio más sofisticado ya que uso un método de pulverizado de mucílago, para agregarlo directamente al agua contaminada donde evaluó los coagulantes naturales de almidón Oleífera, moringa, alga marina y cactus (opuntia) en la potabilización de aguas para uso recreacional en el río Cesar ubicado en Caldas – Colombia, donde plantea reemplazar el sulfato de aluminio con estos 4 coagulantes como alternativa, los resultados revelaron que

el cactus (opuntia) demostró una eficiencia de remoción de turbidez del 98,41% en el agua destinada para uso recreacional proveniente del río Cesar. El cactus fue el único coagulante que no requirió ningún pre tratamiento, en contraste con el 88,26% de eficiencia obtenida por la moringa con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , el 81,14% logrado por las algas marinas con  $\text{CaCl}_2$ , y el 79,73% de remoción de turbidez.

Por lo contrario, en el estudio de Quispe menciona que se obtuvo una mejor eficiencia en remoción de turbidez mediante el barro de nopal obteniendo como resultado un 95.39% a diferencia de nuestra investigación en la cual se obtuvo mejor remoción en turbidez con el coagulante de mucílago de nopal que muestra un 99.82%.

La tabla 06 muestra la efectividad del mucílago de nopal teniendo en cuenta que para 0.5g tuvo una remoción de turbidez de 91.5%, el comportamiento de cada uno de ellos fue diferente ya que de oxígeno disuelto tiene 2.30 ppm y como pH a 4.45 en el caso de aplicación de 1g fue distinto ya que logró remover una turbidez 85,6% de NTU, así mismo varió en el oxígeno disuelto teniendo una cantidad de 2.89 a 5.20 ppm y por ultimo un pH de 7.90 a 7.33 y por último 1.5g tuvo un NTU de >1000 a 146, 2.89 ppm a 2.42 ppm de oxígeno disuelto y un pH de 7.90 a 7.43. Quedando como más efectivo un gramo ya que cumple con todos los estándares de calidad ambiental.

De igual forma Asnam, A., Aouabed y Bouras (2017) evaluaron la eficacia coagulante, no contaminante y económica utilizando diferentes pruebas a partir de una rama natural existente de cactus (*Opuntia Ficus Indica*). Los resultados muestran de manera clara que lograron la mayor reducción de turbidez para el agua sintética en relaciones de volumen muy bajas (floculante de gel/muestra de agua), aumentando el volumen de gel por litro de muestra de 0,025 a 0,8 mL. A 25 °C, la tasa de reducción de turbidez alcanzó el 99,56 %.

En cambio, en este estudio el mucílago de nopal a sedimentado altas cantidades llegando a remover de hasta un 90.56% de turbidez y llegando a cumplir con todos los parámetros físicos de agua recreacional. Al analizar las muestras de agua del río Zaña antes de realizar el procedimiento con los coagulantes vimos que el agua estaba con una turbidez >1000 superando los parámetros del ECA.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se analizó las muestras de agua del río Zaña ubicado a altura del puente colgante para obtener la turbidez inicial que fue de  $>1000$  NTU y otros parámetros como es oxígeno disuelto (OD) y el potencial de hidrógeno (pH), donde se detalla que superaban los parámetros del ECA de aguas superficiales para uso recreacional.
2. Al aplicar las dosis de los coagulantes mucílago de nopal y piedra de alumbre que fueron en cantidades de 0.5 g, 1 g, y 1.5 g, se llegó a concluir que son cantidades muy bajas, pero con una capacidad bastante alta para remover turbidez.
3. Al analizar las muestras de agua después de aplicarle las dosis de los coagulantes de mucilago de nopal y piedra de alumbre se llegó a notar que son capaces de remover la turbidez de las aguas del río Zaña, concluyendo que la dosis optima fue de 1g de mucílago de nopal que es un coagulante natural y de bajos costos ya que logró estabilizar todos los parámetros físicos de los ECA de aguas superficiales de uso recreacional y la piedra de alumbre removió hasta un 96.65% con una dosis de 1g, pero no logra estabilizar los otros parámetros.
4. Se comparó los diferentes tratamiento de mucílago de nopal y piedra de alumbre para ver la efectividad de remoción de turbidez también se aplicó ambos coagulantes donde pudimos ver que la turbidez más efectiva fue la dosis de 0.5g que logra una remoción de 99.82% NTU que corresponde a 1.79 NTU; respecto al oxígeno disuelto la dosis eficiente es del mucilago de nopal de 1g obteniendo como inicial 2.89 ppm y la final logra estabilizar con un 5.20 ppm; el pH tiene un valor inicial de 7.90 donde se detalla que las dosis más eficientes es de 1 g y 1.5 g de mucílago de nopal y de ambos logrando así mantener el pH de 6.6 a 7.43.cumpliendo con los ECA requeridos.



## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Utilice este trabajo de tesis como punto de partida para futuras investigación para procesos complementarios como pruebas de sedimentación o filtración mediante la aplicación de coagulación con coagulantes naturales se consideran en estudios posteriores para comprobar la calidad del agua y compararla con la normativa.
2. Realizar inspecciones periódicas en cualquier época del año para conocer panorama físico y químico con el fin de proponer estrategias de gestión y manejo del recurso hídrico.
3. Se recomienda probar nuevas técnicas para eliminar la turbidez con diferentes tiempos y más dosis, y estudiar sus propiedades a otros niveles como la microbiológica y la química.

## REFERENCIAS

Al-Saati, N.H.A., Hwaidi, E.H. & Jassam, S.H. Comparing cactus (*Opuntia* spp.) and alum as coagulants for water treatment at Al-Mashroo Canal: a case study. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 13, 2875–2882 (2016). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/309080289\\_Comparing\\_cactus\\_Opuntia\\_spp\\_and\\_alum\\_as\\_coagulants\\_for\\_water\\_treatment\\_at\\_Al-Mashroo\\_Canal\\_a\\_case\\_study](https://www.researchgate.net/publication/309080289_Comparing_cactus_Opuntia_spp_and_alum_as_coagulants_for_water_treatment_at_Al-Mashroo_Canal_a_case_study)

ALCAZAR, Daniela. Aplicación de un coagulante natural obtenido a partir de la penca de tuna (*Opuntia ficus indica*) para la mejora de la calidad en aguas de consumo en la localidad de Achocalla. Proyecto (Ingeniero químico industrial). Bolivia: Universidad Mayor De San Andrés, 2015. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/9335>

ANA, *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima: s.n., 2016. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/normatividad/rj-no-010-2016-ana-0>

ANTOV, M.G.; ŠĆIBAN, M.B.; PETROVIĆ, N.J. 2010. Protein from common bean (*Phaseolus vulgaris*) seed as a natural coagulant for potential application in water turbidity removal. *Biores. Techn.* 101:2167-2172. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.020>

Mirjana G. Antov; Marina B. Šćiban; Nada J. Petrović (2010). *Proteins from common bean (Phaseolus vulgaris) seed as a natural coagulant for potential application in water turbidity removal.* , 101(7), 2167–2172. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852409015247?via%3Dihub>

Arnal J, García-Fayos B, Sancho M, Verdú G, Lora J, Design and installation of decentralized drinking water system based on ultrafiltration in Mozambique. *Desalination* 2010; 250(2):613-17. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.035>

JM Arnal; B. García-Fayos; M. Sancho; G. Verdú; J. Lora (2010). *Diseño e instalación de un sistema de agua potable descentralizado basado en ultrafiltración en Mozambique.* , 250(2), 613–617. Disponible en: [https://doi:10.1016/j.desal.2009.09.035](https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.09.035)

ASNAM, A., AOUABED, A. y BOURAS, O., Synthesis and application of a new biomaterial based on Opuntia Ficus Indica (cactus) in water treatment. *Algerian Journal of Engineering Research.*, 2017. Disponible en: <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/578/1/1/94951>

BOLTO, Brian. Polímeros solubles en purificación de agua. *Progress in Polymer Science* [en línea]. 1995, vol. 20, n°6. [Fecha de consulta: 24 de agosto del 2020]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0079-6700\(95\)00010-D](https://doi.org/10.1016/0079-6700(95)00010-D)

Bravo Gallardo, M. A. (2017). *COAGULANTES Y FLOCULANTES NATURALES USADOS EN LA REDUCCIÓN DE TURBIDEZ, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, COLORANTES Y METALES PESADOS EN AGUAS RESIDUALES.* UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5609/BravoGallardoMonicaAlejandra2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BRIONES, V.M., Análisis Comparativo De La Disminución De La Turbidez En El Proceso De Floculación Utilizando Un Floculante Comercial Y La Paleta De Tuna. *Universidad Privada del Norte*, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/13840>

Cañari, A. S., & Leon, K. N. (2022). Reducción de turbidez mediante los coagulantes naturales (*Moringa oleifera*) y (*Opuntia ficus-indica*) en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte: <https://hdl.handle.net/11537/33816>

CAMPBELL, D. y STANLEY, J., *Métodos de Investigación.* S.l.: s.n., 2015. Disponible en: <https://knowledgesociety.usal.es/sites/default/files/campbell-stanley->

[disec3b1os-experimentales-y-cuasiexperimentales-en-la-investigac3b3n-social.pdf](#)

CHALCO; Manuel. Determinación de la eficiencia del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río caplina. Tesis (Titulo de ingeniería Química). Tacna: Universidad nacional Jorge Basadre grohmann, 2016. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2463>.

Chama, J. (2017). *Evaluación del poder coagulante del almidón de papa (Solanum tuberosum) Var. Única y el policloruro de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la planta de tratamiento Samegua, Moquegua 2016*. Moquegua - Perú. Disponible en: [https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/202/Jenni\\_Tesis\\_titulo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/202/Jenni_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Chambi, Z. (2018). *Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación - floculación y adsorción*. Puno - Perú. Disponible en: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3277592>

DARGO BEYENE, H., DERBE HAILEGEBRIAL, T. y BATU DIRERSA, W., Investigation of Coagulation Activity of Cactus Powder in Water Treatment. *Journal of Applied Chemistry*, 2016. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/jac/2016/7815903/>

DEMPSEY, B. 2006. Coagulant characteristics and reactions. En: Newcombe, G.; Dixon, D. (Eds.) *Interface Science in Drinking Water Treatment: Theory and Applications*. Arthur Hubbard (Series Editor), *Interface Science and Technology - Vol. 10*, Elsevier, the Netherlands, 5p. Disponible en: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=813401](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=813401)

Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura 50*. CEPAL. Consultado el 04

de Diciembre de 2017. Disponible en:  
<http://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>

Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education. Disponible en:  
[https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n\\_Sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf)

FLATEN, T.P. 2001. Aluminium as a risk factor in Al zheimer's disease, with emphasis on drinking water. *Brain Res. Bull.* 55:187-196. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11470314/>

FLORES Solano, Carlos. Aplicación de un ANOVA bifactorial y modelamiento en el tratamiento por floculación de aguas residuales del camal municipal de Andahuaylas. Tesis (Título en Ingeniería Industrial). Lima: Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Facultad de ingeniería industrial, 2014. 96 pp. Disponible en:  
<https://es.scribd.com/document/361803428/Aplicacion-de-un-ANOVA-bifactorial-y-modelamiento-en-el-tratamiento-por-floculacion-de-aguas-residuales-del-camal-municipal-de-Andahuaylas>

FLÓREZ, Gustavo. Remoción de materia orgánica total en aguas residuales municipales a partir de procesos de coagulación-floculación. *Revista Internacional de Investigación y Docencia* [en línea]. Agosto-octubre 2016, n°4. [Fecha de consulta: 28 de \_\_\_\_ abril de 2018]. Disponible en:  
<http://onlinejournal.org.uk/index.php/riid/article/view/49/46>.

García-Ubaque C, Vaca-Bohórquez M, García-Ubaque J. Factibilidad técnica y de salud pública de la recolección de aguas nieblas: Estudio de caso. *Rev. Salud pública.* (Bogotá). 15 (3):366-373, 2013. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-00642013000300004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642013000300004)

GARZÓN, O. y ROSAS, W., Evaluación de la Planta de Potabilización de agua del municipio de Villamaría AQUAMANA E.S.P. *Universidad Nacional de Colombia*, vol. 34. 2014. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2709>

GÓMEZ, N., Remoción de la materia orgánica por coagulación-floculación. *Universidad Nacional, sede Manizales*, 2014. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2841>

*Opuntia ficus indica* y *Opuntia wentiana*: Estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación de aguas por González Yoalis, Lorena [et al]. Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta, 1 (9): 81-89, Julio 2015. ISSN: 2343-6360. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/341057077\\_Opuntia\\_ficus-indica\\_y\\_Opuntia\\_wentiana\\_estudio\\_comparativo\\_sobre\\_su\\_efectividad\\_como\\_coagulantes\\_en\\_la\\_clarificacion\\_del\\_agua](https://www.researchgate.net/publication/341057077_Opuntia_ficus-indica_y_Opuntia_wentiana_estudio_comparativo_sobre_su_efectividad_como_coagulantes_en_la_clarificacion_del_agua)

HAAROFF, J.; CLEASBY, J. 1988. Comparing aluminum and iron coagulants for in line filtration of cold waters. *J. Am. Water Works Assoc.* 80:168-175. Disponible en: <https://awwa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1551-8833.1988.tb03022.x>

Hernández, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill. Disponible en: <https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). (S. INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) México: MCGRAW-HILL. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

HERRERA, S.A. (2018). Evaluación De La Acción Coagulante De La Semilla De Durazno Y Tallo De Nopal: Aclaración De Aguas Turbias. *Universidad Técnica de Machala*. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12400>

IZQUIERDO, J. & VERÁSTEGUI, S. Concentración de metales pesados (As, Cd, Cr, Hg y Pb) en el agua de la cuenca baja del río Jequetepeque, en relación a los estándares de calidad del agua - categoría 3, Cajamarca - 2016. Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrello. Cajamarca, Perú, 2017. Disponible en:

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAG\\_18d2ae5c2a53756d4c884493759e0ee0](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPAG_18d2ae5c2a53756d4c884493759e0ee0)

Jiménez J; Vargas, M; Quirós, N. Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción del color en agua potable. *Tecnología en Marcha*. Vol. 25, N° 4. Pág. 55-62. 2012. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835667>

JIMENEZ, Joaquín, Vargas, Maricruz y Quiroz, Noemí. Evaluación de la tuna (*Opuntia cochenillifera*) para la remoción de color en agua potable. *Tecnología en Marcha*, 25 (4): 56-62, Marzo 2012. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835667>

JURADO, Mario, DELGADO, Yurley. y LÓPEZ, Karen. Coagulante de origen natural para potabilización del agua, Boletín Informativo CEI, 2018, 5(3): 70 – 72 pp. Disponible en: <http://editorial.umariana.edu.co/revistas/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/1768/1826>.

Katrivesis, Fox. [et al.] Revisiting of coagulation-flocculation processes in the production of potable water. *Journal of Water Process Engineering* [En línea]. 2019, vol. 27. [Fecha de consulta: 22 de agosto del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.12.007>

Katrivesis, FK; Karela, AD; Papadakis, VG; Paraskeva, California (2019). *Revisión de los procesos de coagulación-floculación en la producción de agua potable*. *Revista de Ingeniería de Procesos de Agua*, 27(), 193–204. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214714418306585>

KIELY, G. 1999. Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Vol. II. España. McGraw-Hill. 1331p. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=235126>

LASSOUED, Ben, MILED, G., DJOBBI, B. y BEN HASSEN, R., Influence of operating factors on turbidity removal of water surface by natural coagulant indigenous to Tunisia using experimental design. *Journal of Water Chemistry and*

Technology, pp. 285–290. 2018. Disponible en:  
<https://link.springer.com/article/10.3103/S1063455X18050065>

LOZADA Gaytán, Manuel. Efecto de la temperatura y tiempo de extracción en el rendimiento y color del mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*). Tesis (Título en ingeniería Agroindustrial). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2015. 56 pp. Disponible en:  
<https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/160c61d4-55d9-4adf-a7a1-f1b6bce8882f/content>.

LOZANO, K.P. y MENDOZA, Y.A., El Nopal (*Opuntia ficus-indica*) como coagulante natural complementario en la clarificación de agua. *P y L*, pp. 2-8. 2015. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552015000100004&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-04552015000100004&script=sci_abstract&tlng=es)

MANAHAN, Stanley. Introducción a la química ambiental. 1a. ed. Barcelona: REVERTÉ, 2007. 218 pp. ISBN: 968-6708-60-X. Disponible en:  
<https://es.scribd.com/document/426771836/01-Introduccion-a-La-Quimica-Ambiental-S-E-Manahan>

Massoud M, Al-Abady A, Jurdi M, Nuwayhid I, The challenges of sustainable access to safe drinking water in rural areas of developing countries: Case of zawtar el-charkieh, Southern Lebanon. *J Environ Health*. 2010; 72 (10):24-30. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20556940/>

McCARTHY, J.F.; ZACHARA, J.M. 1989. Subsurface transport of contaminants. *Environ. Sci. Technol.* 23(5):496-502. Disponible en:  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es00063a001>

MILLER, R.G.; KOPFLER, F.C.; KELTY, K.C.; STOBBER, J.A.; ULMER, N.S. 1984. The occurrence of aluminium in drinking water. *J. Am. Water Workers Assoc.* 76:84-91. Disponible en:  
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/download/881/1036?inline=1>

MILLER, Sarah, [et al.] Toward understanding the efficacy and mechanism of *Opuntia spp.* as a natural coagulant for potential application in water treatment.



*Environmental science & technology* [En línea]. 2008, vol. 42, n°12. [Fecha de consulta: 30 de agosto del 2020]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es7025054>.

MINAM, *Glosario Ambiental*. Lima: s.n., 2017. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/9717>

MOLANO; Jazmín. Tratamiento de efluentes de la industria alimentaria por coagulación-floculación utilizando almidón de *solanum tuberosum* L. 'papa' como alternativa al manejo convencional. Tesis (Título profesional de licenciada en biología). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2016. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/911>

FUENTES MOLINA, Natalia; MOLINA RODRIGUEZ, Emiro José and ARIZA, Carla Patricia. Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del  $Al_2(SO_4)_3$  para clarificación de aguas. *Rev. P+L* [en línea]. 2016, vol.11, n.2, pp.41-54. ISSN 1909-0455. Disponible en: <https://doi.org/10.22507/pml.v11n2a4>

MOLINA, N.F. y RODRÍGUEZ, E.J., Coagulantes naturales en sistemas de flujo continuo, como sustituto del  $Al_2(SO_4)_3$ . *Producción + Limpia*, pp. 1-2. 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22507/pml.v11n2a4>

MOREJÓN, Bayro. Utilización del mucílago de tuna (*opuntia ficus-indica*) en el mejoramiento de la calidad del agua recreacional, en la comunidad de Pusir Grande, provincia del Carchi. Tesis (Magíster en Gestión Sustentable de Recursos Naturales). Ecuador: Universidad Técnica Del Norte, 2017. Facultad de Recursos Naturales, 2017. 146 pp. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6621>

OEFA advierte problemática ambiental por déficit de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional [Mensaje en un sitio web]. Lima: OEFA., (24 DE JUNIO DE 2014). [Fecha de consulta: 27 de abril de 2018]. Disponible en: <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-advierete-problematICA-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional/ocac07/>

ORÉ, Adolf. Influencia del sulfato de aluminio y pH en la remoción de la materia orgánica para el tratamiento del agua residual del camal municipal de Chupaca. Tesis (Título de ingeniería química). Huancayo: Universidad nacional del centro del Perú, 2017. Disponible en: [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8903/Irigo%C3%A1nchez\\_Ana\\_Leydi\\_y\\_Monteza\\_Chamaya\\_Pedro\\_Eliezer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8903/Irigo%C3%A1nchez_Ana_Leydi_y_Monteza_Chamaya_Pedro_Eliezer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, Francia. UNESCO. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>

Organización Mundial de la Salud. (2022). El agua. World Health Organization. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55708>

ORTIZ, Á. V. y ASTUDILLO, I.C., Caracterización de la Opuntia ficus-indica para su uso como coagulante natural. *Biotechnology*, pp. 1-7. 2013. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71799/Gaspar\\_CF-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/71799/Gaspar_CF-SD.pdf?sequence=1)

PAIXÃO, Marco, & BALABAN, Rosangela. Application of guar gum in brine clarification and oily water treatment. *International Journal of Biological Macromolecules* [En línea]. 2018, vol. 108. [Fecha de consulta: 25 de agosto del 2020], Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.166>

Quino, P. (2019). *Evaluación de aguas residuales bajo el tratamiento a diferentes temperaturas de coagulación - floculación con semillas de Durazno (Prunus pérsica), Tuna (Opuntia ficus indica) y cáscara de Papa (Solanum tuberosum) del río Jillusaya*. La Paz - Bolivia. Universidad Mayor San Andrés. Disponible en: [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-03042020000100009&lng=es&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-03042020000100009&lng=es&nrm=iso)

QUISPE Jiménez, Haydee. Aplicación del mucílago extraído del nopal (*Opuntia ficus indica*) en la clarificación del agua del río Uchusuma. Tesis (Título en

Ingeniería Química). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Facultad de ingeniería química, 2012. 106 pp. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/529>

SAENZ, Carmen. Utilización agroindustrial del nopal. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006. 146. pp. ISBN: 978-92-5-305518-0. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf>

TAA, N., BENYAHYA, M. y CHAOUCH, M., Using a bio-flocculent in the process of coagulation flocculation for optimizing the chromium removal from the polluted water. *J. Mater. Environ.*, pp. 1581-1588. 2016. Disponible en: [https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol7/vol7\\_N5/174-JMES-1643-Taa.pdf](https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol7/vol7_N5/174-JMES-1643-Taa.pdf)

TARAZONA, Rafael y PEÑA, Diana. Estudio de la remoción de coliformes en aguas naturales utilizando un filtro tipo cartucho empacado con nano compositos de fibras de fique con nano partículas de plata. Tesis (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/142255.pdf>

TEJADA Tumba, Belén. Efecto del coagulante de tuna (*Opuntia ficus - indica*) en la calidad del agua del lado bajo del centro poblado San Antonio distrito de Moquegua en la provincia Mariscal Nieto Región Moquegua 2015. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui, Facultad Ingeniería Ambiental, 2015. 96 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12819/54>

Torres, C., & García, C. (2017). *Agua segura para comunidades rurales a partir de un sistema alternativo de filtración*. Scielo. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.56039>

TRUJILLO, Daniela, [et al.] Remoción de turbiedad en agua de una fuente natural mediante coagulación/floculación usando almidón de plátano. *Revista ION* [En línea]. Junio 2014, vol. 27, n°3. [Fecha de consulta: 22 de agosto del 2020]

Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120100X201400010003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120100X201400010003)

URQUIA Callantes, Karina. Eficiencia de la tuna *Opuntia ficus – indica* frente a la *Moringa Oleífera*, en el tratamiento de aguas del Rio Huaycoloro, SJL - 2017. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad Ingeniería Ambiental, 2017. 77 pp. Disponible en:  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/10877>

VANDANA, S. (2004) Las guerras del agua contaminación, privatización y negocio. 1a. ed. Barcelona: Romanya. 17 pp. ISBN: 84-7426-698-X. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=220013>

Vargas, A. (2019). *Aplicación de piedra pómez como filtro en el proceso de tratamiento de aguas residuales verdes de un centro de beneficio animal Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Disponible en:  
<https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279562>

VILLABONA ORTIZ, Ángel; PAZ ASTUDILLO, Isabel Cristina and MARTINEZ GARCIA, Jasser. Caracterización de la *Opuntia ficus-indica* para su uso como coagulante natural. *Rev. colomb. Biotecnol* [online]. 2013, vol.15, n.1, pp.137-144. ISSN 0123-3475. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752013000100014&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752013000100014&script=sci_abstract&tlng=es)

Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16a. Ed. Washington: American Water Works Association; 1991. Disponible en:  
<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/apha.method.2510.1992.html>

YIN, C.Y. 2010. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochem.* 45:1437-1444. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>

Carhuas Rojas Keimy Gianina (2023). Aplicación de Mucílago de Nopal en la remoción en aguas contaminadas del Río Chilca por efluentes domésticos en la

Provincia de Huancayo 2020. 21 de Julio de 2023, Vol. 144, 28, pág. 144.  
Disponible en:  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13384/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Carhuas\\_Rojas\\_2023.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13384/1/IV_FIN_107_TE_Carhuas_Rojas_2023.pdf)

QUISPE JIMENEZ HYDEE GYNA, ( 2012). APLICACIÓN DEL MUCÍLAGO EXTRAÍDO DE NOPAL (OPUNTIA-FICUS INDICA) EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA DEL RIO UCHUSUMA. TACNA. TACNA : s.n., 2012. pág. 106, TESIS.  
Disponible en:  
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/529/TG0393.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Miller, S., Fugate, E., Craver, V., Smith, J. and Zimmerman, J. (2008). Toward understanding the efficacy and mechanism of Opuntia ssp. as a natural coagulant for potential application in water treatment. Environmental Science & Technology, 42 (12), 4274-4279. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18605544/>

GRUPO DE ESTUDIO TÉCNICO AMBIENTAL. Parámetros organolépticos. Perú: DIGESA, 2004. Disponible en:  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

AGUILAR, M., y otros. Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulaciónfloculación. España: Universidad de Murcia, 2002. ISBN: 84-8371-308-X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=393167>

QUISPE, H. Aplicación del mucílago extraído de nopal (Opuntia ficus-indica) en la clarificación del río Uchusuma. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2012. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/529>.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Tabla de operacionalización de variables de la investigación

| VARIABLES  | DEFINICIÓN CONCEPTUAL   | DEFINICIÓN OPERACIONAL   | DIMENSIÓN   | INDICADORES                                    | UNIDAD DE MEDIDA |
|--|---|--|---|--|------------------|
| Independiente<br>Efecto del mucílago de nopal y piedra de alumbre. | El mucílago de nopal, contiene compuestos que sirven como coagulante con la finalidad de remover la turbidez en aguas contaminadas (Ortiz y Astudillo, 2013). La piedra de alumbre es el coagulante y mineral sin componentes tóxicos el cual contiene sulfato de aluminio y sales potásicas. (Chingay y Ortiz, 2018) | Se aplicarán diversas dosis de ambos coagulantes (mucílago de nopal y piedra de alumbre) en un tiempo establecido, a través del método de jarras para minimizar la turbidez de las aguas del río Zaña. | Turbidez Final aplicando mucílago de nopal y<br>Turbidez Final aplicando piedra de alumbre. | Turbidez<br><hr/> Oxígeno disuelto<br><hr/> pH | Ordinal          |
| Dependiente<br>Remoción de la turbidez de las aguas del Río Zaña.  | La turbidez indica el grado en que el agua pierde transparencia debido a las partículas en suspensión. Cuando hay más sólidos suspendidos en el agua, el agua parece más oscura, lo que aumenta la turbidez. (MINAM, 2017)  | Con el método de jarras que se usará con los coagulantes permitirá una turbidez menor a la inicial en las aguas del río Zaña.  | Turbidez  | concentración de NTU                           | Ordinal          |

## Anexo 2. Registro de datos de campo.

CUENCA: Río Zaña

REALIZADO POR: Arrascue Cieza Maricela Liset y Figueroa Díaz Deysi Jared

AAA/ALA: Autoridad Nacional del Agua

RESPONSABLE: Arrascue Cieza Maricela Liset

| Punto de monitoreo | Descripción origen/ubicación                             | Localidad | Distrito | Provincia | Departamento | Coordenadas         | Altura                  | Fecha     | Hora       | pH         | Temperatura | CONDUCIVIDAD           | Caudal/2 profundidades | Observaciones         |                      |
|--------------------|--|-----------|----------|-----------|--------------|---------------------|-------------------------|-----------|------------|------------|-------------|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| 656484.0<br>23E    | Estás muestra de   |           |          |           |              | Norte/<br>Sur       | Est<br>e/<br>nm         | Ms<br>09/ |            |            |             | ° m<br>C g/            | μS/c<br>m              | m <sup>3</sup> /s o m | Alta<br>turbid<br>ez |
| 9233775.<br>428N   | sacaron a la altura del puente colgante del río de Zaña. | Zaña      | Zaña     | Chiclayo  | Lambayeque   | 92337<br>75.42<br>8 | 656<br>484<br>.02<br>3E | 320<br>0  | 09/09/2023 | 7:00<br>am | 7.9<br>0    | 2<br>5<br>2.<br>8<br>9 | -----<br>-             |                       |                      |

**Anexo 3.** Análisis realizados en el laboratorio de biotecnología y microbiología de la Universidad César Vallejo.



**LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA**

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis físico  
 USUARIO : Arrascue Cieza Marcela Liset / Figueroa Diaz Deysi Jared  
 N° DE MUESTRA : 01  
 TIPO DE MUESTRA : Río - Zaña  
 FECHA DE EMISIÓN : 21 de Noviembre del 2023  
 RESULTADOS : Análisis físicos del agua

| N° DE MUESTRA     | PARÁMETRO        | Dosis | RESULTADO | UNIDAD | EQUIPO         |
|-------------------|------------------|-------|-----------|--------|----------------|
| M. Inicial        | pH               |       | 7.90      | pH     | Multiparámetro |
|                   | Oxígeno disuelto |       | 2.89      | ppm    | Multiparámetro |
|                   | Turbidez         |       | >1000     | NTU    | Multiparámetro |
| M. Muclago        | pH               | 0.5 g | 4.45      | pH     | Multiparámetro |
|                   | Oxígeno disuelto |       | 2.30      | ppm    | Multiparámetro |
|                   | Turbidez         |       | 85        | NTU    | Multiparámetro |
|                   | pH               | 1 g   | 7.33      | pH     | Multiparámetro |
|                   | Oxígeno disuelto |       | 2.41      | ppm    | Multiparámetro |
|                   | Turbidez         |       | 94.4      | NTU    | Multiparámetro |
|                   | pH               | 1.5 g | 7.43      | pH     | Multiparámetro |
|                   | Oxígeno disuelto |       | 2.42      | ppm    | Multiparámetro |
|                   | Turbidez         |       | 146       | NTU    | Multiparámetro |
| M. Piedra alumbre | pH               | 0.5 g | 4.44      | pH     | Multiparámetro |
|                   | Oxígeno disuelto |       | 2.40      | ppm    | Multiparámetro |
|                   | Turbidez         |       | 126       | NTU    | Multiparámetro |
|                   | pH               | 1 g   | 4.2       | pH     | Multiparámetro |
|                   | Oxígeno disuelto |       | 2.40      | ppm    | Multiparámetro |
|                   | Turbidez         |       | 33.5      | NTU    | Multiparámetro |
|                   | pH               | 1.5 g | 4.04      | pH     | Multiparámetro |

UCV, licenciada para que puedas salir adelante.





|                                | Oxígeno disuelto |       | 2.41 | ppm  | Multiparámetro |
|--------------------------------|------------------|-------|------|------|----------------|
|                                | Turbidez         |       |      | 48.8 | NTU            |
| M. Muclago y Piedra<br>alumbre | pH               | 0.5 g | 5.13 | pH   | Multiparámetro |
|                                | Oxígeno disuelto |       | 2.45 | ppm  | Multiparámetro |
|                                | Turbidez         |       | 1.79 | NTU  | Multiparámetro |
|                                | pH               |       | 6.60 | pH   | Multiparámetro |
|                                | Oxígeno disuelto | 1 g   | 2.53 | ppm  | Multiparámetro |
|                                | Turbidez         |       | 65   | NTU  | Multiparámetro |
|                                | pH               | 1.5 g | 4.13 | pH   | Multiparámetro |
|                                | Oxígeno disuelto |       | 2.51 | ppm  | Multiparámetro |
|                                | Turbidez         |       | 2.86 | NTU  | Multiparámetro |

  
**CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 RÉG CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO

CIP: 255514