

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE LA GOMA DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) COMO COADYUVANTE DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA CLARIFICACIÓN DEL EFLUENTE DE LA PTAR – CELENDÍN**

**TESIS**

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

PRESENTADO POR LA BACHILLER  
**DIANA LORENA MURGA SALDAÑA**

ASESOR  
**Ing. M Cs. ADOLFO MÁXIMO LÓPEZ AYLAS**

CELENDÍN – PERÚ

2024

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

**DIANA LORENA MURGA SALDAÑA**

DNI: N° 72230951

Escuela Profesional/Unidad UNC:

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

2. Asesor:

Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas

Facultad/Unidad UNC:

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

3. Grado académico o título profesional

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. Tipo de Investigación:

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE LA GOMA DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) COMO COADYUVANTE DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA CLARIFICACIÓN DEL EFLUENTE DE LA PTAR – CELENDÍN.**

6. Fecha de evaluación: 17/12/2024

7. Software antiplagio:

TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (\*)


8. Porcentaje de Informe de Similitud: 8%

9. Código Documento: oid3117416971954

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 17/12/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... <b>Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas</b> DNI: 26606367

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los cinco días del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Aula 101** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 160-2024-FCA-UNC, de fecha 18 de marzo del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE LA GOMA DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) COMO COADYUVANTE DEL SULFATO DE ALUMINIO EN LA CLARIFICACIÓN DEL EFLUENTE DE LA PTAR - CELENDÍN"**, realizada por la Bachiller **DIANA LORENA MURGA SALDAÑA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las diez horas y treintaicinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las doce horas y quince minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori  
PRESIDENTE

Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna  
SECRETARIO

Ph. D. Manuel Roberto Roncal Rabanal  
VOCAL

Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas  
ASESOR

**COPYRIGHT** © 2024 by  
DIANA LORENA MURGA SALDAÑA  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

*A Dios que es la esperanza que nunca muere.*

*A mis queridos padres, Celinda y Ulises.*

## **AGRADECIMIENTO**

A JEHOVÁ, Dios todopoderoso, sin el nada sería posible.

A mi querida familia por su apoyo incondicional.

A mi asesor Ing. M. Cs. Adolfo Máximo, López Aylas, su dedicación y corrección que me permitieron llegar a esta etapa.

A Daniel Pérez porque sin su ayuda no hubiera sido posible la conclusión de este trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II .....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.2. Bases teóricas.....	7
2.2.1. Clarificación del agua.....	7
2.2.2. Coagulación.....	7
2.2.3. Coagulantes inorgánicos (químicos).....	9
2.2.4. Coagulantes orgánicos (naturales).....	9
2.2.5. Floculación .....	10
2.2.6. Tipos de floculantes.....	12
2.2.7. Sedimentación.....	12
2.2.8. Sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) .....	13
2.2.9. Tratamiento del agua con sustancias naturales.....	16
2.2.10. Goma de tara / C. spinosa.....	18

2.2.11.	Composición de aguas residuales .....	20
2.2.12.	Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas según el MINAM .....	23
2.3.	Definición de términos básicos .....	24
2.3.1.	Aguas Residuales.....	24
2.3.2.	Clarificación .....	24
2.3.3.	Coagulación .....	24
2.3.4.	Floculación .....	24
2.3.5.	Goma de tara.....	25
2.3.6.	Sulfato de aluminio.....	25
2.3.7.	Turbidez.....	25
2.3.8.	Sólidos disueltos totales (SDT) .....	25
2.3.9.	Sólidos suspendidos totales (SST).....	25
MATERIALES Y MÉTODOS .....		26
4.1.	Ubicación de la investigación .....	26
4.2.	Materiales.....	26
3.2.1.	Materiales de campo .....	26
3.2.2.	Materiales y equipos de laboratorio.....	27
4.3.	Procedimiento .....	28
3.3.1.	Pre-experimentación, visita a la PTAR para obtención de la muestra .....	28
3.3.2.	Ejecución, preparación de la solución de la goma de <i>C. spinosa</i> al 1%.....	28
3.3.3.	Preparación de la solución de $Al_2(SO_4)_3$ al 1%.....	29

3.3.4.	Determinación de la velocidad de agitación y tiempo de sedimentación.....	30
3.3.5.	Fase de laboratorio.....	30
3.3.6.	Post-experimentación Tratamiento y análisis de datos.....	31
CAPÍTULO IV .....		33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		33
4.1.	Calidad del agua en el efluente de la PTAR Celendín antes y después de aplicar los tratamientos con la goma de tara ( <i>C. spinosa</i> ), mediante el análisis de turbidez (NTU), pH, Temperatura, DQO, DBO <sub>5</sub> , SST y SDT.....	33
4.2.	Comparación con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	54
CAPÍTULO V .....		58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		58
4.1.	Conclusiones .....	58
4.2.	Recomendaciones.....	59
CAPÍTULO VI.....		60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....		60
CAPÍTULO VII.....		76
ANEXOS.....		76
Anexo 1.	Galería fotográfica.....	77
Anexo 2.	Resultados de Laboratorio DIRESA: pH, temperatura y turbidez. ....	82
Anexo 3.	Resultados de Laboratorio SGS parámetros: DBO, DQO, SST, SDT. ....	107
Anexo 4.	Certificado de calibración.....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Valores típicos de turbidez de varios líquidos.....	21
<b>Tabla 2</b> Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.....	24
<b>Tabla 6</b> Dosis y volúmenes de coagulante-floculante .....	30
<b>Tabla 7</b> Parámetros de laboratorio, cantidad de muestras y laboratorio.....	31
<b>Tabla 8</b> Análisis estadístico de datos (SST, SDT, pH, temperatura y turbidez).....	32
<b>Tabla 9</b> Evaluación de parámetros del efluente de la PTAR antes del tratamiento. ....	33
<b>Tabla 10</b> Resultados experimentales del tratamiento .....	34
<b>Tabla 11</b> Resultados de los tratamientos de la turbidez sobre efluente de acuerdo a tratamiento.....	37
<b>Tabla 12</b> Análisis de varianza .....	38
<b>Tabla 13</b> Resultados de los tratamientos del H sobre efluente de acuerdo a tratamiento. ....	40
<b>Tabla 14</b> Análisis de Varianza.....	41
<b>Tabla 15</b> Resultados de los tratamientos del SST sobre efluente de acuerdo a tratamiento. ..	43
<b>Tabla 16</b> Análisis de Varianza de un factor para el tratamiento vs SST. ....	44
<b>Tabla 17</b> Resultados de los tratamientos de los SDT sobre efluente de acuerdo a tratamiento .....	46
<b>Tabla 18</b> Análisis de Varianza de un factor para el tratamiento vs SDT. ....	47
<b>Tabla 19</b> Resultados de los tratamientos con respecto a la temperatura. ....	49
<b>Tabla 20</b> Análisis de Varianza de un factor para el tratamiento vs Temperatura.....	49
<b>Tabla 21</b> Tratamientos de la DBO <sub>5</sub> .....	50
<b>Tabla 22</b> Tratamientos de la DQO .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Proceso de coagulación.....	8
<b>Figura 2</b> Acción del floculante.....	10
<b>Figura 3</b> Formación de flóculos por neutralización de cargas .....	14
<b>Figura 4</b> Floculación por barrido.....	15
<b>Figura 5</b> Acción de los polímeros .....	17
<b>Figura 6</b> Estructura de la <i>C. spinosa</i> .....	19
<b>Figura 7</b> Unidad monomérica de la goma de <i>C. spinosa</i> .....	20
<b>Figura 8</b> Ubicación de la investigación.....	26
<b>Figura 9</b> Preparación de la solución de la goma de <i>C. spinosa</i> al 1%.....	28
<b>Figura 10</b> Preparación de la solución de $Al_2(SO_4)_3$ al 1%.....	29
<b>Figura 11</b> Experimentación en el test de jarras .....	30
<b>Figura 12</b> Envío de muestras al laboratorio SGS .....	31
<b>Figura 13</b> Remoción de la turbidez. ....	36
<b>Figura 14</b> Efecto de los tratamientos sobre el pH del efluente residual.....	39
<b>Figura 15</b> Remoción de los SST.....	42
<b>Figura 16</b> Efecto de los tratamientos sobre el SDT del efluente residual. ....	44
<b>Figura 17</b> Efecto de los tratamientos en la temperatura del efluente. ....	48
<b>Figura 18</b> Remoción de la DBO.....	51
<b>Figura 19</b> Comparación de la $DBO_5$ con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	54
<b>Figura 20</b> Comparación de la DQO con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	55
<b>Figura 21</b> Comparación del pH con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.....	56

**Figura 22** Comparación de los SST con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos  
Permisibles para los Efluentes de PTAR..... 57

**Figura 23** Comparación de la Temperatura con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites  
Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR. .... 57

## RESUMEN

Ante la problemática ambiental por la inadecuada gestión de aguas residuales en la planta de tratamiento del distrito de Celendín, esta investigación evaluó la eficacia de la goma de tara (*C. spinosa*) en 6 dosis diferentes: 10, 30, 50 mg/L de goma de tara, y las mismas dosis + 20 mg/L de coadyuvante de sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Se utilizó el método de prueba de jarras, con la coagulación a 300 RPM (5 segundos de mezcla rápida), seguida de floculación a 40 RPM (20 minutos de mezcla lenta) y sedimentación (0 RPM por 10 minutos). Se monitoreó la disminución de la turbidez (NTU), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos disueltos totales (SDT) mediante un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, además, se evaluó la remoción (%) de la demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ) y demanda química de oxígeno (DQO), a través 6 unidades experimentales mediante mezcla mixta, y se registró el potencial de hidrógeno (pH) y temperatura (T). Los resultados no muestran gran diferencia entre los tratamientos, el nivel de efectividad se asemeja, sin embargo, la mayor diferencia se registró en tratamiento de 10 mg/L de goma de tara + 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ : se redujo 30 % en la turbidez, 45% en los SST, 48 %  $\text{DBO}_5$  y un 30 % de la DQO, se registró incrementos de SDT, sin afectar al pH (7.70) y temperatura (19.1 °C).

**Palabras claves:** Dosis óptima, clarificación, coagulación, floculación, sedimentación.

## ABSTRACT

Faced with the environmental issue of inadequate wastewater management at the treatment plant in the district of Celendín, this research evaluated the effectiveness of tara gum (*C. spinosa*) in 6 different doses: 10, 30, 50 mg/L of tara gum, and the same doses + 20 mg/L of aluminum sulfate ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) as a coagulant aid. The jar test method was used, with coagulation at 300 RPM (5 seconds of rapid mixing), followed by flocculation at 40 RPM (20 minutes of slow mixing) and sedimentation (0 RPM for 10 minutes). The reduction in turbidity (NTU), total suspended solids (TSS), and total dissolved solids (TDS) was monitored using a completely randomized design with 6 treatments and 4 repetitions. Additionally, the removal (%) of biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) and chemical oxygen demand (COD) was evaluated across 6 experimental units through mixed agitation, and the hydrogen potential (pH) and temperature (T) were recorded. The results showed no significant differences between treatments, as the effectiveness levels were similar. However, the greatest difference was observed in the treatment with 10 mg/L of tara gum + 20 mg/L of  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , with a 30% reduction in turbidity, 45% in TSS, 48% in BOD<sub>5</sub>, and 30% in COD. There was a slight increase in TDS, without affecting pH (7.70) or temperature (19.1 °C).

**Keywords:** *Optimal dose, clarification, coagulation, flocculation, sedimentation.*

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

La contaminación de los recursos hídricos representa uno de los desafíos ambientales más críticos a nivel global. Este problema se agrava en regiones donde la gestión de aguas residuales es deficiente o inexistente, contribuyendo a la degradación de la calidad del agua en cuerpos superficiales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) son fundamentales para mitigar estos efectos, pero su eficiencia depende en gran medida de los métodos y materiales utilizados en los procesos de clarificación.

A nivel mundial la contaminación de los recursos hídricos es temible, este recurso es restringido y escaso, una de las causas comunes es la inadecuada o casi nula gestión de los residuos sólidos y el vertimiento de aguas residuales domésticas en las aguas superficiales (Vilavila Morales, 2018, p. 14). En general, el 70 % de aguas residuales se descargan sin tratamiento o con inadecuado a cuerpos de agua y aproximadamente dos millones de toneladas de residuos industriales, domésticos y agrícolas son desechados de igual forma en ríos o canales (Revelo et al., 2015, p. 2). La calidad del agua es vacilante debido en gran parte a las partículas coloidales (Romero Suárez, 2018, p. 9) que pueden generar turbidez, elementos de dispersión de patógenos que afectan la salud, relacionadas directamente con problemas gastrointestinales, cólera, fiebre tifoidea, disentería, entre otros (Valeriano Matos, 2019, p. 1).

La provincia de Celendín, cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y el efluente es vertido al río Grande; las aguas de este río son utilizadas para el regadío de vegetales, pastizales y para bebida de animales (Delgado Portilla, 2022, p.1). En los procesos de tratamientos, en la fase de clarificación (coagulación, floculación y sedimentación), se añaden compuestos químicos tales como el sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), identificándose que este compuesto es acumulable en el agua, además de asimilarse de manera sencilla en los seres vivos, afectando principalmente animales acuáticos y en los seres humanos, estudios han revelado la aparición de enfermedades relacionados con el uso de esta sustancia (cáncer, enfermedades óseas, entre otras) (Meza et al., 2018, p. 96) y su difícil acceso por su alto costo (Vilavila Morales, 2018, p. 14).

En la búsqueda de soluciones más sostenibles y eficientes para el tratamiento de aguas residuales, es fundamental identificar alternativas que optimicen los procesos sin introducir nuevos contaminantes al sistema. La implementación de métodos que sean no solo eficaces, sino también económicamente viables y ambientalmente responsables, es una necesidad imperante. Este estudio propone el uso de la goma de *C. spinosa* como coadyuvante del sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) en la clarificación del efluente de la PTAR de Celendín. El objetivo es demostrar que esta combinación puede mejorar significativamente los resultados de clarificación, permitiendo así la posible implementación de un sistema de tratamiento terciario más eficiente, que cumpla con los estándares técnicos y operativos necesarios para su óptimo desempeño.

A partir de esta premisa, surge la pregunta de investigación: ¿Cuál es la dosis óptima de goma de *C. spinosa* como coadyuvante del sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) en la clarificación del efluente de la PTAR de Celendín? La respuesta a esta pregunta busca proporcionar una dosificación técnica y precisa que maximice la eficiencia del proceso de clarificación, al tiempo que minimiza los impactos ambientales y los riesgos para la salud

asociados al uso exclusivo de coagulantes químicos. Además, se pretende ofrecer una solución más económica para la clarificación del efluente, que garantice la protección del medio ambiente y la salud pública, alineada con los principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

En el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivos:

Objetivo general: Determinar la dosis óptima de la goma de *C. spinosa* como coadyuvante del  $(Al_2(SO_4)_3)$  en la clarificación del efluente de la PTAR– Celendín.

Objetivos específicos:

- Determinar la Calidad del agua en el efluente de la PTAR Celendín antes y después de aplicar los tratamientos con la goma de tara (*C. spinosa*), mediante el análisis de turbidez (NTU), potencial de hidrógeno (pH), Temperatura, demanda química oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos disueltos totales SDT.
- Comparar los resultados obtenidos con la Normativa Nacional vigente D.S. N° 003 – 2010 – MINAM (Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas)

Se tuvo como hipótesis que: la dosis óptima de goma de *C. spinosa* que clarifica el efluente de la PTAR Celendín es de alrededor de 50 mg/L goma de *C. spinosa* + 20 mg/L  $(Al_2(SO_4)_3)$ . Para este estudio se utilizó el efluente de la PTAR Celendín y se manipularon 6 dosis o tratamientos, mediante la goma de *C. spinosa* y  $(Al_2(SO_4)_3)$ .

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes

Hasta el momento no existen estudios sobre determinación de la dosis óptima de la goma de *C. spinosa* como coadyuvante del sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) en la clarificación del efluente de una PTAR, sin embargo, hay estudios relacionados que se detallarán a continuación:

Revelo et al. (2015), llevó a cabo su estudio en efluentes de aguas residuales textiles, utilizando *C. spinosa*, determinando que estadísticamente al tratar esta agua tiene el mismo efecto al utilizar un coagulante químico, aplicó tratamientos de *C. spinosa* a muestras con elevada turbidez, logrando una remoción de hasta el 24% con una dosis de 45 g/L y 5.7 g/L de policloruro de aluminio. Además, indica que los tratamientos con biocoagulantes son de gran importancia para zonas donde las Plantas de Tratamiento quieren potenciar sus resultados (pp 1-12).

Bravo y Gutiérrez (2016) realizaron un estudio con la finalidad de evaluar la efectividad de un coagulante-floculante extraído de las semillas de *C. spinosa* para la descontaminación de aguas y ríos. Concluyeron que el coagulante-floculante a base de semillas de *C. spinosa* permite una disminución significativa de la turbidez inicial de 42.6 NTU hasta un mínimo de 8.92 NTU; asimismo, determinaron que la dosis óptima del

coagulante era de 3000 partes por millón (ppm). A una velocidad de agitación rápida menor a 200 RPM por un minuto y medio, seguida de una agitación más lenta a 45 RPM durante 25 minutos, logrando una eficiencia de remoción de turbidez de hasta el 79.06% en un pH cercano al neutro, además logro reducir los SST de 41 mg/L a 24 mg/L, (17.07%); DBO<sub>5</sub> de 455 mg/L hasta 257 mg/L (43.52%) y DQO de 821 mg/L a 509 mg/L (pp. 8, 60).

Aguilar Ascón (2010), en su estudio sobre el uso de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) para el tratamiento de aguas residuales, se comprobó que este biopolímero contribuye a mejorar la calidad del agua decantada (suspensión de tierra común). Durante la fase inicial de la prueba de jarras, se observó un aumento en la eficacia de la remoción de turbidez con la adición de goma de tara. Específicamente, la turbidez se redujo significativamente, alcanzando valores más bajos en comparación con el uso exclusivo de sulfato de aluminio. Para el agua de tipo I (390 UNT), la turbidez disminuyó a 3.4 UNT con sulfato de aluminio, mientras que con la goma de tara se logró una reducción a 1.9 UNT. En el agua de tipo II (25 UNT), la turbidez se redujo a 2.5 UNT con sulfato de aluminio, y a 1.7 UNT al añadir goma de tara, la dosis que utilizó fue de 25 mg/L de (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) al 1% y 3 mg/L de *C. spinosa* al 0.2% (pp. 10-15)

Chicoma y Vigo (2018), realizaron el estudio sobre la eficiencia de remoción de goma de *C. spinosa*, con una dosis óptima de 6 mg/L y con una turbidez inicial de 41 NTU y reduciéndolo hasta 8.1 NTU, además indicaron que al aplicar otras dosis (1, 2, 4, 6, 8 y 10 mg/L) no se obtuvo un cambio significativo, determinando que es un buen coadyuvante y aunque el porcentaje de remoción de SST fue de 62%, los autores no lo consideran como un coagulante primario, ya que no se alcanza el porcentaje de remoción del 80 %, al comparar con la normativa de los ECAS sobrepasaba al valor máximo de 5 NTU (pp. 8, 57, 75).

Calixto Ñaupari (2018), realizó un estudio con la finalidad de identificar si la goma de *C. spinosa* permite tratar los SST y materia orgánica en el río Huaycoloro. En este estudio se

empleó prueba de jarra (Jar test). Se encontró que una concentración de 50 mg/L de  $(Al_2(SO_4)_3)$  al 1% y 80 mg/L de goma de *C. spinosa* al 0.5%, permite la reducción en SST de 184.30 mg/L a 24.0 mg/L (86.92%), en DQO de 347 mg/L a 70 mg/L (79.04%) y de DBO<sub>5</sub> de 192.70 mg/L a 41.10 mg/L (81.23%) modificando las propiedades fisicoquímicas de las aguas del río Huaycoloro (pp. 9, 90).

Rojas Pérez (2018), realizó un estudio con la finalidad de identificar la eficiencia de las semillas de *C. spinosa* en la clarificación y remoción de sólidos suspendidos en la Provincia de Chota. Encontró valores iniciales de 204.4 NTU en turbidez, SST 662 mg/L, 7.65 en pH, 622 mg/L en SST, 515 en DBO<sub>5</sub> y 884.2 en DQO, en tres puntos, en el primer punto la turbidez aumentó en 6 NTU, en el segundo punto disminuyó a 185.4 NTU y 190.4 NTU en el tercer punto, con respecto a los SST, disminuyeron en los tres puntos respectivamente a: 496 mg/L, 452 mg/L, 360 mg/L (p. 10).

Sáenz Damián (2019), realizó un estudio con la finalidad de comparar la efectividad de Moringa oleífera y *C. spinosa* para mejorar la calidad del agua residual del dren 2000. Se concluyó que ambos tratamientos logran disminuir los parámetros fisicoquímicos en todas las dosificaciones evaluadas. Específicamente, con relación a la goma de *C. spinosa* se encontró que la dosis de 1 g reduce el pH de 7.22 a 4.43; esta dosis también resultó en una reducción significativa en la turbidez del agua, de 60 NTU a 17 NTU, lo que representa una disminución del 71.6%. En cuanto a los SST, se observó una disminución del 24.4%, de 895 ppm a 676 ppm. La DBO<sub>5</sub> también mostró una mejora, reduciéndose en un 28.8% de 682 mg/L a 485 mg/L, mientras que la DQO se redujo en un 54.7%, de 9,269 mg/L a 4,197 mg/L (p. 10)

Valeriano y Matos (2019) estudiaron la influencia de la goma de *C. spinosa* como ayudante del  $(Al_2(SO_4)_3)$  en el proceso de coagulación – floculación con la finalidad de remover la turbidez de una suspensión artificial de bentonita, utilizaron la prueba de jarras, en aguas con concentración alta turbidez (400 NTU) y de baja concentración (30 NTU), con

dosis de 12 mg/L de goma de *C. spinosa* al 0.1% como coadyuvante de 25 mg/L de  $(Al_2(SO_4)_3)$  al 1% , en la muestra con alta turbidez se redujo hasta 0.40 NTU y en la muestra de baja turbidez hasta 0.32 NTU. Concluyendo que la goma de *C. spinosa* mejora la reducción de la turbidez entre el 63.3% y 56 %, logrando así una reducción del 40 % del uso de  $(Al_2(SO_4)_3)$  (pp. 299, 304).

Vargas Vilchez (2020) luego de haber evaluado la eficiencia de los tres coagulantes, en los que incluye *C. spinosa* y  $(Al_2(SO_4)_3)$  para la remoción de la turbiedad de un efluente UASB del tanque séptico del CITRAR-UNI. Se identificó que *C. spinosa* con una dosis de 40 mg/L reduce la turbiedad hasta el 55.78%, él  $(Al_2(SO_4)_3)$  con una dosis de 70 mg/L hasta de un 91.60%. Específicamente al emplear *C. spinosa* se registraron valores de  $DBO_5$  entre 142.4 y 167.9 mg/L, pH entre 7.32 y 7.46, conductividad eléctrica de 645.2 a 952.4  $\mu S/cm$  y temperaturas que oscilaron entre 27.68 y 27.91 °C (p. 1).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Clarificación del agua**

Constituye el proceso más importante en el tratamiento convencional del agua, se tiene como las partes más esenciales del tratamiento a la coagulación, floculación y sedimentación. Hay varios factores en la calidad del agua que pueden afectar el resultado. Para el proceso de clarificación se usan diversos coagulantes y floculantes que actúan contra las diversas sustancias químicas y biológicas disueltas o suspendidas en ella. Constituye un método químico, y su correcta realización dependerá el lograr remover las impurezas contenidas en el agua. La dosis óptima dependerá de la que ofrezca mejores resultados en cuanto a turbiedad sin causar descenso fuerte en el pH (Castillo Cohaila, 2022, p. 173).

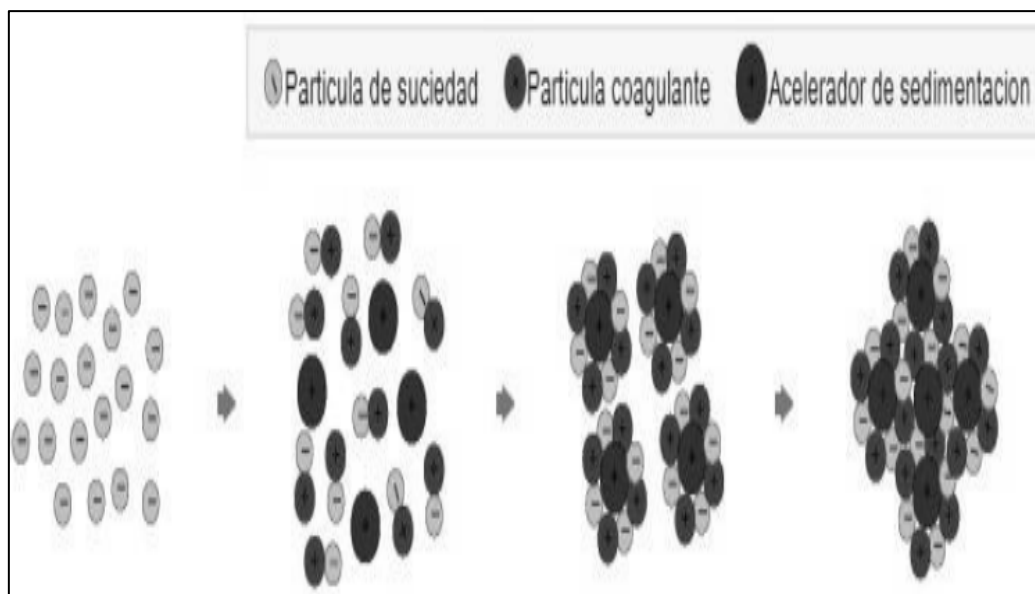
### **2.2.2. Coagulación**

La reacción comienza en el instante en que se introducen los coagulantes en el agua, para desestabilizar los coloides o sólidos en suspensión, así como facilitar el movimiento de

las partículas dentro del líquido. Este efecto se consigue al disminuir las fuerzas que separan las partículas entre sí. En la figura 1 se observa cómo las partículas coloidales poseen cargas (generalmente negativas) superficiales electrostáticas que generan fuerzas de repulsión entre ellas, lo que evita su aglomeración. Sin embargo, al introducir ciertas sustancias (coagulantes) (Castillo Cohaila, 2022, p. 173), y energía de mezclado (Vilavila Morales, 2018, p. 23), disminuirá la carga de los iones, los sólidos en suspensión tienden a aglutinarse. Esto se debe a que la adición de productos que aportan iones con carga positiva (cationes) al agua que contiene coloides con carga negativa, reduciendo la repulsión entre las partículas coloidales. (Castillo Cohaila, 2022, p. 173). Para la coagulación de las aguas residuales, se realiza en un tiempo casi instantáneo (Balderrama y Damiano, 2023, p 40) recomendando no exceder el minuto (Castillo Cohaila, 2022, p. 174).

### Figura 1

#### *Proceso de coagulación*



*Nota:* Figura que ilustra el proceso de sedimentación, mostrando la interacción entre partículas de suciedad, coagulantes y un acelerador. Tomado de (Ibáñez, 2017, como se citó en Balderrama y Damiano, 2023, p. 40).

La coagulación es una etapa crucial en el tratamiento del agua, donde el  $(Al_2(SO_4)_3)$  y el sulfato férrico  $(Fe_2(SO_4)_3)$  son los más utilizados. No existe una fórmula estándar que indique cuál coagulante o cuánto se necesita. Se ha observado que con dosis bajas de coagulantes la turbidez residual tiende a ser alta; de igual forma, con dosis altas, también puede mantenerse en niveles altos. Se pueden distinguir tres tipos de coagulación: adsorción-desestabilización, que implica la neutralización de cargas o la compresión de doble capa; puente químico, donde las partículas se unen mediante cadenas poliméricas; e incorporación, que implica la formación de precipitados. En el proceso de neutralización de cargas, se da interacción entre el coagulante y las cargas contaminantes; en la coagulación por puente químico, las largas moléculas del polímero contienen grupos químicos que atrapan las partículas coloidales. Por otro lado, la coagulación por incorporación no es una coagulación real, ya que cuando se utilizan dosis elevadas de coagulante, se supera su límite de solubilidad, lo que resulta en la creación de una masa esponjosa que atrapa coloides y partículas en suspensión a medida que precipita (Castillo Cohaila, 2022, p. 173).

### **2.2.3. Coagulantes inorgánicos (químicos)**

Los coagulantes más utilizados en el mundo, son el sulfato de aluminio, las sales de hierro y la cal; cada coagulante tiene un valor de pH específico donde ocurre la mínima solubilidad y la máxima precipitación. La desventaja de usar coagulantes inorgánicos es su alto costo, producción elevada de volúmenes de lodo y con su uso se afecta el pH del agua, que puede llevar a cabo la desestabilización de los coloides como ayuda de la coagulación y otros por diferentes maneras (Castillo Cohaila, 2022, p. 176).

### **2.2.4. Coagulantes orgánicos (naturales)**

Este tipo de coagulante tiene un gran impacto en el medio ambiente y la ecología. Por ejemplo, se considera la opción de fitorremediación, que se basa en la capacidad de las plantas para absorber, almacenar, transformar, liberar o estabilizar contaminantes presentes en el

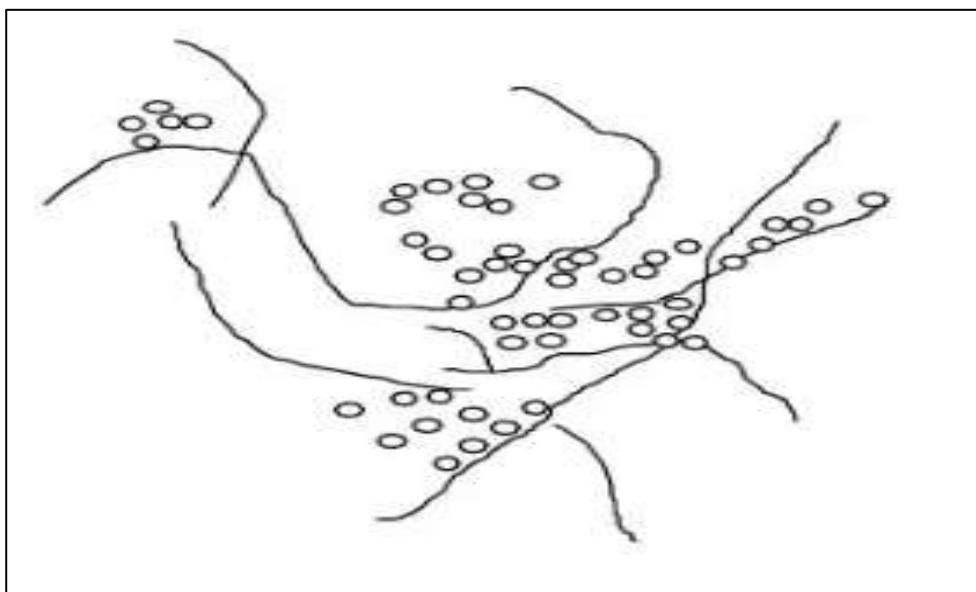
suelo, el aire, el agua o los sedimentos. Entre los polímeros orgánicos naturales se encuentran el almidón, los derivados de la celulosa, las proteínas y las gomas formadas por polisacáridos, los cuales suelen tener un peso molecular inferior al de los polímeros sintéticos. Por otro lado, los polímeros catiónicos actúan como agentes desestabilizadores al formar enlaces de puente, neutralizar cargas o mediante una combinación de ambos efectos. (Castillo Cohaila, 2022, p. p. 175).

### **2.2.5. Floculación**

Es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químicos que, neutralizando las cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí (Pérez y Urrea 2012, p. 19), es decir la utilización compuestos puente que forman enlaces químicos entre las partículas coloidales y “enmallan” las partículas en masas relativamente mayores llamadas redes de flóculos, propician su agrupamiento en flóculos más grandes (ver figura 2).

#### **Figura 2**

##### *Acción del floculante*



Nota: Figura que ilustra la acción del floculante y sus puentes de unión. Tomado de (Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 28).

Es importante conseguir la floculación de mayor peso y cohesión posible, ya que esto facilitará su eliminación (Castillo Cohaila, 2022, p. 175). Los flóculos, que al principio son de tamaño reducido, se combinan para formar agrupaciones más grandes que pueden asentarse. En este momento, es necesario mezclar lentamente, utilizando velocidades adecuadas que permitan establecer diferencias en la velocidad del agua, lo que facilitará el contacto entre los flóculos sin que se rompan (Andía et al., 2000, como se citó en Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 28). La diferencia básica entre coagulantes y floculantes es que el coagulante anula las fuerzas repulsivas entre las partículas coloidales, iniciando la formación de microflóculos, y el floculante engloba estos microflóculos aumentando su tamaño y densidad de modo que sedimenten más fácil y más rápidamente (Pérez y Urrea, 2012, p. 21)

La floculación se ve favorecidos por una agitación lenta mayor a 15 - 20 minutos, ya que se homogeniza mejor el tamaño de los flóculos y aumenta sus densidades, formando básicamente de un número grande de pequeñas partículas un número más pequeño de partículas más grandes, los cuales serán eliminados del agua mediante sedimentación, flotación o filtración. Los flóculos que se forman tienen aspectos de grumos esponjosos de forma irregular que atrapan los coloides pequeños no coagulados al asentarse al fondo, y que al no ser una reacción química se precisa una agitación moderada que ponga en contacto las partículas con el reactivo manteniéndolos en suspensión (Castillo Cohaila, 2022, p. 175).

Entre los mecanismos de floculación tenemos a la floculación pericinética, que es producido por el movimiento natural del agua y está inducido por la energía térmica, este movimiento es el que comúnmente llamamos browniano; la floculación ortocinética se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior de masa de agua y que puede ser de origen mecánica o hidráulico, primero se produce la coagulación, luego la floculación pericinética y finalmente la floculación ortocinética. (Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 29).

### 2.2.6. *Tipos de floculantes*

**Floculantes minerales:** La sílice activada es el primer floculante que se utiliza y necesita ser preparada antes de su uso. Este proceso de preparación es bastante delicado y puede conllevar el riesgo de que se gelatinice. Además, provoca una neutralización parcial de la alcalinidad del silicato de sodio en la solución (Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 29).

**Floculantes naturales:** Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales (Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 29), la goma de *C. spinosa* es uno de los floculantes naturales que se viene estudiando en esta fase de clarificación (Guido Nolasco, 2020, p. 94).

### 2.2.7. *Sedimentación*

Proceso de remoción de partículas en suspensión por la gravedad (Castillo Cohaila, 2022, p. 175), no todas las partículas sedimentan, y las que sedimentan son los denominados sólidos sedimentables (Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 30) este es un fenómeno netamente físico y este es uno de los procesos más utilizados para lograr la clarificación (Caso y Laureno, 2018, pp. 40 -41). Este proceso se basa en la diferencia del peso específico entre la partícula sólida y el agua, de tal forma que una disminución de la velocidad ascensional del líquido a un valor menor que la caída del sólido, permite que la materia sedimentable se deposite en el fondo del equipo (Fernández, 2016, pp. 3-4), entre los tipos de sedimentación, tenemos a las de tipo discretas: que no cambian sus características durante la caída; las del tipo de partículas floculantes, son las se producen por la aglomeración de coloides desestabilizadas a consecuencia de agentes químicos, este tipo de partículas cambian sus características en la caída y finalmente la sedimentación por caída libre e interferida, cuando existe una baja concentración de partículas en el agua, estas se depositan sin interferir, es decir tienen una caída libre, en cambio, cuando hay altas concentraciones de partículas, se producen colisiones que las mantienen en una posición fija y ocurre un depósito masivo en lugar de individual (caída interferida o sedimentación zonal) (Bravo y Gutiérrez, 2016, pp. 30- 31).

### 2.2.8. *Sulfato de aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>)*

Es una sal compuesta por una base débil hidróxido de aluminio (Al (OH)<sub>3</sub>) y un ácido fuerte (ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), por lo que es una solución ácida. Al tener contacto con el agua, se cumple la teoría de ácido-base de Bronsted – Lowry, que define a un ácido como una sustancia capaz de donar un protón y base a la que los recibe. Es por ello que cuando el sulfato de aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) se hidroliza, las moléculas se disocian en Al<sup>+3</sup> y SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>. El Al<sup>+3</sup> se asocia con coloides de carga negativa neutralizándola. El Al<sup>+3</sup> también puede relacionarse con los OH<sup>-</sup> del agua formando hidróxido de aluminio (Al (OH)<sub>3</sub>), creando más iones positivos, provocando la neutralización de coloides negativos, terminando por aglomerándolos (Barnechea, 2004, como se citó en Calixto Ñaupari, 2018, p. 22).

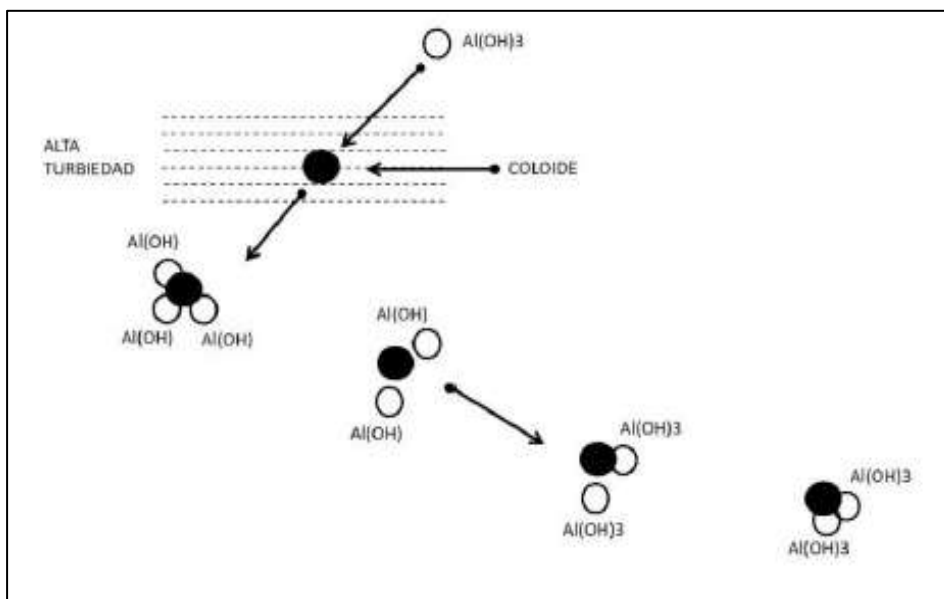
El proceso de coagulación con sulfato de aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) se desarrolla a través de dos mecanismos principales, que dependen de la turbidez del agua. En aguas con alta turbidez, el mecanismo predominante es la neutralización de la carga superficial de las partículas coloidales, lo que facilita su aglomeración y formación de flóculos. Esto ocurre cuando los iones de aluminio reducen la repulsión electrostática entre las partículas suspendidas, permitiendo que se unan y sedimenten. En aguas con baja turbidez, el mecanismo de "efecto de barrido" toma protagonismo, donde se forman hidróxidos de aluminio (Al (OH)<sub>3</sub>) que precipitan y arrastran los coloides durante su sedimentación. La elección del mecanismo predominante depende de la concentración de coloides; en aguas más contaminadas, la neutralización de cargas es el proceso clave, mientras que, en aguas menos turbias, la floculación por barrido es más efectiva. (Valeriano y Matos, 2019, pp. 299-208).

En la figura 3 al quedar desestabilizadas la carga de las partículas, estas se encuentran susceptibles a aglomerarse a otras que están en suspensión del fluido hidróxido de aluminio (Al(OH)<sub>3</sub>), siendo este el efecto que permite que se efectúe el aumento de su tamaño y se dé la formación de flóculos, para lo cual es necesario llevar a cabo la floculación, por medio de una

agitación lenta de la masa de fluido coagulada, que las partículas minúsculas desestabilizadas al colisionar con otras logren aumentar su tamaño y aglomerarse para que de esta manera puedan formar flóculos que, al contar con el peso suficiente, por acción de la gravedad se sedimenten posteriormente (Barjas y León, 2015, p. 21).

### Figura 3

*Formación de flóculos por neutralización de cargas*



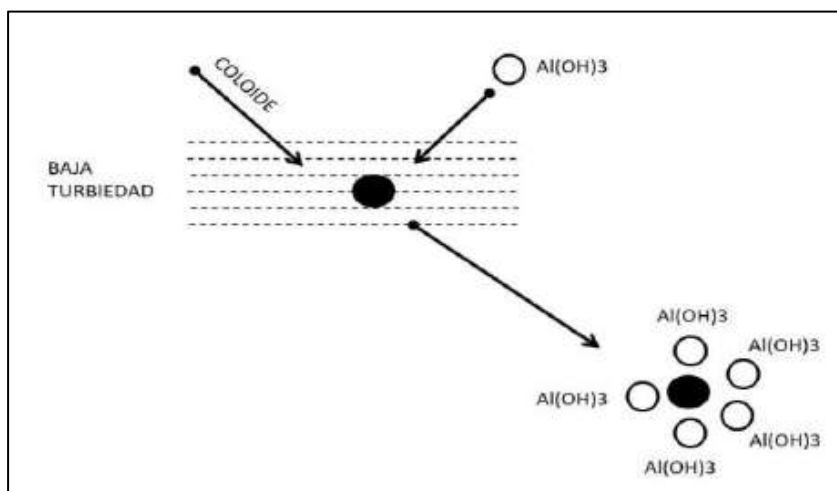
*Nota.* La figura ilustra el proceso de floculación en alta turbiedad, donde las moléculas de  $Al(OH)_3$  se agrupan para formar flóculos. Tomado de (Valeriano y Matos, 2019, p. 303).

La figura 4 ilustra el proceso de floculación por barrido, que se produce al añadir coagulantes a muestras de agua con baja turbidez. En este escenario, las partículas coloidales presentes en el agua son atrapadas por los agentes coagulantes, lo que da lugar a la formación de flóculos de gran tamaño. Estos flóculos tienen una estructura compleja, caracterizada por una red tridimensional que ofrece una amplia superficie y una fuerte capacidad de adsorción. Gracias a estas propiedades, los flóculos pueden capturar eficazmente los contaminantes residuales presentes en el agua, arrastrándolos hacia el fondo y facilitando su remoción del sistema acuático. Según Yang et al. (2012), como se citó en Bravo Gallardo (2017, p. 21), este proceso resulta especialmente eficaz en aguas de baja turbidez, donde la formación de esta red

tridimensional maximiza la eficiencia de la remoción de impurezas, asegurando una clarificación más completa del efluente tratado.

#### Figura 4

##### *Floculación por barrido*



*Nota.* Representa el proceso de floculación en condiciones de baja turbiedad, donde las moléculas de  $Al(OH)_3$  interactúan con coloides, formando flóculos. Tomado de (Valeriano y Matos, 2019, p. 303).

**Consecuencias del uso de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ).** Si bien el  $Al_2(SO_4)_3$  es el coagulante más utilizado, se ha relacionado con la enfermedad de Alzheimer; incluso se ha demostrado que el cloruro de aluminio ( $AlCl_3$ ), uno de sus derivados, incrementa la corrosividad del agua (Priya et al., 2020).

Romero et al., (2007) menciona que el sulfato de aluminio, ya sea en forma sólida o disuelta, es un coagulante utilizado de manera convencional en la clarificación del agua. Sin embargo, su eficacia exige concentraciones cercanas a 80 ppm, lo que resulta en un alto contenido de aluminio (Al) en el agua tratada. Actualmente, se está analizando la posible conexión entre el aluminio (Al) y la enfermedad de Alzheimer, especialmente tras descubrir la presencia de aluminosilicatos en las placas seniles de neuronas que contienen los ovillos neuronales fibrilares típicos de la enfermedad. Se ha observado que los pacientes con

Alzheimer presentan niveles de aluminio en plasma más altos en comparación con aquellos que padecen otras condiciones. Además, diversos estudios han encontrado una correlación significativa entre el número de casos de Alzheimer y la cantidad de aluminio presente en el agua que consumen. Dado que el aluminio es un metal neurotóxico, podría estar contribuyendo al daño oxidativo observado en la enfermedad de Alzheimer, ya que podría favorecer la oxidación de lípidos y proteínas en presencia de hierro (p. 17). Entre otras consecuencias, la inhalación de sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) puede irritar la nariz, garganta y pulmones, provocando síntomas como tos, sibilancias y dificultad para respirar. Aunque estos síntomas suelen ser transitorios, la exposición repetida puede llevar a bronquitis con síntomas crónicos, incluyendo tos persistente, producción de flema y dificultad respiratoria. El contacto del sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) con la piel puede causar enrojecimiento y erupciones, especialmente si la piel está dañada. En cuanto a la exposición ocular, esta puede provocar enrojecimiento y ardor. Es importante destacar que el sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) es corrosivo para los ojos, incluso cuando está en solución acuosa. La ingestión de sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) puede producir una sensación de ardor en la garganta y el pecho, acompañada de dolor abdominal, náuseas, vómitos y diarrea (Luttrell, 2015, p. 34) Los riesgos sobre la salud debidos al uso de altas dosis de sulfato de aluminio han llevado a la necesidad de realizar estudios para elaborar coagulantes más efectivos

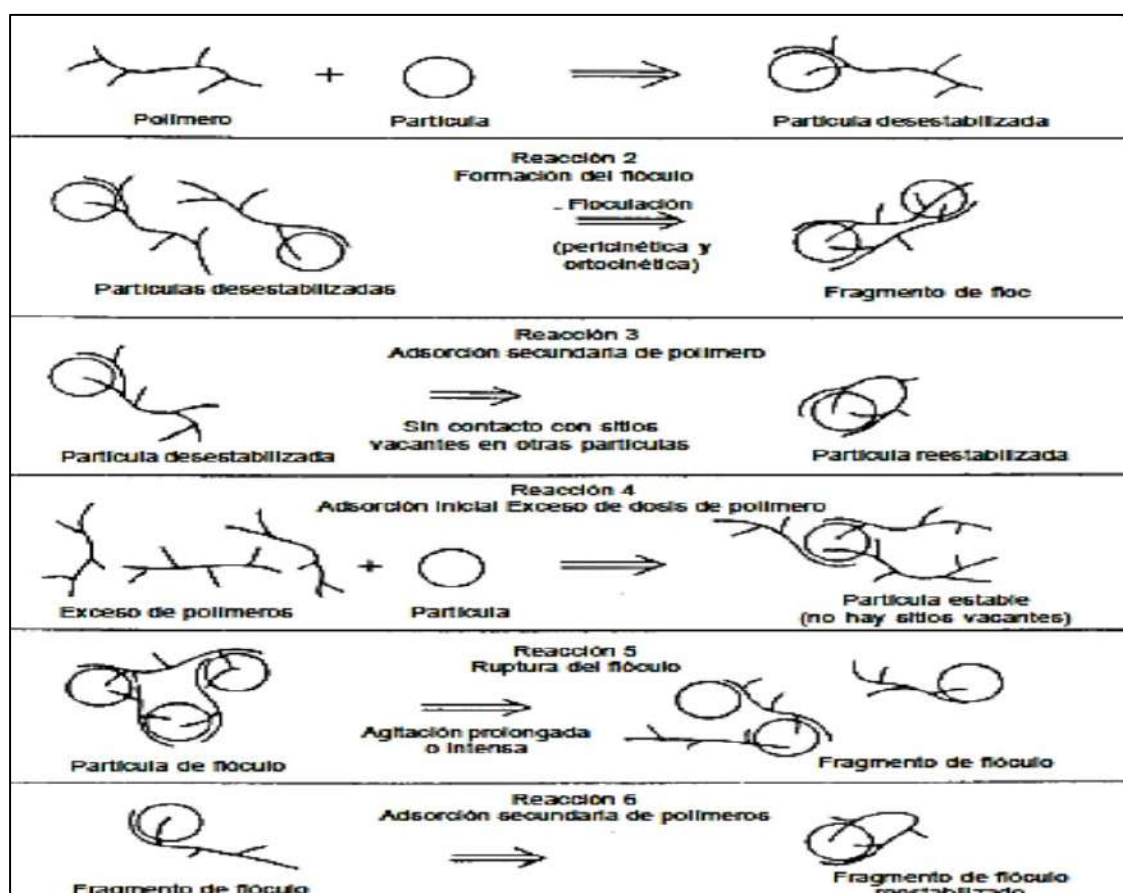
### ***2.2.9. Tratamiento del agua con sustancias naturales***

El uso de agentes químicos contribuye a la eliminación de sólidos en suspensión, lo que a su vez permite la clarificación del agua. En este sentido, es común recurrir a coagulantes a base de hierro y aluminio en el tratamiento de aguas residuales. No obstante, su uso ha suscitado inquietudes sobre sus potenciales efectos adversos para la salud, incluyendo el riesgo de desarrollar enfermedades como el Alzheimer. Esto ha llevado a un creciente interés en encontrar coagulantes alternativos provenientes de fuentes naturales, tales como

semillas, hojas, cortezas, savias, raíces y frutos de diversas plantas. Se ha comprobado que estos coagulantes naturales mejoran la eficiencia en la eliminación de material en suspensión a medida que se incrementa su cantidad. Una de sus principales ventajas es que tienen un impacto mínimo o nulo en la salud humana, y pueden originarse tanto de fuentes vegetales o animales como de microorganismos. (Castillo Cohaila, 2022, p. 177). Los polímeros pueden ser utilizados como coagulantes primarios o como coadyuvantes y/o floculante y su forma de actuación es la siguiente (Figura 5): estos están asociados con los mecanismos de coagulación de adsorción y de puentes interarticulares por sus cadenas largas que aumenten los sitios de adsorción desocupado (Aguilar, 2010, como se citó en Calixto Ñaupari, 2018, p. 22).

**Figura 5**

*Acción de los polímeros*



**Nota.** Se describe como un polímero se une a partículas en suspensión, formando flóculos.

Tomado de (Aguilar, 2010, como se citó en Calixto Ñaupari, 2018, p. 2).

### 2.2.10. Goma de tara / *C. spinosa*

Es un tipo de polvo blanco o beige que se obtiene moliendo el endospermo de la semilla de tara, es originario de Perú. El componente principal de la goma de *C. spinosa* son los polisacáridos de galactomanano, que consisten en una cadena principal lineal de unidades (1-4)-  $\beta$ - D – manopiranosas unidas por enlace (1-6) con unidades de  $\alpha$ - D -galactopiranosas. La goma de *C. spinosa* es similar a las gomas de guar y de algarrobo en términos de estructura y propiedades funcionales. La proporción de manosa a galactosa en la goma de *C. spinosa* es de 3:1. Puede alcanzar una alta viscosidad en agua en unos pocos minutos, tiene una naturaleza de hidrocoloide (Wu et al., 2015, pp. 366-371).

Romero Norabueno (2018), describe la taxonomía de *C. spinosa*:

Reino: Plantae.

División: Angiospermae

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Rosales

Familia: *Leguminosae* o *Caesalpinoideae*

Género: *Caesalpinia*

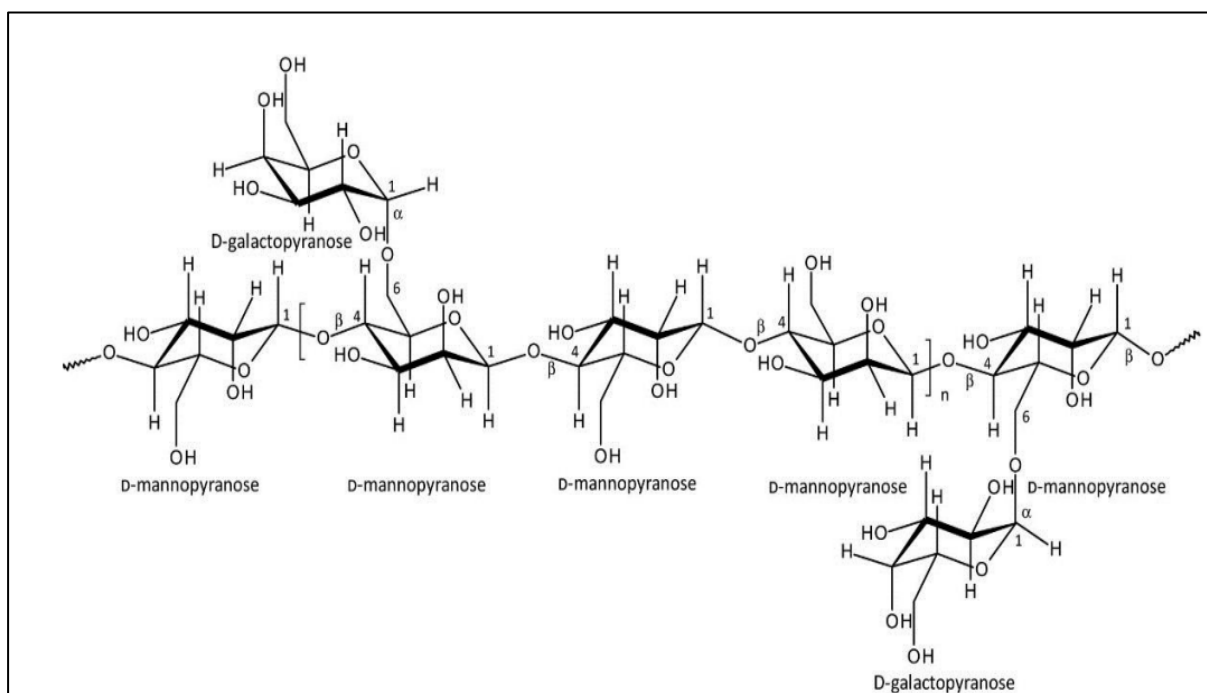
Especie: *C. spinosa* (p. 46)

En la figura 6, se presenta la estructura de *C. spinosa*, que es un polisacárido altamente ramificado de alto peso molecular, con presencia de grupos hidroxilo (OH) (disponibles para interactuar con el agua), que permite una alta actividad a través de los puentes de hidrógeno, compuesto por 77-78% de galactomananos (cadenas lineales de manosa y galactosa), 14 a 15% de humedad. La composición del esqueleto galactomananos, tiene una proporción de manosa: galactosa de 3:1 (Vilcanqui Pérez, 2018, pp. 25-34), tiene un peso molecular considerable, compuesto principalmente por polisacáridos disueltos en cadenas lineales de manosa y galactosa. Se trata de biopolímeros que son altamente versátiles, no tóxicos y se

disuelven en agua, creando soluciones viscosas incluso a bajas concentraciones. Además, su comportamiento es poco sensible a cambios de pH o temperatura (Pavón Vargas, 2005, pp. 1-2). La remoción de la turbidez con *C. spinosa* sugiere a que el mecanismo de floculación de partículas es por puentes poliméricos. Los polímeros, por su larga cadena adhieren en su superficie a los iones de aluminio y neutralizan la carga de los coloides. Este mecanismo hace que el tamaño de los flóculos sea más grande y sedimente con más facilidad (Valeriano y Matos, 2019, p. 305). Además, lo clasifica como hidrogel, que lo definen como redes poliméricas hidratadas tridimensionales con alta capacidad de absorción de agua que muestran mayor resistencia y elasticidad, son insolubles en agua, los hidrogeles mantienen su integridad debido a la reticulación física y/o química (Suhail et al., 2019, pp. 870 – 890).

### Figura 6

#### Estructura de la *C. spinosa*

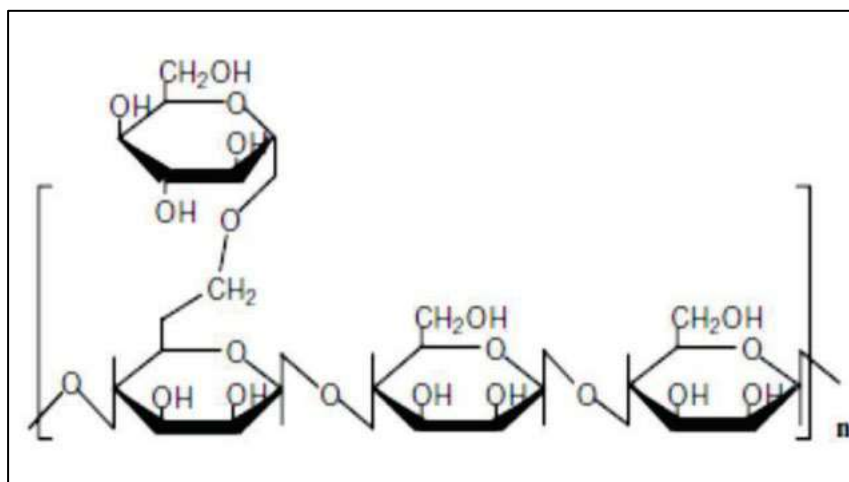


*Nota.* La figura ilustra la estructura química de un polisacárido de *C. spinosa*, compuesto por D-galactopiranososa y D-manopiranososa, unidas por enlaces glicosídicos. Esta disposición es importante para sus funciones biológicas. Tomado de (Rigano et al., 2019, p.1).

En la figura 7 se presenta la unidad monomérica de la goma de *C. spinosa* donde una galactosa se sustituye cada tres unidades de manosa. Las cadenas de esta goma están asociadas a cationes metálicos que pueden ser calcio, potasio o magnesio. La goma de *C. spinosa* es altamente hidrófila, retiene gran cantidad de agua (Pavón Vargas, 2015, pp. 6-7).

### Figura 7

*Unidad monomérica de la goma de C. spinosa*



*Nota.* Formada por monosacáridos interconectados mediante enlaces glicosídicos. Tomado de (Hatakeyama y Hatakeyama, 2005, p. 131).

#### 2.2.11. Composición de aguas residuales

Para caracterizar las aguas residuales se utiliza una serie de parámetros que permiten cuantificar los contaminantes. Los parámetros más comúnmente empleados son: turbidez, pH, DQO, SST y SDT (Déniz Quintana, 2010, p. 120).

**Turbidez.** Reducción de transparencia en un líquido a causa de agentes externos, entre ellas pueden ser las diferentes partículas en suspensión (Bravo y Gutiérrez, 2016), La turbidez del agua cruda puede fluctuar considerablemente, oscilando desde casi cero hasta miles de unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Esta variación se debe a la presencia de partículas tanto suspendidas como disueltas en el agua. Las dimensiones de estas partículas pueden abarcar desde coloidales hasta macroscópicas, con tamaños que van desde 10

nanómetros (nm) hasta aproximadamente 0,1 milímetros (mm) Estas partículas pueden incluir minerales, restos orgánicos resultantes de la descomposición de vegetación, fibras de amianto u otros silicatos, así como partículas de arcilla, barro, restos de plantas o microorganismos. Todo esto contribuye a la reducción de la claridad del agua; en otras palabras, a medida que aumenta la cantidad de sólidos en suspensión, también se incrementa la turbidez. Una turbidez superior a 5 NTU puede ser notoria y, por ello, provocar objeciones entre los consumidores. Asimismo, puede afectar la mayoría de los procesos a los cuales se destine el agua, y aunque no es una característica intrínseca del agua, sirve como un parámetro para evaluar la calidad de las aguas en espacios públicos. (Castillo Cohaila, 2023, p. 172).

A nivel óptico, sería la propiedad de un líquido de disipar y/o absorber la luz en lugar de proyectarla en línea recta; puede ser causada por partículas coloidales, como es el caso de las arcillas. Materia orgánica e inorgánica, la medición se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro (Romero Norabuena, 2018).

### **Tabla 1**

*Valores típicos de turbidez de varios líquidos*

<b>Líquidos</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
Agua desionizada	0,02
Agua potable	0,02 a 0,5
Agua de manantial	0,05 a 10
Agua residual (no tratada)	70 a 2000
Agua blanca (industria del papel)	60 a 800

*Nota.* Presenta la turbidez (NTU) de líquidos: agua desionizada y potable muestran valores bajos, mientras que agua residual y agua blanca tienen valores elevados. Tomado de (Castillo Cohaila, 2023, p. 173)

**pH.** El pH indica el nivel de acidez, neutralidad o alcalinidad de un líquido y se mide en una escala que va de 0 a 14. Se ha demostrado que, en un pH neutro (7), la goma de tara remueve una mayor cantidad de turbidez, lo cual representa una ventaja importante al usar biopolímeros. Esto contrasta con el uso de sales de hierro y aluminio, que alteran el pH del agua tratada, requiriendo una corrección adicional (Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 29).

**Demanda química de oxígeno (DQO).** Es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación de materia orgánica e inorgánica existentes en las muestras de agua, en palabra más sencillas, es la cantidad de oxígeno requerido para la “descontaminación” de un cuerpo de agua (Martínez, 2016). La prueba de demanda química de oxígeno (DQO) mide el contenido total de materia orgánica en términos de oxígeno, al oxidar todos los materiales orgánicos biodegradables y no biodegradables usando un agente oxidante fuerte, como el dicromato de potasio (Guerra, 2005, p. 287).

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para descomponer los residuos orgánicos de manera aeróbica (Vejarano y Príncipe, 2021). Específicamente en aguas residuales, se utiliza para medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica biodegradable presente en una muestra de agua, mediante la acción de microorganismos aeróbicos. Generalmente, la DBO se determina en condiciones de laboratorio a una temperatura de 20 °C durante un período de 5 días, y se expresa en mg/l de O<sub>2</sub>, conocida como DBO<sub>5</sub> (Raffo y Ruiz, 2014, p. 76).

La DBO de cinco días, o DBO<sub>5</sub>, representa la cantidad total de oxígeno consumido por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación. La prueba de DBO<sub>5</sub> consiste en colocar una muestra de residuo en una botella cerrada, medir la concentración de oxígeno disuelto (OD) al inicio de la prueba y nuevamente después de cinco días; la

diferencia en la concentración de OD, dividida por el volumen de residuo (P), es la DBO<sub>5</sub> (Raffo y Ruiz, 2014, p. 77).

**Sólidos suspendidos totales (SST).** Es la cantidad de material particulado que se encuentran en suspensión en el agua superficial o agua residual, además puede retenerse en un filtro estándar de fibra de vidrio cuyo diámetro sea 1.2 µm, el origen de los sólidos suspendidos puede ser de origen doméstico, pecuario, agrícola o industrial (Martínez, 2016). El método estándar para medir los SST implica agitar la muestra completamente antes de filtrarla, los SST incluyen todos los sólidos no disueltos, a diferencia de los SDT que no se asientan bajo la influencia de la gravedad (Woodard & Curran Inc., 2006, p. 83).

**Sólidos disueltos totales (SDT).** Son los compuestos (sales, minerales, metales, cationes y/o aniones) que se encuentran disueltos en el agua, y se calculan restando los sólidos suspendidos a los sólidos totales (Bravo y Gutiérrez, 2016, p. 21). Los SDT en aguas residuales incluyen materias orgánicas disueltas y sales inorgánicas como sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro, bicarbonatos y sulfatos. Los métodos actuales para eliminar SDT de las aguas residuales incluyen la adsorción física, ósmosis inversa, destilación, precipitación, filtración por membrana y biorremediación basada en bacterias (Chen et al., 2021, p. 166).

### ***2.2.12. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas según el MINAM***

El MINAM (2010), aprobó los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, mediante el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM. Esta normativa define los niveles máximos de contaminantes que pueden estar presentes en los efluentes tratados antes de su descarga, con el objetivo de proteger la calidad del agua y el medio ambiente, asegurando que las plantas de tratamiento cumplan con estándares que minimicen impactos negativos. (pp. 1-2).

**Tabla 2***Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas</b>
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos totales en suspensión	mg/L	150
Temperatura	°C	<35

*Nota.* Adaptado del Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, p. 2.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **2.3.1. Aguas Residuales**

Aguas procedentes de las diferentes actividades humanas (aseo personal, cocina, limpieza). Contienen grandes cantidades de materia orgánica y microorganismos, así como restos de sustancias utilizadas en las diferentes actividades (Espigares y Pérez, 1985, p. 2).

#### **2.3.2. Clarificación**

Fase de sedimentación con la finalidad de eliminar sólidos sedimentables del agua residual (Norma OS.090, 2021, p.5).

#### **2.3.3. Coagulación**

Introducción de sustancias químicas y polímeros sintéticos en un cuerpo de agua o muestra líquida con el objetivo de unir, juntar o aglutinar los sólidos en suspensión (Valeriano y Matos, 2019, p. 302).

#### **2.3.4. Flocculación**

Fase siguiente de la coagulación, que consiste en generar agitación de la masa coagulada, permitiendo el crecimiento y aglomeración de los flóculos, aumentando así su tamaño y peso sedimentando fácilmente (Romero Norabuena, 2018, p.2).

### **2.3.5. Goma de tara**

Es un tipo de goma vegetal obtenida a partir de las semillas de la tara (*C. Spinosa*), esta goma se puede extraer de la semilla por el método vía secado, que luego son tostadas, molidas y tamizados (Pavón Vargas, 2015, p. 7).

### **2.3.6. Sulfato de aluminio**

Es un tipo de coagulante usado en los tratamientos de aguas, se obtiene de la digestión de la bauxita con ácido sulfúrico (Pérez Garay, 2015, p.12). Tiene incidencia con el deterioro cognitivo, demencia y Alzheimer, cáncer y enfermedades óseas, además de deteriorar las células epiteliales intestinales (Meza et al., 2018, p. 2).

### **2.3.7. Turbidez**

Se refiere a la medida de la cantidad de partículas sólidas en un líquido (agua), cuando existe alta turbidez, el agua se vuelve opaca o turbia debido a la dispersión de la luz por las partículas suspendidas. Refleja una aproximación de material coloidal, mineral u orgánico (Marcó, et al., 2004, p. 73).

### **2.3.8. Sólidos disueltos totales (SDT)**

Es la cantidad total de sustancias sólidas disueltas en una solución (agua), es la suma de todas las sales, minerales y otros sólidos. Proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor, por la presencia de éstas algunas personas pueden experimentar irritación gastrointestinal al beber de está agua (Sigler y Bauder, s.f.).

### **2.3.9. Sólidos suspendidos totales (SST)**

Miden la cantidad de partículas sólidas que permanecen en suspensión en un líquido. Se determina filtrando una muestra a través de un filtro de fibra de vidrio (0.45 micras), secando y pesando los sólidos retenidos. Los SST se expresan en miligramos por litro (mg/L) o partes por millón (ppm) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2024, p. 1).

## CAPÍTULO III

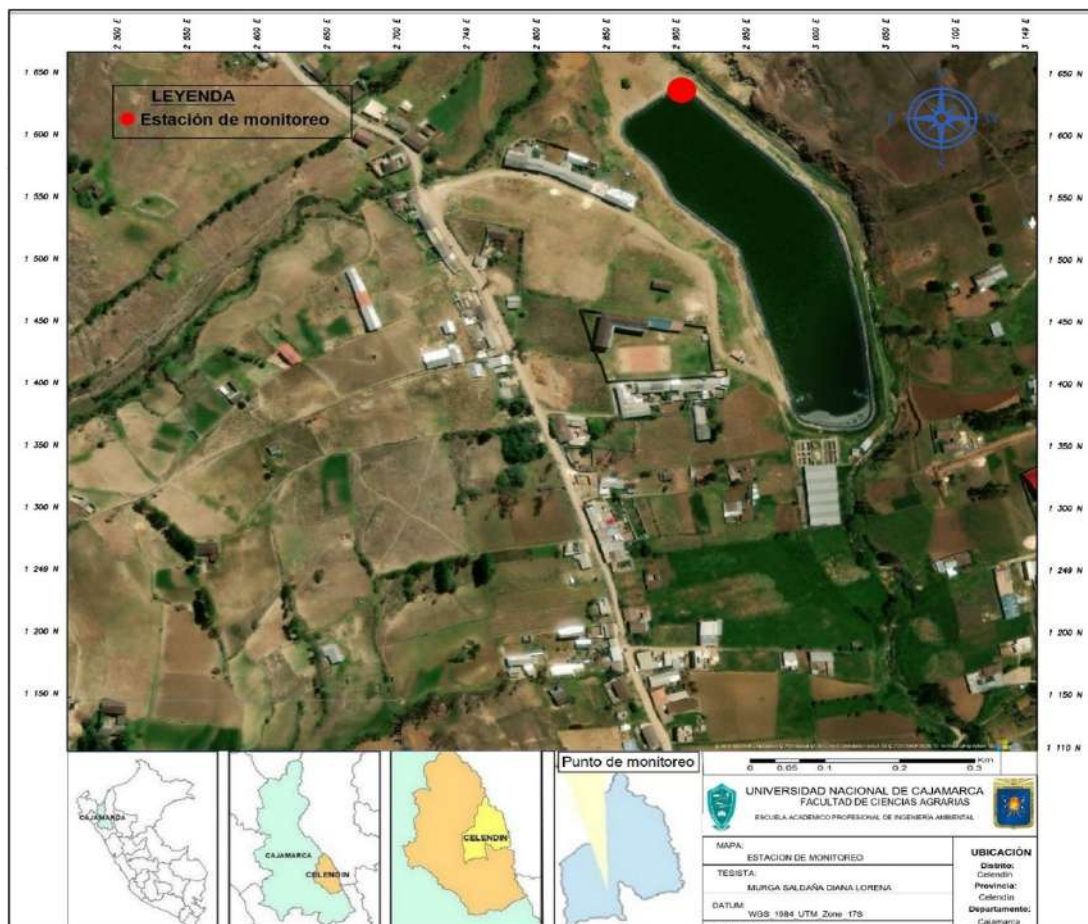
### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Ubicación de la investigación

Para este estudio se consideró un único punto de recolección, en el fluente de la PTAR – Celendín con coordenadas UTM: este: 815435 m, norte: 9241975 m, altitud: 2605 m.s.n.m.

**Figura 8**

*Ubicación de la investigación*



### 3.2.2. *Materiales y equipos de laboratorio*

- Pissetas
- Pipeta electrónica
- Vasos de precipitado
- Bagueta
- Cucharilla
- Botella Winkler
- Matraz de Erlenmeyer
- Agua destilada
- Envases de vidrio y plástico
- Guardapolvo
- Mascarillas quirúrgicas
- Guantes quirúrgicos
- Sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  al 1 %.
- Goma de tara (*C. spinosa*).
- Preservante DQO (ácido sulfúrico 1N)
- Reactivos**
- Ácido clorhídrico
- Sulfato de aluminio
- Agua destilada
- Equipos**
- Balanza analítica
- Cronómetro
- Turbidímetro
- Multiparámetro

- Equipo Test de jarras Velp scientific AGIT-05

#### 4.3. Procedimiento

El proceso se divide en tres fases: pre-experimentación, ejecución y post-experimentación, detallada a continuación:

##### 3.3.1. *Pre-experimentación, visita a la PTAR para obtención de la muestra*

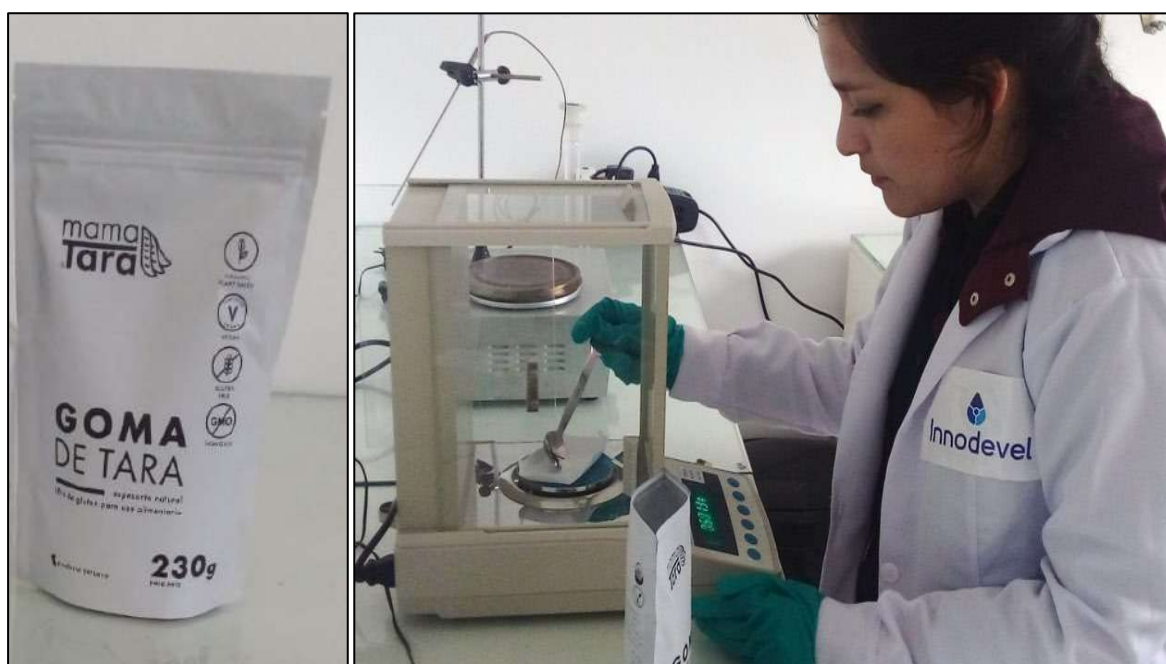
Previo a la ejecución del experimento, se llevaron a cabo visitas al sitio para la recolección de muestras del efluente de la PTAR Celendín, para posteriormente realizar las pruebas en el laboratorio Innodevel SAC, Cajamarca.

##### 3.3.2. *Ejecución, preparación de la solución de la goma de *C. spinosa* al 1%*

Se pesó 1 g de polvo de goma de *C. spinosa* en una balanza analítica. Para evitar grumos y obtener una mezcla homogénea, se disolvió lentamente en 20 mL de agua destilada en un vaso de precipitados, utilizando una varilla de agitación. La solución resultante se transfirió a una fiola de 100 mL, se añadió más agua destilada y se agitó para asegurar la uniformidad del polímero natural. (Aguilar, 2010, citado por Vilavila Morales, 2018, p. 35).

#### Figura 9

*Preparación de la solución de la goma de *C. spinosa* al 1%*

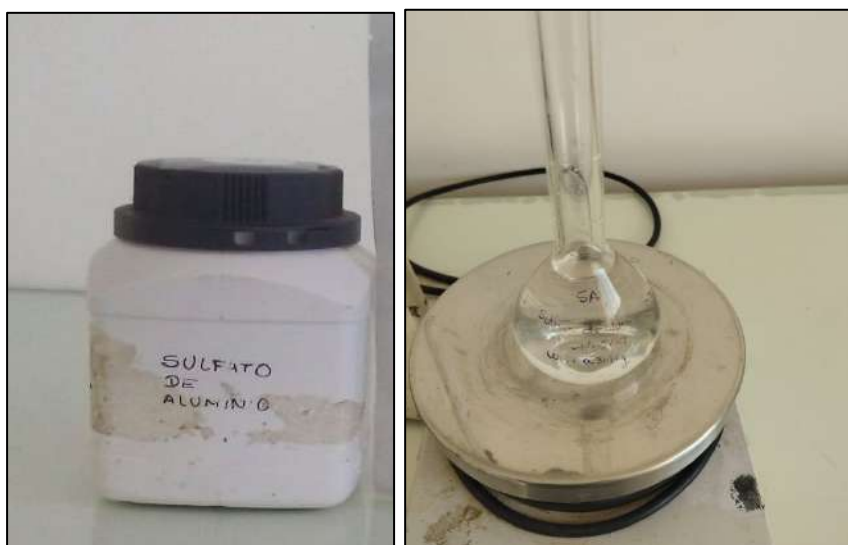


### 3.3.3. Preparación de la solución de $Al_2(SO_4)_3$ al 1%

Para preparar la solución del sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  se pesó en una balanza 100 g. del mismo, el cual fue disuelto con agua destilada en una fiola de 1000 ml. Obteniendo una solución al 10%, posteriormente se sacó 10 ml. de dicha solución y se aforó en una fiola de 100 ml. y así obtener una solución al 1% (Vilavila Morales, 2018, p. 35).

#### Figura 10

Preparación de la solución de  $Al_2(SO_4)_3$  al 1%



Para los cálculos en volumen mililitros (ml), se detalla a continuación:

Preparación de la goma de *C. spinosa* y  $Al_2(SO_4)_3$  en volumen por litro

$$V1 = \frac{V2(ml) * C2\left(\frac{mg}{L}\right)}{C1\left(\frac{mg}{L}\right)}$$

Donde:

V1: Volumen de coagulante/floculante (ml) a encontrar

C2: Dosis del coagulante al 1%

V2: Capacidad del recipiente de la muestra (L)

C2: Dosis del coagulante/floculante que se añadió a la muestra en el caso de *C.*

*spinosa* (10 mg/L, 30 mg/L, 50 mg/L) y sulfato de aluminio (20 mg/L)

**Tabla 3***Dosis y volúmenes de coagulante-floculante*

<b>Dosis del coagulante (mg/L) <i>C. spinosa</i></b>	<b>Volumen del coagulante <i>C. spinosa</i></b>
10 mg/L	1 ml
30 mg/L	3 ml
50 mg/L	5 ml
<b>Dosis del coagulante (mg/L) <i>C. spinosa</i> + <math>Al_2(SO_4)_3</math></b>	<b>Volumen del coagulante <i>C. spinosa</i> + <math>Al_2(SO_4)_3</math></b>
10 mg/L+ 20 mg/L	1 ml <i>C. spinosa</i> +2 mL $Al_2(SO_4)_3$
30 mg/L + 20 mg/L	3 mL <i>C. spinosa</i> + 2 mL $Al_2(SO_4)_3$
50 mg/L + 20 mg/L	5 mL <i>C. spinosa</i> + 2 mL $Al_2(SO_4)_3$

**3.3.4. Determinación de la velocidad de agitación y tiempo de sedimentación**

Se ejecutó con una velocidad de agitación rápida de 300 RPM por un tiempo de 5 segundos y una velocidad de agitación lenta de 40 RPM durante 40 minutos con un tiempo de sedimentación de 20 minutos (CEPIS, 2004, citado por Vilavila Romero, 2018, p. 36).

**3.3.5. Fase de laboratorio**

Los análisis experimentales se realizaron en el laboratorio Innodel S.A.C. (Cajamarca), con el equipo prueba de jarras o test de jarras.

**Figura 11***Experimentación en el test de jarras*

Las muestras se remitieron al laboratorio SGS – Cajamarca donde se midió los parámetros STD, SST, DBO y DQO; por otro lado, los parámetros turbidez, pH y temperatura fueron analizados en el laboratorio regional de salud (DIRESA-Cajamarca) (ver tabla 4).

**Tabla 4**

*Parámetros de laboratorio, cantidad de muestras y laboratorio.*

Parámetros	Cantidad de muestras	Laboratorio
STD	25 muestras	SGS
SST	25 muestras	SGS
DBO	7 muestras	SGS
DQO	7 muestras	SGS
Turbidez	25 muestras	DESA (DIRESA)
pH	25 muestras	DESA (DIRESA)
Temperatura	25 muestras	DESA (DIRESA)

**Figura 12**

*Envío de muestras al laboratorio SGS*



### 3.3.6. *Post-experimentación Tratamiento y análisis de datos*

Con los resultados obtenidos de los laboratorios de SGS acreditado por INACAL – DA con registros LE -002 y DIRESA – DESA, se consideró el diseño completamente al azar (ANOVA o ANVA) y porcentaje (%) de remoción. Se trabajó a una confiabilidad del 95% y una significancia al 5% para todas las pruebas; se utilizó el office Excel para las tablas y el software Minitab para las figuras. En la tabla 5 se presenta el análisis estadístico ANOVA de

datos para los parámetros de SST, SDT, pH, temperatura y turbidez, ya que para estos parámetros se trabajó para calcular la dosis óptima entre tratamientos, al realizarse 4 repeticiones de estos 5 parámetros.

**Tabla 5**

*Análisis estadístico de datos (SST, SDT, pH, temperatura y turbidez)*

<b>ANOVA</b>						
FUENTES	SUMA DE CUADRADO	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	FC	FT	SIGNIFIC.
<b>Tratamiento (T)</b>	$\sum_{t=1}^t \frac{t_i^2}{t} - \frac{Y^2}{t^2}$	t-1	$\frac{Sc\ ti}{t-1}$	$\frac{CM\ Ti}{CMEE}$	Este valor se obtiene a través de tablas, utilizando grados de libertad, el error, así como el nivel de confianza a utilizar	
<b>Error E.</b>	$\sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - \frac{Y^2}{t^2}$	(t-1) (t-2)	$\frac{Sc\ EE}{(t-1)(t-2)}$			
<b>TOTAL</b>	Sc totsl - (ScTi + ScCj + Sc Hk)	t <sup>2</sup> -1				

*Nota:* Adaptado de (Delgado Portilla, 2022, p. 21).

Para el caso de los parámetros de DBO<sub>5</sub> y DQO, solo se realizó el porcentaje de remoción en la muestra inicial (EF) y el resultado de los tratamientos. La muestra enviada a analizar, se formó a partir de las muestras individuales de cada repetición (4), creando así el volumen promedio representativo.

$$\%Remoción = \frac{V_{pi} - V_{pf}}{V_{pi}} \times 100$$

Donde:

V<sub>pi</sub>: Valor parámetro inicial

V<sub>pf</sub>: Valor parámetro final

Se compararon los resultados con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. 003-2010-MINAM. Los valores del efluente inicial y el promedio de los tratamientos se evaluaron en relación con los parámetros estudiados, que incluyen DBO<sub>5</sub> (mg/L), DQO (mg/L), pH, SST (mg/L) y temperatura (°C).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Calidad del agua en el efluente de la PTAR Celendín antes y después de aplicar los tratamientos con la goma de tara (*C. spinosa*), mediante el análisis de turbidez (NTU), pH, Temperatura, DQO, DBO<sub>5</sub>, SST y SDT.

En este estudio, se evaluaron tres dosis de goma de tara (10, 30 y 50 mg/L) y tres dosis combinadas con 20 mg/L de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) como coadyuvante en el tratamiento del efluente de la PTAR de Celendín, que incluye etapas de pretratamiento, tratamiento primario y secundario. La Tabla 6 muestra los valores iniciales del efluente de la PTAR: turbidez de 81 NTU, pH de 7.59, sólidos de decantación total (SDT) de 646 mg/L, sólidos suspendidos totales (SST) de 100 mg/L, demanda biológica de oxígeno a 5 días (DBO<sub>5</sub>) de 129.50 mg/L, demanda química de oxígeno (DQO) de 245.50 mg/L y temperatura de 19.50 °C. Dado que los tratamientos primarios y secundarios no cumplen con ciertos parámetros de calidad exigidos, la goma de tara se explora como tratamiento terciario, estos valores iniciales sirven de referencia para evaluar la eficacia de los tratamientos.

**Tabla 6**

*Evaluación de parámetros del efluente de la PTAR antes del tratamiento.*

Muestra testigo	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH (unidad de pH)	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	temperatura (°C)	turbidez (NTU)
EP	129.50	245.50	7.59	646.00	100.00	19.50	81.00

La Tabla 7 presenta los resultados promedio de los parámetros de calidad del agua obtenidos de las cuatro repeticiones para cada dosis aplicada de *C. spinosa* y sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ). A continuación, se llevará a cabo un análisis detallado de cada parámetro evaluado, incluyendo DBO, DQO, temperatura, pH, SDT, SST y turbidez, para determinar el efecto específico de las distintas dosis sobre la calidad del efluente tratado.

**Tabla 7**

*Resultados experimentales del tratamiento*

[ <i>C. spinosa</i> / $Al_2(SO_4)_3$ ] mg/L	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	pH (Unidad de pH)	SDT (mg/L)	SST (mg/L)	Temperatur a (°C)	Turbidez (NTU)
GT 1 / 10	130.00	205.70	7.66	656.50	82.00	19.03	67.93
GT 2 / 30	84.00	209.00	7.71	658.25	67.25	18.85	80.45
GT 3 / 50	84.40	189.10	7.65	656.50	60.25	19.05	78.00
GTAL 1 / 10+20	67.00	172.50	7.63	665.50	156.25	19.10	56.90
GTAL 2 / 30+20	74.50	182.50	7.63	661.50	65.75	18.95	81.75
GTAL 3 / 50+20	77.40	189.10	7.65	662.50	63.75	19.00	68.50

### **Efecto de los tratamientos sobre la turbidez del efluente.**

La Figura 13 ilustra la reducción de la turbidez en función de los distintos niveles de tratamiento, observándose disminuciones que alcanzan hasta un 29.75%. Esta reducida disminución puede atribuirse al hecho de que se está tratando aguas previamente tratadas, cuyo último proceso es la laguna de estabilización (Orellana, s.f.). En estos sistemas, se desarrollan especies de algas verdes (como *Podiastrum*, *Scenedesmus*, *Coelastrum*), diatomeas (como *Asteriorella*, *Melosira*), y cianofíceas (como *Anabaena*, *Microcystis*), que proliferan bajo la influencia de la luz solar en depósitos abiertos, decantadores y piscinas. Estas algas contribuyen al aumento de la turbidez y son difíciles de eliminar con tratamientos convencionales. Según Gómez Puentes (2005), en los efluentes de las lagunas de

estabilización, la presencia de algas eleva significativamente los sólidos en suspensión y la turbidez. La aplicación de 10 mg/L de *C. spinosa* y 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  logró reducir la turbidez de 81 NTU a 56.9 NTU. Valeriano y Matos (2018) obtuvieron resultados similares, determinando una dosis óptima de 12 mg/L de *C. spinosa* en combinación con 25 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , alcanzando una reducción del 56% en aguas de baja turbidez (30 NTU). Se observó que dosis superiores a 25 mg/L no son tan eficaces debido a la falta de iones de aluminio (Al) necesarios para desestabilizar las partículas coloidales, impidiendo su remoción. En su estudio, que utilizó un modelo de turbidez residual a pH neutro (7.5–8), se logró una reducción del 40% con la dosificación de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (pp. 299–308). Además, Hejzlar et al. (1998) indicaron que la coagulación con componentes de aluminio no es recomendada ni eficiente para la remoción de algas.

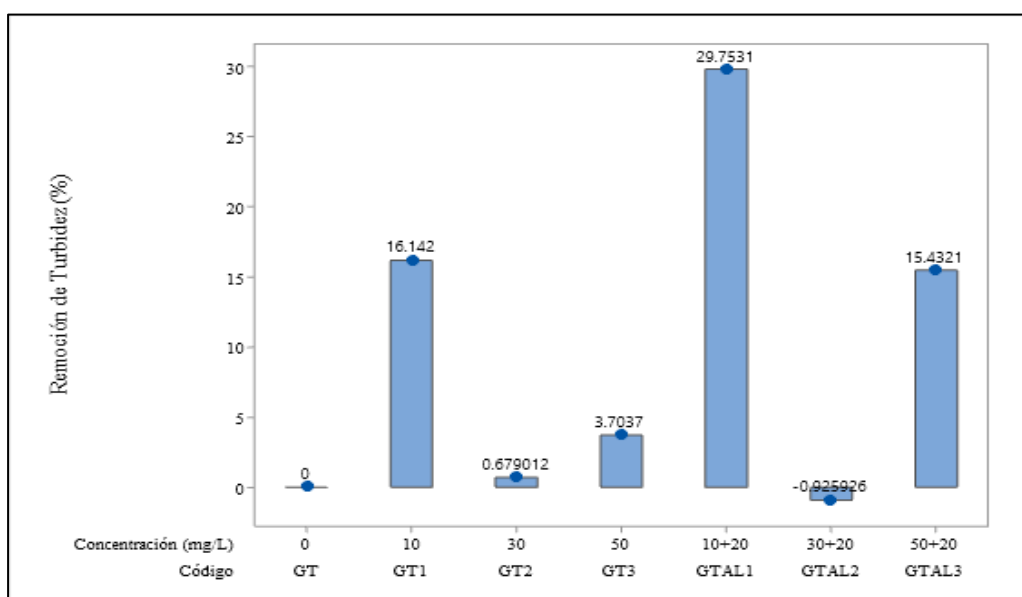
Por otro lado, Vilavila Morales (2018) encontró que la goma de *C. spinosa* (15 mg/L) como coadyuvante de 35 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  logró disminuir la turbidez inicial de 175 NTU a un promedio de 1.14 NTU. Estas dosis son similares a las encontradas en esta investigación (pp. 41-44). Aunque las dosis óptimas son comparables, el porcentaje de remoción entre el presente estudio y el estudio de Vilavila Morales (2018) es diferente. Esta diferencia puede haber sido resultado de la baja turbidez inicial (81 NTU) en la muestra inicial, lo cual no generó un choque entre las partículas ni permitió la formación de aglomeraciones (Domínguez, 2010, citado en Calixto Ñaupari, 2018, p. 90). En cierta medida, los resultados de esta investigación demuestran la influencia de la goma de *C. spinosa* como coadyuvante del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Sin embargo, esta influencia es baja y estadísticamente no significativa en comparación con los diferentes tratamientos (ver Figura 13). El tratamiento redujo la turbidez en un 29.75%, utilizando una dosificación de 10 mg/L de *C. spinosa* y 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Esto indica que, aunque la goma de *C. spinosa* contribuye efectivamente a la producción de flóculos, su exceso puede reducir la eficacia del tratamiento al agregar sólidos suspendidos.

Sáenz Damián (2019) también demostró la influencia de *C. spinosa* junto con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  en la remoción de turbidez, logrando una reducción del 60%. Sin embargo, las dosificaciones (0.75 g, 1 g y 1.25 g para 800 mL de muestra) y la aplicación directa influyen en la remoción de turbidez (pp. 50–51).

En consecuencia, se ha demostrado, al igual que en las investigaciones citadas, que la goma de *C. spinosa* es un coagulante natural que ayuda o coadyuva al  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  en la generación de sólidos amorfos y su posterior remoción. Además, la aplicación de *C. spinosa* afecta la remoción de la turbidez: Sáenz Damián (2019) utilizó una aplicación directa de *C. spinosa* (p. 15), mientras que Valeriano y Matos (2019) emplearon una aplicación diluida (p. 1), lo que podría influir en la clarificación del agua. Adicionalmente, Suhail et al. (2019) proponen que la *C. spinosa*, al estar constituida por polisacáridos, resinas y sus derivados, como los hidrogeles, funciona como redes poliméricas hidrofílicas tridimensionales que absorben grandes cantidades de líquidos (p. 874). Así, la goma de *C. spinosa* actúa como un absorbente que atrae las moléculas suspendidas generadas por el  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , formando grumos grandes que se vuelven pesados y se sedimentan.

### Figura 13

#### Remoción de la turbidez



La Tabla 8 resume los resultados de turbidez para las diferentes dosis de *C. spinosa* y sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Los datos promedio revelan que la combinación de 10 mg/L de *C. spinosa* y 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (GTAL 1) presenta la turbidez más baja, con un promedio de 56.9 NTU, indicando una alta eficiencia en la reducción de turbidez del efluente. En contraste, el tratamiento con 30 mg/L de *C. spinosa* y 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (GTAL 2) muestra el promedio más alto de turbidez, con 81.75 NTU, y la mayor varianza, reflejando una mayor dispersión en los resultados. La suma de cuadrados del tratamiento (SC<sub>Trat</sub>) de 1835.772, en relación con la suma total de cuadrados (SC<sub>Total</sub>) de 5585.9 y la suma de cuadrados del error (SC<sub>Error</sub>) de 3750.1, indica que la variabilidad explicada por los tratamientos es significativa, aunque también existe una considerable variabilidad no explicada por el modelo.

**Tabla 8**

*Resultados de los tratamientos de la turbidez sobre efluente de acuerdo a tratamiento*

REP.	GT 1	GT 2	GT 3	GTAL 1	GTAL 2	GTAL 3
	<i>C. spinosa</i>			<i>C. spinosa</i> + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$		
	10 mg/L	30 mg/L	50 mg/L	10 mg/L + 20 mg/L	30 mg/L + 20 mg/L	50 mg/L + 20 mg/L
<b>1</b>	77	79	86	73.4	72.8	68.5
<b>2</b>	73.6	84.9	91.5	45.2	69.2	54.5
<b>3</b>	52.1	72.9	81.5	47	111	61
<b>4</b>	69	85	53	62	74	90
<b>Suma</b>	271.7	321.8	312	227.6	327	274
<b>Promedio</b>	67.925	80.45	78	56.9	81.75	68.5
<b>Varianza</b>	122.0491	33.3033	294.5	177.72	384.41	238.1666
<b>SC<sub>Trat</sub></b>	1835.772					
<b>SC<sub>Total</sub></b>	5585.9					
<b>SC<sub>Error</sub></b>	3750.1					

En la tabla 9 se presenta los resultados de ANOVA con respecto a la turbidez, donde el valor p (probabilidad) (0.171) es mayor que el valor de la significancia (0.05), esto quiere

decir que no existe una diferencia significativa entre grupos con respecto a la turbidez, aceptando la hipótesis nula (todas las medias son iguales) (Dagnino, 2014, p. 307), *C. spinosa* sola y en combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  tienen el mismo nivel de tratabilidad para el parámetro de turbidez a nivel estadístico (Molina Arias, 2017, p. 377), de la misma forma que Revelo et al. (2015) indicaron “que utilizando extractos de *C. spinosa* para tratar agua residual tiene el mismo efecto estadístico que aplicando un coagulante químico” (p. 1).

### Tabla 9

#### *Análisis de varianza*

Origen de las variaciones	SC ajustado	Grados de libertad	MC ajustado	Valor F	Valor P	Valor crítico para F
SC <sub>Trat</sub>	1836	5	367.154	1.762	0.171	2.7728
SC <sub>Error</sub>	3750	18	208.341			
Total	5585	23				
Hipótesis nula			Todas las medias son iguales			
Hipótesis alterna			No todas las medias son iguales			
Nivel de significancia			$\alpha = 0.05$			

#### **Efecto de las diferentes dosis sobre el pH del efluente.**

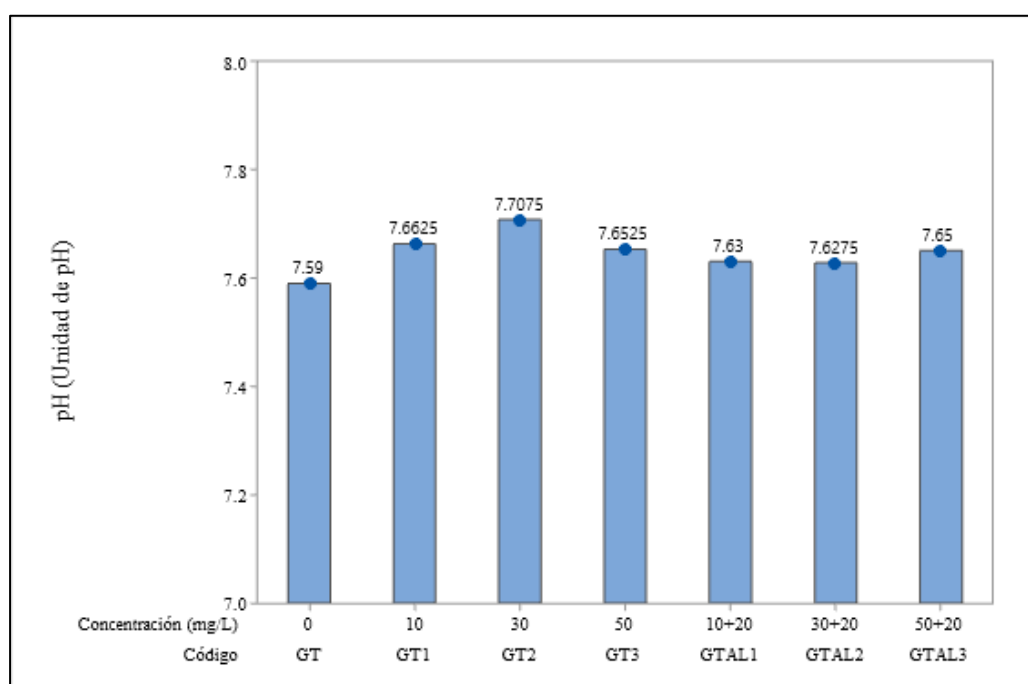
La Figura 14 muestra que el pH del efluente residual se mantiene constante con respecto al inicial y a los diferentes niveles de tratamiento, oscilando entre 7.59 y 7.70. Esto indica que ni la goma de *C. spinosa* ni su combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  alteran significativamente el pH del efluente residual. En el primer nivel de tratamiento con *C. spinosa*, se obtuvo un pH de 7.59, que es el pH más bajo de todos los tratamientos evaluados. Charapaqui y Tafur (2022) informaron resultados similares, señalando que el pH se redujo mínimamente con *C. spinosa*, comparado con el tratamiento optimizado con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (pH 8.5), que redujo el pH a 7.1 (pp. 125–138). Este comportamiento sugiere que *C. spinosa* podría aportar compuestos que eliminan protones, como se observó en el estudio de Sáenz Damián (2019), donde el pH disminuyó de 7.22 a 4.43 (p. 10).

En todos los niveles de tratamiento, el pH se encuentra dentro del rango óptimo para procesos de clarificación, que es de 6.5 a 8.5 (Vilavila Morales, 2018, pp. 40–41). Aunque en general *C. spinosa* no afecta significativamente el pH (figura 14), se presenta un ligero incremento en el pH en las muestras tratadas con *C. spinosa* a diferentes dosis.

Valeriano y Matos (2019) mencionan que los polímeros, como *C. spinosa*, neutralizan las cargas de los coloides (p. 1), lo que puede explicar la estabilidad en el pH entre los diferentes niveles de tratamiento con *C. spinosa*, pero no su reducción. Barajas y León (2015) encontraron que el pH óptimo para la remoción de turbidez con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  es de entre 7 y 8 (p. 85). Romero Norabueno (2018) determinó que el pH óptimo con *C. spinosa* era 7.5 (p. 10), lo que explica por qué no se realizó una adaptación del pH en esta investigación. Aunque es posible que la protonización, posiblemente atribuida a enlaces glucosídicos en la mezcla de agua con *C. spinosa*, pueda liberar hidrógenos y reducir el pH de la solución, este fenómeno no se observó en nuestra investigación.

### Figura 14

*Efecto de los tratamientos sobre el pH del efluente residual*



En la tabla 10, indica que los pH promedio de los diferentes tratamientos con *C. spinosa* y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  son bastante similares, oscilando entre 7.63 y 7.71. La menor media se observó con el tratamiento de 10 mg/L de *C. spinosa* (GT 1) con un promedio de 7.66, mientras que la combinación de 30 mg/L de *C. spinosa* y 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (GTAL 2) mostró un promedio de 7.63. La variabilidad entre tratamientos es baja, con varianzas que van de 0.002492 a 0.016625, lo que sugiere que los efectos de los tratamientos en el pH son consistentes. La suma de cuadrados del tratamiento ( $\text{SC}_{\text{Trat}}$ ) es 0.0169, comparada con la suma total de cuadrados ( $\text{SC}_{\text{Total}}$ ) de 0.1222 y la suma de cuadrados del error ( $\text{SC}_{\text{Error}}$ ) de 0.1053, lo que indica que la variabilidad explicada por los tratamientos es relativamente baja en comparación con la variabilidad total.

**Tabla 10**

*Resultados de los tratamientos del pH sobre efluente de acuerdo a tratamiento.*

	<b>GT 1</b>	<b>GT 2</b>	<b>GT 3</b>	<b>GTAL 1</b>	<b>GTAL 2</b>	<b>GTAL 3</b>
	<i>C. spinosa</i>			<i>C. spinosa</i> + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$		
<b>REP.</b>	10 mg/L	30 mg/L	50 mg/L	10 mg/L + 20 mg/L	30 mg/L + 20 mg/L	50 mg/L + 20 mg/L
<b>1</b>	7.59	7.64	7.58	7.59	7.62	7.58
<b>2</b>	7.63	7.63	7.72	7.58	7.7	7.68
<b>3</b>	7.75	7.66	7.6	7.72	7.59	7.71
<b>4</b>	7.68	7.9	7.62	7.62	7.6	7.63
<b>Suma</b>	30.65	30.83	30.61	30.52	30.51	30.6
<b>Promedio</b>	7.66	7.71	7.65	7.63	7.63	7.65
<b>Varianza</b>	0.004758	0.016625	0.004092	0.003867	0.002492	0.003267
<b><math>\text{SC}_{\text{Trat}}</math></b>	0.0169					
<b><math>\text{SC}_{\text{Total}}</math></b>	0.1222					
<b><math>\text{SC}_{\text{Error}}</math></b>	0.1053					

La tabla 11 se presenta los resultados de ANOVA con respecto al pH, donde el valor p (probabilidad) (0.716) es mayor que el valor de la significancia (0.05), si el valor de la probabilidad es mayor a la significancia, es decir “p” es un valor grande, “si hay un efecto es

tan pequeño que ningún experimento de ese tamaño es capaz de detectarlo” (Romero Suarez, 2012, pp. 439 – 446), es decir al aceptarse la hipótesis nula (todas las medias son iguales) el pH no es afectado por los niveles de tratamientos, pues el rango oscila entre 7.59 a 7.70.

**Tabla 11**

*Análisis de Varianza*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Valor crítico para F
Concentración mg/L	5	0.0169	0.00338	0.58	0.716	2.77285315
Error	18	0.1053	0.00585			
Total	23	0.1222				
Hipótesis nula			Todas las medias son iguales			
Hipótesis alterna			No todas las medias son iguales			
Nivel de significancia			$\alpha = 0.05$			

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

**Efecto de los tratamientos sobre los SST del efluente**

La Figura 15 muestra la efectividad del tratamiento sobre los sólidos suspendidos totales (SST). Es importante destacar que no se observan diferencias significativas en la reducción de SST entre los diferentes niveles de tratamiento, es decir, tanto el tratamiento con goma de *C. spinosa* como la combinación con  $Al_2(SO_4)_3$  presentan resultados similares en cuanto a la reducción de SST. Sin embargo, en comparación con la muestra inicial, los tratamientos lograron reducir los SST entre un 30% y un 45%. La dificultad en la reducción de SST puede atribuirse a la elevada presencia de algas, que complican el proceso de coagulación-floculación. Barrado Moreno (2016) señala que, para sedimentar grandes cantidades de algas, es necesario utilizar dosis elevadas de coagulantes y floculantes, lo que puede aumentar la turbidez. La eficacia del mecanismo de neutralización de cargas se ve afectada por las características de las algas; para que la neutralización sea efectiva, las células deben ser esféricas, libres de apéndices o sustancias poliméricas y de tamaño microscópico.

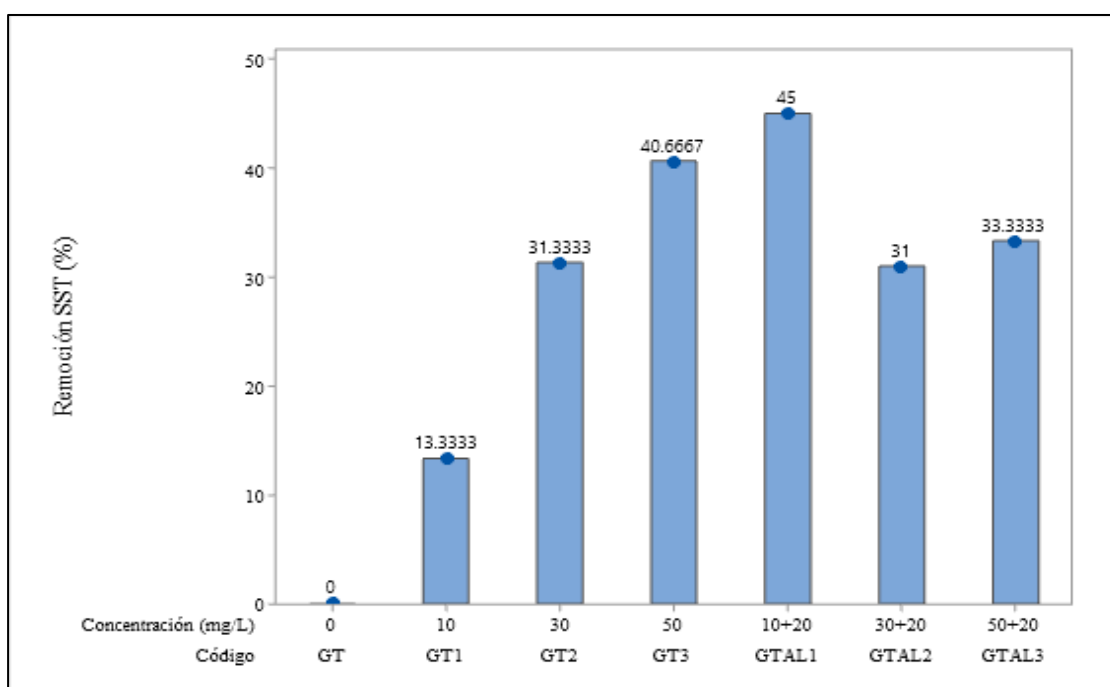
En estos casos, el mecanismo de adsorción se convierte en la etapa controlante del proceso.

En esta investigación, la combinación de 10 mg/L de *C. spinosa* y 20 mg/L de  $Al_2(SO_4)_3$  mostró el mayor porcentaje de remoción de SST.

Bravo y Gutiérrez (2016) reportaron que una dosis de 300 mg/L de *C. spinosa* redujo los SST de 41 mg/L a 34 mg/L, logrando una remoción del 17.07% (p. 8). Similarmente, Rojas Cubas (2020) encontró que una dosis de 1 g de *C. spinosa* redujo los SST de una muestra inicial de 142 mg/L a 94 mg/L, obteniendo una reducción del 33% (p. 26). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Calixto Ñaupari (2018), quien con una dosis de 50 mg/L de  $Al_2(SO_4)_3$  al 1% y 80 mg/L de goma de *C. spinosa* al 0.5% logró una remoción del 86%, reduciendo los SST de 184.30 mg/L a 24.10 mg/L (pp. 35, 89). La diferencia en los porcentajes de remoción podría deberse a las variaciones en las dosis aplicadas. Sáenz Damián (2019) reportó una reducción de SST del 24%, de 895 ppm a 676 ppm (p. 10), lo que está en línea con los resultados de nuestra investigación, donde se obtuvo una remoción del 45%. Este efecto puede atribuirse a los hidrogeles presentes en *C. spinosa*.

### Figura 15

Remoción de los SST.



En la tabla 12, presenta los resultados de los tratamientos del parámetro SST para diferentes dosis de *C. spinosa* y su combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Los promedios de SST varían entre 60.25 mg/L para la dosis de 50 mg/L de *C. spinosa* (GT 3) y 156.25 mg/L para la combinación de 10 mg/L de *C. spinosa* con 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (GTAL 1). La varianza de los resultados muestra una alta dispersión, especialmente en el tratamiento GTAL 1, con una varianza de 41030.25, lo que indica una variabilidad considerable en los datos, posiblemente debido a un valor atípico. La suma de cuadrados del tratamiento ( $\text{SC}_{\text{Trat}}$ ) es 27196.2083, mientras que la suma total de cuadrados ( $\text{SC}_{\text{Total}}$ ) es 153371.958 y la suma de cuadrados del error ( $\text{SC}_{\text{Error}}$ ) es 126175.75. Esto refleja que la mayor parte de la variabilidad observada proviene de la variabilidad dentro de los tratamientos más que entre los tratamientos.

**Tabla 12**

*Resultados de los tratamientos del SST sobre efluente de acuerdo a tratamiento.*

REP.	GT 1	GT 2	GT 3	GTAL 1	GTAL 2	GTAL 3
	<i>C. spinosa</i>			<i>C. spinosa</i> + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$		
	10 mg/L	30 mg/L	50 mg/L	10 mg/L + 20 mg/L	30 mg/L + 20 mg/L	50 mg/L + 20 mg/L
<b>1</b>	119	57	71	49	67	65
<b>2</b>	73	78	69	61	74	71
<b>3</b>	68	71	38	55	66	64
<b>4</b>	68	63	63	460	56	55
<b>Suma</b>	328	269	241	625	263	255
<b>Promedio</b>	82	67.25	60.25	156.25	65.75	63.75
<b>Varianza</b>	614	84.25	231.583333	41030.25	54.9166667	43.5833333
<b>SC<sub>Trat</sub></b>	27196.2083					
<b>SC<sub>Total</sub></b>	153371.958					
<b>SC<sub>Error</sub></b>	126175.75					

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 13) indica que los niveles de tratamiento con *C. spinosa* y como coadyuvante de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  no tienen una diferencia considerable es decir, que no existe evidencia entre tratamientos con respecto al parámetro SST del efluente,

dado que, el valor p (0.58) es mayor a la significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula, la cual dice que las medias son iguales. Esto significa, que la goma de tara sola y la combinación con  $Al_2(SO_4)_3$  tienen el mismo nivel de tratabilidad para el parámetro de SST del efluente residual (Sánchez Rodríguez, 2021, p. 74).

**Tabla 13**

*Análisis de Varianza de un factor para el tratamiento vs SST.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Valor crítico para F
Concentración mg/L	5	27196	5439	0.78	0.58	2.77285315
Error	18	126176	7010			
Total	23	153372				

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

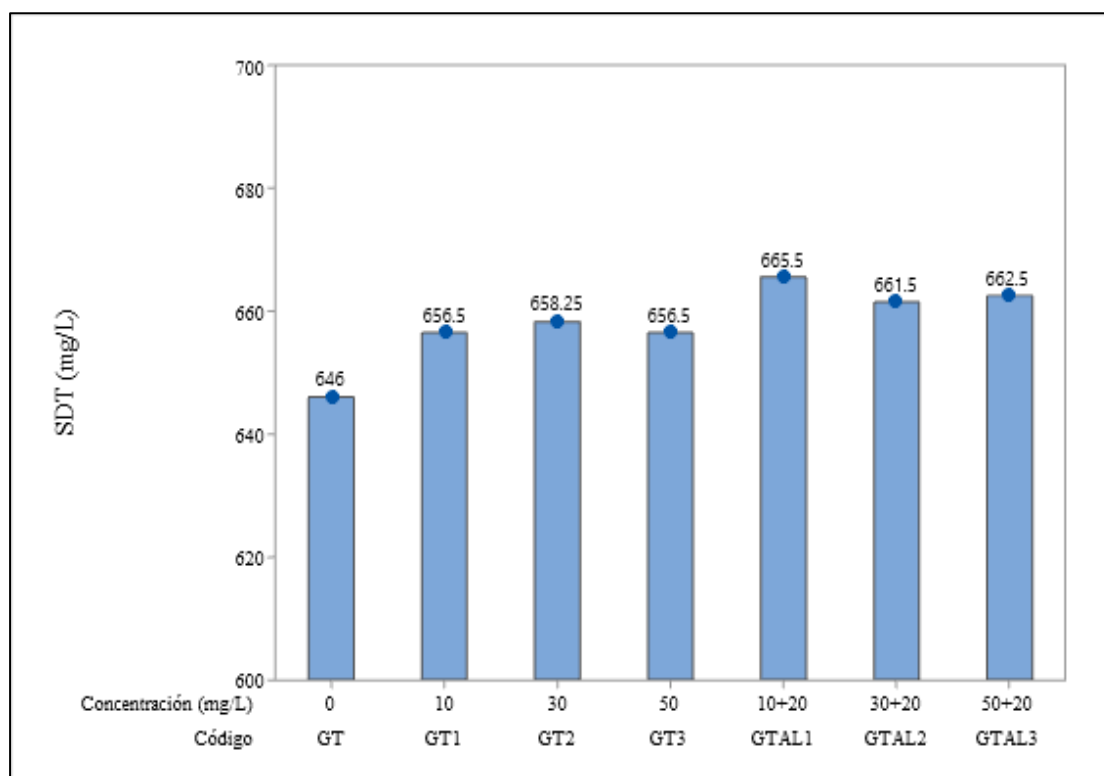
### **Efecto de los tratamientos sobre el SDT del efluente**

La figura 16 muestra que los sólidos disueltos totales (SDT) en el efluente residual se mantienen relativamente constantes, sin diferencias significativas respecto al valor inicial y los tratamientos aplicados, con un rango de variación entre 646 y 665.5 mg/L. No obstante, se observa un ligero incremento en los SDT, posiblemente atribuible a la presencia de un componente no reactivo de la goma de *C. spinosa*. En consecuencia, ni *C. spinosa* ni su combinación con  $Al_2(SO_4)_3$  afectan de manera apreciable los SDT del efluente residual. Este comportamiento es coherente con lo reportado por Banchón et al. (2016), quienes señalaron que la coagulación está diseñada para desestabilizar sólidos suspendidos, pero no los disueltos (pp. 111-126). Asimismo, Dávila et al. (2018), en sus estudios sobre coagulantes naturales, incluido *C. spinosa*, también aceptaron la hipótesis nula para los SDT al no evidenciar una remoción estadísticamente significativa. Indicaron que esto podría deberse a la necesidad de realizar análisis adicionales para ajustar concentraciones y dosis en la remoción de SDT (p.

308). En nuestra investigación, los SDT no fueron afectados de manera apreciable por *C. spinosa* ni por  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , ya que los valores no presentan una variación notable, probablemente debido a la incapacidad de estos compuestos para remover partículas no sedimentables. Este resultado contradice lo encontrado por Charapaqui y Tafur (2022), quienes lograron una remoción del 94%, reduciendo los SDT de 155 mg/L a 9 mg/L (p. 138). La diferencia en los resultados puede deberse a las dosis más bajas de *C. spinosa* utilizadas en nuestra investigación, lo que también se refleja en la reducción observada en la materia orgánica (DBO y DQO) y en los sólidos suspendidos totales (SST).

**Figura 16**

*Efecto de los tratamientos sobre el SDT del efluente residual.*



En la tabla 14, muestra los resultados de los tratamientos de los Sólidos Disueltos Totales (SDT) en el efluente, con diferentes dosis de *Caesalpinia spinosa* y su combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Los promedios de SDT varían entre 656.5 mg/L para las dosis de 10 y 50 mg/L de *C. spinosa* (GT 1 y GT 3), y 665.5 mg/L para la combinación de 10 mg/L de *C. spinosa*

con 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (GTAL 1). La varianza en los tratamientos muestra una dispersión menor en GTAL 1, con 53.67, lo que indica una mayor consistencia en los resultados para este tratamiento específico. La suma de cuadrados del tratamiento ( $\text{SC}_{\text{Trat}}$ ) es 264.875, comparada con la suma total de cuadrados ( $\text{SC}_{\text{Total}}$ ) de 1948.625 y la suma de cuadrados del error ( $\text{SC}_{\text{Error}}$ ) de 1683.75.

Esto sugiere que la variabilidad dentro de los tratamientos es considerable, en comparación con la variabilidad entre los tratamientos, reflejando que las diferencias observadas en los SDT entre los tratamientos son relativamente pequeñas.

**Tabla 14**

*Resultados de los tratamientos de los SDT sobre efluente de acuerdo a tratamiento*

	<b>GT 1</b>	<b>GT 2</b>	<b>GT 3</b>	<b>GTAL 1</b>	<b>GTAL 2</b>	<b>GTAL 3</b>
	<i>C. spinosa</i>			<i>C. spinosa</i> + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$		
<b>REP.</b>	10 mg/L	30 mg/L	50 mg/L	10 mg/L + 20 mg/L	30 mg/L + 20 mg/L	50 mg/L + 20 mg/L
<b>1</b>	644	665	643	661	666	661
<b>2</b>	666	652	663	674	657	674
<b>3</b>	669	668	665	669	662	647
<b>4</b>	647	648	655	658	661	668
<b>Suma</b>	2626	2633	2626	2662	2646	2650
<b>Promedio</b>	656.5	658.25	656.5	665.5	661.5	662.5
<b>Varianza</b>	164.333333	94.9166667	99.6666667	53.6666667	13.6666667	135
<b><math>\text{SC}_{\text{Trat}}</math></b>	264.875					
<b><math>\text{SC}_{\text{Total}}</math></b>	1948.625					
<b><math>\text{SC}_{\text{Error}}</math></b>	1683.75					

Los resultados del análisis de varianza (tabla 15) indica que los niveles del tratamiento con *C. spinosa* y la combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  no tienen una diferencia significativa con respecto a los SDT del efluente, dado que, el valor p (0.725) es mayor a la significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula, la cual dice que las medias son iguales, la hipótesis nula no puede ser rechazada (Vega Flores, 2015, p. 62) . Esto significa, que la goma

de *C. spinosa* y la combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  tienen el mismo nivel de tratabilidad para los SDT del efluente residual.

**Tabla 15**

*Análisis de Varianza SDT.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Valor crítico para F
Concentración mg/L	5	264.9	52.97	0.57	0.725	2.77285315
Error	18	1683.8	93.54			
Total	23	1948.6				

Hipótesis nula                      Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna                      No todas las medias son iguales

Nivel de significancia               $\alpha = 0.05$

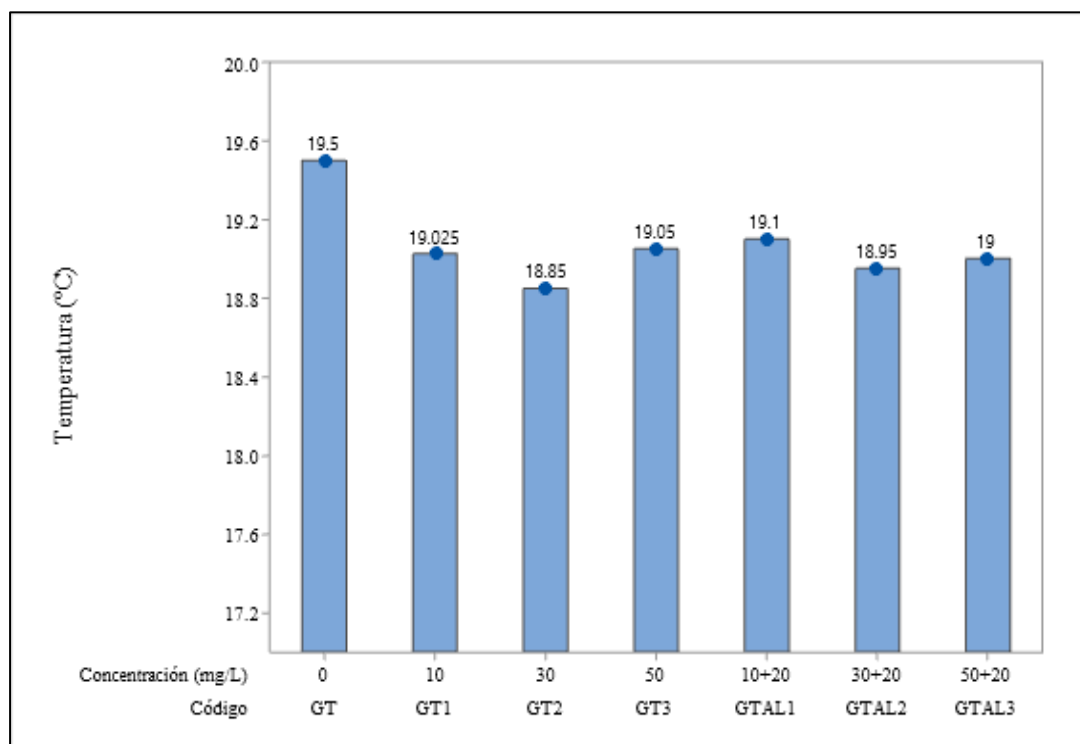
Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### **Efecto de los tratamientos sobre la temperatura del efluente.**

La figura 17, muestra que la temperatura del efluente residual se mantiene constante o sin diferencia con respecto al inicial y los tratamientos, pues estos oscilan entre 19.5 a 18.85 °C, sin embargo, existe una ligera disminución de la temperatura del efluente. En consecuencia, la goma de *C. spinosa* y la combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  no afectan significativamente la temperatura del efluente residual. Vargas Vilchez (2021), realizó un estudio donde empleó *C. spinosa* y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , encontrando que utilizando la goma de *C. spinosa* la temperatura pasó de 27.68 a 27.91 °C; para  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  la temperatura fue de 27.75 a 28 °C, cifras cercanas a las encontradas. Si se varía a 1 °C, la temperatura del agua, origina cambios en las corrientes de densidad, afectando la energía cinética de los coloides, haciendo que la coagulación sea más lenta (Calixto Ñaupari, 2018, p. 25).

**Figura 17**

*Efecto de los tratamientos en la temperatura del efluente.*



En la tabla 16, se presentan los resultados de los tratamientos respecto a la temperatura del efluente, evaluando el efecto de distintas dosis de *Caesalpinia spinosa* y su combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Los promedios de temperatura oscilan entre 18.85 °C y 19.1 °C. El tratamiento con 30 mg/L de *C. spinosa* (GT 2) muestra el promedio más bajo con 18.85 °C, mientras que la combinación de 10 mg/L de *C. spinosa* con 20 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (GTAL 1) tiene el promedio más alto con 19.1 °C. La varianza es baja en todos los tratamientos, destacando especialmente el tratamiento GTAL 3 con una varianza de 0.0133, indicando una menor dispersión en las temperaturas registradas.

La suma de cuadrados del tratamiento (SCTrat) es 0.15208333, en comparación con la suma total de cuadrados (SCTotal) de 0.74958333 y la suma de cuadrados del error (SCError) de 0.5975, sugiriendo que la variabilidad en la temperatura entre los tratamientos es mínima en comparación con la variabilidad total.

**Tabla 16**

Resultados de los tratamientos con respecto a la temperatura.

	GT 1	GT 2	GT 3	GTAL 1	GTAL 2	GTAL 3
	<i>C. spinosa</i>			<i>C. spinosa</i> + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		
REP.	10 mg/L	30 mg/L	50 mg/L	10 mg/L + 20 mg/L	30 mg/L + 20 mg/L	50 mg/L + 20 mg/L
1	18.9	18.8	18.9	19	19.1	18.9
2	18.9	19.1	19	19	18.8	18.9
3	19.1	19.1	19.1	19.1	18.9	19.1
4	19.2	18.4	19.2	19.3	19	19.1
<b>Suma</b>	76.1	75.4	76.2	76.4	75.8	76
<b>Promedio</b>	19.025	18.85	19.05	19.1	18.95	19
<b>Varianza</b>	0.0225	0.11	0.01666667	0.02	0.01666667	0.01333333
<b>SC<sub>Trat</sub></b>	0.15208333					
<b>SC<sub>Total</sub></b>	0.74958333					
<b>SC<sub>Error</sub></b>	0.5975					

Los resultados del análisis de varianza (tabla 17) indica que los niveles de tratamiento con goma de *C. spinosa* y la combinación con Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> no tienen una diferencia significativa con respecto al parámetro de temperatura del efluente, dado que, el valor p (0.493) es mayor a la significancia (0.05), por lo que se acepta la hipótesis nula, la cual dice que las medias son iguales. Esto significa, que la goma de *C. spinosa* sola y la combinación con Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> tienen el mismo nivel de efecto para el parámetro de temperatura del efluente residual.

**Tabla 17**

Análisis de Varianza de un factor para el tratamiento vs Temperatura.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Valor crítico para F
Concentración mg/L	5	0.1521	0.03042	0.92	0.493	2.772853
Error	18	0.5975	0.03319			
Total	23	0.7496				

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

### Efecto de los tratamientos sobre la DBO del efluente.

En la tabla 18, se presentan los resultados del análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), obtenidos mediante un muestreo compuesto. Este método consiste en combinar submuestras de las cuatro repeticiones de cada tratamiento en una muestra integrada, siguiendo el procedimiento descrito por Lituma Ríos (2016, p. 46). Se aplicó para las seis dosis evaluadas, tanto de goma de *C. spinosa* (GT 1, GT 2 y GT 3), como en combinación con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ . Esta técnica permitió obtener un promedio representativo de la DBO para cada tratamiento, asegurando una evaluación más precisa sobre la eficiencia de los coadyuvantes en el tratamiento de aguas.

**Tabla 18**

*Tratamientos de la DBO*

EP	REP	GT 1	GT 2	GT 3	GTAL 1	GTAL 2	GTAL 3
		<i>C. spinosa</i>			<i>C. spinosa</i> + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$		
		10 mg/L	30 mg/L	50 mg/L	10 mg/L + 20 mg/L	30 mg/L + 20 mg/L	50 mg/L + 20 mg/L
	1						
<b>129.50</b>	2	130	84	84.4	67	74.5	77.4
	3						
	4						
Porcentaje de remoción		- 0.39%	35.14 %	34.83 %	48.26%	42.47%	40.23%

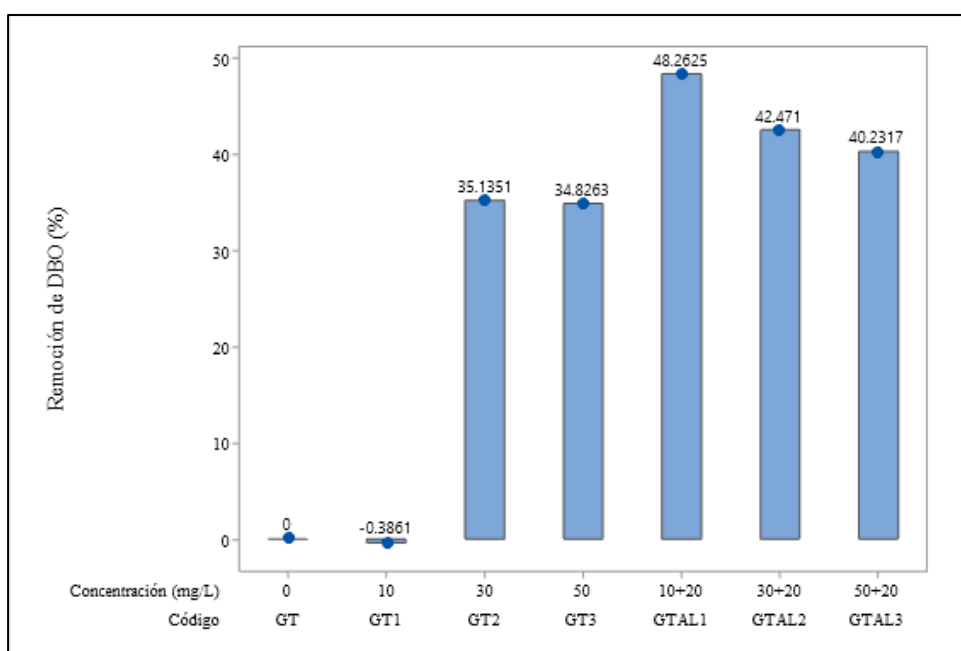
La tabla 18 y la figura 18 muestran que los distintos tratamientos han logrado disminuir la DBO<sub>5</sub> del efluente residual. Se observa que los tratamientos con goma de *C. spinosa* a concentraciones de 30 y 50 mg/L presentan una remoción del 34 al 35%, excepto la

concentración de 10 mg/L, en la cual no se evidencia una remoción significativa. En los tratamientos que combinan *C. spinosa* con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , la remoción es superior, alcanzando entre un 40 y 48% de la materia orgánica biodegradable, utilizando concentraciones de 10+20, 30+20 y 50+20 mg/L (*C. spinosa* +  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). Esto indica que la combinación de goma de *C. spinosa* con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  es más efectiva en la remoción de la DBO<sub>5</sub>, en comparación con el uso de *C. spinosa* sola.

En el estudio de Calixto Ñaupari (2018), se reporta una reducción del 80% en la DBO<sub>5</sub> empleando una dosis de 50 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (1%) y 80 mg/L de goma de *C. spinosa* (0.5%), con velocidades de 150 RPM en la fase rápida y 45 RPM en la fase lenta, distintas a las empleadas en el presente estudio (300 RPM y 40 RPM) (p. 89). En contraste, el trabajo de Vargas Vilchez (2020) muestra un ligero incremento en la DBO<sub>5</sub>, de 142.4 a 167.9 mg/L, y al utilizar  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  se observa un aumento de 49.2 a 81.7 mg/L, utilizando 40 mg/L de *C. spinosa* y 70 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , aunque en este caso, las dosis fueron aplicadas por separado y no en combinación (p. 35).

### Figura 18

Remoción de la DBO<sub>5</sub>.



### Efecto de los tratamientos sobre la DQO del efluente.

La tabla 19 presenta los resultados del análisis de la DQO, donde, al igual que en el caso de la DBO5, se emplearon muestras compuestas obtenidas de las repeticiones de cada tratamiento. Este procedimiento fue aplicado a todos los tratamientos, permitiendo determinar el porcentaje de remoción en relación con la muestra inicial. El mayor porcentaje de remoción alcanzado fue del 29.73%.

**Tabla 19**

*Tratamientos de la DQO*

EP	REP	GT 1	GT 2	GT 3	GTAL 1	GTAL 2	GTAL 3
		<i>C. spinosa</i>			<i>C. spinosa</i> + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		
		10 mg/L	30 mg/L	50 mg/L	10 mg/L + 20 mg/L	30 mg/L + 20 mg/L	50 mg/L + 20 mg/L
	1						
<b>245.5</b>	2	205.7	209	189.1	172.5	182.5	189.1
<b>0</b>	3						
	4						
Porcentaje de remoción		16.21 %	14.86 %	22.97 %	29.73%	25.66%	22.9%

La tabla 19 muestra que los distintos tratamientos han logrado disminuir la DQO del efluente, evidenciando que las concentraciones de goma de *C. spinosa* a 10, 30 y 50 mg/L presentan una remoción del 14 al 23%. En los tratamientos donde se utilizó *C. spinosa* como coadyuvante de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, la remoción fue mayor, alcanzando entre el 22 y 30% de eliminación de materia orgánica degradable. Estas eficiencias relativamente bajas pueden atribuirse a la presencia de algas en el efluente. Según Ramírez et al. (2020), las células algales sedimentadas permanecen viables, con tendencia a resuspenderse debido a su motilidad o a la flotación de flóculos por las burbujas de oxígeno generadas por la fotosíntesis. Barrado Moreno (2016) también señala que para la coagulación efectiva de algas

es necesario aumentar el tiempo de agitación, optimizando así el contacto entre las células del alga y las moléculas de coagulante, lo que mejora la coagulación y la adsorción en la superficie de los aglomerados. En conclusión, la combinación de goma de *C. spinosa* y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  demuestra una mayor eficiencia en la remoción de DQO del efluente residual en comparación con el uso de goma de *C. spinosa* sola. Calixto Ñaupari (2018), por su parte, reporta una remoción del 76.97% de DQO utilizando 50 mg/L de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  al 1% combinado con 80 mg/L de goma de *C. spinosa* al 0.5% (pp. 89-90).

Sáenz Damián (2019) y Torres Sánchez (2019) estudiaron el efecto de *C. spinosa* como coadyuvante en la reducción de la DBO y DQO, parámetros que reflejan la presencia de materia orgánica en el agua residual. Dado que las aguas residuales contienen una alta carga de materia orgánica, estos estudios sugieren que la aplicación de *C. spinosa* y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  es adecuada. Los investigadores lograron una reducción del 77% en DBO y 27% en DQO, aunque no detallan el mecanismo detrás de la disminución de la materia orgánica (pp. 29-50). Sin embargo, Valeriano y Matos (2019) proponen que el mecanismo de floculación involucra la formación de puentes poliméricos que constituyen cadenas largas, las cuales se adhieren a la superficie de los iones de aluminio, generando partículas de mayor tamaño (p. 305).

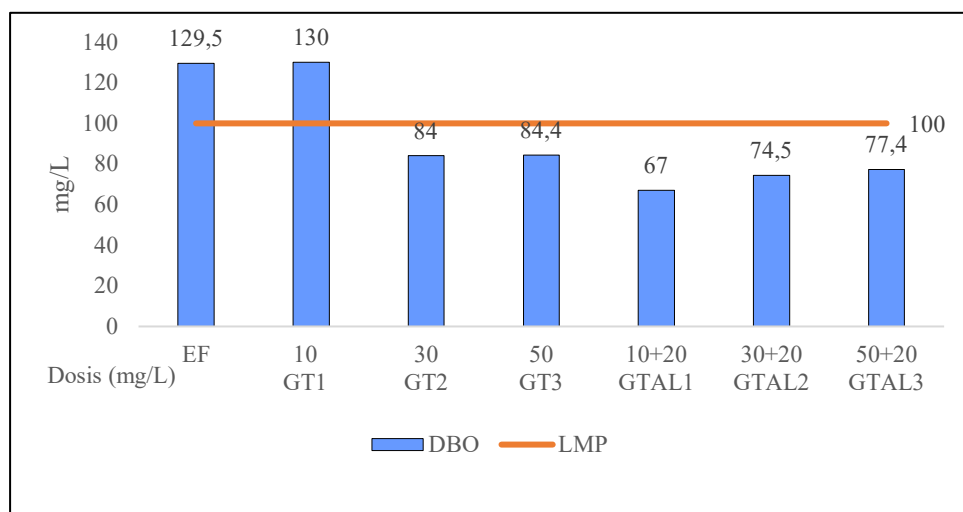
Ahmad et al. (2019) añaden que *C. spinosa* contiene redes poliméricas hidrofílicas (hidrogeles), cuya función es más absorbente que coagulante. El hidrogel actúa como un aglutinante de las partículas formadas por el  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , que luego se presentan como partículas amorfas de alta densidad. Además, mencionan que los fluidos biológicos (materia orgánica) tienden a adherirse fácilmente al hidrogel, lo que explica los porcentajes de remoción observados en DBO (48.26%) y DQO (29.74%) (pp. 870-890).

#### 4.2. Comparación con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

En la figura 19 se presentan los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) para 7 muestras. La muestra inicial sin tratamiento se designa como EF (129.5 mg/L). Los tratamientos con *C. spinosa* se representan como GT 1, GT 2 y GT 3 (10 mg/L, 30 mg/L y 50 mg/L, respectivamente), mientras que los tratamientos combinados de *C. spinosa* y Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> se indican como GTAL 1 (10 mg/L + 20 mg/L), GTAL 2 (30 mg/L + 20 mg/L) y GTAL 3 (50 mg/L + 20 mg/L). El gráfico incluye una línea horizontal que representa los Límites Máximos Permisibles (LMP); los valores que superan estos límites, como EF y GT1, indican muestras que podrían ser inseguras y representar riesgos para la salud y el medio ambiente (MINAM, 2010, p. 1). Los tratamientos GT 2, GT 3, GTAL 1, GTAL 2 y GTAL 3 se encuentran dentro de los límites establecidos. Sáenz Damián (2019) reportó una disminución del 28.8% en DBO<sub>5</sub> con dosis de 1 g de *C. spinosa* y 0.30 ml de Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, de 682 mg/L a 485 mg/L (p. 27), sin cumplir con los LMP. Por otro lado, Torres Sánchez (2019) alcanzó una reducción del 77% en DBO utilizando *C. spinosa* y Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> (p. 29).

#### Figura 19

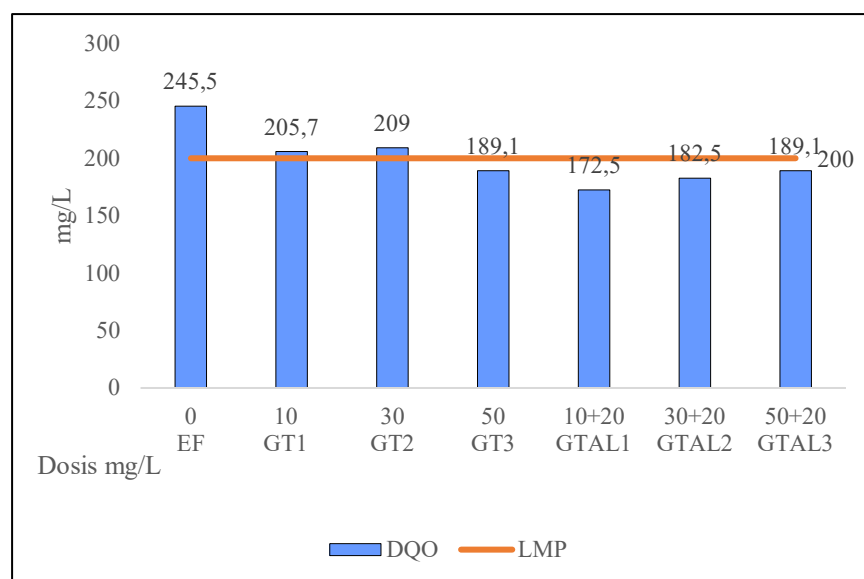
Comparación de la DBO<sub>5</sub> con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR



En la figura 20, se presenta los resultados de la DQO del EF (245.5 mg/L), y los dos primeros tratamientos donde solo se usa *C. spinosa* (GT 1 y GT 2) sobrepasan lo establecido por la normativa (MINAM, 2010, p. 415676) aunque haciendo un balance de todos los tratamientos hubo una disminución de 245.5 mg/L a 189.1 mg/L (22.9%). De igual forma que Torres Sánchez (2019, p. 29), que evidenció una reducción de DQO del 27% con *C. spinosa* y  $Al_2(SO_4)_3$ . Sáenz Damián (2019, p. 37) logró reducir la DQO hasta un 54.7%, pudiendo deberse si bien aplicó 30 mL de  $Al_2(SO_4)_3$ .

### Figura 20

Comparación de la DQO con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

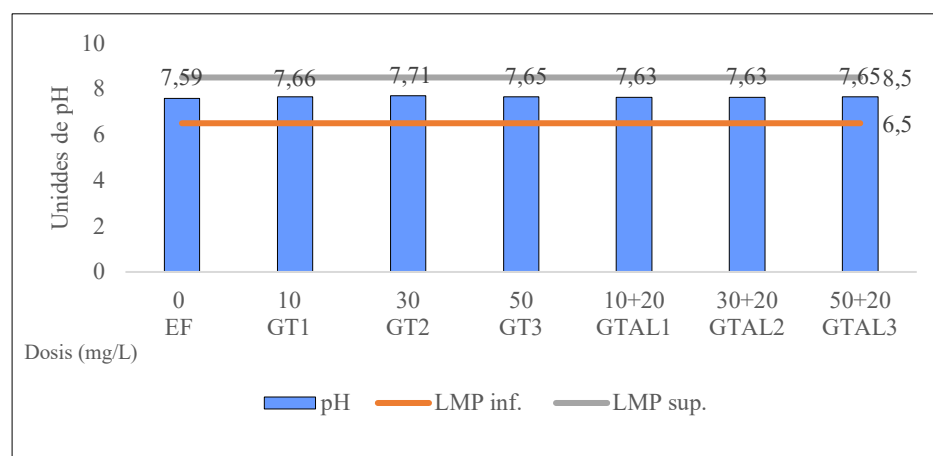


En la figura 21 todos los tratamientos están cumpliendo con la normativa, con un pH de 7.59 en EF, y hasta 7.71 en los tratamientos, cumpliendo con la normativa, mismos resultados obtenidos por Charapaqui Anccasi (2023) donde utilizo diferentes dosis *C. spinosa* (p. 117), indicando que todos sus resultados presentan una tendencia a la neutralidad, es decir no hay efecto en el pH, cumpliendo así con la normativa. Por otro lado, Vela (2016), citado por Vilavila Morales (2018), menciona que *C. spinosa* como coadyuvante de  $Al_2(SO_4)_3$ , no genera cambios bruscos en el pH del agua tratada (p.42). Trujillo, et al. (2014) y Aguilar

(2010), como se citó en Vilavila Morales (2018), mencionan que el agua que se encuentra entre pH de 7 a 8 son los más apropiados para tratamientos de coagulación - floculación, ya que existe mayor efectividad para remover los sólidos SST (p. 41).

### Figura 21

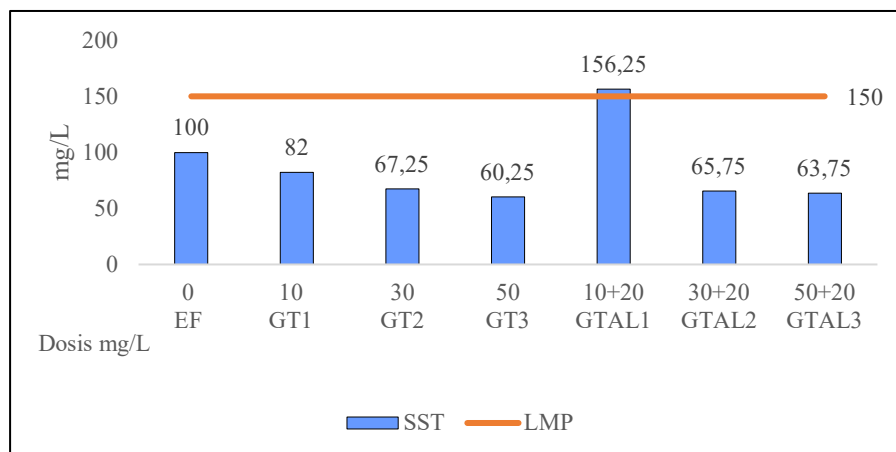
Comparación del pH con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.



En la figura 22, se observa que todos los tratamientos están dentro de los LMP para SST, a excepción del tratamiento GTAL 1, que sobrepasa lo establecido por 56.25%, y con una reducción de los SST de hasta el 39.75% en GT3, de similar forma que Ayala y Coronel, (2017) en su estudio tuvo como muestra inicial 41 mg/L de SST y reduciendo hasta 34 mg/L (17.07%), cumpliendo con la normativa; en algunos tratamientos al igual que en este estudio hubo una leve alza en los resultados (10.86%), pudiendo influir para estos resultados la velocidad de agitación de las mezclas (p.11). Calixto indica que la eficiencia de la *C. spinosa* y  $Al_2(SO_4)_3$ , a diferentes niveles de dosis y distintas velocidades permiten el tratamiento de los SST, lográndose una reducción de estos, él utilizó 50 mg/L de  $Al_2(SO_4)_3$  al 1% con 80 mg/L de *C. spinosa* al 0.5%, hubo una disminución de 184.30 mg/L a 24.10 mg/L (86.9%) (p. 89), de igual modo cumplió con la normativa; mejores resultados de los que obtuvieron Bravo y Gutiérrez (2016) que solo al aplicar *C. spinosa* 3000 mg/L reduciendo de 42 mg/L a 34 mg/L (7.07%) (p.8) también cumplió con la normativa.

## Figura 22

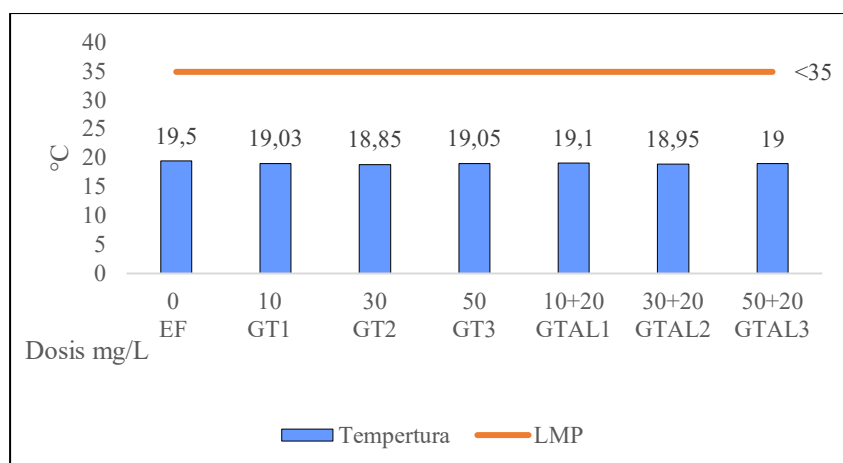
Comparación de los SST con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.



En la figura 23 se puede observar que no existe una mínima variación en el parámetro temperatura, en ninguno de los resultados de la temperatura, Calixto Ñaupari indica que la temperatura tiene gran importancia en el desarrollo de los procesos, de forma que un aumento de esta, modifica la solubilidad de sustancias, aumentando los SDT y disminuyendo los gases (p. 18). Además, si varía 1 °C de temperatura del agua, podría cambiar las corrientes de densidad afectando la energía cinética de los coloides haciendo que la coagulación sea más lenta (p. 25), en este estudio no existe variación de 1 °C, la variación máxima es 0.5 °C

## Figura 23

Comparación de la Temperatura con el D.S. 003- 2010 – MINAM Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- La dosis óptima de *C. spinosa* como coadyuvante del  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  en la clarificación del efluente de la PTAR- Celendín es alrededor de 10 mg/L de *C. spinosa* + 20 mg/L  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , logrando reducir la turbidez de 81 NTU a 56.9 NTU, asimismo logro una reducción significativa en la DBO<sub>5</sub> y DQO.
- La calidad del agua del efluente de la PTAR - Celendín mejoró con el uso de *C. spinosa* y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , aunque las reducciones fueron bajas; la turbidez promedio se redujo de 81 NTU a 56.9 NTU, la DQO disminuyó de 245.50 mg/L a 172.50 mg/L, y la DBO<sub>5</sub> bajó de 129.50 mg/L a 67 mg/L con la combinación de dosis de 10 mg/L + 20 mg/L, los sólidos suspendidos totales disminuyeron de 100 mg/L a 49 mg/L, pero los sólidos disueltos totales aumentaron de 646 mg/L a 665.50 mg/L, el pH se mantuvo dentro del rango adecuado, indicando que el tratamiento no afectó negativamente este parámetro.
- Al comparar los resultados obtenidos con la normativa nacional vigente, se concluye que los tratamientos con goma de *C. spinosa* y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) para pH y temperatura, que se mantienen en el rango normativo de 7.59 a 7.71 y <35 °C, respectivamente. Sin embargo, el tratamiento

GTAL1 excede el LMP para sólidos suspendidos totales (SST) en un 56.25%, y el tratamiento GT1 supera los LMP para demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y demanda química de oxígeno (DQO). Los tratamientos GT2, GT3, GTAL2 y GTAL3 cumplen con los LMP para DBO5 y DQO.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Evaluar dosis adicionales de sulfato de aluminio y goma de *C. spinosa* para establecer las condiciones óptimas de tratamiento, permitiendo la mejora en la calidad el efluente.
- Considerar la implementación de estas combinaciones de coagulantes y floculantes para aplicaciones en tratamientos terciarios
- Realizar evaluaciones adicionales en el parámetro de coliformes fecales para determinar la eficacia de los tratamientos en la reducción de la carga microbiológica

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar Ascón, E. A. (2010). *Utilización de las semillas de tara (caesalpinia spinoza) como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería].  
[https://scholar.google.com.pe/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=tG1oNocAAAAJ&citation\\_for\\_view=tG1oNocAAAAJ:u-x6o8ySG0sC](https://scholar.google.com.pe/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=tG1oNocAAAAJ&citation_for_view=tG1oNocAAAAJ:u-x6o8ySG0sC)
- Ahmad, S., Ahmad, M., Manzoor, K., Purwar, R., y Ikram, S. (2019). A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. *International journal of biological macromolecules*, 136, 870–890.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.113>
- Alvarado, J., y Manayay, J. (2020). *Eficiencia de la goma de Caesalpinia spinosa (tara) como coagulante en aguas residuales industriales*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/54360>
- Alvarado, J., y Manayay, J. (2020). *Eficiencia de la goma de Caesalpinia spinosa (tara) como coagulante en aguas residuales industriales* [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Universidad César Vallejo.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54360/B\\_Alvarado\\_CJ-Manayay\\_PJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54360/B_Alvarado_CJ-Manayay_PJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ayala, L.A. y Coronel, A.M. (2017). *Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del refugio de vida silvestre Pantanos de Villa utilizando semillas de C. spinosa(Tara)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Federico Villarreal, Lima].  
Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/remocin-de-slidos-suspendidos-y-materia-orgnica-de-las-aguas-del-refugio-de-vida-silvestre-pantanos-de-villa-utilizando-semillas-de-caesalpiniaspinosa-ta/72522675>
- Balderrama, J. A y Damiano, R.D. *Eficiencia del almidón de oca (Oxalis tuberosa) y papa (Solanum tuberosum) en la clarificación de aguas residuales del camal municipal de San Jerónimo, 2022*. [Tesis de licenciatura Universidad Tecnológica de los Andes, Apurimac]. <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/30a1afe3-f497-42bb-9ae3-3efe8d43b9b3/content>
- Banchón, C., Baquerizo, R. Muñoz, D. Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Enfoque UTE*, 7 (4), pp. 111-126  
<https://www.redalyc.org/journal/5722/572261626009/html/>
- Barajas, C.L. y León, A. J. (2015). *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 18H<sub>2</sub>O) en el proceso de coagulación - floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás, Bogotá.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2916/Barajasclaudia2015.pdf>
- Barrado Moreno, M. d. (2016). *Eliminación de las algas mediante métodos físicos y químicos*. [Tesis de posgrado, Universidad de extremadura]. Repositorio institucional.  
[https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/5583/1/TDUEx\\_2017\\_Barrado\\_Moreno.pdf](https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/5583/1/TDUEx_2017_Barrado_Moreno.pdf)

- Benites Calderón, V.J. (2019). *La Tuna (Opuntia ficus indica) en la reducción de la turbidez de las aguas del río de Lurín – Lurín*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Tecnológica del Sur]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Tecnológica del Sur.  
[http://repositorio.NTUels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/131/1/Benites\\_Victor\\_Tra\\_bajo\\_de\\_Suficiencia\\_2019.pdf](http://repositorio.NTUels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/131/1/Benites_Victor_Tra_bajo_de_Suficiencia_2019.pdf)
- Boudjabi, S., Ababsa, N., y Chenchouni, H. (2023). *Sewage and Sewage Treatment*. In R. Brinkmann, The Palgrave Handbook of Global Sustainability. Palgrave McMillan.
- Bravo, M., y Gutiérrez, E. (2016). *Remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas del río pollo en otuzco empleando semillas de caesalpinia spinosa (tara)*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. [BravoGuerrero\\_M - GutierrezLopez\\_J.pdf \(unitru.edu.pe\)](#)
- Caldera, Y., Oñate, H., Oñate, H., y Gutiérrez, E. (2011). Eficiencia del sulfato de aluminio durante el tratamiento de aguas residuales de una industria avícola. *Impacto científico*, 6(2), 244 - 256. [https://www.researchgate.net/profile/Yim-Rodriguez-2/publication/341764543\\_Eficiencia\\_del\\_sulfato\\_de\\_aluminio\\_durante\\_el\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_de\\_una\\_industria\\_avicola/links/5ed28802299bf1c67d278a9f/Eficiencia-del-sulfato-de-aluminio-durante-el-](https://www.researchgate.net/profile/Yim-Rodriguez-2/publication/341764543_Eficiencia_del_sulfato_de_aluminio_durante_el_tratamiento_de_aguas_residuales_de_una_industria_avicola/links/5ed28802299bf1c67d278a9f/Eficiencia-del-sulfato-de-aluminio-durante-el-)
- Calixto Ñaupari, T. K. (2018). *Eficiencia del coagulante A base de goma de tara de diferentes niveles de concentración y distintas velocidades para el tratamiento de sólidos suspendidos totales y materia orgánica de las aguas del río Huaycoloro - 2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46029>
- Castillo Cohaila, M. A. (2023). Revisión sobre clarificación del agua y el uso de semillas de moringa, *Moringa oleífera Lam. Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*,

28(1).

[https://doi.org/http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2617-47312023000100169](https://doi.org/http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2617-47312023000100169)

Castillo Cohaila, M.A. (2022). Revisión sobre clarificación del agua y uso de semillas de moringa, *Moringa oleifera* Lam. Rev. Soc. cient. Parag. 2023, 28(1): 169-189.

<http://scielo.iics.una.py/pdf/rscp/v28n1/2617-4731-rscp-28-01-169.pdf>

Charapaqui, J. y Tafur, V.I. (2022). Acción coagulante de la tuna, tara, mashua en el tratamiento de aguas del Rio Ichu, Huancavelica 2020. *Cátedra Villarreal Posgrado*.

1(2): 123- 138. <https://revistas.unfv.edu.pe/RCVP/article/view/1667/2803>

Chen, S., Xie, J., y Wen, Z. (2021). Microalgae-based wastewater treatment and utilization of microalgae biomass. *Advances in Bioenergy*, 6(1), 165-198.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.aibe.2021.05.002>

Chicoma, I.M. y Vigo, L.E. (2018). *Remoción de sólidos suspendidos, en las aguas del río Chonta, los Baños del Inca – 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo]. Repositorio Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. [tesis octubre publica.pdf](tesis%20octubre%20publica.pdf) ([upagu.edu.pe](http://upagu.edu.pe))

Cogollo Flórez, J.M. (2010). *Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: Caso del Hidroxicloruro de Aluminio*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional, Universidad Nacional de Colombia

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636/39133>

Davila, C.M.; Huamán, M.M.; Flores, J.I.; Polo, R.A.; Araujo, N.F. (2018). Efectividad de especies naturales como ayudantes de Coagulación, para la clarificación de aguas turbias en épocas de avenidas en caseríos y centros poblados de Huaraz y Callejón de Huaylas. *Dialnet*. 11(2), 299-310.

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7178710.pdf>

Decreto Supremo N° 004 – 2017 -MINAM. (7 de junio de 2017). Normas legales. Diario Oficial El Peruano.

Delgado Portilla, E. R. (2022). *Tratamiento del Efluente de la Planta de Tratamiento de agua residual de Celendín a través de humedales con el uso de la cola de zorro (Myriophyllum aquaticum)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional, Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4952/TESIS%20-%20EROS%20RONALDO%20DELGADO%20PORTILLA.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

Déniz Quintana, F. A. (2010). *Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO5 y SS de las aguas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa*. [Tesis Doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria]. [https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/4858/3/0622200\\_00000\\_0000.pdf](https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/4858/3/0622200_00000_0000.pdf)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2024). *Ficha técnica: Sistema de Información del Medio Ambiente*. Bogotá, Colombia. [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/solidos\\_suspension.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/solidos_suspension.pdf)

Desai, S., Prajapati, V., y Chandarana, C. (2022). *Chemistry, Biological Activities, and Uses of Tara Gum*. In H. N. Murthy, Gums, Resins and Latexes. Chemistry, Biological Activities and Uses.

Díaz, E.; Alvarado, A.R.; Camacho, K.E. El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Redalyc*, 14(1) 78-97. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>

Escobal Pérez, L. (2018). *Eficiencia de Armatocereus rauhii y Espostoa mirabilis en la remoción de sólidos suspendidos totales en el agua para consumo humano del distrito de Balzas – Amazonas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca].

Repositorio UNC.

[https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2628/T016\\_46902737\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2628/T016_46902737_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Espigares, M y Pérez, J.A. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*. Universidad de Granada.

[https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas\\_Residuales\\_composicion.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf)

Fernández, R. (2016). Sedimentación/Aguas. *Escuela de Organización industrial*.

[https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/sedimentacion\\_migma\\_2016\\_rf\\_d\\_rev0.pdf](https://www.eoi.es/sites/default/files/savia/documents/sedimentacion_migma_2016_rf_d_rev0.pdf)

Galindo Huamaní, W. (2013). *Caracterización Morfológica de colecciones Tara (Caesalpinia Spinosa) en Ayacucho*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/2015>

Galindo Yantas, G. (2018). Determinación de la dosis optima de sulfato de aluminio granulado tipo B en la Planta de Tratamiento de agua potable Yurajhuanca – EMAPA Pasco. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

Repositorio Institucional Universidad Nacional Daniel Alcidez Carrion.

<http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/347/1/TESIS%20GIANCARLO%20GALINDO%20YANTAS1.pdf>

Gómez Puentes, N. A. (2005). *Remoción de materia orgánica por coagulación - floculación*. [Trabajo monográfico, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2841/nestoralejandrogomezpuentes.2005.pdf?sequence=1>

Guerra, R. (2005). *Water analysis. Industrial Effluents*. En P. Worsfold, A. Townshend, & C. Poole, *Encyclopedia of Analytical Science* (2 ed., págs. 289-299). Elsevier.

Hatakeyama, T y Hatakeyama H. (2005). Polysaccharides from plants. Thermal properties of Green polymers and Biocomposites 4, pp. 131- 169

indican y cómo puedo interpretarlos? *Casos y revisiones de salud*. 3 (1), 74-82.

<https://cyrs.zaragoza.unam.mx/wp-content/uploads/2021/08/08-M-La-significancia-estadística-y-los-intervalos-de-confianza-%C2%BFque%CC%81-me-indican-y-cómo-puedo-interpretarlos3-1.pdf>

Hejzlar, J., Dolejš, P., Komfdrková, J., Sed'a, J., šimek, K., & Vyhnálek, V. (1998). Effect of biomanipulation on the structuring of the planktonic food web and water treatability by coagulation. *Water Science and Technology*, 37(2), 105-112.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273122398000158>

Jasim, N.A., Jasim, M.A., Shamkhi, M.S. (2022) A comparative study of different coagulants used in treatment of turbid wáter. *The journal Open Engineering*.

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2022-0366/html>

Lituma Ríos, E. J. (2016). *Diseño y elaboración de un manual de toma, manejo y recepción de muestras de agua para el laboratorio de calidad de agua del departamento de recursos hídricos y ciencias ambientales, pertenecientes a la universidad de Cuenca. Universidad de Cuenca.* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23659/1/TESIS.pdf>

- Liu, F., Chang, W., Chen, M., Xu, F., Ma, J., y Zhong, F. (2020). Film-forming properties of guar gum, tara gum and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*, 98: 105007.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.028>
- López, R., Laines, J., Hernández, J., y Aparicio, M. (2014). Evaluación de almidones de malanga (*Colocasia esculenta*) como agentes coadyuvantes en la remoción de turbiedad en procesos de potabilización de agua. *Revista mexicana de ingeniería química*, 13(3). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-27382014000300018&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382014000300018&lng=es&tlng=es).
- Luttrell, W. E. (2015). Aluminum sulfate. *ACS Publications*, 22(6), 33–35.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jchas.2015.10.012>
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., y Garcia, M.C. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*. 4, pp. 72-82. [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c\\_Hig.Sanid\\_Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Meza, M., Riaños, K., Mercado, I., Olivero, R., Jurado, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo – Atlántico. *Revista UIS Ingenierías* 17 (2), 95 – 104. <file:///C:/Users/DIANA/Downloads/Descargas%20Diana/Dialnet-EvaluacionDelPoderCoagulanteDelSulfatoDeAluminioYL-6340617.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2010). *Decreto Supremo que aprueba los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales*. D.S. 03-2010-MINAM.  
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>

- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- Molino Arias, M. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p? *Rev Pediatr Aten Primaria*, 19 (76), 377-381. [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1139-76322017000500014#aff1](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322017000500014#aff1)
- Montenegro Valdivia, J.P. (2019). *Comparación de la eficiencia del mucilago de OpNTUia ficus indica y goma de Caesalpinia spinosa en la mejora de la calidad de agua residual de camal*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43789/Montenegro\\_VJP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43789/Montenegro_VJP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Municipalidad Provincial de Celendín [MPC]. (2023). Plan de contingencias por lluvias intensas en la provincia de Celendín 2023 – 2024. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5343127/4786928-p\\_contingencial.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5343127/4786928-p_contingencial.pdf)
- Murillo, S., Galvis, G., y Pacheco, S. (2020). *Manual técnico para la elaboración de coagulantes/floculantes a partir de productos naturales*. Repositorio Institucional SENA. [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/6813/manual\\_coagulantes\\_floculantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/6813/manual_coagulantes_floculantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Nolasco Carbajal, G. (2020). *Goma de tara (Caesalpinia Spinosa) y su efecto en los procesos de coagulación-floculación en el tratamiento de las aguas del rio Chumbao, Andahuaylas – Apurímac, 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de

los Andes]. Repositorio Institucional, Apurímac, Perú.

<https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/276/4/Goma%20de%20tara%20%28Caesalpinia%20Spinosa%29%20y%20su%20efecto%20en%20los%20procesos%20de%20coagulaci%C3%B3n-floculaci%C3%B3n.pdf>

Nolasco Carbajal, G. (2020). *Goma de tara (Caesalpinia Spinosa) y su efecto en los procesos de coagulación-floculación en el tratamiento de las aguas del río Chumbao*, Andahuaylas – Apurímac, 2018. Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de los Andes, Apurímac. Repositorio UTEA.

<https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/899142fe-3d08-41c3-937e-a3d7928f9746/content>

Obregón, D.A., Quispe, K.C. (2020). *Eficiencia de las semillas de tamarindo y tara en la remoción de parámetros fisicoquímicos en aguas del río Chillón, 2020*. [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. [Obregon\\_IDA-Quispe\\_CKC-SD.pdf \(ucv.edu.pe\)](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/123456789/123456789/1/Obregon_IDA-Quispe_CKC-SD.pdf)

Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano*.

[https://www.academia.edu/31389977/Cepis\\_Plantas\\_de\\_Filtracion\\_R%C3%A1pida](https://www.academia.edu/31389977/Cepis_Plantas_de_Filtracion_R%C3%A1pida)

Orellana, J. A. (S.f.). *Unidad Temática N° 6 Tratamiento de aguas*. Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO.

[https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_06\\_Tratamiento\\_de\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf)

Pavón Vargas, D. (2015). *Uso potencial de la goma de tara (Caesalpinia Spinosa) para el desarrollo de nuevas películas y recubrimientos comestibles compuestos*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10482/1/CD-6202.pdf>

Perez, F.J. y Urrea, M.A. (2012). *Abastecimiento de aguas, coagulación y floculación*.

Universidad Politécnica de Cartagena.

[https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod\\_resource/content/1/Tema\\_06\\_COAGULACION\\_Y\\_FLOCULACION.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6019/mod_resource/content/1/Tema_06_COAGULACION_Y_FLOCULACION.pdf)

Pérez Garay, I.F. (2015). *Optimización de la dosificación de sulfato de aluminio*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4549/Perez%20G..pdf?sequence=1>

Pérez, W., López, J.L. (2017). Aplicación de un diseño factorial  $2^4$  en la remoción de turbiedad del Rio Rímac mediante la coagulación y floculación usando goma de tara. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 3(1), 18-26.

<https://doi.org/10.17162/riectd.v3i1.648>

Priya, T., Mishra, B., y Prasad, M. (2020). Chapter 2 - Physico-chemical techniques for the removal of disinfection by-products precursors from water. *Disinfection By-products in Drinking Water*, 23-58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102977-0.00002-0>

Rachid, E.-B., Abderrahim, S., Hafid, A., y Souad, R. (2024). Water treatment: Aluminum sulfate, polymer, and activated carbon between efficacy and overdosing. Case of Oum Er-Rbia River, Morocco. *Desalination and Water Treatment*, 317.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100273>

Raffo, E., y Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 17(1), 71-80.

<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

Ramos, L.R. y Paredes, P.V. (2015). *Captación, evaluación, tratamiento y diseño de una planta de consumo de agua potable en la localidad Pampas de Pajonal distrito de*

- Mollebaya*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín Arequipa].  
Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Agustín Arequipa,  
[http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6009/IQrapalr.pdf?sequence=1  
&isAllowed=y](http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6009/IQrapalr.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Revelo, A., Proaño, D. y Banchón, C. (2015). Biocoagulación de aguas residuales de industria textilera mediante extractos de *Caesalpinia spinosa*. *Enfoque*, Universidad Tecnológica Equinoccial. 6(1), 1-12  
<https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260846003.pdf>
- Rigano, L., Deola, M., Zaccariotto, F., Colleoni, T. y Lionetti, N. (2019). A New Gelling Agent and Rheology Modifier in Cosmetics: *Caesalpinia spinosa* Gum. MDPI. 6(2):34 <https://doi.org/10.3390/cosmetics6020034>
- Rojas Cubas, J.E. (2020). *Utilización de las semillas de Tara (Caesalpinia spinosa) para la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas residuales domésticas del distrito de Querocoto*. [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48862/ROJAS\\_CE%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48862/ROJAS_CE%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rojas Pérez, I. (2018). *Eficiencia de las semillas de Tara (Caesalpinia spinosa) en la remoción de sólidos suspendidos del río Colpamayo, Chota – 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. [Rojas\\_PI.pdf](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48862/ROJAS_PI.pdf)  
([ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe))
- Rojas Pérez, Í. (2018). *Eficiencia de las semillas de tara (Caesalpinia spinosa) en la remoción de Sólidos Suspendidos del río Colpamayo, Chota – 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.

[https://repositorio.uev.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33969/Rojas\\_PI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uev.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/33969/Rojas_PI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Romero Norabuena, E.L. (2018). *Cálculo de la relación de pH, concentración y nivel cantidad de la especie Caesalpinia spinosa para remover turbiedad en el periodo de avenidas para el rio Paria Huaraz – Ancash – 2016*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

[http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2228/T033\\_44882540\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2228/T033_44882540_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Romero Suárez, N. (2012). La revolución en la toma de decisiones estadísticas: el p-valor. *TELOS*, 14(3), 439 – 446.

[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-40262008000100018](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-40262008000100018)

Romero, C.; Solórzano, R.; Abreu, O.; Brizuela, L. y Pérez, Z. (2007). Síntesis de un polímero inorgánico de aluminio y su uso para clarificación de agua. *Ingeniería UC*. 14(3) pp. 16-23. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70711260003>

Sáenz Damián, G. S. (2019). *Comparación de la eficiencia de Moringa oleífera y Caesalpinia spinosa para mejorar la calidad del agua residual del dren 2000*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo].

[https://repositorio.uev.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44614/S%c3%a1enz\\_DGS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uev.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/44614/S%c3%a1enz_DGS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Salud Arequipa. (2021). *Norma OS.090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*.

[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.090.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.090.pdf)

Sánchez Rodríguez, M. A. (2021). La significancia estadística y los intervalos de confianza: ¿qué me

Sigler, W.A., Bauder J. *Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales*. Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales.

[http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)

Suhail A., Mudasir A, Kaiser M, Roli P. y Saiqa I. (2019). A review on latest innovations in natural gums based hydrogels: Preparations & applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136 (1), pp. 870-890,

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.113>.

Terrones Vega, A.C. (2019). *Dosis óptima de la goma Cesalpinia spinosa para la mejora de la calidad del agua del Río Chancay – Lambayeque*. [Tesis de Licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional, Universidad César Vallejo.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35919/Terrones\\_VAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35919/Terrones_VAC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Torres Sanchez, A.J. (2019). Comparación de la eficiencia de goma de (*Caesalpinia spinosa*) y Sulfato de Aluminio para mejorar la calidad del agua del Dren 2210. [Tesis de Licenciatura, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50302/Torres\\_SAJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50302/Torres_SAJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Valeriano J.J., y Matos, R.A. (2019). Influencia de la goma de Tara (*Caesalpinia spinosa*) como ayudante en el proceso de coagulación – floculación para la remoción de turbidez de una suspensión artificial de bentonita. *Scielo*. 30 (5), 299 – 308.

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500299>

Vargas Vilchez, M.A. (2020). *Eficiencia de tres coagulantes en la remoción de la turbiedad del efluente UASB del tanque séptico del CITRAR-UNI Lima*. [Tesis de Licenciatura,

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Repositorio Institucional NTUELS.  
[https://repositorio.NTUels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/593/1/T088A\\_77075906\\_T.pdf](https://repositorio.NTUels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/593/1/T088A_77075906_T.pdf)

Vejarano, R. Y., Principe, D. E. (2021). *Influencia de dosificación de quitosano y tiempo en la remoción de sólidos suspendidos totales y turbidez en aguas residuales domésticas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT.  
[https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17374/Tesis%20VEJARANO%20GARCIA\\_%20PRINCIPE%20QUISPE\\_protegido.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17374/Tesis%20VEJARANO%20GARCIA_%20PRINCIPE%20QUISPE_protegido.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vilavila Morales, S.B. (2018). *Determinación de la remoción de la turbidez de agua del río Ayaviri en la zona de captación para consumo humano empleando polímero de goma de Tara – Puno, 2018*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Unión].  
 Repositorio UPEU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1830>

Vilcanqui Pérez, F. (2018). *Propiedades funcionales y fisiológicas de dietas con fisiológicas de dietas con fibra soluble (Goma de tara) e insolubles (Hojas de Agave) en ratas Holtzman*. [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina].  
 Repositorio UNALM. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1830>

Villanueva Abanto, J. (2019). *Efecto de tres concentraciones de mucílago de tuna (OpNTUía ficus-indica (L.) Miller) y de San Pedro (Echinopsis pachanoi (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley) en la clarificación del agua*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca.  
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3474/EFECTO%20DE%20TRES%20CONCENTRACIONES%20DE%20MUC%20LAGO%20DE%20UNA%20%28OpNTUia%20ficus->

[indica%20%28L.%29%20Miller%29%20Y%20DE%20SAN%20PE.pdf?sequence=1  
&isAllowed=y](indica%20%28L.%29%20Miller%29%20Y%20DE%20SAN%20PE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Woodard y Curran Inc. (2006). *Waste Characterization*. In I. Woodard & Curran, Industrial Waste Treatment Handbook (2 ed., pp. 83-126).

<https://www.sciencedirect.com/book/9780750679633/industrial-waste-treatment-handbook#book-description>

Wu, Y., Ding, W., Jia, L., y He, Q. (2015). The rheological properties of tara gum (Caesalpinia spinosa). *Food Chemistry*, 168, 366-371.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.083>

Ynofuente, L., Flores, M., y Vigo, J. E. (2022). Residuos de papa como auxiliar del sulfato de aluminio para clarificación de agua. *Cuadernos de Investigación UNED*, 14(2).

[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-)

[42662022000200094&lng=en. http://dx.doi.org/10.22458/urj.v14i2.4282.](42662022000200094&lng=en. http://dx.doi.org/10.22458/urj.v14i2.4282)

**CAPÍTULO VII**

**ANEXOS**

## Anexo 1. Galería fotográfica

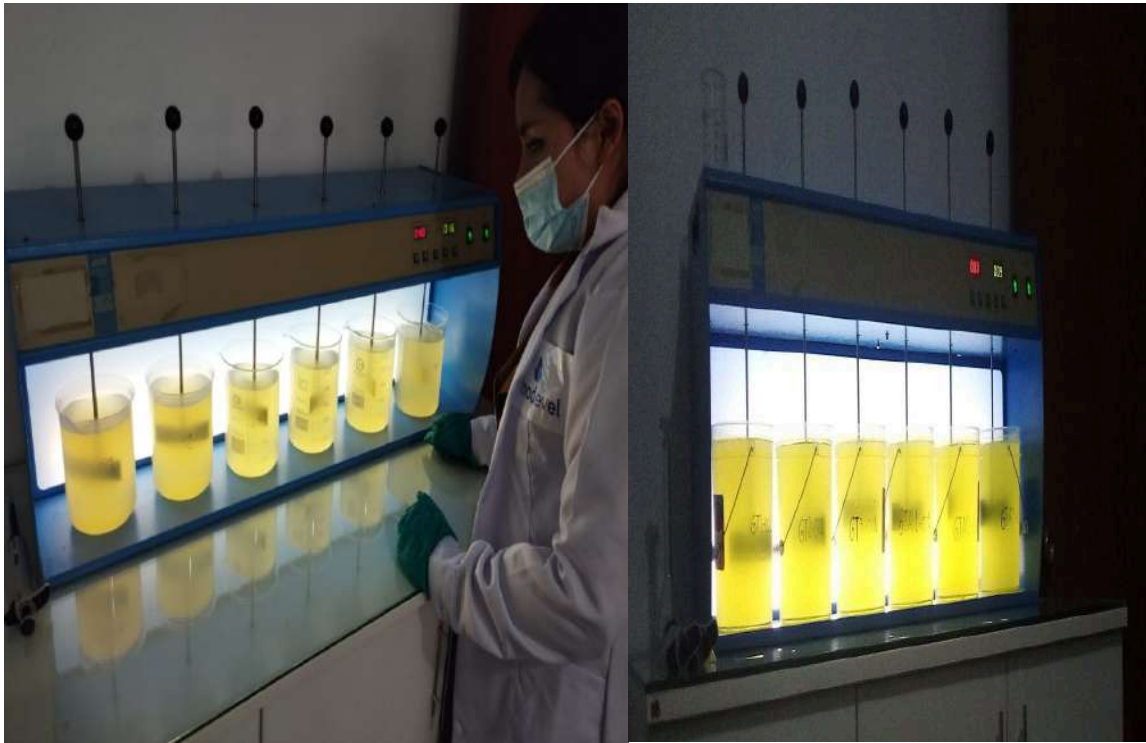
Preparación de Goma de Tara.



Preparación del sulfato de aluminio al 1%.



Uso del equipo prueba de jarras.



Codificación de las diferentes muestras.



Preparación de las muestras para ser enviadas a los laboratorios.



Preparación de las muestras para ser enviadas a los laboratorios.



Preparación de las muestras para ser enviadas a los laboratorios.



Análisis de las muestras en el laboratorio de DIRESA-DESA-Cajamarca.



Análisis de los parámetros turbidez, temperatura y pH en el laboratorio de la DIRESA -  
DESA- Cajamarca



## Anexo 2. Resultados de Laboratorio DIRESA: pH, temperatura y turbidez.



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1663 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (datos por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 05:00	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1902
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	EI
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Efluente Inicial

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.5 °C)	7.59	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	81	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorimetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1664 -2022**

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 17:10	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1903
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT1-001
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.9 °C)	7.59	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	77	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro. Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfá Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1665 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 17:18	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1904
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT2-001
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.8 °C)	7.64	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	79	SMEWW APHA AWWA WEF. Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1666 -2022**

<b>Solicitante:</b>	Diana Lorena Murga Saldaña
<b>Dirección:</b>	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 17:25	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1905
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT3-001
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.9 °C)	7.58	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	86	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfá Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1667 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)	CONTROL DE LABORATORIO
Procedencia de la muestra: Agua Residual	Fecha/hora de recepción: 22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo: 21/02/2023 17:30	Fecha de inicio del ensayo: 22/02/23
Muestreado por: Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago: MAD 7581071
Localidad: Celendín	DATOS DE LA MUESTRA
Distrito: Celendín	Código de Laboratorio: 1906
Provincia: Celendín	Código dado por el Solicitante: GTAL1-001
Departamento: Cajamarca	Punto de muestreo: Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.0 °C)	7.58	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	73.4	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfá Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58.3390c: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphénylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1668 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 17:38	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1907
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL2-001
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.62	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (mg/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	72.8	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
*[Firma]*  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1669 -2022**

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 17:42	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1908
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL3-001
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.9 °C)	7.58	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	68.5	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
**LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI**  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1670 -2022**

<b>Solicitante:</b>	Diana Lorena Murga Saldaña
<b>Dirección:</b>	Jr. Lourdes # 131

<b>DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)</b>		<b>CONTROL DE LABORATORIO</b>	
<b>Procedencia de la muestra:</b>	Agua Residual	<b>Fecha/hora de recepción:</b>	22/02/23 11:50
<b>Fecha/hora de muestreo:</b>	21/02/2023 18:43	<b>Fecha de inicio del ensayo:</b>	22/02/23
<b>Muestreado por:</b>	Diana Lorena Murga Saldaña	<b>Comprobante de pago:</b>	MAD 7581071
<b>Localidad:</b>	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
<b>Distrito:</b>	Celendín	<b>Código de Laboratorio:</b>	1909
<b>Provincia:</b>	Celendín	<b>Código dado por el Solicitante:</b>	GT1-002
<b>Departamento:</b>	Cajamarca	<b>Punto de muestreo:</b>	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.9 °C)	7.63	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (mg/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	73.6	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorimetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1671 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 18:46	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	DATOS DE LA MUESTRA	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1910
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT2-002
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.63	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	84.9	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrato: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1672 -2022**

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (datos por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 18:52	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1911
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT3-002
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH ( 19.0 °C)	7.72	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	91.5	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1673 -2022**

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (datos por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 19:07	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1912
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL1-002
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH ( 19.0 °C)	7.72	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	45.2	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1674 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 19:00	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	DATOS DE LA MUESTRA	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1913
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL2-002
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.8 °C)	7.7	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	69.2	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfá Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVac Ampuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVac Ampuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1675 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 19:03	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1914
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL3-002
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.9 °C)	7.68	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	54.5	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1676 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 19:54	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1915
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT1-003
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.75	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	52.1	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAYEDRA OJEDA  
LABORATORIO DE AGUAS Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1677 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 20:02	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1916
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT2-003
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.66	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	72.9	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrato: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1678 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 20:10	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1917
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT3-003
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.62	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	81.5	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrato: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1679 -2022**

<b>Solicitante:</b>	Diana Lorena Murga Saldaña
<b>Dirección:</b>	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 20:12	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1918
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL1-003
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.6	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	47	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfá Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
**LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI**  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1680 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 20:18	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1919
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL2-003
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.9 °C)	7.59	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	111	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorimetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrato: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE ANÁLISIS Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1681 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 20:14	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1920
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL3-003
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.71	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	61	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1682 -2022**

<b>Solicitante:</b>	Diana Lorena Murga Saldaña
<b>Dirección:</b>	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 21:10	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1921
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT1-004
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.2 °C)	7.68	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	69	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Alumínon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
**LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI**  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1683 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 21:13	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1922
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT2-004
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (18.4 °C)	7.9	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	85	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTO



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL  
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 1684 -2022

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 21:16	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1923
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GT3-004
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.2 °C)	7.69	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	53	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrato: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1685 -2022**

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 21:17	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1924
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL1-004
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.3 °C)	7.62	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	62	SMEWW APHA AWWA WEF. Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	BicinchoninateMethod. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 DiphenylcarbohydrazideMethod Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

LUIS CESAR SAAVEDRA OIOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1686 -2022**

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (datos por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 21:20	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1925
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL2-004
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.0 °C)	7.6	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	74	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrato: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS



Gobierno Regional de Cajamarca  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

**LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL**  
**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS**  
**INFORME DE ENSAYO N° 1687 -2022**

Solicitante:	Diana Lorena Murga Saldaña
Dirección:	Jr. Lourdes # 131

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Residual	Fecha/hora de recepción:	22/02/23 11:50
Fecha/hora de muestreo:	21/02/2023 21:23	Fecha de inicio del ensayo:	22/02/23
Muestreado por:	Diana Lorena Murga Saldaña	Comprobante de pago:	MAD 7581071
Localidad:	Celendín	<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Distrito:	Celendín	Código de Laboratorio:	1926
Provincia:	Celendín	Código dado por el Solicitante:	GTAL3-004
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Agua Residual Tratada con Goma de Tara y Aluminio

Ensayos	Resultados	Método de ensayo
pH (19.1 °C)	7.63	Método electrométrico. Parte 4500-H+B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	-	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Edition.
Sólidos Totales en Suspensión SST (ml/l)	-	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22TH Ed.
Turbidez (UNT)	90	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method.
Cloro (mg/l)	-	Colorímetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	-	Sulfá Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	-	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	-	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	-	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	-	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	-	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Febrero de 2023

Gobierno Regional de Cajamarca  
DIRECCION REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
*[Firma]*  
LUIS CESAR SAAVEDRA OLOPTEGUI  
LABORATORIO DE AGUA Y ALIMENTOS

### Anexo 3. Resultados de Laboratorio SGS parámetros: DBO, DQO, SST, SDT.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

---

**INNODEVEL S.A.C**

JR. LOS LEONES NRO. 464 URB. SANTA MERCED CAJAMARCA - CAJAMARCA - CAJAMARCA

ENV / LB-351934-004

PROCEDENCIA : FISCAL

---

Fecha de Recepción SGS : 22-02-2023

Fecha de Ejecución : Del 22-02-2023 al 27-02-2023

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
GT1-001
GT2-001
GT3-001
GTAI1-001
GTAI2-001
GTAI3-001
EP-001
GT1-002

**Emitido por SGS del Perú S.A.C.**

**Impreso el 27/02/2023**

**Jade C. Huarcaya Soto**  
C.B.P. 8471  
Jefe de Oficina

"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

Estación de Muestreo
GT2-002
GT3-002
GTAI1-002
GTAI2-002
GTAI3-002
GT1-003
GT2-003
GT3-003
GTAI1-003
GTAI2-003
GTAI3-003
GT1-004
GT2-004
GT3-004
GTAI1-004
GTAI2-004
GTAI3-004



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GT1-001	GT2-001
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					17:00:00	17:18:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
DOMESTICA					DOMESTICA	DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	644 ± 129	665 ± 133
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	119 ± 14	57 ± 7
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1.0	2.6	130.0 ± 15.60	84.0 ± 10.10
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	205.7 ± 5.90	209.0 ± 5.90

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GT3-001	GTA11-001
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					17:23:00	17:24:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
DOMESTICA					DOMESTICA	DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	643 ± 129	661 ± 132
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	71 ± 9	49 ± 6
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1.0	2.6	84.4 ± 10.10	67.0
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	189.1 ± 5.60	172.5 ± 5.20

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GTA2-001	GTA3-001
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					17:35:00	17:40:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
DOMESTICA					DOMESTICA	DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	666 ± 133	661 ± 132
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	67 ± 8	65 ± 8
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1.0	2.6	74.5 ± 8.90	77.4 ± 9.30
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mgO <sub>2</sub> /L	1.8	4.5	182.5 ± 5.40	189.1 ± 5.60

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EP-001	GT1-002
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					16:14:00	18:38:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
DOMESTICA					DOMESTICA	DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	645 ± 129	666 ± 133
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	100 ± 12	73 ± 9



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					EP-001	GT1-002
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					16:14:00	18:38:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B_CX	mg/L	1.0	2.6	129.5 ± 15.50	
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D_CX	mgO2/L	1.8	4.5	245.5 ± 6.70	

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GT2-002	GT3-002
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					18:43:00	18:49:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	652 ± 130	663 ± 133
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	78 ± 9	69 ± 8

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GTA11-002	GTA12-002
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					18:54:00	18:58:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	674 ± 135	657 ± 131
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	61 ± 7	74 ± 9

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GTA13-002	GT1-003
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					19:01:00	19:56:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	674 ± 135	669 ± 134
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	71 ± 9	68 ± 8



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

IDENTIFICACION DE MUESTRA					GT2-003	GT3-003
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					20:00:00	20:05:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA	AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	668 ± 134	665 ± 133
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	63 ± 8	63 ± 8

IDENTIFICACION DE MUESTRA					GTAI1-003	GTAI2-003
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					20:10:00	20:13:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA	AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	669 ± 134	662 ± 132
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	480 ± 55	56 ± 7

IDENTIFICACION DE MUESTRA					GTAI3-003	GT1-004
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					20:16:00	21:07:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA	AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	647 ± 129	647 ± 129
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	55 ± 7	68 ± 8

IDENTIFICACION DE MUESTRA					GT2-004	GT3-004
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					21:08:00	21:13:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA	AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	648 ± 130	655 ± 131
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	71 ± 9	38 ± 5



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GTA11-004	GTA12-004
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023	21/02/2023
HORA DE MUESTREO					21:14:00	21:15:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA	AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>						
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	658 ± 132	661 ± 132
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	55 ± 7	66 ± 8

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					GTA13-004
FECHA DE MUESTREO					21/02/2023
HORA DE MUESTREO					21:19:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
<b>Análisis Generales</b>					
Sólidos Totales Disueltos	EW_APHA2540C_CX	mg Sólidos Totales Disueltos/L	1	3	668 ± 134
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D_CX	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	1	3	64 ± 8



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

**CONTROL DE CALIDAD**

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	3%	98 - 104%		
Sólidos Totales Disueltos	mg Sólidos Totales Disueltos/L	3		0 - 1%	96 - 99%		
Sólidos Totales en Suspensión	mg Sólidos Totales en Suspensión/L	3		1%	103 - 104%		
Demanda Química de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	4.5	<4.5		105%	100%	1%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

**REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO**

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540C_CX	Cajamarca	Sólidos Disueltos Totales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-C, 23rd Ed.:2017. Solids.Total Dissolved Solid dried at 180°C
EW_APHA2540D_CX	Cajamarca	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D, 23rd Ed: 2017. Solids. Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA5210B_CX	Cajamarca	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B ;23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D_CX	Cajamarca	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO  
MA2305761 Rev. 0**

**NOTAS**

Notas:  
El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.  
Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.



**"Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC"**

Este documento es emitido bajo las Condiciones Generales de Servicio de SGS del Perú S.A.C, las cuales se encuentran descritas en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia; queda prohibida la reproducción total o parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.  
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas; no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas y de la información proporcionada por el cliente.

Última Revisión Enero 2022

## Anexo 4. Certificado de calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0458-004-22

						
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>						
NOMBRE:	INNODEVEL S.A.C.					
DIRECCIÓN:	JR. LOS LEONES 464 - CAJAMARCA					
TELÉFONO:	076-267826					
PERSONA(S) DE CONTACTO:	Fernando Camilo Joaquín Rodríguez					
<b>IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN</b>						
ÍTEM:	TURBIDÍMETRO	CÓDIGO:	TURB-01			
MARCA:	HACH	UNIDAD DE MEDIDA:	NTU			
MODELO:	2100Q	RESOLUCIÓN:	(0,01 ; 0,1 ; 1) NTU			
SERIE:	15080C043015	INTERVALO DE MEDIDA:	(0 a 1000) NTU			
UBICACIÓN:	CAJAMARCA					
<b>MATERIALES DE REFERENCIA UTILIZADOS</b>						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	N° CAT.	LOTE	FECHA EXP.	N° CERTIFICADO
EL.MRC.260	TURBIDITY 10 NTU CALIBRATION STANDARD	SIGMA ALDRICH	TURB10-1L	LRAC4638	2023-03-06	0-262020
EL.MRC.261	TURBIDITY 20 NTU CALIBRATION STANDARD	SIGMA ALDRICH	TURB20-1L	LRAC4444	2023-03-06	0-262020
EL.MRC.262	TURBIDITY 100 NTU CALIBRATION STANDARD	SIGMA ALDRICH	TURB100-100ML	LRCA4639	2023-02-25	0-1302020
EL.MRC.263	TURBIDITY 500 NTU CALIBRATION STANDARD	SIGMA ALDRICH	TURB500-1L	LRAC5547	2023-04-15	0-3282020
EL.MRC.264	TURBIDITY 1000 NTU CALIBRATION STANDARD	SIGMA ALDRICH	TURB1000-1L	LRAC5749	2023-04-15	0-342020
<b>EQUIPAMIENTO UTILIZADO</b>						
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	N° CAT.	LOTE	FECHA EXP.	N° CERTIFICADO
ELP.PT.036	TERMÓHGRÓMETRO	CENTER	342	180303334	2022-08-24	CCP-0104-081-21
<b>DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA</b>						
Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).						
<b>CALIBRACIÓN</b>						
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA MEDIANTE MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS					
DOCUMENTO DE REFERENCIA:	ASTM D7726-11:2016	TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:	20,7 °C	±0,1 °C		
PROCEDIMIENTO:	PEC.ELP.13	HUMEDAD RELATIVA MEDIA:	53,6 %HR	±0,1 %HR		
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LABORATORIO 1 - ELICROM					
<b>RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN</b>						
Unidad	Nominal	Valor MRC (x)	Ítem (y)	Error de Medición	Incertidumbre (k= 2)	
NTU	10	10,00	10,1	0,10	0,16	1,6%
NTU	20	20,00	20,2	0,20	0,31	1,5%
NTU	100	100,0	99,7	-0,3	1,5	1,5%
NTU	500	500,0	498	-2,0	8,0	1,6%
NTU	1000	1000	997	-3	15	1,5%
Recta de Regresión:		$y = 0,9667 x + 0,0708$		Coeficiente de Correlación:		$r = 1,0000$
MRC: Material de Referencia Certificado				NOTA: Se presentan los promedios de 3 mediciones por cada punto.		
<b>OBSERVACIONES</b>						
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k$ , que para una distribución $t$ (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.						
<b>NOTA:</b> La lectura del MRC y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).						