

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**



**EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya*) COMO COAGULANTE  
EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL  
AGUA DEL MANANTIAL “LA CIÉNEGA” DEL CENTRO POBLADO DE  
QUERUAYSANA, CELENDÍN-2024**

**TESIS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

**INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR LA BACHILLER

**CARMEN ROCÍO ZELADA GOICOCHEA**

ASESOR

**Ing. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI**

CAJAMARCA – PERÚ

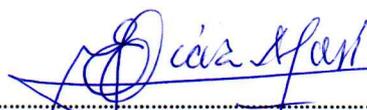
2025

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
**CARMEN ROCÍO ZELADA GOICOCHEA**  
DNI: N° 47183737  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**DE INGENIERÍA AMBIENTAL**
2. Asesor:  
**Ing. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI**  
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:  
**EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya*) COMO COAGULANTE EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL MANANTIAL "LA CIÉNEGA" DEL CENTRO POBLADO DE QUERUAYSANA, CELENDÍN-2024.**
6. Fecha de evaluación: 02/01/2025
7. Software antiplagio:  TURNITIN       URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 2%
9. Código Documento:
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO    PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 24/07/2025

Firma y/o Sello  
Emisor Constancia



.....  
**Ing. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI**  
**DNI: 27041767**



# 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 diez días del mes de julio del año dos mil veinticinco, 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° 105-2025-FCA-UNC, de fecha 07 de febrero del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya*) COMO COAGULANTE EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES DEL AGUA DEL MANANTIAL "LA CIÉNEGA" DEL CENTRO POBLADO DE QUERUAYSANA, CELENDÍN -2024"**, realizada por la Bachiller **CARMEN ROCÍO ZELADA GOICOCHEA** para optar por el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **DIECISEIS** horas con **CUARENTA** 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 calificativo de **DIECISEIS (16)** por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las **DIECISIETE** horas y **CUARENTA Y CINCO** minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
-----  
Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal  
PRESIDENTE

  
-----  
Ing° M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna  
SECRETARIO

  
-----  
Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas  
VOCAL

  
-----  
ING° M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori  
ASESOR

COPYRIGHT © 2025 by  
CARMEN ROCIO ZELADA GOICOCHEA  
Todos los derechos reservados

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fortaleza y constancia de lograr este objetivo.

A mi padre Santos Zelada Escalante, fuente de motivación, por todo su amor, apoyo y entrega incondicional.

A mi Madre Isabel Goicochea Chávez, mi ángel del cielo, por ser mi mayor inspiración para no desistir en este camino y alcanzar mis sueños.

A mi mamita Graciela Chávez Tavera, mi estrella que desde el cielo me guía e ilumina.

A mis papitos Celestino Zelada Escalante y Rita Cachay Silva por ser mis pilares, por toda su dedicación y cariño desmesurado en cada paso de mi vida.

A mis hermanos Elver Zelada Goicochea y Johnny Zelada Mori por todas sus orientaciones, muestras de respaldo y cariño.

### **AGRADECIMIENTO:**

A mi asesor, Ing. M.Cs. Darwin Díaz Mori por su tiempo, apoyo y asesoramiento brindado durante todo el desarrollo del trabajo realizado.

A Alexis Vásquez Vargas por brindarme todo su apoyo y comprensión en cada proceso del desarrollo de la investigación.

A mis amigos Manuel, Efraín, Franco, Kevin, Aaron, Luciana, Mariela, Suguey, Leydi, Karito, por toda la motivación y apoyo incondicional, que de alguna u otra manera contribuyeron en cada paso del desarrollo de la ejecución del proyecto.

Al señor Arturo Marín presidente de la JASS, por toda su ayuda desinteresada desde el día cero, en el caserío de Queruaysana.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO: .....	iv
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II.....	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. Antecedentes de la investigación .....	4
2.2. Bases teóricas .....	12
2.2.1. Agua potable .....	12
2.2.2. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas.....	13
2.2.3. Coliformes termotolerantes en el agua.....	14
2.2.4. Proceso de coagulación.....	15
2.2.5. Proceso de floculación.....	17
2.2.6. Proceso de coagulación natural .....	18
2.2.7. Semillas de <i>Carica papaya</i> (papaya) como coagulante natural.....	19
2.2.8. Dosis de coagulante .....	24
2.2.9. Parámetros influyentes en el proceso de coagulación .....	25
2.2.10. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. D.S.N° 031-2010-. ...	26
2.2.11. Manantial La Ciénega como fuente de abastecimiento .....	26
2.3. Definición de términos básicos .....	27

2.3.1.	<i>Coloides</i> .....	27
2.3.2.	<i>Flóculo o flocs</i> .....	27
2.3.3.	<i>Carga eléctrica y doble capa</i> .....	28
2.3.4.	<i>Adsorción</i> .....	28
2.3.5.	<i>Coagulante natural</i> .....	28
2.3.6.	<i>Dosis óptima</i> .....	28
2.3.7.	<i>Turbidez</i> .....	28
2.3.8.	<i>Coliformes</i> .....	28
2.3.9.	<i>Potabilizar</i> .....	28
CAPÍTULO III.....		29
MATERIALES Y MÉTODOS .....		29
3.1.	Localización de la investigación .....	29
3.2.	Materiales experimentales.....	31
3.2.1.	<i>Equipos y materiales de campo</i> .....	31
3.2.2.	<i>Material y equipos de laboratorio</i> .....	31
3.2.3.	<i>Material de escritorio</i> .....	32
3.3.	Procedimiento metodológico.....	32
3.3.1.	<i>Preparación del del Coagulante Natural</i> .....	34
3.3.1.	<i>Obtención de muestras de agua</i> .....	35
3.3.2.	<i>Ejecución de la coagulación</i> .....	36
3.4.	Tratamiento y análisis de datos .....	38
CAPÍTULO IV.....		40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		40

4.1. Niveles de turbidez en las muestras de agua del manantial “La Ciénega” con y sin tratamiento con semillas de papaya ( <i>C. papaya</i> ) como coagulante. ....	40
4.2. Concentración de coliformes termotolerantes en las muestras de agua del manantial “La Ciénega” con y sin tratamiento con semillas de papaya ( <i>C. papaya</i> ) como coagulante. ....	44
4.3. Dosis óptima de las semillas de papaya ( <i>C. papaya</i> ) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes. ....	46
4.4. Potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad en las muestras de agua con y sin tratamiento con semillas de papaya ( <i>C. papaya</i> ). ....	50
4.5. Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA. ....	54
CAPÍTULO V.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
5.1. Conclusiones .....	57
5.2. Recomendaciones.....	58
CAPÍTULO VI.....	59
REFERENCIAS.....	59
CAPÍTULO VI.....	71
ANEXOS .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Compuestos reactivos de pulpas, semillas y cáscaras en diferentes etapas de maduración .....	24
<b>Tabla 2</b> Límites máximos permisibles .....	26
<b>Tabla 3</b> Coordenadas UTM de ubicación de la investigación .....	29
<b>Tabla 4</b> Diseño experimental y puntos de muestreo .....	34
<b>Tabla 5</b> Tabla del análisis de la varianza .....	39
<b>Tabla 6</b> Niveles de turbidez (NTU) en las muestras de agua con y sin tratamiento a diferente dosis de <i>C. papaya</i> .....	40
<b>Tabla 7</b> Concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) en las muestras de agua con y sin tratamiento a diferente dosis de <i>C. papaya</i> .....	44
<b>Tabla 8</b> Análisis de la varianza ANOVA para la turbidez .....	47
<b>Tabla 9</b> Tukey al 5 % para la turbidez .....	48
<b>Tabla 10</b> Análisis de la varianza ANOVA para los coliformes termotolerantes .....	49
<b>Tabla 11</b> Tukey al 5 % para coliformes termotolerantes .....	50
<b>Tabla 12</b> Potencial de hidrógeno en las muestras sin y con tratamiento de <i>C. papaya</i> .....	50
<b>Tabla 13</b> Análisis de la varianza par el pH .....	52
<b>Tabla 14</b> Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Proceso de coagulación .....	16
<b>Figura 2</b> Enlazado de partículas individuales en aglomerados .....	18
<b>Figura 3</b> Espectros FTIR de semillas de <i>C. papaya</i> descascaradas y biocoaguladas .....	21
<b>Figura 4</b> Microfotografía FESEM de semillas descascaradas de <i>C. papaya</i> con un aumento de 500× .....	22
<b>Figura 5</b> Ubicación de la investigación.....	30
<b>Figura 6</b> Croquis del experimento .....	33
<b>Figura 7</b> Preparación del coagulante.....	35
<b>Figura 8</b> Recolección de la muestra de agua de la captación “La ciénega” .....	36
<b>Figura 9</b> Proceso de coagulación: agitación, aplicación de coagulante y medición).....	37
<b>Figura 10</b> Resultado visual de la coagulación de los diferentes tratamientos .....	38
<b>Figura 11</b> Eficiencia de remoción de turbidez en los tratamientos.....	41
<b>Figura 12</b> Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes en los tratamientos .....	44
<b>Figura 13</b> Potencial de hidrógeno en las muestras sin y con tratamiento de <i>C. papaya</i> .....	50
<b>Figura 14</b> Temperatura en las muestras sin y con tratamiento de <i>C. papaya</i> .....	53
<b>Figura 15</b> Conductividad eléctrica en las muestras sin y con tratamiento de <i>C. papaya</i> .....	54

## RESUMEN

El acceso limitado a fuentes de agua potable representa una deficiencia crítica en términos de necesidades básicas, en esta investigación se evaluó la eficiencia de las semillas de *Carica papaya* como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial “La Ciénega”, en el centro poblado de Queruaysana, Celendín. Se aplicaron dosis de 0 g/L (D0), 0.2 g/L (D1), 0.3 g/L (D2), 0.4 g/L (D3), 0.5 g/L (D4) y 0.6 g/L (D5), realizando agitación rápida durante 5 minutos a 120 rpm, seguida de agitación lenta por 15 minutos y sedimentación de una hora. Los resultados para turbidez mostraron una disminución progresiva de 66.03 NTU (D0) a 28.48 (D1), 24.86 (D2), 21.24 (D3), 17.35 (D4) y 17.90 NTU (D5), con eficiencias de remoción entre 57% y 74%. Para coliformes termotolerantes, se redujo de 46.88 NMP/100 mL (D0) a 20.63 (D1), 15.65 (D2), 10.34 (D3), 7.08 (D4) y 5.87 NMP/100 mL (D5), con eficiencias entre 56% y 87%, la dosis óptima fue 0.5 g/L, al lograr la mayor eficiencia sin evidencia de sobresaturación. *C. papaya* demostró ser un coagulante natural efectivo para mejorar la calidad del agua.

**Palabras clave:** coagulante natural, *C. papaya*, turbidez, coliformes termotolerantes.

## ABSTRACT

Limited access to potable water sources represents a critical deficiency in terms of basic needs. This study evaluated the efficiency of *Carica papaya* seeds as a coagulant in the removal of turbidity and thermotolerant coliforms from the water of the “La Ciénega” spring, located in the rural town of Queruaysana, Celendín. Doses of 0 g/L (D0), 0.2 g/L (D1), 0.3 g/L (D2), 0.4 g/L (D3), 0.5 g/L (D4), and 0.6 g/L (D5) were applied, with rapid stirring for 5 minutes at 120 rpm, followed by slow stirring for 15 minutes and one hour of sedimentation. Turbidity results showed a progressive decrease from 66.03 NTU (D0) to 28.48 (D1), 24.86 (D2), 21.24 (D3), 17.35 (D4), and 17.90 NTU (D5), with removal efficiencies ranging from 57% to 74%. For thermotolerant coliforms, the concentration decreased from 46.88 MPN/100 mL (D0) to 20.63 (D1), 15.65 (D2), 10.34 (D3), 7.08 (D4), and 5.87 MPN/100 mL (D5), with efficiencies between 56% and 87%. The optimal dose was 0.5 g/L, as it achieved the highest efficiency without signs of oversaturation. *C. papaya* proved to be an effective natural coagulant for improving water quality.

**Keywords:** natural coagulant, *C. papaya*, turbidity, thermotolerant coliforms.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable representa uno de los desafíos más críticos a nivel mundial. El aumento continuo de la población, sumado al cambio climático, la contaminación hídrica y la expansión de la urbanización, ha superado la capacidad de suministro sostenible en muchas regiones, limitando así la disponibilidad de agua segura para el consumo humano (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2019, p. 14). A nivel global, el consumo de agua crece a un ritmo mayor que el de la población, y factores como la presión demográfica, el desarrollo económico y la urbanización incrementan la presión sobre este recurso renovable pero finito (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013, p. 9).

Cerca de 5600 millones de personas cuentan con servicios de agua seguros, mientras que 2200 millones enfrentan condiciones adversas: 1500 millones acceden a servicios básicos en un rango de 30 minutos, 292 millones dependen de servicios limitados, 296 millones utilizan fuentes no protegidas y 115 millones recurren a agua superficial no tratada (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2023, p. 2). Esta situación refleja desigualdades geográficas y

socioeconómicas, donde en la actualidad aproximadamente 2000 millones de personas carecen de acceso a agua potable segura y 3600 millones no cuentan con un saneamiento adecuado (Banco Mundial, 2023, p. 3). En el Perú, más de 3 millones de personas carecen de acceso a fuentes de agua potable, mientras que alrededor de 7 millones dependen de "agua entubada" que no cumple con los estándares de calidad para el consumo humano (Enríquez Hurtado, 2023, p. 6). Esta realidad es particularmente evidente en comunidades rurales y urbanas marginadas, donde las fuentes de agua, como ríos y manantiales, presentan niveles elevados de contaminantes físicos y biológicos.

Esta problemática no solo se manifiesta a nivel mundial, sino que también afecta a comunidades específicas como el centro poblado Queruaysana, distrito de Celendín, la captación del manantial "La Ciénega" revela deficiencias en la calidad del agua, con altos niveles de turbidez, sólidos en suspensión y sedimentos debido a la falta de tratamiento previo. Esta situación representa un riesgo para la salud de los habitantes, debido a la presencia de contaminantes biológicos como los coliformes termotolerantes, los cuales pueden provocar enfermedades de origen hídrico. Ante esta problemática, surge la necesidad de identificar y aplicar tecnologías de tratamiento accesibles y sostenibles que puedan mejorar la calidad del agua en comunidades rurales, asegurando el acceso a agua segura y saludable para los habitantes.

Para abordar esta problemática se diseña un experimento que evalúa la eficiencia de diferentes dosis de semillas de *C. papaya* en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes, ya que las semillas de *C. papaya* están demostrando un alto potencial como agente coagulante en el tratamiento de agua evidenciado por diversos estudios. Mrad García (2019), reporta una eficiencia del 65.8% de las semillas de papaya en la remoción de turbidez en agua; Syeda y Shaik (2018), evalúa su efectividad en la eliminación de turbidez y coliformes,

logrando una remoción del 100%; y Arya y Duithy (2018), confirma su capacidad como coagulante en la purificación de agua. Estas evidencias técnicas están respaldando su selección como objeto de estudio en esta investigación.

En este sentido se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la eficiencia de la semilla de papaya (*Carica papaya*) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial "La Ciénega" del centro poblado de Queruaysana, Celendín-2024? En respuesta a esta pregunta, el objetivo general de la investigación es determinar la eficiencia de la semilla de papaya (*C. papaya*) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial "La Ciénega". Para lograr este objetivo general, se establecen los siguientes objetivos específicos.

- Determinar los niveles de turbidez en las muestras de agua del manantial "La Ciénega" con y sin tratamiento con semillas de papaya (*C. papaya*) como coagulante con dosis de 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6 g/L.
- Determinar la concentración de coliformes termotolerantes en las muestras de agua del manantial "La Ciénega" con y sin tratamiento con semillas de papaya (*C. papaya*) como coagulante con dosis de 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6 g/L.
- Determinar la dosis óptima de las semillas de papaya (*C. papaya*) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes en muestras de agua del manantial "La Ciénega" del centro poblado Queruaysana, Celendín-2024.
- Evaluar el potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad en las muestras de agua con y sin tratamiento con semillas de papaya (*C. papaya*).
- Comparar los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Yimer y Dama (2021) estudiaron al extracto de la semilla de papaya como coagulante en el tratamiento del agua potable en el caso de un río, para la eliminación de turbidez y coliformes presentes en el agua cruda, llevaron a cabo un experimento de test de jarras, evaluaron con niveles de turbidez alto y bajo (392.7 y 94.2 NTU); utilizaron 3 métodos de extracción utilizados para la coagulación/floculación fueron extracto crudo acuoso, extracto crudo de sal y extracto de sal desgrasada, que dieron el mejor resultado en una dosis de 20 ml, condición ácida de 6,0 y 60 min de tiempo de agitación. Obtuvieron mejores resultados con niveles de turbidez altos, logrando eficiencias de remoción de turbidez de hasta 96.19 % y coliformes de 96.32 % (p. 1).

Gómez y Medina (2021) determinaron la capacidad coagulante de las semillas de papaya (*Carica papaya*) mediante pruebas de tratamiento, donde se identificó la dosificación óptima para la remoción de la turbidez del agua. Comparó la eficiencia del coagulante

natural con el sulfato férrico al 50%. Consistió en acondicionar las semillas para obtener el coagulante natural en polvo, seguido de seis pruebas de tratamiento con agitación magnética, utilizando muestras de agua de un río. Varió las dosis de coagulante natural (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; y 0,6 g) y analizó parámetros como turbidez, sólidos suspendidos totales, color y pH antes y después del proceso de coagulación. Los resultados destacaron la eficacia del coagulante natural, donde una dosificación de 0,5 g redujo la turbidez de 170 NTU a 0 NTU, los sólidos suspendidos totales de 138 mg/L a 1 mg/L, el color de 550 Pt/Co a 4 Pt/Co y el pH de 9,79 a 7,17. En comparación, una dosificación de 1,58 g de coagulante químico logró reducciones menos pronunciadas. Concluyó que el uso de semillas de papaya como coagulante natural es eficiente en el tratamiento de aguas (p. 1).

Mrad García (2019) se enfocó en la determinación de la eficiencia de las semillas de *Carica papaya* utilizadas como coagulante natural en muestras de agua provenientes de la cuenca *alta* de un río. Inicialmente, las muestras de agua presentaban una turbidez de 49,3 NTU. Las pruebas se llevaron a cabo en laboratorio con un test de jarras, utilizando un volumen total de 900 ml de agua. Para establecer los parámetros óptimos de la metodología, se evaluó la actividad coagulante de las semillas en comparación con el Sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$ , utilizando soluciones de Caolín (Silicato básico) y Arcilla (Silicato de aluminio hidratado), además de la muestra de agua. La investigación incorporó tres especies de Taninos, Mimosa (*Acacia mollissima*), Quebracho (*Schinopsis balansae*) y Castaño (*Castanea sativa*), como floculantes naturales para contribuir al proceso de clarificación del agua. Los resultados destacaron que la aplicación de las semillas de *C. papaya*, tanto en composición fresca como seca, seco en agua con una concentración de 2500 ppm, demostró una efectividad del 65,8% en la remoción de turbidez. Sin embargo, la solución de ácido

acético al 10% redujo la eficiencia de remoción de turbidez al 44,54%. Estos resultados ofrecen una perspectiva valiosa sobre la capacidad de las semillas de papaya como coagulante natural en el tratamiento del agua (p. 12).

Arya y Duithy (2018) evaluaron el desempeño de la coagulación utilizando semillas de papaya para la purificación del agua de un río. Las semillas de papaya fueron lavadas con agua destilada y secadas al sol durante 7 días antes de triturarlas, obteniendo un polvo fino recolectado en un frasco estéril. Este polvo de semilla, tamizado para obtener partículas más finas. Aplicaron a diferentes dosis de 0.2 g/L a 1.2 g/L con tiempos de sedimentación de 1 hora. Los mejores resultados se observó con una dosis de 0.6 g/L, un tiempo de 30 minutos y una velocidad de 80 rpm. En este punto, se registraron cambios notables: en el pH no se observaron variaciones, mientras que la turbidez disminuyó de 35 UNT a 4.4 UNT. Los sólidos totales disueltos (TDS) y los sólidos suspendidos totales (SST) se redujeron de 1610 a 146 y de 860 a 25, respectivamente, el oxígeno disuelto aumentó de 4.3 mg/L a 7.48 mg/L. En conclusión, los hallazgos indicaron que las semillas de papaya demostraron una alta eficiencia en la eliminación de la turbidez del agua (p. 1).

Kristianto et al. (2018) exploró el uso de semillas de papaya como coagulante natural en el tratamiento de aguas residuales contaminadas con agentes colorantes de textiles sintéticos. Las semillas fueron lavadas para eliminar impurezas, seguido de un secado en horno a 110 °C durante 10 horas, las semillas secas fueron trituradas para obtener un polvo, tamizado a través de una malla de 40-50, y almacenado en un desecador. Los experimentos de coagulación y floculación se llevaron a cabo mediante el método de prueba de jarra. La muestra de agua residual se midió inicialmente antes de la adición del coagulante con diversas dosis, agitado a 200 rpm durante 1 minuto, seguido de un mezclado lento a 60 rpm

durante 30 minutos, las mezclas se dejaron reposar durante 1 hora. El estudio concluyó que el polvo de semilla de papaya resultó exitoso como coagulante natural para la eliminación de agentes colorantes de aguas residuales sintéticas, destacando una concentración óptima de 0.57 g/L y un pH de 1.79, con una eliminación predicha del 84.77% (p. 1).

Syeda y Shaik (2018) evaluaron a la semilla de *Carica papaya* como coagulante en la remoción de la turbidez y coliformes, las semillas fueron lavadas, secadas y pulverizadas; usaron dosis de 0.2, 0.4 y 0.6 mg/L y las fracciones se suspendieron en agua destilada y se agitó 10 minutos en un agitador magnético para extracción del coagulante, La coagulación se evaluó mediante la prueba de jarra, utilizando diversas concentraciones y partiendo de una turbidez inicial de 20 a 60 UNT, la agitación lo realizaron a una velocidad de 200-250 RPM y un proceso de mezclado lento (30-40 RPM) durante aproximadamente 1-3 minutos y 12-15 minutos, respectivamente. Posteriormente, el sistema se dejó sedimentar los sólidos en suspensión durante 1 hora. Después de este periodo, midieron la turbidez residual en 50 ml de líquido utilizando un medidor de turbidez de claridad superior. Concluyeron que la semilla de papaya logra eliminar el 100% de la turbidez y coliformes después del tratamiento (p. 1).

Díaz Aliaga (2019) evaluó el impacto del polvo de semilla de *Carica papaya* en la clarificación natural de la turbidez en aguas residuales. Las semillas fueron sometidas a un proceso de lavado para eliminar impurezas, seguido de un secado en estufa a 54 °C durante 24 horas, se trituraron y tamizaron para obtener un polvo fino con un tamaño de partícula de 70 a 80, el cual se almacenó en un desecador para evitar la absorción de humedad. Trabajó con dosis de 0.2, 0.4 y 0.6 g/L, utilizó muestras de agua proveniente de una PTAR. El experimento se llevó a cabo mediante el método de prueba de jarras, programando una

mezcla rápida y lenta, seguida de una sedimentación durante una hora. Posteriormente, el agua tratada se filtró y se obtuvieron mejores resultados. La dosis óptima de semilla en polvo de papaya, según el tratamiento de prueba de jarra, fue de 0.2 g/L, evidenciando que es económicamente rentable utilizar la menor cantidad de dosis. La variabilidad de la turbidez del agua tratada proveniente de la PTAR-VES fue del 28% con filtro y del 7.8% sin filtro. Concluyó que la semilla de papaya es efectivo para la remoción de turbidez en el agua (pp. 12, 29, 42).

Amran et al. (2021) llevaron a cabo un estudio experimental utilizando un enfoque basado en modelos para evaluar la eficacia de un biocoagulante obtenido de semillas de *Carica papaya* en la eliminación de la turbidez del agua contaminada. El biocoagulante fue extraído mediante un solvente libre de químicos, y los experimentos fueron diseñados utilizando un Diseño Compuesto Central (CCD). En la fase inicial del estudio, se caracterizaron los grupos funcionales y se determinó el contenido proteico del biocoagulante. El análisis mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) reveló la presencia de grupos funcionales como OH, C=O y CO, indicando la capacidad de las proteínas para comportarse como polielectrolitos. Las condiciones óptimas identificadas fueron una dosis de 196 mg/L (0.2 g/L), un pH de 4.0 y una turbidez inicial de 500 NTU, bajo las cuales se logró una reducción de turbidez del 88% y una actividad coagulante del 83%. Estos resultados demuestran el potencial prometedor de las semillas descascarilladas de *C. papaya* como biocoagulante eficaz para el tratamiento de aguas contaminadas (p. 7787).

Manrique y Llanto (2020) investigaron la eficacia del tratamiento con semillas de *Carica papaya* como coagulante para reducir los contaminantes en el lixiviado orgánico de

una planta de valorización de residuos orgánicos. Realizaron una caracterización inicial del lixiviado, la cual reveló cifras notables, como una turbidez de 270 NTU, DBO5 de 1115 mg/l, DQO de 1584 mg/l, STS de 1000 mg/l y coliformes termotolerantes de 1500 NMP/100 ml. Desarrollaron un coagulante a partir de las semillas de *C. papaya*, utilizando concentraciones de 3 g/l, 6 g/l, 9 g/l y 12 g/l en pruebas de jarras con 30 minutos de sedimentación y una velocidad de agitación de 80 RPM/15 minutos. Los resultados indicaron incrementos en el pH y en el oxígeno disuelto, una reducción del 63.7 % en la DBO5 y del 62.69 % en la DQO y 90 % coliformes termotolerantes. Se observó un ligero aumento en los STS y la turbidez, se atribuyó al color de las semillas (p. X).

Alcantara Llovera (2022) se enfocó en evaluar la eficacia de coagulantes naturales, analizando su capacidad de remoción en comparación con el sulfato de aluminio. El objetivo principal fue identificar el coagulante natural más efectivo para la eliminación de turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Entre los coagulantes naturales evaluados, se destacaron las semillas de *C. papaya*, el mucílago de café, las semillas de tamarindo, de Nirmali y de Moringa, logrando una remoción de turbidez en un rango impresionante del 98.52% al 99.60%. Por otro lado, se observó que coagulantes como el almidón de plátano, agua termal y abeto tuvieron una menor reducción de turbidez, en un rango de 23.07% a 44.27%, aunque mantuvieron su eficacia sin afectar las propiedades fisicoquímicas del agua descontaminada. En conclusión, se destacó que los coagulantes naturales exhiben un poder de remoción comparable al sulfato de aluminio o alumbre, evidenciando su potencial como alternativas eficaces y respetuosas con las propiedades del agua tratada (p. V).

Kingsely et al. (2017) investigaron la capacidad de las semillas de *Garcinia kola* y *Carica papaya* para actuar como agentes desinfectantes y coagulantes en el tratamiento del

agua. El análisis fitoquímico reveló la presencia de alcaloides, saponinas, flavonoides y taninos en ambas semillas. Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del agua antes y después del tratamiento con soluciones de estas semillas. Los resultados indicaron que la mezcla de extractos de *Garcinia kola* y *C. papaya* no tuvo un efecto significativo ( $P>0.05$ ) en la temperatura, pH, conductividad y cloruro del agua, pero sí redujo significativamente ( $P=0.05$ ) los sólidos disueltos totales (TDS), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitratos, nitritos y la turbidez. La solución mixta mostró una reducción microbiana efectiva, con una eficacia antimicrobiana que varió del 41.67% al 83.33% para coliformes totales, 47.85% a 60.89% para *E. coli*, 12.87% a 83.33% para *Streptococcus fecal*, 40.46% a 83.33% para *Staphylococcus aureus* y 50.43% a 74.36% para bacterias heterotróficas totales, dependiendo de la concentración. Además, la mezcla de semillas logró reducir la turbidez en un 67.83% a la dosis óptima del 3% (p. 1).

Maaji et al. (2024) investigaron las capacidades de coagulación y desinfección de las semillas de *Aloe barbadensis* (*Aloe vera*) y *Carica papaya* proveniente de frutos maduros en agua. Se analizaron diversas propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, entre ellas la turbidez, que disminuyó de 256 NTU a 11 NTU, 36 NTU y 61 NTU después del tratamiento con sulfato de aluminio, *Aloe vera* y semilla de *C. papaya*, respectivamente. Los resultados mostraron que estos coagulantes influyeron en el pH del agua: el sulfato de aluminio lo redujo de 7.8 a 6.4, la semilla de *C. papaya* lo bajó de 7.8 a 7.4, y el *Aloe vera* lo incrementó de 7.8 a 8.1. Además, el nivel de DBO del agua disminuyó de 6.5 mg/l a 1.5 mg/l, 3 mg/l, y 2.9 mg/l para sulfato de aluminio, *Aloe vera* y semilla de *C. papaya*, respectivamente. El recuento total de coliformes bajó de 16 NMP/ml a 1 NMP/ml, 10 NMP/ml y 8 NMP/ml, y los niveles de *Styphylococcus aureus* disminuyeron de 1657

UFC/ml a 2 UFC/ml, 11 UFC/ml y 9 UFC/ml, mientras que los estreptococos fecales se redujeron de 1035 UFC/ml a 1 UFC/ml, 10 UFC/ml y 8 UFC/ml para cloro, *C. papaya* y *Aloe vera*, respectivamente. Las pruebas de laboratorio se realizaron utilizando técnicas analíticas y protocolos aceptados, demostrando que las semillas de *C. papaya* y *Aloe vera* son efectivas para la desinfección del agua doméstica (p. 144).

Amran (2020) investigó el uso de las semillas de *C. papaya* como coagulante natural para el tratamiento de aguas turbias, aprovechando los residuos generados por esta fruta en regiones tropicales. Las semillas procesadas mostraron un contenido de humedad del 3,9%, un punto isoeléctrico a pH 6, una carga superficial de +0,4 meq/g y un contenido de proteínas de 363 mg/g. En condiciones óptimas, con una dosis de 196 mg/L, un pH de 4 y una turbidez inicial de 500 NTU, las semillas lograron eliminar el 93% de la turbidez y alcanzar una actividad de coagulación del 85% en agua sintética. Las pruebas reales dieron como resultado una eliminación de turbidez del 88% y una actividad de coagulación del 83%. En la aplicación a diferentes clases de agua de río, el coagulante logró eliminar el 87,6% de la turbidez, el 86,2% del nitrito y el 82,3% del nitrato en el río de Clase III, y mostró una eliminación del 88,3% de la turbidez y del 92,2% del nitrito en el río de Clase IV. Además, demostró propiedades antimicrobianas al reducir en un 57,6% los coliformes totales y un 62,1% la *Escherichia coli* en el agua del río de Clase III (p. v).

Escobal Pérez (2018) se centró en la evaluación de la eficiencia de coagulantes orgánicos, utilizando el tejido vascular de las especies "*Armatocereus rauhii* subsp. *Balsasensis* R. y *Espositoa mirabilis* R.", en diferentes relaciones masa-volumen de 25 g/L, 50 g/L y 75 g/L en tratamientos de agua para consumo humano. La metodología empleada se adapta a la prueba de jarras. El análisis del agua inicial reveló una turbiedad de 40.08

NTU, comparable a la encontrada en los grifos de las viviendas (32.56 NTU). Los resultados indican que tanto *Armatocereus rauhii subsp. Balsasensis R. como Espostoa mirabilis R.* logran remociones del 39.47% y 34.10%, y 27.45% y 25.24%, respectivamente, en turbidez y sólidos suspendidos totales, la conductividad eléctrica experimenta un aumento, se observa una disminución del pH de 8.33 a un intervalo de 7.34 a 6.72 con la adición de diferentes relaciones masa-volumen de cactus. Sin embargo, no todas las relaciones logran eficiencia, destacando que la relación de 25 g/L de tejido vegetal de ambas especies es la más óptima (p. XI).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Agua potable**

La definición técnica y legal de agua potable se fundamenta en la especificación de compuestos químicos específicos, vinculados a niveles tolerables establecidos normativamente. Desde una perspectiva pragmática, la esencia de esta definición reside en la necesidad imperativa de limitar la cantidad de dichas sustancias identificadas. En el ámbito legal, clasificar el agua como potable implica la identificación precisa de componentes químicos y su correlación con umbrales aceptables para salvaguardar la salud pública. En la práctica, la restricción de la cantidad de compuestos señalados es crucial para asegurar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad y seguridad necesarios para el consumo humano, reconociendo así la importancia de controlar y mantener dentro de límites seguros la presencia de sustancias que podrían representar riesgos para la salud (Fernández Cirelli, 2012, p. 154,155).

Rodríguez Ruiz (2001) define el agua potable como aquella que proviene de fuentes superficiales o subterráneas y que ha sido sometida a procesos de tratamiento para

eliminar contaminantes. Asimismo, se considera agua potable a aquella que, aunque no ha sido sometida a tratamiento, no presenta contaminación. La disponibilidad de agua potable es fundamental para mantener la salud y la productividad de las comunidades. La complejidad del tema de la calidad del agua se intensifica al considerar que un número elevado de personas en todo el mundo fallece diariamente debido a enfermedades de origen hídrico. En este contexto, es alarmante observar que el 90 por ciento de estas víctimas son niños, subrayando la urgente necesidad de abordar y mejorar la calidad del suministro de agua para prevenir enfermedades y salvar vidas (p. 2).

El aseguramiento del acceso a agua potable emerge como una prioridad primordial en el ámbito de la salud y el desarrollo, evidenciando su impacto sustancial en diversas esferas. La imperante necesidad de potabilizar el agua se fundamenta en la vital importancia de mitigar riesgos para la salud asociados con la ingestión de agua contaminada. La inversión en sistemas de abastecimiento y saneamiento de agua no solo responde a un imperativo humanitario, sino que también se revela como una estrategia económicamente sólida. Esta solidez se manifiesta al comparar los costos de implementación de tales sistemas con los beneficios derivados de la reducción de efectos adversos para la salud, por consiguiente, la disminución de los gastos relacionados con la atención sanitaria. La potabilización del agua, por ende, no solo salvaguarda la salud de las comunidades, sino que también resulta en una gestión más eficaz de los recursos económicos en el ámbito de la asistencia médica (Raffo Lecca, 2013, p. 115).

### ***2.2.2. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas***

La turbidez, también conocida como turbiedad del agua, se define como la medida de la interferencia que las partículas en suspensión generan en el paso de la luz. Este

fenómeno es consecuencia de la presencia de lodo y arcilla provenientes de los suelos que constituyen los lechos de los ríos, así como de partículas orgánicas, organismos microscópicos y estructuras similares que permanecen suspendidos en el agua. La evaluación de la turbidez se aplica específicamente a las muestras de agua que contienen materia suspendida y coloidal, las cuales interfieren con la transmisión de la luz a través del agua (Raffo Lecca, 2013, p. 111).

La turbidez en el agua potable puede originarse debido a insuficiencias en el tratamiento en la planta de potabilización o a la resuspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También, la presencia de conexiones cruzadas puede contribuir a este fenómeno. Niveles elevados de turbidez pueden conferir protección a los microorganismos frente a los efectos desinfectantes, estimular la proliferación bacteriana y aumentar la demanda de cloro. En numerosas instancias, la destrucción efectiva de patógenos y bacterias fecales se ve obstaculizada, ya que estos pueden agruparse o absorberse por partículas, escapando a los procesos de desinfección (Marcó et al., 2004, p. 72).

### ***2.2.3. Coliformes termotolerantes en el agua***

Los coliformes termotolerantes, también denominados coliformes fecales, constituyen un subgrupo de las bacterias del grupo coliforme que fermentan lactosa a  $44.5 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en 24 horas, con *Escherichia coli* como principal representante, siendo esta de origen exclusivamente fecal. Este grupo incluye bacilos gramnegativos no esporulados que fermentan lactosa produciendo gas en condiciones específicas. Utilizados como indicadores de contaminación fecal, su detección implica la posible presencia de patógenos entéricos en muestras ambientales y alimentarias. Los métodos de detección más comunes

incluyen el Número Más Probable (NMP) y la filtración por membrana (Fundación Nacional de Salud [FUNASA], 2013, p. 12).

La calidad microbiológica del agua se evalúa utilizando indicadores de contaminación fecal, entre los cuales los coliformes termotolerantes son especialmente importantes. Estos indicadores permiten realizar la clasificación sanitaria de las aguas para diferentes usos, establecer criterios para las normas de calidad, identificar contaminantes y controlar los procesos de tratamiento de agua. La detección de coliformes termotolerantes en el agua no solo ayuda en la identificación de posibles riesgos para la salud, sino que también es fundamental en estudios epidemiológicos, proporcionando datos esenciales para prevenir brotes de enfermedades transmitidas por el agua y garantizar la seguridad microbiológica en diversas aplicaciones (Larrea et al., 2013, p. 25).

#### ***2.2.4. Proceso de coagulación***

La coagulación se define como el procedimiento mediante el cual se induce la desestabilización de partículas coloidales a través de la neutralización de las fuerzas que las mantienen dispersas. Este proceso se lleva a cabo mediante la adición controlada de coagulantes, cuya función principal es contrarrestar las fuerzas de repulsión existentes entre las partículas coloidales, produciendo un colapso de la nube de iones que los rodean. Además, se aplica energía de mezclado con el propósito de asegurar una distribución homogénea de los coagulantes y favorecer la eficacia del proceso de coagulación (Andía Cárdenas, 2000, p. 9).

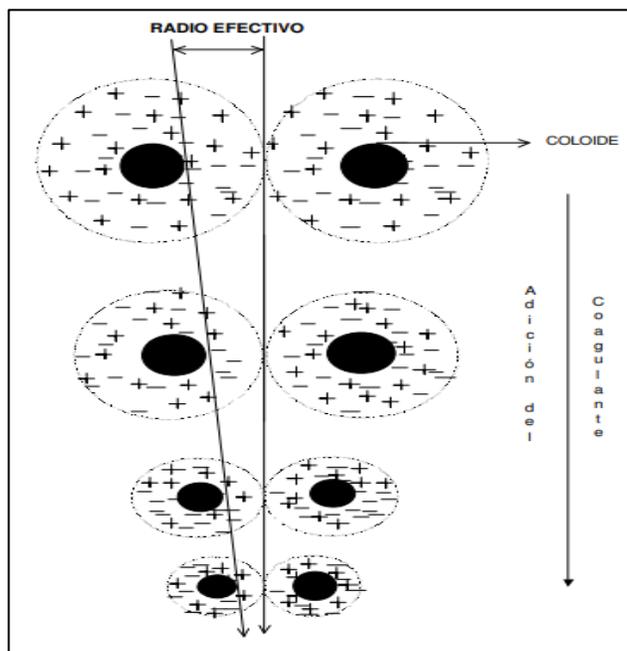
Barrenechea Martel (2004) menciona que la eficacia del proceso de coagulación se ve principalmente influenciada por las propiedades del agua y las partículas presentes, las cuales determinan los valores de los parámetros como pH, alcalinidad, color verdadero,

turbiedad, temperatura, movilidad electroforética, fuerza iónica, sólidos totales disueltos, tamaño y distribución de tamaños de las partículas en estado coloidal y en suspensión, entre otros (p. 154).

La coagulación, siendo un método eficaz, también implica un costo elevado cuando no se lleva a cabo de manera óptima. Este enfoque es universal, ya que aborda la eliminación eficiente de una variedad sustancial de sustancias de distintas naturalezas y pesos moleculares, logrando una gestión más económica en comparación con otros métodos. No obstante, una implementación inadecuada de este proceso de coagulación puede resultar en una degradación de la calidad del agua, generando gastos operativos no justificados. Por ende, se destaca la importancia de ajustar adecuadamente la dosis del coagulante, ya que ésta condiciona el rendimiento de las unidades de decantación y es crucial para lograr una clarificación eficaz del agua (Andía Cárdenas, 2000, p. 9).

### Figura 1

*Proceso de coagulación*



Fuente: (Andía Cárdenas, 2000, p. 10).

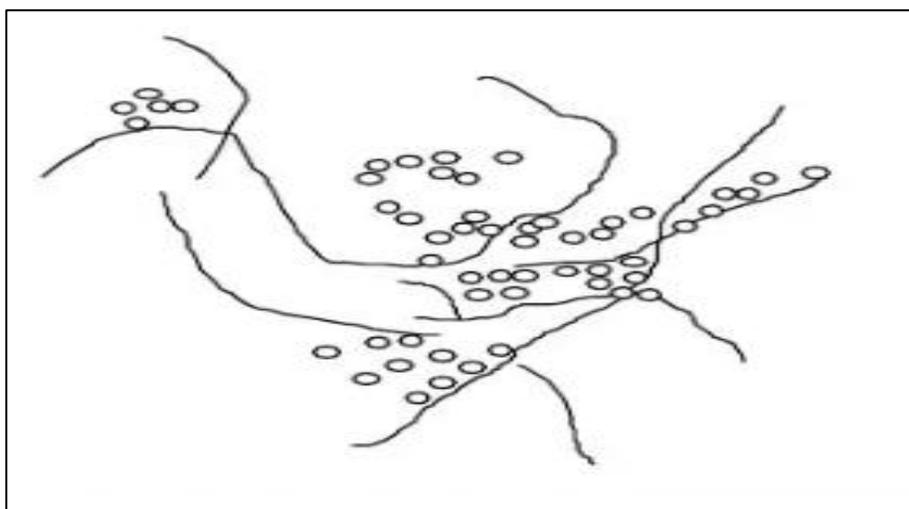
### ***2.2.5. Proceso de floculación***

La floculación sucede después de la coagulación, y se refiere a la agitación de la masa coagulada con el objetivo de propiciar el desarrollo y la unión de los flóculos recién generados. Esto se realiza con el fin de incrementar tanto el tamaño como el peso de los flóculos, facilitando así su sedimentación de manera más eficiente. El floculante establece conexiones entre las partículas coloidales agrupadas, dando lugar a la formación de flóculos de mayor tamaño que se sedimentan con mayor facilidad. (Andía Cárdenas, 2000, p. 33). Implica la unión de partículas coloidales desestabilizadas para formar microflóculos, los cuales, posteriormente, se aglutinan en flóculos de mayor tamaño. Estos flóculos, al incrementar su densidad, facilitan su sedimentación, contribuyendo así a la reducción subsiguiente de la turbidez en el agua (Raigoso y Hernández, 2018, p. 10).

Restrepo Osorno (2009) señala que los objetivos fundamentales del proceso de floculación están orientados a la formación de microflóculos estables, logrando la aglutinación de partículas finas en suspensión para generar flóculos de mayor tamaño y peso específico que el del agua. Este proceso facilita la separación de partículas suspendidas, incrementando su densidad y favoreciendo su sedimentación más rápida. Además, se busca optimizar la compactación del flóculo, reduciendo su grado de hidratación, lo que disminuye su volumen y mejora la eficiencia de los procesos subsecuentes, como la sedimentación y la filtración. Estos efectos contribuyen a una mayor remoción de sólidos y contaminantes, incrementando la eficacia global del tratamiento del agua, reduciendo costos operativos y mejorando la calidad del agua tratada, lo que favorece su potabilización y el cumplimiento de los estándares ambientales. (p. 10).

**Figura 2**

*Enlazado de partículas individuales en aglomerados*



Fuente: (Andía Cárdenas, 2000, p. 33).

**2.2.6. Proceso de coagulación natural**

Los coagulantes naturales, se caracterizan por ser sustancias seguras, respetuosas con el medio ambiente y no tóxicas cuando se utilizan en condiciones apropiadas. Estos coagulantes naturales, cuyos componentes bioactivos incluyen proteínas, polisacáridos, mucílagos, taninos y alcaloides, desempeñan un papel crucial en la desestabilización de contaminantes coloidales, como sólidos suspendidos, y en la eliminación de sólidos disueltos, durante procesos de remediación de aguas residuales industriales o potabilización del agua (Banchón et al., 2016, p. 112). “Los coagulantes naturales son principalmente carbohidratos (polisacáridos); son compuestos que pueden tener incluso carácter iónico o no iónico (cationes o aniones), donde los iónicos son comúnmente conocidos como polielectrolitos” (Navarro y Quintero, 2021, p. 8).

Alvarado y Vanegas (2021) resaltaron que la aplicación de semillas o plantas en la formulación de coagulantes naturales demuestra un porcentaje de remoción de turbidez que

supera el 60% en la mayoría de los casos. Este dato subraya la viabilidad y eficacia de estas alternativas, posicionándolas como soluciones tangibles para la eliminación de coagulantes inorgánicos comúnmente utilizados. Este enfoque no solo evidencia su capacidad para abordar la turbidez en el tratamiento del agua, sino que también sugiere una potencial reducción en la dependencia de coagulantes convencionales, lo cual podría tener implicaciones positivas tanto en términos ambientales como en la optimización de procesos de tratamiento del agua (p. 21).

### ***2.2.7. Semillas de *Carica papaya* (papaya) como coagulante natural***

La *C. papaya* es el tercer cultivo tropical más extendido a nivel mundial, y se ha propuesto que Mesoamérica es el origen más probable de su domesticación. Esta hipótesis se sustenta en la presencia de numerosas poblaciones silvestres de papaya en toda la región, las cuales representan una fuente elevada de diversidad genética para la evolución futura y el manejo de los cultivos, a pesar de la relevancia de este cultivo, la información disponible sobre las poblaciones silvestres de papaya es limitada en comparación con el conocimiento y el interés que existe sobre las variedades domesticadas (Chávez y Núñez, 2017, p. 1).

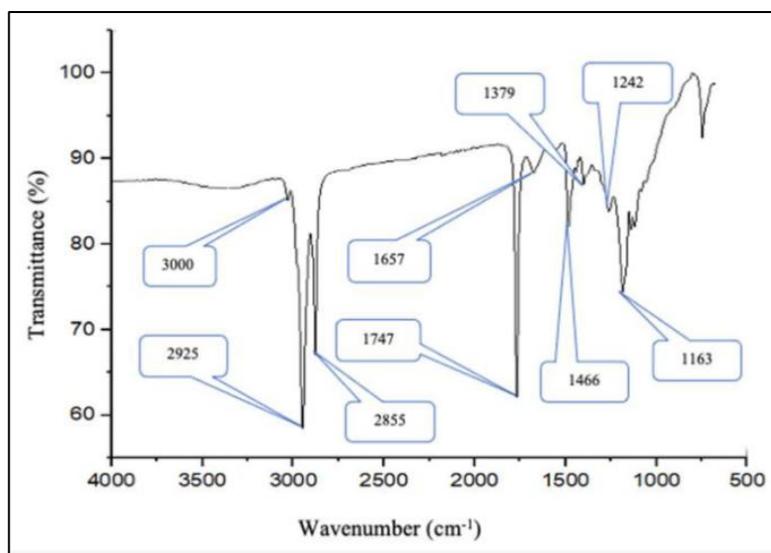
La *C. papaya* se caracteriza por una estructura morfológica y un desarrollo que sigue el modelo arquitectónico de Corner, con un tronco monopodial, ortotrópico y sin ramificaciones, desarrollado a partir de un meristemo vegetativo. Presenta inflorescencias axilares, lo que le confiere un crecimiento indeterminado. Esta especie produce hojas grandes y palmeadas, con flores femeninas que emergen en las axilas del pecíolo y luego se desarrollan en frutos a lo largo del tallo. Los individuos masculinos generan inflorescencias. Existen tres tipos sexuales en la papaya: árboles femeninos, masculinos y

hermafroditas. En poblaciones silvestres, predominan los individuos dioicos, mientras que las variedades cultivadas pueden ser dioicas o hermafroditas (Chávez et al., 2014, p. 1092). Es una fruta ampliamente consumida a nivel global, especialmente en regiones tropicales y subtropicales. El consumo de papaya genera gran cantidad de residuos como las cáscaras y las semillas. Estas últimas representan alrededor del 20 % de su peso fresco total, y se caracterizan por un alto contenido de lípidos y proteínas (Zuhair et al., 2013, p. 1654).

La elevada presencia de grupos funcionales en el polvo de semillas descascaradas de *C. papaya* sugiere su capacidad para adsorber una variedad de contaminantes, facilitando así la remoción de sustancias suspendidas y disueltas. El análisis mediante espectroscopía FTIR (figura 3) identificó que los grupos funcionales predominantes en el biocoagulante son OH, C=O y CO, lo que convierte a las proteínas en polielectrolitos eficientes. Las semillas de *C. papaya* podrían tener una mayor concentración de polielectrolito natural (que en este caso es proteína) si se realiza una mayor extracción mediante el uso de extractantes químicos. No obstante, las semillas de *C. papaya* aún poseen suficiente capacidad de coagulación como otros biocoagulantes establecidos, como *Moringa oleifera*. Además, la densidad de carga de las semillas descascaradas de *C. papaya* se determinó como una carga débil-positiva de +0,4 meq/g (policación), lo que refuerza su potencial como biocoagulante. La interacción entre los coloides cargados negativamente y el biocoagulante cargado positivamente facilita una efectiva coagulación a través de la neutralización de la carga. La eficacia de los polielectrolitos naturales para desestabilizar las partículas coloidales depende del grado de ionización y copolimerización de los grupos funcionales, su eficacia depende de la cantidad de grupos sustituidos presentes en ese polímero estructural (Amran et al., 2021, p. 3).

### Figura 3

*Espectros FTIR de semillas de C. papaya descascaradas y biocoaguladas*



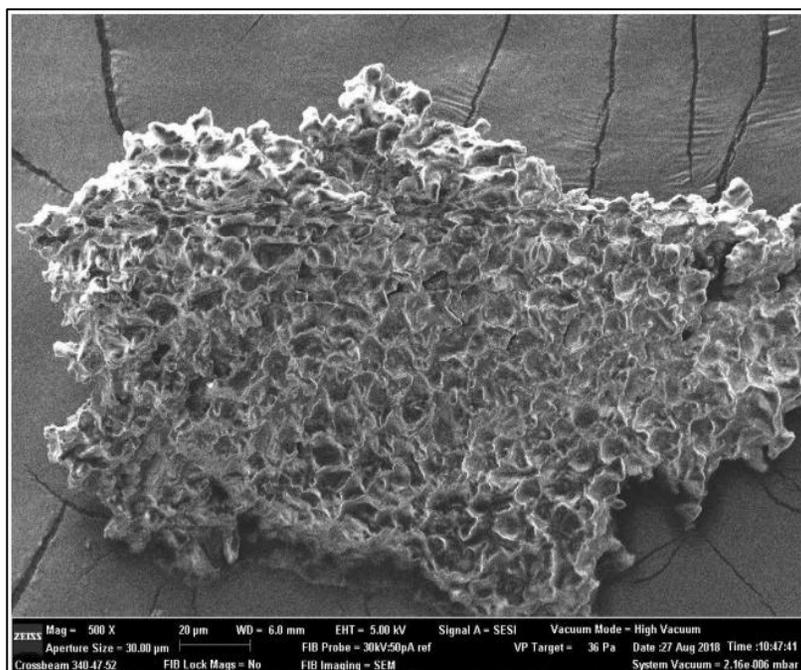
Nota: El pico observado a  $3000\text{ cm}^{-1}$  está asociado a los grupos  $\text{-OH}$  de los polisacáridos, mientras que las bandas en  $2925\text{ cm}^{-1}$  y  $2855\text{ cm}^{-1}$  corresponden al estiramiento de los grupos  $\text{OH}$  en relación con los grupos metilo ( $\text{C-OH}$ ). La banda a  $1747\text{ cm}^{-1}$  está vinculada al grupo carbonilo ( $\text{C=O}$ ) del ácido carboxílico, y la banda a  $1657\text{ cm}^{-1}$  refleja el estiramiento del ácido carboxílico ( $\text{-C=O}$ ) con enlaces de hidrógeno intermoleculares. Las bandas a  $1466\text{ cm}^{-1}$  y  $1379\text{ cm}^{-1}$  se asignan al grupo  $\text{-CO}$ , las bandas a  $1242\text{ cm}^{-1}$  y  $1163\text{ cm}^{-1}$  están relacionadas con grupos éter, éster o fenol (Amran et al., 2021, p. 3).

La morfología superficial de las semillas descascaradas de *C. papaya* se analiza mediante FESEM, como se muestra en la Figura 4 con un aumento de 500X. La figura revela que las semillas descascaradas presentan una morfología heterogénea con poros en su superficie, que podrían servir como sitios para la adsorción de partículas (Amran et al., 2021, p. 3). Esta estructura superficial porosa puede mejorar la absorción de iones debido a sus pequeños espacios intermedios y la presencia de compuestos proteicos (Padoin et al,

2016, p. 855). Además, la porosidad facilita la extracción de aceite de las semillas y permite la adsorción para la neutralización de cargas (Pavan et al., 2014, p. 233).

#### Figura 4

*Microfotografía FESEM de semillas descascaradas de C. papaya con un aumento de 500×*



Fuente: (Amran et al., 2021, p. 3)

La Papaína es una enzima primordial contenida en *C. papaya*, se encuentra en las hojas, tallos, raíces y frutos de la papaya. Esta enzima cataliza la hidrólisis de proteínas, promoviendo la adición de moléculas de agua a las cadenas proteicas (Díaz Aliaga, 2019, p. 22). Esta enzima proteolítica de origen en el látex de la fruta inmadura del árbol *C. papaya*. Clasificada dentro de la familia de las proteasas de cisteína, la papaína exhibe alta estabilidad térmica en condiciones de pH neutro, pero se desnaturaliza a pH ácido (<4). Su actividad enzimática óptima se encuentra en un rango de pH de 5.5 a 7.0, y su punto isoeléctrico (pI) es 9.6 (Dominic, 1995, p. 125).

La papaína también muestra resistencia a la desnaturalización en soluciones concentradas de urea (8 M) dentro de un rango de pH neutro y mantiene su actividad en diversos medios orgánicos. Su alta estabilidad bajo condiciones extremas y su bajo costo la han hecho muy valorada en aplicaciones como ablandadores de carne y en la prevención de la formación de neblina en la industria cervecera. Además, las proteasas de cisteína, como la papaína, desempeñan un papel clave en la degradación de proteínas intracelulares (Díaz Aliaga, 2019, p. 23).

La semilla de papaya actúa como coagulante debido a la presencia de proteínas cargadas positivamente que se adhieren a partículas cargadas negativamente, como limo, arcilla, bacterias y toxinas, facilitando la formación de flóculos que se sedimentan y permiten obtener agua clara (Yimer y Dama, 2021, p. 4). Esta capacidad se basa en los mecanismos de adsorción y neutralización de carga. Además, el polvo de semilla de papaya tiene la propiedad de unirse a los sólidos presentes en el agua y facilitar su sedimentación (Arya y Duithy, 2018, p. 43). La papaína, una proteína crucial en la semilla de papaya, posee 345 residuos de aminoácidos y está compuesta por una única secuencia de péptidos maduros, lo que contribuye a sus propiedades coagulantes (Krisianto et al., 2018, p. 2072).

La *C. papaya* contiene compuestos reactivos, como flavonoides, alcaloides, taninos y fenoles, que poseen propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas. Muchos de estos compuestos son quelantes de metales, capaces de formar complejos con macromoléculas esenciales, como sustratos, cofactores y enzimas de microorganismos. Este proceso altera las funciones celulares críticas, lo que lleva a la muerte de bacterias y hongos. Además, los fenoles y compuestos fenólicos presentes en *C. papaya* son ampliamente utilizados en

procesos de desinfección, siendo considerados como un estándar de comparación para otros agentes bactericidas (Kansas et al., 2013, p. 12).

**Tabla 1**

*Compuestos reactivos de pulpas, semillas y cáscaras en diferentes etapas de maduración*

Muestra	Fenol %	Alcaloide %	Flavonoide %	Tanico %	Saponina %
<b>Inmaduro</b>					
Pulpa	0.11	0.41	0.34	0.37	1.31
Semilla	0.16	0.67	0.89	0.36	1.35
Casacara	0.38	1.35	0.47	0.61	1.47
<b>Duro y maduro</b>					
Pulpa	0.09	0.25	0.15	0.32	0.71
Semilla	0.13	0.51	0.83	0.30	1.31
Casacara	0.30	1.23	0.41	0.54	1.43
<b>Muy maduro</b>					
Pulpa	0.01	0.05	0.10	0.11	0.09
Semilla	0.01	0.44	0.71	0.18	1.17
Casacara	0.17	0.39	0.33	0.35	0.49

Fuente: (Kansas et al., 2013, p. 14).

### **2.2.8. Dosis de coagulante**

Cantidad específica de la sustancia coagulante presente en la solución de tratamiento. Este parámetro técnico es fundamental para la eficacia del proceso, ya que influye en la formación y tamaño de los flocs, aglomerados de partículas suspendidas, determinando así la capacidad de eliminación de impurezas en el agua tratada. La optimización de esta concentración es esencial para garantizar una coagulación eficiente sin inconvenientes, evitando problemas como la aglutinación excesiva o la alteración no deseada de la composición del agua tratada. Ajustar con precisión la concentración de coagulante es una consideración técnica (Huamán et al., 2020, p. 12). El empleo de dosis inferiores resulta insuficiente para neutralizar completamente los coloides, mientras que el uso excesivo de dosis provoca la reestabilización de las partículas y la redistribución de los flóculos, lo cual incrementa la turbidez (Yimer y Dama, 2021).

### ***2.2.9. Parámetros influyentes en el proceso de coagulación***

Entre los principales parámetros que ejercen influencia en un proceso de coagulación, se encuentran el potencial de hidrógeno (pH), la dosis de coagulante (concentración), el tiempo de agitación, la temperatura y la conductividad eléctrica. Estos factores desempeñan roles cruciales al determinar la eficacia y la eficiencia del proceso de coagulación, afectando directamente la interacción entre el coagulante y las partículas presentes en el medio (Cabrera et al., 2009, p. 65).

- **Potencial de hidrógeno (pH).** La consideración del pH se vuelve crucial durante el proceso de coagulación, ya que cada tipo de agua presenta un rango de pH óptimo específico. Este rango está influenciado por la naturaleza de los iones presentes y la alcalinidad del agua. La elección del coagulante y las características del agua a tratar también determinan el rango de pH ideal, que generalmente oscila entre 6 y 8. Si la coagulación se lleva a cabo fuera de este rango óptimo, se hace necesario aumentar la cantidad de coagulante (Martínez y Gonzáles, 2012, p. 43).
- **Temperatura.** La alteración de la temperatura del agua, incluso en un grado Celsius, origina la generación de gradientes de densidad (modificaciones en la densidad del agua) de diversos niveles, afectando la energía cinética de las partículas suspendidas. Como consecuencia, el proceso de coagulación experimenta una ralentización. Aproximándose la temperatura del agua a los 0 °C, se complica la eliminación de la turbidez, y temperaturas cercanas a 40 °C también perjudican la eficiencia de la coagulación (Castro y Gibaja, 1979, como se citó en Villanueva Abanto, 2019, p. 8).
- **Conductividad eléctrica.** Capacidad del agua para llevar corriente eléctrica, se relaciona con la presencia de sales. La cantidad de corriente eléctrica se mide

indirectamente al determinar el contenido de sales en el agua. La disolución de estas sales resulta en la formación de iones positivos o negativos, los cuales determinan la habilidad del agua para conducir corriente eléctrica. De esta manera, la conductividad eléctrica proporciona una indicación no directa pero cuantificable de la presencia de sólidos disueltos en el agua (Nolasco Carbajal, 2020, p. 45).

#### **2.2.10. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. D.S.N° 031-2010-S.A.**

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Perú, establece los parámetros y estándares obligatorios que deben cumplir las fuentes de agua destinadas al consumo humano, con el fin de proteger la salud pública (MINSa, 2010, p. 5).

**Tabla 2**

*Límites máximos permisibles*

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Turbiedad	UNT	5
Potencial de hidrógeno	Valor de pH	6.5-8.5
Conductividad	µmho/cm	1500
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	0 (*)

Nota: (\*) técnica NMP/100mL, <1.8/100 mL, adaptado de (MINSa, 2010).

#### **2.2.11. Manantial La Ciénega como fuente de abastecimiento**

El manantial La Ciénega constituye la principal fuente de abastecimiento de agua para el centro poblado de Queruaysana, ubicado en el distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca. Se trata de un manantial de fondo, es decir, una surgencia natural de agua subterránea que aflora desde el fondo del terreno por efecto de la presión hidrostática acumulada en estratos permeables. Esta fuente brota de manera continua a la superficie, garantizando un flujo estable incluso en condiciones de sequía. Su ubicación

geográfica corresponde a las coordenadas UTM: Este 809204, Norte 9235805, a una altitud aproximada de 3176 m s.n.m.

El recurso hídrico proveniente de este manantial es conducido y utilizado para la captación, tratamiento y distribución del agua potable, destinada al consumo humano. De acuerdo con el registro local de usuarios, el sistema de agua abastece a 46 viviendas habitadas, lo que representa una cobertura del servicio del 75 % de la población, con una población atendida de aproximadamente 186 personas.

El caudal medio del manantial La Ciénega ha sido estimado en 1.23 litros por segundo, caudal suficiente para cubrir las necesidades básicas de la población usuaria. Sin embargo, la calidad del agua se ve afectada por una alta presencia de ganadería y letrinas UBS en la parte alta de la cuenca y presencia de sólidos en suspensión y un elevado grado de turbidez en el agua, situación que genera incomodidad y preocupación entre los usuarios del servicio, especialmente durante las épocas de lluvia o cuando se producen alteraciones en el entorno inmediato de la fuente (Municipalidad Provincial de Celendín, 2020).

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

#### **2.3.1. Coloides**

Son suspensiones estables que no se sedimentan de forma natural, siendo los principales responsables de la turbiedad y el color en el agua; presentan un diámetro entre 1 y 1000 milimicrómetros (Andía Cárdenas, 2000, p. 7).

#### **2.3.2. Flóculo o flocs**

Conjunto tridimensional de materia orgánica, formado por la agregación de sólidos en suspensión (Murillo et al., 2020, p. 35).

### **2.3.3. Carga eléctrica y doble capa**

Carga negativa en su superficie de una partícula, la cual atrae iones positivos formando una capa adherida y otra difusa (Andía Cárdenas, 2000, p. 8).

### **2.3.4. Adsorción**

Ocurre cuando coloides de polaridad opuesta se mezclan en el agua, los iones del coagulante con carga contraria son adsorbidos por la partícula coloidal, neutralizando las cargas repulsivas (Fúquene y Yate, 2018, p. 3).

### **2.3.5. Coagulante natural**

Sustancia derivada de fuentes orgánicas, como plantas, semillas, frutos, etc. Que se utiliza para aglutinar partículas en el tratamiento de agua (Poveda Ocaña, 2022, p. 11).

### **2.3.6. Dosis óptima**

Cantidad precisa de coagulante necesaria para neutralizar cargas, formar flóculos y aglutinar partículas coloidales de manera eficiente (Restrepo Osorno, 2009, p. 21).

### **2.3.7. Turbidez**

Concentración de partículas suspendidas en el agua, tienen la capacidad de causar opacidad en el agua (Orellana, 2005, p. 2).

### **2.3.8. Coliformes**

Microorganismos prenetes en las plantas, suelos y animales y los seres humanos. La detección de coliformes en el agua sugiere que esta puede estar contaminada con aguas residuales o con otros tipos de desechos en descomposición (Ramos et al., 2008, p. 88).

### **2.3.9. Potabilizar**

Procedimientos requeridos con el objetivo de obtener agua con niveles de calidad adecuados sin representar riesgos para su salud (García et al., 2017, p. 3).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización de la investigación

Las muestras de agua analizadas provienen del manantial denominado La Ciénega, fuente que abastece al centro poblado de Queruaysana, ubicado en el distrito de Celendín, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca. La elección de esta fuente responde a su importancia para la comunidad. Dichas muestras son empleadas en el experimento de coagulación con semillas de *C. papaya*, el cual se realiza en el laboratorio de Química de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de Celendín. Las coordenadas UTM de la ubicación se presentan en la tabla 3.

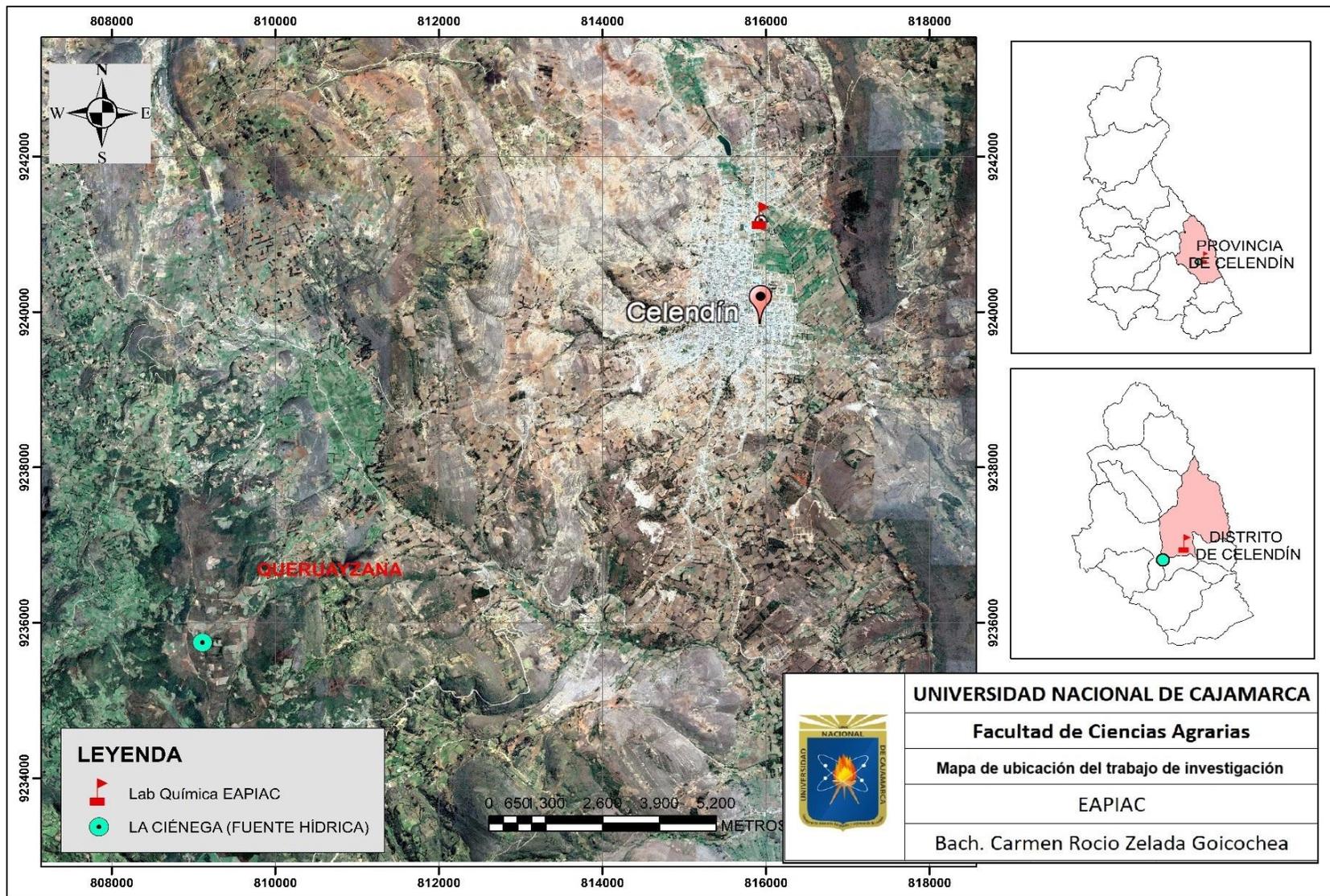
**Tabla 3**

*Coordenadas UTM de ubicación de la investigación*

Lugar	Coordenadas UTM		
	Este	Norte	Altitud
La Ciénega	809204	9235805	3176 m s. n. m
EAPIAC	815868.91	9241154.73	2609 m s. n. m

**Figura 5**

*Ubicación de la investigación*



## **3.2. Materiales experimentales**

### ***3.2.1. Equipos y materiales de campo***

- GPS: Garmin, modelo: GPS Etrex 10.
- Cooler (caja térmica).
- Guantes.
- Mascarillas.
- Papel toalla.
- Galon de 10 litros.
- Libreta de campo.

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

- Agitador magnético.
- Multiparametro.
- Turbidímetro.
- Balanza electrónica.
- Camara fotográfica Canon EOS T100.
- Estufa.
- Desecador.
- Vasos de precipitados (Beacker).
- Pipetas.
- placas petric.
- Agua destilada.
- Coagulante orgánico (*C. papaya*).
- Hojas de registro y/o custodia.

- Mortero.
- Cronometro Casio Hs-80tw.
- Pisceta.
- Lejía.
- Jabón.
- Papel higienico.
- Papel toalla.
- Colador.
- Embases de vidrio.

### ***3.2.3. Material de escritorio***

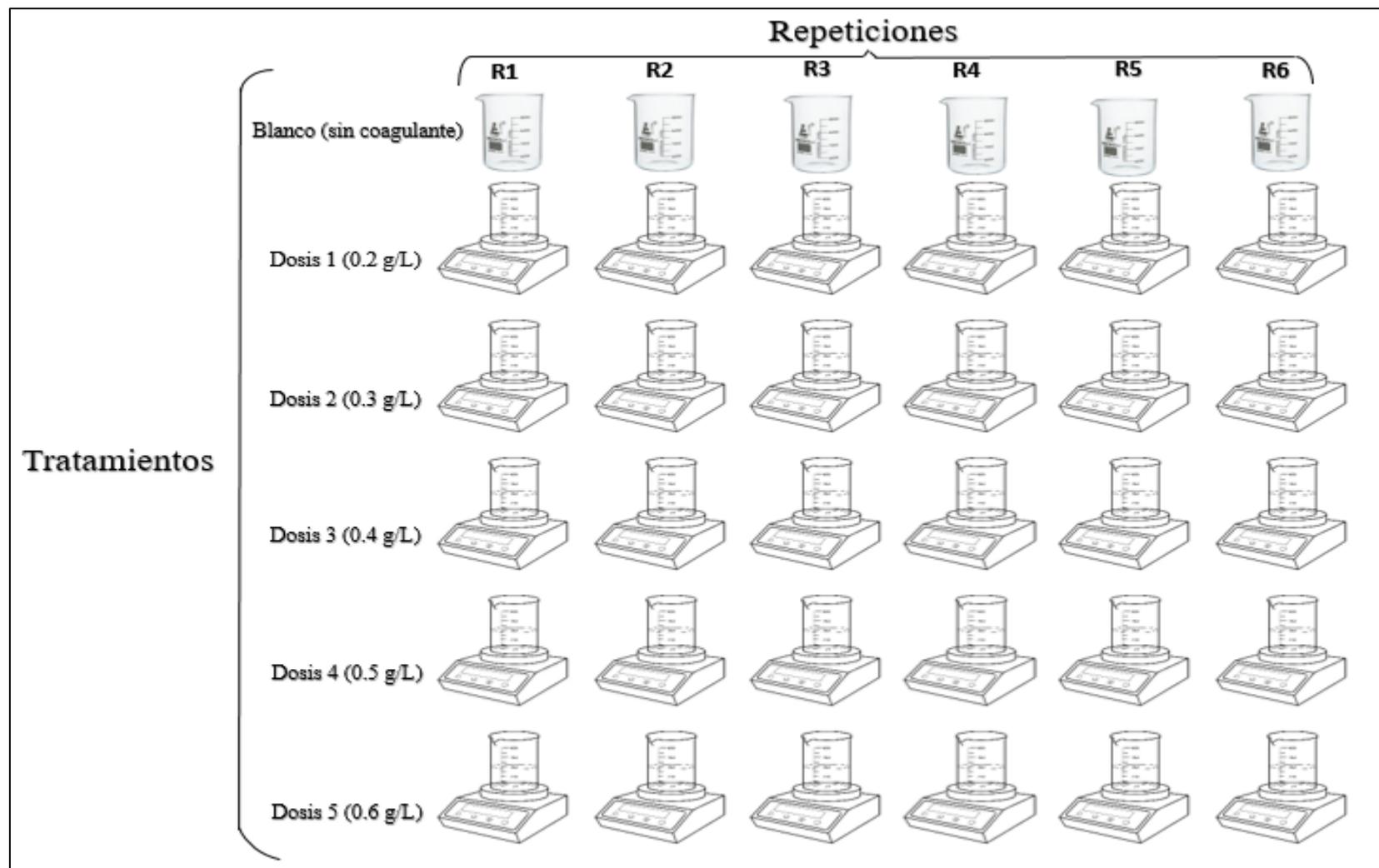
- Laptop .
- Impresora.
- Papel bond.
- Lapiceros, lapiz.
- Borrador.
- Block de notas.
- Plumon indeleble.
- Cinta masking.

## **3.3. Procedimiento metodológico**

### **Diseño experimental**

El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente aleatorizado con 6 tratamientos y 6 repeticiones cada uno, ejecutado durante 6 semanas con una frecuencia de 2 ensayos por semana, ver figura 6 y tabla 4.

Figura 6

*Croquis del experimento*

**Tabla 4***Diseño experimental y puntos de muestreo*

Tratamiento	Dosis (g/L)	Repeticiones	Frecuencia	Puntos de muestreo	Parámetros evaluados
T0 (blanco)	0.0	6	2 veces/semana	Agua - Captación "La Ciénega"	pH, T°, CE, Turbidez, Coliformes TT
T1	0.2	6	2 veces/semana	Post-tratamiento	pH, T°, CE, Turbidez, Coliformes TT
T2	0.3	6	2 veces/semana	Post-tratamiento	pH, T°, CE, Turbidez, Coliformes TT
T3	0.4	6	2 veces/semana	Post-tratamiento	pH, T°, CE, Turbidez, Coliformes TT
T4	0.5	6	2 veces/semana	Post-tratamiento	pH, T°, CE, Turbidez, Coliformes TT
T5	0.6	6	2 veces/semana	Post-tratamiento	pH, T°, CE, Turbidez, Coliformes TT

Nota: T°: Temperatura; CE: Conductividad eléctrica; Coliformes TT: Coliformes termotolerantes. Las dosis seleccionadas se fundamentaron en investigaciones previas de Gómez y Medina (2021), Díaz Aliaga (2019), Arya y Duithy (2018), y Kristianto et al. (2018).

### **Etapas del procedimiento**

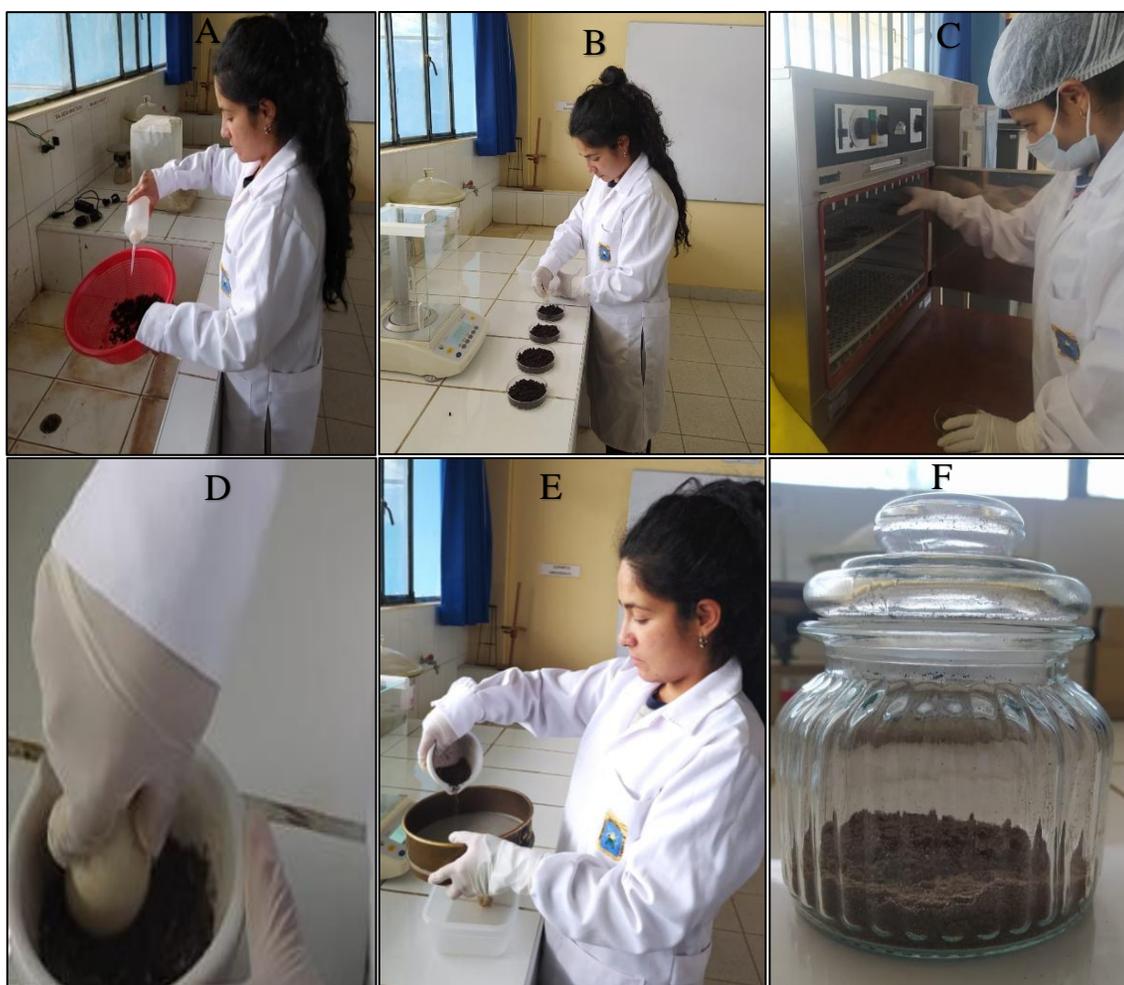
#### ***3.3.1. Preparación del del Coagulante Natural***

Se preparó polvo de semillas de papaya (*C. papaya*) siguiendo la metodología de Gómez y Medina (2021) y Manrique y Llano (2020).

- Las semillas se extrajeron, lavaron con agua destilada para retirar la parte mucilaginosa y se agitaron 3 minutos para eliminar impurezas.
- Se secaron en estufa a 70°C durante 1 hora hasta peso constante, repitiendo el proceso tres veces para estandarización.
- Se trituraron en mortero hasta obtener polvo homogéneo, se tamizó para uniformidad y se almacenó en recipiente hermético.

**Figura 7**

*Preparación del coagulante*



*Nota:* A (Extracción de semilla, lavado), B (Pesado, uniformidad), C (Secado), D (Trituración), E (Tamizado) y F (Coagulante preparado).

### ***3.3.1. Obtención de muestras de agua***

Se recolectaron muestras directamente de la captación "La Ciénega" del centro poblado Queruaysana, previa autorización de la JASS. La recolección se realizó el mismo día de cada ensayo usando EPP adecuado, trasladándose inmediatamente al laboratorio de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental Celendín para la ejecución del estudio correspondiente.

**Figura 8**

*Recolección de la muestra de agua de la captación “La ciénega”*



### ***3.3.2. Ejecución de la coagulación***

#### **Caracterización inicial**

- Se distribuyó 1000 mL de agua en vasos de precipitados rotulados (uno como blanco y cinco para tratamientos).
- Se midieron parámetros iniciales: pH, temperatura y conductividad, usando el multiparámetro calibrado.
- Se determinó turbidez inicial con turbidímetro EZODO (Tub-430).

#### **Proceso de coagulación**

- Se pesaron dosis de coagulante (0.2, 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6 g/L) en balanza electrónica.
- Se realizó agitación magnética a 120 RPM durante 5 minutos hasta la formación de vórtice.
- Se adicionó el coagulante y se continuó con la agitación por 15 minutos.

- Se dejó sedimentar durante 60 minutos.

### Evaluación post-tratamiento

- Se midieron parámetros fisicoquímicos finales en el sobrenadante.
- Se determinó turbidez final tomando 5 mL del sobrenadante para evitar sedimentos.
- Se recolectaron muestras para análisis microbiológico.
- Las muestras para determinación de coliformes termotolerantes se enviaron al Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca (INACAL N° LE-084), siguiendo protocolo de cadena de custodia.

### Figura 9

*Proceso de coagulación: (agitación, aplicación de coagulante y medición)*



*Nota:* a (Distribución en los 6 beakers), b (Agitación), c (pH, temperatura y conductividad eléctrica), d (Turbidez), e (Muestreo) y f (Entrega al laboratorio).

- El procedimiento se replicó para todas las concentraciones, realizando 6 repeticiones por tratamiento durante 6 semanas. El proceso evidenció formación de flóculos y clarificación del agua con variaciones según la dosis aplicada.

### Figura 10

*Resultado visual de la coagulación de los diferentes tratamientos*



### 3.4. Tratamiento y análisis de datos

Con los resultados del análisis, se procede al cálculo de la eficiencia de remoción de turbidez y coliformes termotolerantes para las diferentes dosis de la semilla de papaya (*C. papaya*) como coagulante, mediante la fórmula de eficiencia. Para el procesamiento de datos, se emplea el software Excel, facilitando así la organización y análisis estadístico de los resultados para cada concentración de coagulante:

$$\%remoción = \frac{Concentración\ inicial - Concentración\ final}{Concentración\ inicial} \times 100$$

El modelo estadístico que se aplicó fue el análisis de la varianza de un factor (ONE-WAY) o diseño completamente al azar (DCA). La esencia distintiva de un diseño completamente al azar reside en la ejecución de un experimento o estudio donde se controlan todas las potenciales fuentes de variación o influencia. En este enfoque, únicamente se examina el efecto de un solo factor, siendo necesario contemplar al menos

tres niveles o tratamientos, cada uno con repeticiones específicas dentro de su respectivo grupo (Cervantes y Marqués, 2007, p. 4).

El modelo estadístico-matemático es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots \text{tratamientos}; j = 1, 2, \dots \text{repeticiones}$$

$Y_{ij}$ = porcentaje de remoción en la  $ij$ -ésima unidad experimental

$\mu$ =media general

$\tau_i$ = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento en el porcentaje de remoción

$\varepsilon_{ij}$ = error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

**Tabla 5**

*Tabla del análisis de la varianza*

<b>Fuente de Variación (F.V.)</b>	<b>Suma de Cuadrados (S.C.)</b>	<b>Grados de Libertad (g.l.)</b>	<b>Cuadrados Medios (C.M.)</b>	<b>F<sub>o</sub></b>
<b>Tratamientos</b>	$SC_{TRATAMIENTOS}$	$K - 1 = 4$	$\frac{SC_{TRATAMIENTOS}}{K - 1}$	$\frac{SC_{TRATAMIENTOS}}{SC_{ERROR}}$
<b>Error</b>	$SC_{ERROR}$	$N - K = 25$	$\frac{SC_{ERROR}}{N - K}$	
<b>Total</b>	$SC_{TOTAL}$	$N - 1 = 29$	—	

$$\text{Coeficiente de variabilidad (CV)} = \frac{\sqrt{\text{Cuadrado medio del error}}}{\text{media}} \times 100$$

Fuente:(Cervantes y Marqués, 2007, p. 6).

Luego de calcular la varianza mediante el análisis ANOVA, se procede a realizar el cálculo del post hoc de Tukey al 5% para identificar las diferencias significativas entre los tratamientos y determinar la dosis óptima de semillas de *C. papaya* como coagulante. Este análisis permite establecer cuál de las dosis evaluadas muestra la mayor eficiencia en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes en el agua del manantial.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Niveles de turbidez en las muestras de agua del manantial “La Ciénega” con y sin tratamiento con semillas de papaya (*C. papaya*) como coagulante.

La tabla 6, muestra los resultados de turbidez y eficiencia de remoción para el blanco (D0) y tratamientos aplicados (D1: 0.2, D2: 0.3, D3: 0.4, D4: 0.5 y D5: 0.6 g/L).

**Tabla 6**

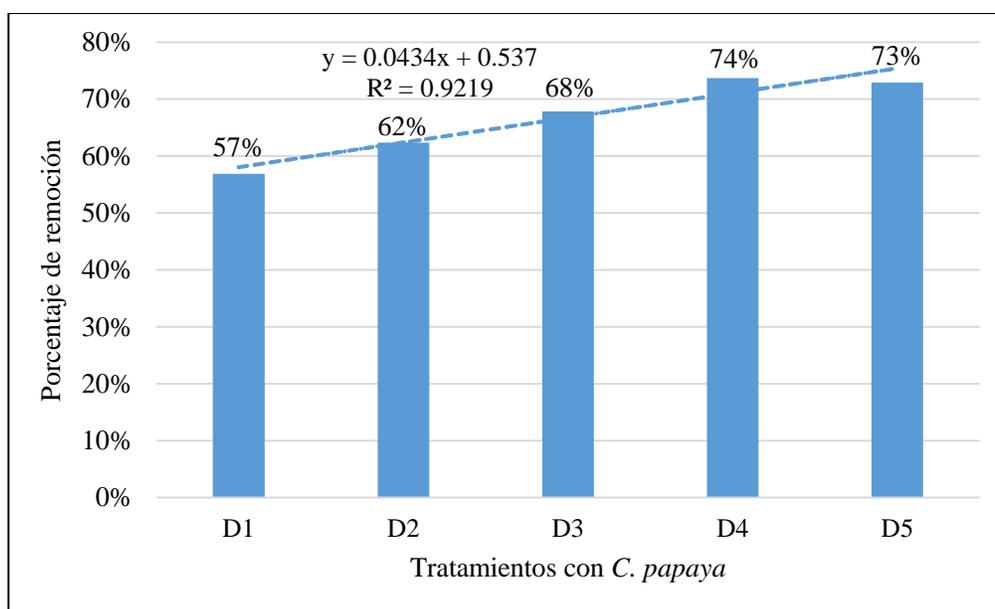
*Niveles de turbidez (NTU) en las muestras de agua con y sin tratamiento a diferente dosis de C. papaya*

Repeticiones	Tratamientos					
	Blanco (D0)	D1	D2	D3	D4	D5
R1	71	29.7	26.3	23.03	18.6	19.5
R2	60.7	26.6	23.6	20.6	16.4	16.8
R3	63.3	29.3	24.3	19.9	17.4	15.9
R4	60.4	24.7	22.9	20.3	16.7	18.3
R5	71.5	31.3	27.8	23.36	18.9	19.4
R6	69.3	29.3	24.3	20.3	16.1	17.5
Media	66.03	28.48	24.86	21.24	17.35	17.9
Eficiencia promedio		57%	62%	68%	74%	73%

*Nota:* Blanco (D0), Tratamiento 1 (D1:0.2 g/L), Tratamiento 2 (D2:0.3 g/L), Tratamiento 3 (D3:0.4 g/L), Tratamiento 4 (D4:0.5 g/L), Tratamiento 5 (D5:0.6 g/L).

**Figura 11**

*Eficiencia de remoción de turbidez en los tratamientos*



La figura 11 muestra los niveles de turbidez obtenidos en las muestras de agua del manantial “La Ciénega” tras la aplicación de diferentes dosis de coagulante de *C. papaya*. Se observa una disminución progresiva de la turbidez a medida que aumenta la dosis, alcanzando eficiencias de remoción de 57%, 62%, 68%, 74% y 73% para las dosis de 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6 g/L, respectivamente. El comportamiento de los datos se ajustó a un modelo lineal de la forma  $y=0.0434x+0.537$  con un coeficiente de determinación  $R^2=0.9219$ , lo que indica que el 92.19% de la variación en la eficiencia de remoción puede explicarse por el incremento de la dosis. Sin embargo, la ligera disminución en la eficiencia al pasar de 0.5 a 0.6 g/L sugiere la existencia de una dosis óptima, a partir de la cual se presentan fenómenos de sobresaturación que afectan la eficiencia del proceso.

La acción coagulante de *C. papaya* se relaciona con la presencia de proteínas como la papaína y aminoácidos (ácido glutámico, treonina, prolina, leucina), que a pH bajos se

protonan y actúan como polielectrolitos catiónicos. Estos compuestos tienen afinidad por las partículas coloidales de carga negativa presentes en el agua (arcillas, limo, bacterias), lo que facilita su desestabilización eléctrica, aglomeración y posterior sedimentación. Este mecanismo es respaldado por Yimer y Dama (2021), Arya y Duity (2018) y Kristianto et al. (2018), quienes destacan la adsorción y neutralización de carga como el principal modo de acción de este biocoagulante.

Kristianto et al. (2018) reportaron una eficiencia del 84.77% utilizando 0.57 g/L, atribuyendo los resultados a la presencia de grupos funcionales  $-OH$ ,  $-NH$  y  $C=O$  en el polvo de semillas. Además, advirtieron que superar la dosis óptima puede inducir la reestabilización de los coloides, lo cual coincide con la ligera disminución observada en la dosis de 0.6 g/L del presente estudio. Gómez y Medina (2021), por su parte, identificaron una dosis óptima de 0.5 g/L, logrando una remoción total de turbidez (170 NTU a 0 NTU), pero notaron una reducción de la eficiencia al aplicar 0.6 g/L, debido a la sobresaturación de proteínas que desestabilizó los flóculos formados.

Este patrón también fue descrito por Kingsely et al. (2017), quienes evaluaron concentraciones del 1% al 5%, hallando la mayor eficiencia (67.83%) con una dosis del 3%. La eficiencia disminuyó tanto con concentraciones mayores como menores. Amir et al. (2021) obtuvieron una reducción del 88% (de 500 a 60 NTU), explicando que los grupos  $-OH$ ,  $C=O$  y  $-CO$  presentes en el biocoagulante permiten una interacción efectiva con los coloides suspendidos. Igualmente, Syeda y Shaik (2018) y Arya y Duity (2018) reportaron remociones elevadas de turbidez usando concentraciones entre 0.2 y 0.6 g/L redujo de 60 a 20NTU y de 35 a 4.4 NTU respectivamente, asociando el efecto coagulante con una proteasa

soluble denominada cisteína. Sin embargo, todos coinciden en que dosis superiores a la óptima generan reestabilización coloidal y dispersión de los flóculos formados.

Yimer y Dama (2021) destacan que tanto la subdosificación como la sobredosificación limitan el rendimiento del proceso: en el primer caso, no se logra neutralizar completamente la carga de las partículas suspendidas, y en el segundo, se produce una sobresaturación que puede revertir la coagulación. Por otro lado, Díaz Aliaga (2019) reportó eficiencias del 66%, 62% y 60% con dosis de 0.2, 0.4 y 0.6 g/L, respectivamente, en aguas con turbidez inicial superior a 400 NTU, lo que confirma que incluso con bajas dosis se puede lograr una remoción considerable. De manera similar, Amran (2020) redujo la turbidez de 500 a 60 NTU (88% de eficiencia) con una dosis de solo 0.196 g/L, confirmando la eficacia del coagulante en aguas de alta carga.

Estudios que emplearon dosis mayores también obtuvieron resultados relevantes. Mrad García (2019) alcanzó una eficiencia del 65.8% con 2.5 g/L, partiendo de una turbidez de 49.3 NTU, atribuyendo el efecto a un aumento moderado de la carga iónica. Molano (2011) señaló que la capacidad ionizante de las semillas no muestra alteración en la conductividad del agua, permitiendo su aplicación sin afectar la calidad química del recurso. Maaji et al. (2024) lograron una eficiencia del 60% con una dosis líquida de 25 mL/L, reduciendo la turbidez de 156 a 61 NTU. No obstante, no todas las aplicaciones fueron efectivas: Manrique Llanto (2020) reportó un incremento de turbidez al usar 12 g de semilla, pasando de 270 a 300 NTU, debido a una sobresaturación que promovió la redisolución de partículas coloidales.

## 4.2. Concentración de coliformes termotolerantes en las muestras de agua del manantial “La Ciénega” con y sin tratamiento con semillas de papaya (*C. papaya*) como coagulante.

En la tabla 7, se presenta la concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) en el agua del manantial “La Ciénega” tras aplicar tratamiento con coagulante de *C. papaya*.

**Tabla 7**

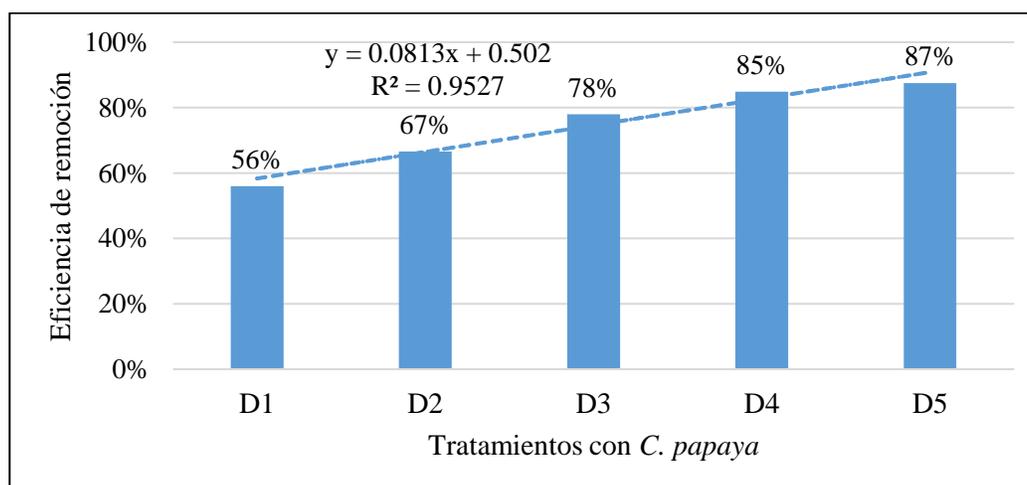
*Concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) en las muestras de agua con y sin tratamiento a diferente dosis de C. papaya*

Repeticiones	Tratamientos					
	Blanco (D0)	D1	D2	D3	D4	D5
R1	47	21.7	16.31	10.56	7.02	5.93
R2	42.6	20.5	16.9	10.45	6.47	5.72
R3	44.7	19.9	15.6	9.91	7.01	5.98
R4	52.4	21.6	13.9	10.98	6.45	4.98
R5	49.36	20.8	16.8	10.36	7.32	5.83
R6	45.2	19.3	14.4	9.78	8.21	6.75
Media	46.88	20.63	15.65	10.34	7.08	5.865
Eficiencia promedio		56%	67%	78%	85%	87%

*Nota:* Blanco (D0), Tratamiento 1 (D1:0.2 g/L), Tratamiento 2 (D2:0.3 g/L), Tratamiento 3 (D3:0.4 g/L), Tratamiento 4 (D4:0.5 g/L), Tratamiento 5 (D5:0.6 g/L).

**Figura 12**

*Eficiencia de remoción de coliformes termotolerantes en los tratamientos*



La figura 12 muestra una disminución progresiva en la concentración de coliformes termotolerantes conforme se incrementa la dosis de *C. papaya* como coagulante, reflejando su doble acción como agente floculante y antimicrobiano. La eficiencia de remoción pasó del 56% con 0.2 g/L (D1) al 87% con 0.6 g/L (D5).

Este comportamiento indica que en 0.6 g/L la eficiencia es mayor, pero entre 0.5 y 0.6 g/L el efecto se estabiliza sin disminuir. A diferencia de lo observado en la remoción de turbidez, donde dosis mayores generaron una ligera caída en la eficiencia, aquí el efecto antimicrobiano no se ve afectado negativamente. Esto se puede atribuir a que, aunque en D5 se podría estar alcanzando una sobresaturación que limita la formación óptima de flóculos, la acción antimicrobiana de los metabolitos presentes en *C. papaya*, como flavonoides, alcaloides, taninos y fenoles, sigue actuando de forma directa sobre las membranas bacterianas, impidiendo su proliferación. Así lo señalan Kansas et al. (2013), quienes explican que dichos compuestos alteran funciones metabólicas esenciales de los microorganismos, induciendo su inactivación.

El modelo de regresión lineal ajustado a los datos,  $y=0.0813x+0.502$  con un  $R^2=0.9527$ , sugiere una fuerte relación entre el aumento de la dosis y la eficiencia de remoción, con un incremento estimado del 8.13% por cada 0.1 g/L adicional de coagulante. Este comportamiento está respaldado por Kingsely et al. (2017), quienes reportaron eficiencias que aumentaban con la dosis hasta cierto punto, indicando también que dosis elevadas pueden generar interferencias físicas, aunque el efecto antimicrobiano se mantiene.

Amran (2020) documentó una remoción del 57.6% de coliformes totales y 62.1% de *Escherichia coli* con una dosis de 196 mg/L, resultados algo inferiores a los del presente estudio, posiblemente por diferencias en las condiciones del agua tratada. Maaji et al. (2024)

reportaron una eficiencia del 99.3% para *Staphylococcus aureus* y 99% para *Streptococcus fecal*, aunque en el caso de coliformes termotolerantes la remoción fue del 37.5%, lo que refleja que la eficacia del coagulante puede variar según el tipo de microorganismo. Por su parte, Yimer y Dama (2021) alcanzaron una eficiencia del 96.32% en la remoción de coliformes, asociándola a los grupos funcionales –OH y C=O presentes en las proteínas de *C. papaya*, que favorecen la adsorción de contaminantes y la coagulación de partículas. Señalan que al remover sólidos suspendidos también se reduce la carga microbiológica, ya que muchos microorganismos se adhieren a dichas partículas.

De igual manera, Manrique y Llanto (2020) observaron una reducción de coliformes termotolerantes de 1500 a 150 NMP/100 mL al aplicar dosis crecientes de 3 a 12 g/L, logrando una eficiencia promedio del 90%. Sin embargo, a partir de 9 g/L la eficiencia se estabilizó, atribuyendo este comportamiento a la reestabilización coloidal, fenómeno que coincide con lo observado en el presente estudio entre los tratamientos D4 y D5. Estos resultados evidencian que existe una dosis óptima de *C. papaya* a partir de la cual no se logra mejorar la eficiencia, aunque tampoco se reduce, debido a la combinación de mecanismos físico-químicos y biológicos involucrados.

#### **4.3. Dosis óptima de las semillas de papaya (*C. papaya*) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes.**

Para determinar la dosis óptima de coagulante, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la variabilidad estadística entre los tratamientos analizados. Este análisis permitió identificar si existían diferencias en la eficiencia de remoción de turbidez entre las distintas dosis aplicadas. Posteriormente, se realizó un análisis post hoc utilizando

la prueba de Tukey al 5% para comparar todas las combinaciones posibles de tratamientos y determinar cuál de ellos resultó ser el más eficiente.

### **Dosis óptima en la remoción de la turbidez**

En la tabla 8 muestra el análisis de varianza (ANOVA) para la turbidez, con un valor de F calculado de 45.07 muy superior frente a un F crítico de 2.75, indicando diferencias estadísticamente entre los tratamientos. Indica que las distintas dosis de coagulante tienen efectos diferenciados en la reducción de turbidez. El coeficiente de variabilidad de 8% indica que los datos son relativamente homogéneos, lo que significa que la dispersión alrededor de la media es baja y, por lo tanto, la media es representativa.

### **Tabla 8**

#### *Análisis de la varianza ANOVA para la turbidez*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	535.465747	4	133.866437	45.0746044	4.4443E-11	2.75871047
Dentro de los grupos	74.24715	25	2.969886			
Total	609.712897	29				

Coefficiente de variabilidad (CV)= 8%.

En la tabla 9 se presenta el análisis de Tukey al 5%, que determinó que la dosis D4 (0.5 g/L) es la más efectiva para la remoción de turbidez, con una media de 48.68 unidades, un coeficiente de Cohen's d de 18.53 y un q- estadístico de 45.38, lo que demuestra una diferencia elevada respecto al blanco (D0) y otras dosis evaluadas. Estos resultados coinciden con estudios como el de Kristianto et al. (2018), quienes reportaron una dosis de 0.57 g/L, y Gomes y Medina (2021), que también identificaron 0.5 g/L como óptima. Otros autores, como Syeda y Shaik (2018) y Arya y Duity (2018), propusieron rangos entre 0.2 y

0.6 g/L, en línea con los datos obtenidos. Sin embargo, algunas investigaciones mostraron variaciones: Díaz Aliaga (2019) encontró 0.2 g/L, Manrique y Llanto (2020) hallaron 12 g/L en aguas residuales domésticas, Mrad García (2019) reportó 2.5 g/L, Maaji et al. (2024) usaron 25 ml/L, y Amran (2020) encontró eficiente una dosis de 0.196 g/L. Esta diversidad refleja que la dosis óptima depende de las características del agua tratada y del tipo de contaminante, aunque en este estudio la dosis de 0.5 g/L demostró ser altamente eficaz.

### Tabla 9

*Tukey al 5 % para la turbidez*

Grupo 1	Grupo 2	media	Error estándar	q-estadístico	Límite inferior	Límite superior	Cohen d
Blanco (D0)	D1	37.55	1.07269	35.00536	32.93634	42.16365	14.29088
Blanco (D0)	D2	41.1666	1.07269	38.37694	36.55301	45.78031	15.66732
Blanco (D0)	D3	44.785	1.07269	41.75007	40.17134	49.39865	17.04439
Blanco (D0)	D4	48.6833	1.07269	45.38423	44.06968	53.29698	18.52803
Blanco (D0)	D5	48.1333	1.07269	44.87150	43.51968	52.74698	18.318716

### Dosis óptima en la remoción de coliformes termotolerantes

En la tabla 10 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la remoción de coliformes termotolerantes, donde el valor de F calculado es 334.89, mientras que el F crítico es 2.75. Dado que el valor de F calculado supera ampliamente al F crítico, se puede concluir que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos aplicados. Esto sugiere que las distintas dosis del coagulante tienen un impacto notable en la reducción de coliformes termotolerantes. Además, el coeficiente de variabilidad de 7% indica que los datos son relativamente homogéneos, lo que refuerza que la media obtenida es representativa de los tratamientos.

**Tabla 10**

*Análisis de la varianza ANOVA para los coliformes termotolerantes*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	914.594153	4	228.648538	334.897099	2.5682E-21	2.75871047
Dentro de los grupos	17.0685667	25	0.68274267			
Total	931.66272	29				

Coefficiente de variabilidad (CV)= 7 %.

En la tabla 11 se muestra el análisis de Tukey para la remoción de coliformes termotolerantes muestra que la dosis D5 (0.6 g/L) tiene la mayor diferencia de medias respecto al blanco (D0), con una media de 41.0116, un q- estadístico de 61.673 y un Cohen d de 25.1779, lo que indica una alta efectividad en la remoción. No obstante, la diferencia con D4 (0.5 g/L), cuya media es de 39.7966, es marginal, lo que sugiere que la eficiencia de remoción se estabiliza a partir de esta dosis. Por ello, D4 se considera la dosis óptima, ya que maximiza la remoción sin necesidad de aumentar la dosis. Al comparar con otros estudios, Kingsely et al. (2017) observaron que al aumentar la concentración de la solución de 1% a 5%, la inhibición del crecimiento microbiano se incrementaba, lo cual está alineado con el comportamiento observado en este análisis. Yimer y Dama (2021) utilizaron 20 mL de solución de *C. papaya*, y Amran (2020) reportó una dosis de 196 mg/L (0.196 g/L), ambas ligeramente inferiores a lo obtenido en este estudio, pero consistentes en términos de efectividad. Manrique y Llanto (2020), quienes trabajaron con dosis mayores (9 y 12 g/L), reportaron eficiencias altas, pero aplicadas a efluentes domésticos con características distintas. En este contexto, la dosis óptima de 0.5 g/L obtenida en este estudio se ajusta bien a las condiciones de remoción de coliformes.

**Tabla 11***Tukey al 5 % para coliformes termotolerantes*

Grupo 1	Grupo 2	media	Error estándar	q-estadístico	Límite inferior	Límite superior	Cohen d
Blanco (D0)	D1	26.2433	0.66498	39.4645	23.3832	29.1034	16.1113
Blanco (D0)	D2	31.225	0.66498	46.9559	28.3648	34.0851	19.1696
Blanco (D0)	D3	36.5366	0.66498	54.9435	33.6765	39.3967	22.4306
Blanco (D0)	D4	39.7966	0.66498	59.8459	36.9365	42.6567	24.4320
Blanco (D0)	D5	41.0116	0.66498	61.6730	38.1515	43.8717	25.1779

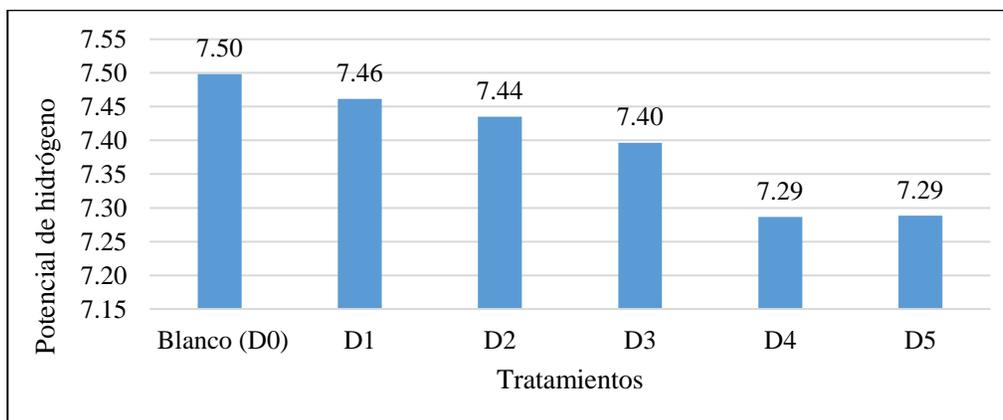
#### 4.4. Potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad en las muestras de agua con y sin tratamiento con coagulante de papaya (*C. papaya*)

##### Potencial de hidrógeno (pH)

**Tabla 12***Potencial de hidrógeno en las muestras sin y con tratamiento de C. papaya*

Repeticiones	Tratamientos					
	Blanco (D0)	D1	D2	D3	D4	D5
R1	7.4	7.4	7.39	7.31	7.3	7.3
R2	7.57	7.52	7.46	7.4	7.29	7.28
R3	7.53	7.5	7.48	7.45	7.31	7.33
R4	7.51	7.48	7.45	7.45	7.28	7.29
R5	7.48	7.47	7.43	7.38	7.24	7.22
R6	7.5	7.4	7.4	7.39	7.3	7.31
Media	7.50	7.46	7.44	7.40	7.29	7.29

*Nota:* Blanco (D0), Tratamiento 1 (D1:0.2 g/L), Tratamiento 2 (D2:0.3 g/L), Tratamiento 3 (D3:0.4 g/L), Tratamiento 4 (D4:0.5 g/L), Tratamiento 5 (D5:0.6 g/L).

**Figura 13***Potencial de hidrógeno en las muestras sin y con tratamiento de C. papaya*

En la figura 13 se observa que el pH del agua tratada con *C. papaya* disminuyó levemente de 7.50 en el control (D0) a 7.29 en los tratamientos D4 (0.5 g/L) y D5 (0.6 g/L), mostrando una estabilización en un rango neutro. Esta constancia a partir de 0.5 g/L se explica porque los grupos funcionales de naturaleza ácida presentes en las proteínas y compuestos fenólicos de la semilla (como carboxilos, aminas y grupos hidroxilo) ya han alcanzado su máxima capacidad de interacción iónica con el medio. Una vez saturados los sitios activos, la adición de más coagulante no libera una cantidad elevada de protones adicionales, generando un equilibrio tampón entre el coagulante y el sistema acuoso, el cual posee también su propia capacidad amortiguadora. Esto indica que el sistema ha alcanzado una zona de equilibrio ácido-base, donde las cargas aportadas por el coagulante son compensadas por el poder regulador del agua, evitando descensos adicionales del pH (Cornejo Arteaga, 2017). Esta tendencia es similar con lo reportado por Arya y Duity (2018), Yimer y Dama (2021) y Maaji et al. (2024), quienes observaron estabilidad del pH en condiciones neutras al aplicar *C. papaya* como coagulante. Syeda y Shaik (2018) también registraron disminuciones leves de pH, sugiriendo que los medios neutros favorecen la compactación de flóculos, mientras que medios ácidos generan cadenas más extendidas que forman flóculos más débiles.

Kristianto et al. (2018) encontraron que un pH ácido (1.79) mejora la coagulación debido a una mayor protonación, lo cual difiere de este estudio, donde se logró eficiencia sin necesidad de modificar el pH natural del agua. Gómez y Medina (2021) reportaron una disminución del pH de 9.79 a 7.17 con 0.5 g/L de *C. papaya*, efecto atribuido a la neutralización de cargas por proteínas coagulantes, y Manrique y Llanto (2020) observaron variaciones similares con dosis elevadas. En contraste, Amran (2020) propuso un pH óptimo

de 4, mientras que Mrad García (2019) destacó que los coagulantes naturales no consumen alcalinidad, a diferencia de los coagulantes químicos. Finalmente, Kingsely et al. (2017) también registraron estabilidad del pH, atribuyendo las mínimas variaciones a la interacción de iones del coagulante con el medio.

**Tabla 13**

*Análisis de la varianza par el pH*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.16131333	4	0.04032833	23.565446	3.5859E-08	2.75871047
Dentro de los grupos	0.04278333	25	0.00171133			
Total	0.20409667	29				

Coefficiente de variabilidad (CV)= 1 %.

La Tabla 13 muestra que existen diferencias significativas en los valores de pH entre los tratamientos con distintas dosis de *C. papaya*, dado que el valor de F (23.57) es considerablemente mayor que el valor crítico de F (2.76), lo cual indica una marcada variabilidad entre los grupos en comparación con la variabilidad interna. La suma de cuadrados entre grupos (0.1613) representa la mayor parte de la variación total (0.2041), lo que sugiere que las diferencias en el pH están asociadas principalmente al efecto del tratamiento. Además, el coeficiente de variación (CV) de 1% evidencia una excelente precisión experimental, ya que los datos presentan una dispersión mínima respecto a la media, fortaleciendo la confiabilidad de los resultados.

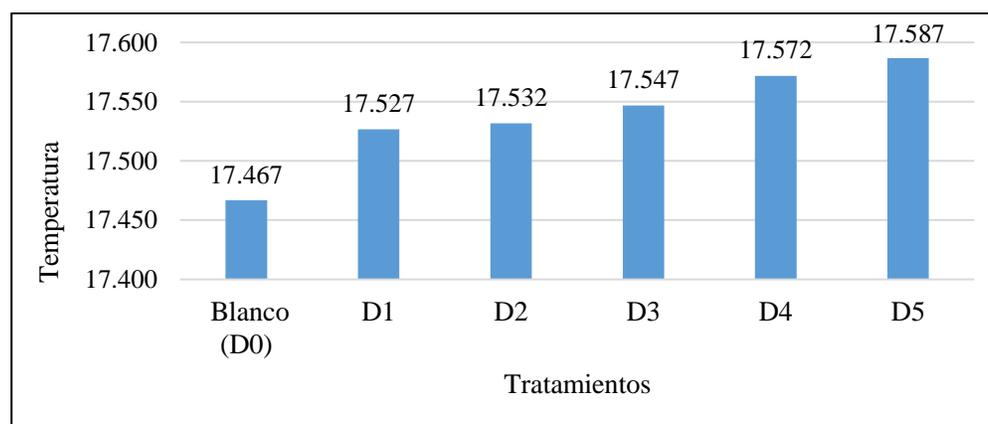
### **Temperatura**

En la figura 14 se muestra que la temperatura en el tratamiento con semillas de *C. papaya* se mantuvo estable, con valores que oscilaron ligeramente entre 17.467°C (D0) y 17.587°C (D5), sin cambios a lo largo del experimento. Esta estabilidad concuerda con lo

reportado por Kingsely et al. (2017), quienes observaron que la temperatura se mantuvo constante tanto en el análisis sin tratamiento como en el tratado, en un rango de  $30 \pm 10^\circ\text{C}$ . Según Andía Cárdenas (2000), variaciones de  $1^\circ\text{C}$  pueden afectar los procesos de coagulación y floculación, ya que, a temperaturas altas, el aumento en la energía cinética de las partículas reduce la eficiencia de las colisiones necesarias para formar flóculos, mientras que, a temperaturas bajas, el agua se vuelve más viscosa y relentiza la agregación. Sin embargo, las variaciones de temperatura en nuestro estudio fueron mínimas (aproximadamente  $0.12^\circ\text{C}$ ), lo que sugiere que no tuvieron un impacto en la eficiencia del coagulante. Manrique Llanto (2020) también observó variaciones menores de temperatura (de  $19.3^\circ\text{C}$  a  $23.2^\circ\text{C}$ ) tras la aplicación de coagulante, atribuyendo este leve incremento a la agitación y a las cargas introducidas, lo cual coincide con la estabilidad térmica observada en nuestro estudio.

**Figura 14**

*Temperatura en las muestras sin y con tratamiento de C. papaya*



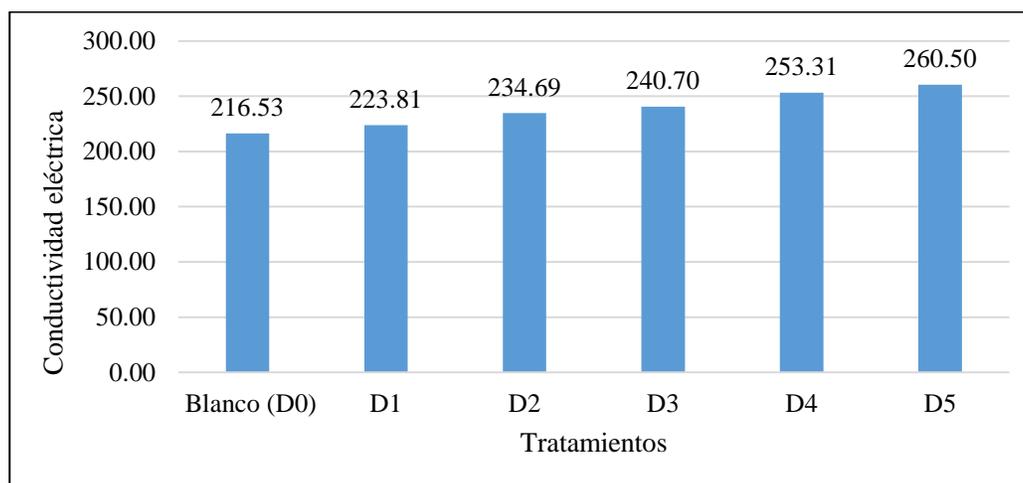
### **Conductividad eléctrica**

La figura 15 muestra un aumento progresivo de la conductividad eléctrica, desde  $216.53 \mu\text{S}/\text{cm}$  (D0) hasta  $260.50 \mu\text{S}/\text{cm}$  (D5), en función de la dosis aplicada. Este

comportamiento coincide con lo reportado por Grandiwa et al. (2020), quienes atribuyen este incremento a la disociación del coagulante y la liberación de iones al medio. De forma similar, Dargo et al. (2016) observaron un aumento de 725 a 1112  $\mu\text{S}/\text{cm}$  al aplicar mayores dosis, asociado a la formación de lodos coagulados y cargas eléctricas. En este estudio, el incremento fue más moderado, lo que sugiere un efecto menos marcado del coagulante. Manrique Llanto (2020) también registró un comportamiento comparable, con un aumento de 1013 a 1118  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En contraste, Kingsely et al. (2017) no hallaron variaciones relevantes, manteniéndose la conductividad entre 2011 y 2018  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por su parte, Mrad García (2019) confirmó que el uso de coagulantes suele elevar la conductividad por efecto de la interacción iónica durante el proceso.

### Figura 15

*Conductividad eléctrica en las muestras sin y con tratamiento de C. papaya*



#### 4.5. Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA

En la tabla 14 se muestra los resultados de turbidez y coliformes termotolerantes obtenidos en los diferentes tratamientos, comparados con los límites establecidos por la DS

N° 031-2010-SA. En cuanto a la turbidez, se observa una disminución progresiva desde el tratamiento D0 (66.03 NTU) hasta D5 (17.9 NTU); sin embargo, ninguno de los tratamientos alcanzó el valor normativo de 5 NTU. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Mrad García (2019), quien tampoco logró cumplir con la normativa, alcanzando valores superiores a 15 NTU. De forma similar, Amran et al. (2021) lograron una eficiencia del 88%, pero con una concentración final de 60 NTU, lo que tampoco les permitió cumplir con los estándares. Contrariamente, estudios como el de Arya y Duithy (2018) y Yimer y Dama (2021) sí lograron cumplir con la normativa, obteniendo valores de 4.4 NTU y 4.25 NTU, respectivamente. Además, Syeda y Shaik (2018) y Gómez y Medina (2021) lograron reducir completamente la turbidez a 0 NTU, cumpliendo con una eficiencia del 100%. La limitación de los tratamientos de este estudio para cumplir con la normativa podría estar relacionada con la alta turbidez inicial del agua, fenómeno observado también por Díaz Aliaga (2019).

En cuanto a los coliformes termotolerantes, los resultados también indican que ninguno de los tratamientos alcanzó el valor normativo de  $<1.8$  NMP/100 mL. Aunque los valores disminuyeron gradualmente desde D0 (46.88 NMP/100 mL) hasta D5 (5.86 NMP/100 mL), siguen siendo superiores al límite permitido. Estos resultados coinciden con lo reportado por Yimer y Dama (2021), quienes redujeron los coliformes en un 96% sin lograr cumplir con la normativa de su país ni con la de la OMS. De manera similar, Kingsely et al. (2017) y Maaji et al. (2024) no lograron cumplir con los estándares normativos en cuanto a la remoción de coliformes. Por otro lado, Syeda y Shaik (2018) lograron una remoción total de los coliformes, alcanzando un 100% de eficiencia y cumpliendo con la normativa, lo cual no fue observado en este estudio. Estos resultados sugieren que, aunque

hubo mejoras en la calidad del agua tratada, los tratamientos aplicados no fueron lo suficientemente eficientes para cumplir con los estándares exigidos por la normativa en las condiciones específicas del experimento.

**Tabla 14**

*Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA*

Parámetros	Tratamientos	Promedio	<b>DS N° 031-2010-SA.</b>
Turbidez (NTU)	D0	66.03	5 NTU
	D1	28.48	
	D2	24.87	
	D3	21.25	
	D4	17.35	
	D5	17.9	
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	D0	46.88	0 UFC/100 mL <1.8 NMP/100 mL
	D1	20.63	
	D2	15.65	
	D3	10.34	
	D4	7.08	
	D5	5.86	

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La semilla de *C. papaya* fue eficiente como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes en el agua del manantial “La Ciénega”, con eficiencias de 57% a 74% en turbidez y de 56% a 87% en coliformes termotolerantes.
- La turbidez del agua del manantial “La Ciénega” disminuyó progresivamente con el tratamiento con semillas de *C. papaya*, pasando de 66.03 NTU (D0) a 17.35 NTU con 0.5 g/L (D4). Las dosis de 0.2, 0.3 y 0.4 g/L redujeron la turbidez a 28.48, 24.87 y 21.25 NTU, respectivamente, mientras que con 0.6 g/L (D5) fue de 17.90 NTU.
- La concentración de coliformes termotolerantes en el agua del manantial “La Ciénega” disminuyó con el tratamiento con semillas de *C. papaya*, pasando de 46.88 NMP/100 mL (D0) a 5.86 NMP/100 mL con 0.6 g/L (D5). Las dosis de 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 g/L redujeron la concentración a 20.63, 15.65, 10.34 y 7.08 NMP/100 mL, respectivamente.
- La dosis óptima de *C. papaya* para la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes fue 0.5 g/L, al lograr eficiencias elevadas con valores de estadístico-q de 45.38 y 61.673, respectivamente. Aunque la dosis de 0.6 g/L presentó un incremento leve en los

coliformes termotolerantes, la mejora fue mínima, por lo que 0.5 g/L se considera suficiente para alcanzar una remoción eficaz sin necesidad de aumentar la dosis.

- El pH se mantuvo estable entre 7.29 y 7.50, con variaciones mínimas respecto al control. La temperatura no presentó cambios, oscilando entre 17.467 °C y 17.587 °C. La conductividad varió moderadamente entre 216.53 y 260.50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- Ningún tratamiento con *C. papaya* cumplió los límites del DS N.º 031-2010-SA. La turbidez final varió entre 17.9 y 66.03 NTU, superando el máximo permitido de 5 NTU. Para coliformes termotolerantes, los valores oscilaron entre 5.86 y 46.88 NMP/100 mL, por encima del límite de <1.8 NMP/100 mL.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar las velocidades de reacción para optimizar el proceso de coagulación con *C. papaya*.
- Explorar la capacidad de las semillas de *C. papaya* para tratar otros tipos de contaminantes, como aguas residuales domésticas.
- Examinar el comportamiento del coagulante con dosis más elevadas de *C. papaya*.
- Evaluar diferentes tiempos de coagulación para determinar los períodos óptimos de mezcla rápida y lenta que maximicen la eficiencia de remoción de contaminantes.
- Evaluar la sostenibilidad y la capacidad de producción de semillas de *C. papaya* a gran escala.
- Realizar estudios de toxicidad para determinar los efectos de altas concentraciones de semillas de *C. papaya* en la salud pública y establecer niveles seguros de aplicación.
- Investigar si el efecto de la actividad coagulante de la *C. papaya* se maximiza, haciendo uso de algún coadyuvante de origen natural.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS

- Alcantara Llovera, A. (2022). *Revisión Sistemática de la Eficacia de los Coagulantes Naturales en el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/109764/Alcantara\\_LAC-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/109764/Alcantara_LAC-SD.pdf?sequence=1)
- Alvarado Avila, L. V., & Vanegas Morales, Y. D. (2021). *Actividad coagulante de la semilla Annona Muricata (Guanábana) en aguas de la cuenca media del río Bogotá*. [Tesis de pregrado, Universidad El Bosque]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/6949>
- Amran, A. H. (2020). *Carica papaya seeds-derived coagulant for water treatment*. [Tesis de maestría, Universiti Teknologi Malaysia]. Institutional repository.  
<https://eprints.utm.my/92099/>
- Amran, A., Bahrodin, M., Zaidi, N., Muda, K., Aris, A., Umor, N., . . . Syafiuddin, A. (2021). *Turbid Water Treatment Using Deshelled Carica papaya Seed: Analysis Via Factorial*

- Design. Appl. Sci*, 12(6), 7787 - 7795. <https://biointerfaceresearch.com/wp-content/uploads/2021/12/20695837126.77877795.pdf>
- Andía Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua. Coagulación floculación*. SEDAPAL.  
[https://www.academia.edu/18477365/Coagulacion\\_y\\_Floculacion\\_del\\_Agua\\_Potable](https://www.academia.edu/18477365/Coagulacion_y_Floculacion_del_Agua_Potable)
- Arya, C. J., & Duithy, G. (2018). *Use of Papaya Seed as a Natural Coagulant for Water Purification*. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 6(3), 41-46.  
<https://www.ijser.in/archives/v6i3/IJSER172323.pdf>
- Azeem, S., & Zainab, Y. (2018). *Eficacia de las semillas de Carica papaya como coagulante y desinfectante solar en la remoción de turbidez y coliformes*. *Ciencia del agua aplicada*, 8(149). <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-018-0791-x>
- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). *Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales*. *Enfoque UTE*, 7(4), 111-126.  
<https://www.redalyc.org/journal/5722/572261626009/html/#:~:text=La%20coagulaci%C3%B3n%20natural%20permite%20el,de%20metales%20pesados%20y%20alcalinidad.>
- Banco Mundial. (2023). *El agua afecta todos los aspectos del desarrollo*.  
<https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview#:~:text=Alrededor%20de%202000%20millones%20de,b%C3%A1sicas%20para%20lavarse%20las%20manos.>
- Barrenechea Martel, A. (2004). *Coagulación*.  
<http://www.ingenieroambiental.com/4014/cuatro.pdf>
- Bunge, M. (2004). *La investigación científica*. siglo xxi editores, s.a. de c.v.  
<https://ia600604.us.archive.org/20/items/BungeMarioLaInvestigacionCientificaSuEstrate>

giaYSuFilosofia/Bunge%20Mario%20-%20La%20Investigacion%20Cientifica%20-%20Su%20Estrategia%20Y%20Su%20Filosofia%20.pdf

Cabrera, X., Fleites, M., & Contreras, A. (2009). *Estudio del proceso de coagulación-floculación de aguas residuales de la empresa textil "Desembarco del Granma" a escala de laboratorio*. *Tecnología química*, XXIX(3), 64-73.

<https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543760009.pdf>

Cervantes Sandoval, A., & Marques Dos Santos, M. J. (2007). *Diseño de Experimentos. Curso Práctico*. Universidad Nacional Autónoma de México.

[https://www.zaragoza.unam.mx/wp-](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/ecocuan/ecocuan_dis_manual.pdf)

[content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/ecocuan/ecocuan\\_dis\\_manual.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/ecocuan/ecocuan_dis_manual.pdf)

Chávez, M., & Núñez, J. (2017). *Domestication and Genetics of Papaya: A Review*. *Sec. Agroecology*, 5. <https://www.frontiersin.org/journals/ecology-and-evolution/articles/10.3389/fevo.2017.00155/full>

Chávez, M., Suárez, P., Castillo, G., & Núñez, J. (2014). *Habitat fragmentation threatens wild populations of *Carica papaya* (Caricaceae) in a lowland rainforest*. *Am J Bot*, 101(7), 1092-1101. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25016010/>

Dargo Beyene, H., Derbe Hailegebrial, T., & Batu Dirersa, W. (2016). *Investigation of Coagulation Activity of Cactus Powder in Water Treatment*. *Journal of Applied Chemistry*, 1-9. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2016/7815903>

Díaz Aliaga, J. (2019). *Aplicación de la enzima papaina obtenida a partir de las semillas *Carica papaya* como coagulante natural para la remoción de turbidez en la PTAR - V.E.S.*

[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Tecnológica del Sur]. Repositorio institucional.

- [http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/174/1/Diaz\\_Aliaga\\_Trabajo\\_Suficiencia\\_2019.pdf](http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/174/1/Diaz_Aliaga_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf)
- Dominic, W. W. (1995). *Enzimas alimentarias Estructura y mecanismo*.  
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-2349-6>
- Enríquez Hurtado, R. (2022). *Agua potable y saneamiento en Perú*. Fundación Friedrich Ebert.  
<https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/20507.pdf>
- Enríquez Hurtado, R. (2023). *Agua potable y saneamiento en el Perú*. Friedrich-Ebert-Stiftung (FES). <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/peru/20508.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 pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2628>
- Fernández Cirelli, A. (2012). *El agua: un recurso esencial*. *Química Viva*, 11(3), 147-170.  
<https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- Fundación Nacional de Salud [FUNASA]. (2013). *Manual Práctico de Análisis de Agua* (4ª edición ed.). Brasilia: Ministerio de la Salud.  
[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_practico\\_analisis\\_agua\\_4\\_ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_practico_analisis_agua_4_ed.pdf)
- Fúquene, D., & Yate, A. (2018). *Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales*. Working papers -ECAPMA, 2(1), 1-7.  
<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/2771/2857>

Gandiwa, B., Moyo, L., Ncube, S., Mamvura, T., Mguni, L., & Hlabangana, N. (2020).

*Optimisation of using a blend of plant based natural and synthetic coagulants for water treatment: (Moringa Oleifera-Cactus Opuntia-alum blend)*. South African Journal of Chemical Engineering, 34, 158-164.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918520300378>

García, B., Arnal, J., & Sancho, M. (2017). *Uso de coagulantes naturales: Análisis del potencial en el tratamiento del agua potable para países desarrollados y en vías de desarrollo*. 1

Instituto Universitario de Investigación Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM). <https://www.icws.upc.edu/en/shared/plantilla-presentacionsv2-coagulantes-congreso.pdf>

Gómez, J., & Medina, B. (2021). *Determinación de la capacidad coagulante de las semillas de papaya (Carica papaya) para la remoción de turbidez en el tratamiento de aguas superficiales*. [tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/299d849d-59d3-44a1-9a9a-849ccad2c17d/content>

Huamán Samaniego, H., Arauco Esquivel, S. E., Rojas Bujaico, R. W., & Rojas Bujaico, J. F.

(2020). *Optimización de la cantidad de coagulantes para la producción de agua potable en zonas de la sierra del Perú*. UCV-Scientia, 12(1), 9 -23.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7885963>

Kansas, C., Iwuagwu, M., & Ufere, U. (2013). *Evaluation of Nutritional Components of Carica papaya L. At Different Stages of Ripening*. Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 6(4), 13-16.

[https://www.researchgate.net/publication/276145105\\_Evaluation\\_of\\_Nutritional\\_Components\\_of\\_Carica\\_papaya\\_L\\_At\\_Different\\_Stages\\_of\\_Ripening#:~:text=Results%20showed%20that%20unripe%20papaya,found%20to%20be%20fairly%20high.](https://www.researchgate.net/publication/276145105_Evaluation_of_Nutritional_Components_of_Carica_papaya_L_At_Different_Stages_of_Ripening#:~:text=Results%20showed%20that%20unripe%20papaya,found%20to%20be%20fairly%20high.)

Kingsely, O. J., Nnaji, J. C., & Ugwu, B. I. (2017). *Biodisinfection and Coagulant Properties of Mixed Garcinia kola and Carica papaya Seeds Extract for Water Treatment*. *Chemical Science International Journal*, 19(3), 1-9.

<https://journalcsij.com/index.php/CSIJ/article/view/88/175>

Kristianto, H., Kurniawan, M., & Soetedjo, J. (2018). *Utilization of Papaya Seeds as Natural Coagulant for Synthetic Textile Coloring Agent Wastewater Treatment*. *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 8(5).

[https://www.researchgate.net/publication/328922384\\_Utilization\\_of\\_Papaya\\_Seeds\\_as\\_Natural\\_Coagulant\\_for\\_Synthetic\\_Textile\\_Coloring\\_Agent\\_Wastewater\\_Treatment](https://www.researchgate.net/publication/328922384_Utilization_of_Papaya_Seeds_as_Natural_Coagulant_for_Synthetic_Textile_Coloring_Agent_Wastewater_Treatment)

Larrea, J., Rojas, M., Romeu, B., Rojas, N., & Heydrich, M. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura*. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34.

<https://www.redalyc.org/pdf/1812/181229302004.pdf>

Maaji, I., Usman, N., & Garba, G. (2024). *Efficiency Evaluation of Carica Papaya seed, and Aloe Barbadensis in Water Purification*. *International Journal of Civil and Structural Engineering Research*, 12(1), 144-148.

<https://www.researchpublish.com/upload/book/Efficiency%20Evaluation%20of%20Carica%20Papaya-23082024-1.pdf>

- Manrique, J., & Llanto, D. (2020). *Semillas de Carica papaya L. como coagulante para el tratamiento de lixiviados orgánicos, planta de valorización de residuos sólidos orgánicos, Oyón 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional.  
[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79815/Manrique\\_QJA-Llanto\\_PDA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/79815/Manrique_QJA-Llanto_PDA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Marcó, L., Azario, R., Metzler, C., & García, M. d. (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), 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)
- Martínez, J., & Gonzáles, L. (2012). *Evaluación del poder coagulante de la tuna (Opuntia ficus indica) para la remoción de la turbidez y color en aguas crudas*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/137/EVALUACI%c3%93N%20DEL%20PODER%20COAGULANTE%20DE%20LA%20TUNA%20%28Opuntia%20ficus%20indica%29%20PARA%20LA%20REMOCI%c3%93N%20DE%20TURBIDEZ%20Y%20COLOR%20EN%20AGUAS%20CRUDAS..pdf?sequence=1&i>
- Ministerio de salud (MINSA). (2010). *D.S. N° 031-2010-S.A. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>

Molano, L. (2011). *Las semillas de moringa oleífera lam como alternativa de coagulante.*

Universidad de santander.

Mrad García, I. (2019). *Evaluación de la actividad coagulante de la semilla de Papaya (Carica papaya) en muestras de agua recolectadas en la cuenca alta del Río Bogotá.* [Tesis de pregrado, Universidad El Bosque]. Repositorio institucional.

[https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2102/Mrad\\_Garc%C3%ADa\\_Isabella\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2102/Mrad_Garc%C3%ADa_Isabella_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Municipalidad Provincial de Celendín. (2020). *Plan de mantenimiento y recuperación del sistema de agua potable del centro poblado Queruaysana, distrito de Celendín, provincia de Celendín - región Cajamarca.*

Murillo, S., Galvis, G., & Pacheco, S. (2020). *Manual técnico para la elaboración de coagulantes/floculantes a partir de productos naturales.* Servicio Nacional de Aprendizaje (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)

Navarro Conde, A., & Quintero Lopez, M. A. (2021). *Estudio de tratabilidad de extractos de Eichhornia Crassipes para la remoción de turbidez en aguas sintéticas.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Manizales]. Repositorio institucional.

[https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3460/1/Estudio\\_tratabilidad\\_tratabilidad\\_extractos\\_Eichhornia\\_Crassipes\\_remocion\\_turbiedad\\_aguas%20sintetica.pdf](https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/3460/1/Estudio_tratabilidad_tratabilidad_extractos_Eichhornia_Crassipes_remocion_turbiedad_aguas%20sintetica.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 rio Chumbao, Andahuaylas –*

- Apurímac*, 2018. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio institucional.  
<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>
- Orellana, J. A. (2005). *Características del agua*. Ingeniería Sanitaria- UTN - FRRO.  
[https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_03\\_Caracteristicas\\_del\\_Agua\\_Potable.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO. (2013). *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Roma. <https://www.fao.org/3/i3015s/i3015s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2019). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2019: no dejar a nadie atrás*.  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Agua para consumo humano*.  
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Padoin, D., Assumpção, D., Meili, L., Hiromitsu, E., & Luiz, G. (2016). *Spouted bed drying of papaya seeds for oil production*. *LWT*, 65, 852-860.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643815301936>
- Pavan, F., Camacho, E., Lima, E., Dotto, G., Branco, V., & Dias, S. (2014). *Formosa papaya seed powder (FPSP): Preparation, characterization and application as an alternative*

- adsorbent for the removal of crystal violet from aqueous phase*. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2(1), 230-238.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343713002649>
- Poveda Ocaña, R. A. (2022). *Obtención de coagulantes/floculantes orgánicos a partir de extractos naturales y evaluación de su potencial como coadyuvante en el proceso de tratamiento de agua*. [Tesis de postgrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34289/1/t1941mquim.pdf>
- Raffo Lecca, E. (2013). *Tratado del agua y la legislación peruana*. Industrial Data, 16(2), 106-117. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81632390013.pdf>
- Raigoso Gómez, N. F., & Hernández Suarez, M. F. (2018). *Diseño del plan de mejoramiento de la planta de potabilización del acueducto comunitario de la vereda Agualinda Chiguaza*. Bogotá: [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio institucional.  
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14066/RaigosoG%F3mezNelsonFabi%Eln2018.pdf;jsessionid=1F783E5A30DBDAB078725D8A395BB315?sequence=1>
- Ramos, L., Vidal, L., Vilardy, S., & Saavedra, L. (2008). *Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano*. Acta biol. Colomb, 13(3), 87 - 98.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>

- Restrepo Osorno, H. A. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación - floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional.  
[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2561/15372239\\_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2561/15372239_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Restrepo Osorno, H. A. (2009). *Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.  
[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2561/15372239\\_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2561/15372239_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodríguez Ruiz, P. (2001). *Abastecimiento*. Instituto Tecnológico de Oaxaca.  
[https://www.academia.edu/7341842/Abastecimiento\\_de\\_Agua\\_Pedro\\_Rodr%C3%ADguez\\_Completo](https://www.academia.edu/7341842/Abastecimiento_de_Agua_Pedro_Rodr%C3%ADguez_Completo)
- Syeda, A., & Shaik, Z. (2018). *Efectividad de las semillas de Carica papaya como coagulante y desinfección solar en la eliminación de turbidez y coliformes*. *Applied Water Science*, 8(149), 1-8.  
[https://www.researchgate.net/publication/327404556\\_Carica\\_papaya\\_seeds\\_effectiveness\\_as\\_coagulant\\_and\\_solar\\_disinfection\\_in\\_removal\\_of\\_turbidity\\_and\\_coliforms](https://www.researchgate.net/publication/327404556_Carica_papaya_seeds_effectiveness_as_coagulant_and_solar_disinfection_in_removal_of_turbidity_and_coliforms)
- Vieytes, R. (2004). *Metodología de la investigación en organizaciones, mercado y sociedad epistemología y técnicas*. Editorial De Las Ciencias.  
[https://books.google.com.ar/books/about/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_la\\_investigaci%C3%B3n\\_en\\_org.html?id=suCbOwAACAAJ](https://books.google.com.ar/books/about/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_en_org.html?id=suCbOwAACAAJ)

Villanueva Abanto, J. (2019). *Efecto de tres concentraciones de mucílago de tuna (Opuntia ficus-indica (L.) Miller) y de san pedro (Echinopsis pachanoi (Britton & Rose) Friedrich & G.D. Rowley) en la clarificación del agua*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional.

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3474/EFFECTO%20DE%20TRES%20CONCENTRACIONES%20DE%20MUC%20LAGO%20DE%20TUNA%20%28Opuntia%20ficus-indica%20%28L.%29%20Miller%29%20Y%20DE%20SAN%20PE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yimer, A., & Dama, B. (2021). *Extracto de semilla de papaya como coagulante para el tratamiento de agua potable en el caso del río Tulte para la comunidad del distrito de Yekuset, Etiopía*. *Desafíos ambientales*, 4, 1-7.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010021001773>

Zuhair, R. A., Aminah, A., Sahilah, A. M., & Eqbal, D. (2013). *Antioxidant activity and physicochemical properties changes of papaya (Carica papaya L. cv. Hongkong) during different ripening stage*. *International Food Research Journal*, 20(4), 1653-1659.

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20133362643>

## **CAPÍTULO VI**

### **ANEXOS**

## Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	UNIDAD DE ANÁLISIS
<p><b>Problema General.</b> ¿Cuál es la eficiencia de la semilla de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial “La Ciénega” del centro poblado de Queruaysana, Celendín-2024?</p>	<p><b>Objetivo General.</b> Determinar la eficiencia de la semilla de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial “La Ciénega” del centro poblado de Queruaysana, Celendín-2024.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar los niveles de turbidez en las muestras de agua del manantial “La Ciénega” con y sin tratamiento con semillas de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante con dosis de 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 g/L.</li> <li>-Determinar la concentración de coliformes termotolerantes en las muestras de agua del manantial “La Ciénega” con y sin tratamiento con semillas de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante con dosis de 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 g/L.</li> <li>-Determinar la dosis óptima de las semillas de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes en muestras de agua del manantial “La Ciénega” del centro poblado Queruaysana, Celendín-2024.</li> <li>-Evaluar el potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad en las muestras de agua con y sin tratamiento con semillas de papaya (<i>Carica papaya</i>).</li> <li>-Comparar los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el DS N° 031-2010-SA.</li> </ul>	<p><b>Ho:</b> La semilla de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial "La Ciénega" del centro poblado Queruaysana en Celendín, no es eficiente.</p> <p><b>Ha:</b> La semilla de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante en la remoción de turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial “La Ciénega” del centro poblado Queruaysana, en Celendín, es eficiente en un 50%.</p>	<p><b>Variable Independiente.</b> Semilla de papaya (<i>Carica papaya</i>) como coagulante.</p> <p><b>Variables dependientes.</b> Turbidez y coliformes termotolerantes del agua del manantial La Ciénega.</p>	<p>Agua de la captación La Ciénega del centro poblado de Queruaysana de Celendín.</p>

## Anexo 2. Informes de laboratorio del parámetro turbidez

### Repetición 1



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**SEDE CELENDÍN**  
**LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA**

Shuitute s/n – Chacapampa – Celendin –Teléfono: 076-555307 – E-mail: [eapiac-unc@hotmail.com](mailto:eapiac-unc@hotmail.com)

---

**INFORME DE ENSAYO N° 01**

**DATOS DEL TESISISTA**

- Nombre y apellidos      CARMEN ROCIO ZELADA GOICOCHEA.
- Dirección                      JR MARAÑÓN S/N – JOSE GALVEZ – CELENDIN
- Correo electrónico        [czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)

**DATOS DE LA MUESTRA**

- Fecha: 9/07/2024
- Hora: 8:00 am
- Número de muestras: 06
- Tipo de muestra: Líquida.
- Ensayo a realizar: Coagulación.

**DATOS DE CONTROL**

Ensayo ó Repetición N° 01				
Tratamientos ó Dosis	Parámetros			
	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (us/cm)
D0R1	71	7.4	17.1	214.14
D1R1	29.7	7.4	17.2	226.33
D2R1	26.3	7.39	17.18	227.78
D3R1	23.03	7.31	17.28	228.01
D4R1	18.6	7.3	17.22	249.95
D5R1	19.5	7.3	17.3	251.34

**Nota:** Blanco (D0: Sin coagulante); Tratamiento ó Dosis 1 (D1: 0.2 g/L); Tratamiento ó Dosis 2 (D2: 0.3 g/L); Tratamiento ó Dosis 3 (D3: 0.4 g/L); Tratamiento ó Dosis 4 (D4: 0.5 g/L); Tratamiento ó Dosis 5 (D5: 0.6 g/L).

**Nota:** Ensayo ó Repetición N° 01 (R1).



## Repetición 2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

SEDE CELENDÍN

LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA

Shuitute s/n – Chacapampa – Celendin –Teléfono: 076-555307 – E-mail: [epiac-unc@hotmail.com](mailto:epiac-unc@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 02**

DATOS DEL TESISISTA

- Nombre y apellidos CARMEN ROCIO ZELADA GOICOCHEA.
- Dirección JR MARAÑON S/N – JOSE GALVEZ – CELENDIN
- Correo electrónico [czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)

DATOS DE LA MUESTRA

- Fecha: 10/07/2024
- Hora: 8:00 am
- Número de muestras: 06
- Tipo de muestra: Líquida.
- Ensayo a realizar: Coagulación.

DATOS DE CONTROL

Tratamientos ó Dosis	Ensayo ó Repetición N° 02			
	Parámetros			
	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (us/cm)
D0R2	60.7	7.57	16.4	246.32
D1R2	26.6	7.52	16.42	257.84
D2R2	23.6	7.46	16.24	268.23
D3R2	20.6	7.4	16.32	270.37
D4R2	16.4	7.29	16.44	281.87
D5R2	16.8	7.28	16.43	293.1

Nota: Blanco (D0: Sin coagulante); Tratamiento ó Dosis 1 (D1: 0.2 g/L); Tratamiento ó Dosis 2 (D2: 0.3 g/L); Tratamiento ó Dosis 3 (D3: 0.4 g/L); Tratamiento ó Dosis 4 (D4: 0.5 g/L); Tratamiento ó Dosis 5 (D5: 0.6 g/L)

Nota: Ensayo ó Repetición N° 02 (R2).



## Repetición 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

SEDE CELENDÍN

LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA

Shuitute s/n – Chacapampa – Celendin –Teléfono: 076-555307 – E-mail: [eapiac-unc@hotmail.com](mailto:eapiac-unc@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 03**

DATOS DEL TESISISTA

- Nombre y apellidos CARMEN ROCIO ZELADA GOICOCHEA.
- Dirección JR MARAÑON S/N – JOSE GALVEZ – CELENDIN
- Correo electrónico [czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)

DATOS DE LA MUESTRA

- Fecha: 16/07/2024
- Hora: 8:00 am
- Número de muestras: 06
- Tipo de muestra: Líquida.
- Ensayo a realizar: Coagulación.

DATOS DE CONTROL

Ensayo ó Repetición N° 03				
Tratamientos ó dosis	Parámetros			
	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (us/cm)
D0R3	63.3	7.53	18	219.21
D1R3	29.3	7.5	18.14	227.45
D2R3	24.3	7.48	18.33	241.23
D3R3	19.9	7.45	18.15	246.72
D4R3	17.4	7.31	18.17	258.34
D5R3	15.9	7.33	18.16	263.45

Nota: Blanco (D0: Sin coagulante); Tratamiento ó Dosis 1 (D1: 0.2 g/L); Tratamiento ó Dosis 2 (D2: 0.3 g/L); Tratamiento ó Dosis 3 (D3: 0.4 g/L); Tratamiento ó Dosis 4 (D4: 0.5 g/L); Tratamiento ó Dosis 5 (D5: 0.6 g/L)

Nota: Ensayo ó Repetición N° 3 (R3).



## Repetición 4



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**



**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

SEDE CELENDÍN

**LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA**

Shuitute s/n – Chacapampa – Celendin – Teléfono: 076-555307 – E-mail: [epiac-unc@hotmail.com](mailto:epiac-unc@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 04**

**DATOS DEL TESISISTA**

- Nombre y apellidos CARMEN ROCIO ZELADA GOICOCHEA.
- Dirección JR MARAÑON S/N – JOSE GALVEZ – CELENDIN
- Correo electrónico [czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)

**DATOS DE LA MUESTRA**

- Fecha: 17/07/2024
- Hora: 8:00 am
- Número de muestras: 06
- Tipo de muestra: Líquida.
- Ensayo a realizar: Coagulación.

**DATOS DE CONTROL**

Ensayo ó Repetición N° 04				
Tratamientos ó ensayos	Parámetros			
	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (us/cm)
D0R4	60.4	7.51	18	205.36
D1R4	24.7	7.48	18.08	214.08
D2R4	22.9	7.45	18.2	226.93
D3R4	20.3	7.45	18.13	234.21
D4R4	16.7	7.28	18.14	247.38
D5R4	18.3	7.29	18.16	255.05

Nota: Blanco (D0: Sin coagulante); Tratamiento ó Dosis 1 (D1: 0.2 g/L); Tratamiento ó Dosis 2 (D2: 0.3 g/L); Tratamiento ó Dosis 3 (D3: 0.4 g/L); Tratamiento ó Dosis 4 (D4: 0.5 g/L); Tratamiento ó Dosis 5 (D5: 0.6 g/L)

Nota: Ensayo ó Repetición N° 04 (R4).



## Repetición 5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

SEDE CELENDÍN

LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA

Shuitute s/n – Chacapampa – Celendin – Teléfono: 076-555307 – E-mail: [epiac-unc@hotmail.com](mailto:epiac-unc@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 05**

DATOS DEL TESISISTA

- Nombre y apellidos CARMEN ROCIO ZELADA GOICOCHEA.
- Dirección JR MARAÑON S/N – JOSE GALVEZ – CELENDIN
- Correo electrónico [czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)

DATOS DE LA MUESTRA

- Fecha: 22/07/2024
- Hora: 8:00 am
- Número de muestras: 06
- Tipo de muestra: Líquida.
- Ensayo a realizar: Coagulación.

DATOS DE CONTROL

Ensayo ó Repetición N° 05				
Tratamientos ó dosis	Parámetros			
	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (us/cm)
D0R5	71.5	7.48	17.5	223.45
D1R5	31.3	7.47	17.5	217.36
D2R5	27.8	7.43	17.33	225.32
D3R5	23.36	7.38	17.54	238.91
D4R5	18.9	7.24	17.53	245.01
D5R5	19.4	7.22	17.54	256.39

Nota: Blanco (D0: Sin coagulante); Tratamiento ó Dosis 1 (D1: 0.2 g/L); Tratamiento ó Dosis 2 (D2: 0.3 g/L); Tratamiento ó Dosis 3 (D3: 0.4 g/L); Tratamiento ó Dosis 4 (D4: 0.5 g/L); Tratamiento ó Dosis 5 (D5: 0.6 g/L)  
Nota: Ensayo ó Repetición N° 05 (R5).



## Repetición 6



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

SEDE CELENDÍN

LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA

Shuitute s/n – Chacapampa – Celendin –Teléfono: 076-555307 – E-mail: [eapiac-unc@hotmail.com](mailto:eapiac-unc@hotmail.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 06**

DATOS DEL TESISISTA

- Nombre y apellidos CARMEN ROCIO ZELADA GOICOCHEA.
- Dirección JR MARAÑON S/N – JOSE GALVEZ – CELENDIN
- Correo electrónico [czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)

DATOS DE LA MUESTRA

- Fecha: 24/07/2024
- Hora: 8:00 am
- Número de muestras: 06
- Tipo de muestra: Líquida.
- Ensayo a realizar: Coagulación.

DATOS DE CONTROL

Ensayo ó Repetición N° 06				
Tratamientos ó dosis	Parámetros			
	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (us/cm)
D0R6	69.3	7.5	17.8	190.67
D1R6	29.3	7.4	17.82	199.78
D2R6	24.3	7.4	17.91	218.67
D3R6	20.3	7.39	17.86	225.98
D4R6	16.1	7.3	17.93	237.29
D5R6	17.5	7.31	17.93	243.68

Nota: Blanco (D0: Sin coagulante); Tratamiento ó Dosis 1 (D1: 0.2 g/L); Tratamiento ó Dosis 2 (D2: 0.3 g/L); Tratamiento ó Dosis 3 (D3: 0.4 g/L); Tratamiento ó Dosis 4 (D4: 0.5 g/L); Tratamiento ó Dosis 5 (D5: 0.6 g/L ).

Nota: Ensayo ó Repetición N° 06 (R6).



Anexo 3. Cadena de custodia de envío de muestras al laboratorio



# CADENA DE CUSTODIA

SGC - LRA  
P-20-F01, Ver. 01

N° CC - 786 - 2024

DATOS DEL CLIENTE					PARAMETROS																																																												
Nombre: Zelada Encacheta Carmen Rocio					Químicos																														Biológicos					Campo		Muestras Observadas (**)																							
Teléfono: Solicitud de Cotización: 30-950					Conductividad	pH	Turbidez	Color	Olor	Sabor	Cloro residual	Cloro total	TSS	TS	SS	SF	SV	Alcalinidad	Carbonatos	Bicarbonatos	Salinidad	Acidez	Antónes	Metales Totales	Metales Disueltos	Mercurio Disuelto	Mercurio Total	Dureza Total	Dureza Cálcica	Dureza Magnésica	Clanuro Total	Clanuro WAD	Clanuro Libre	Sulfuro Colométrico	Sulfuro ISE	N. Amóniacal	N. Amóniaco	N. Total	DBO5	DOO	Cromo VI		Materia Orgánica	Acetias y Grasas	Oxígeno Disuelto	TPH	Detergentes	Fenoles	B. Heterótrofos	Coliformes Totales	Coliformes Termoc.	E. Coli	Géneros Dicotilellis	Enterococos	OVI	FOU	F.T.T.H.	Formas Parasitarias	Ps. Aeruginosa	Vibrio Cholerae	Salmonella	pH	Oxígeno Disuelto	Temperatura	Conductividad
e-mail: Carabinas - Agumayca					PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:																																																												
ITEM	CODIGO DE MUESTRA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	HORA	MATRIZ (C)																																																													
01	Capta. en carga D2 R2	Guayaqueana	6:20	AN-6 TNA																																																													
02	Capta. en carga D1 R2	"	11:28	"																																																													
03	Capta. en carga D2 R2	"	11:48	"																																																													
04	Capta. en carga D3 R2	"	12:00	"																																																													
05	Capta. en carga D4 R2	"	12:30	"																																																													
06	Capta. en carga D1 R2	"	12:50	"																																																													

DATOS DE MUESTREO		RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (**)		CONFORMIDAD DE LA MUESTRA	
Toma de muestra realizada por	Cliente <input checked="" type="checkbox"/> Laboratorio <input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura de recepción (1)	9.0	Conforme	
Nombre de quien toma la muestra	Carmen Rocio Zelada E.	Recipiente apropiado (2)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Nombre y firma del que entrega la muestra	
Fecha de muestreo	10-07-2024	Dentro del tiempo establecido (3)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Las muestras cumplen con todos los requisitos establecidos por el método de ensayo	
Firma de la persona que toma la muestra	[Firma]	Correctamente preservadas (4)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	No Conforme	
		Cumplen con el volumen (5)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Nombre y firma del que entrega la muestra	
		Nombre del recepcionista	[Firma]	Las (s) muestra(s) no cumplen con uno o más requisitos establecidos por el método (**). Por lo tanto, queda fuera del alcance de acreditación.	
		Firma	[Firma]		
		Fecha y Hora	10-07-24 12:47		

OBSERVACIONES: Informe: físico  
Cep. probador: B002-0220

(\*) Revisar en la cara posterior la Tabla N°02: NTP 214.042 2012 Calidad del Agua- Clasificación de Matriz Agua para Ensayos de Laboratorio  
 (\*\*) Revisar en la cara posterior la Tabla N°01: Requerimientos especiales para la toma y conservación de las muestras

# Anexo 4. Informes de laboratorio Regional del agua del parámetro coliformes termotolerantes

## Repetición 1



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

### INFORME DE ENSAYO N° IE 07240731

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO**

Dirección **JR MARAÑONS/N - JOSE GALVEZ CELENDIN**

Persona de contacto **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO**      Correo electrónico **[czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **09.07.24**      Hora de Muestreo **6.15 a 12:40**

Responsable de la toma de muestra **Cliente**      Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **06**

Ensayos solicitados **Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la muestra **Celendin - Cajamarca**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC-950**      Cadena de Custodia **CC - 0731 - 24**

Fecha y Hora de Recepción **09.07.24 14:30**      Inicio de Ensayo **09.07.24 15:10**

Reporte Resultado **17.07.24 14:30**



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 17 de julio de 2024**

Página: 1 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe      599000 anexo 1140



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240731

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Captación La Ciénega D0R1	Captación La Ciénega D1R1	Captación La Ciénega D2R1	Captación La Ciénega D3R1	Captación La Ciénega D4R1	Captación La Ciénega D5R1
Código Laboratorio			07240731-01	07240731-02	07240731-03	07240731-04	07240731-05	07240731-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial
Localización de la Muestra			Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LCM</b>	<b>Resultados Microbiológicos</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	47	21.7	16.31	10.56	7.02	5.93

*Nota: Los Resultados <1.0, < 1.8, < 1.1 y < 1: significa que el resultado es equivalente a cero no se aprecian estructuras biológicas en la muestra VE valor estimado*



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 17 de julio de 2024**



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

## GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



Registro N° LE - 034

---

### INFORME DE ENSAYO N° IE 07240731

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

#### NOTAS FINALES

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha: 03/07/2020

**Cajamarca, 17 de julio de 2024**



# LABORATORIO REGIONAL

# DEL AGUA

Página: 3 de 3

---

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe ☎ 599000 anexo 1140

Repetición 2



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

---

## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240786

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre: **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO**

Dirección: **JR MARAÑONS/N – JOSE GALVEZ CELENDIN**

Persona de contacto: **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO** Correo electrónico: **[czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo: **10.07.24** Hora de Muestreo: **6.20 a 12:50**

Responsable de la toma de muestra: **Cliente** Plan de muestreo N°: **-**

Procedimiento de Muestreo: **-**

Tipo de Muestreo: **Puntual**

Número de puntos de muestreo: **06**

Ensayos solicitados: **Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra: **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la muestra: **Celendin - Cajamarca**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato: **SC-950** Cadena de Custodia: **CC - 0786 - 24**

Fecha y Hora de Recepción: **10.07.24 15:47** Inicio de Ensayo: **10.07.24 15:00**

Reporte Resultado: **18.07.24 16:00**



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 18 de julio de 2024**

Página: 1 de 3

---

\*LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO\*  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe ☎ 599000 anexo 1140



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240786

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Captación La Ciénega D0R2	Captación La Ciénega D1R2	Captación La Ciénega D2R2	Captación La Ciénega D3R2	Captación La Ciénega D4R2	Captación La Ciénega D5R2
Código Laboratorio			07240786-01	07240786-02	07240786-03	07240786-04	07240786-05	07240786-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial
Localización de la Muestra			Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LCM</b>	<b>Resultados Microbiológicos</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	42.6	20.5	16.9	10.45	6.47	5.72

*Nota: Los Resultados <1.0, < 1.8, < 1.1 y < 1: significa que el resultado es equivalente a cero no se aprecian estructuras biológicas en la muestra VE valor estimado*



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 18 de julio de 2024**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

---

## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240786

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**NOTAS FINALES**

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

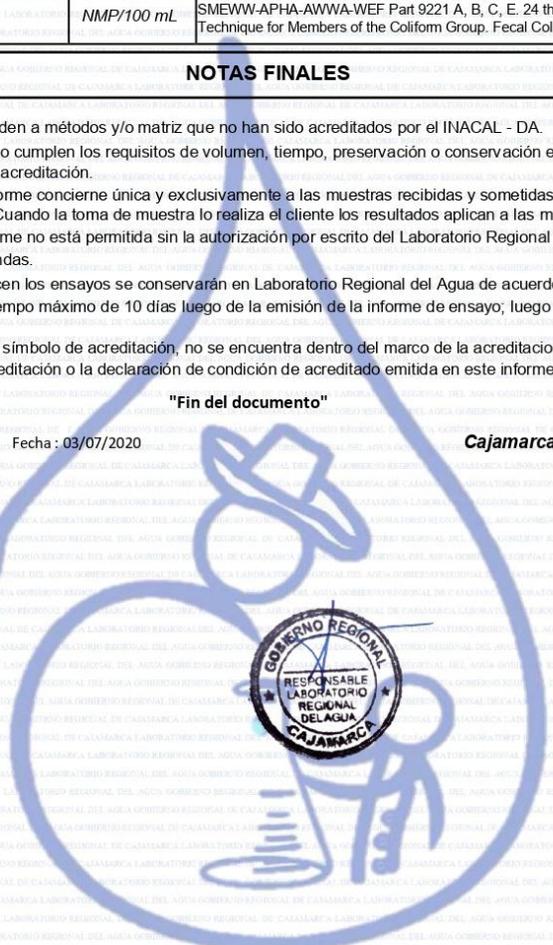
(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas in campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha: 03/07/2020

**Cajamarca, 18 de julio de 2024**



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Página: 3 de 3

---

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe ☎ 599000 anexo 1140

Repetición 3



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



Registro N° LE - 034

---

## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240801

### DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO**

Dirección **JR MARAÑONS/N – JOSE GALVEZ CELENDÍN**

Persona de contacto **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO** Correo electrónico **[czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)**

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **16.07.24** Hora de Muestreo **6.15 a 12:45**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **06**

Ensayos solicitados **Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la muestra **Celendin - Cajamarca**

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-950** Cadena de Custodia **CC - 0801 - 24**

Fecha y Hora de Recepción **16.07.24 15:00** Inicio de Ensayo **16.07.24 14:30**

Reporte Resultado **24.07.24 16:30**



**Edder Neyra Jara**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 24 de julio de 2024**

Página: 1 de 3

---

**"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"**  
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe    ☎ 599000 anexo 1140



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240801

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Captación La Ciénega D0R3	Captación La Ciénega D1R3	Captación La Ciénega D2R3	Captación La Ciénega D3R3	Captación La Ciénega D4R3	Captación La Ciénega D5R3
Código Laboratorio			07240801-01	07240801-02	07240801-03	07240801-04	07240801-05	07240801-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial
Localización de la Muestra			Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LCM</b>	<b>Resultados Microbiológicos</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	44.7	19.9	15.6	9.91	7.01	5.98

*Nota: Los Resultados <1.0, < 1.8, < 1.1 y < 1: significa que el resultado es equivalente a cero no se aprecian estructuras biológicas en la muestra VE valor estimado*



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 24 de julio de 2024**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

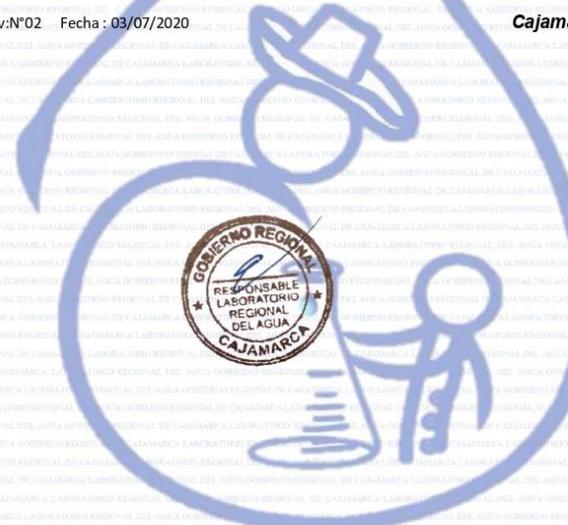
Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**INFORME DE ENSAYO N° IE 07240801**

- NOTAS FINALES**
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
  - (\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
  - ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas in campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
  - ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
  - ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
  - ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
  - ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

**"Fin del documento"**

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha: 03/07/2020 Cajamarca, 24 de julio de 2024




# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

Repetición 4



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

---

### INFORME DE ENSAYO N° IE 07240863

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO**

Dirección **JR MARAÑONS/N - JOSE GALVEZ CELENDIN**

Persona de contacto **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO** Correo electrónico **czeladag15@unc.edu.pe**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **17.07.24** Hora de Muestreo **6.00 a 12:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **06**

Ensayos solicitados **Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la muestra **Celendin - Cajamarca**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC-950** Cadena de Custodia **CC - 0863 - 24**

Fecha y Hora de Recepción **17.07.24 15:10** Inicio de Ensayo **17.07.24 15:30**

Reporte Resultado **25.07.24 15:30**



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

# LABORATORIO REGIONAL

# DEL AGUA

**Cajamarca, 25 de julio de 2024**

Página: 1 de 3

---

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA - GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
e-mail: laboratorio@regioncajamarca.gob.pe 599000 anexo 1140



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

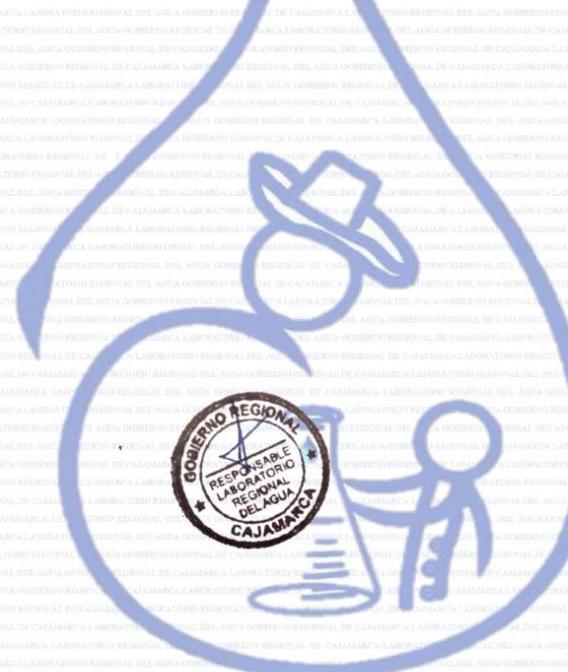
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240863

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Captación La Ciénega D0R4	Captación La Ciénega D1R4	Captación La Ciénega D2R4	Captación La Ciénega D3R4	Captación La Ciénega D4R4	Captación La Ciénega D5R4
Código Laboratorio			07240863-01	07240863-02	07240863-03	07240863-04	07240863-05	07240863-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial
Localización de la Muestra			Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	52.4	21.6	13.9	10.98	6.45	4.98

*Nota: Los Resultados <1.0, < 1.8, < 1.1 y < 1: significa que el resultado es equivalente a cero no se aprecian estructuras biológicas en la muestra VE valor estimado*



# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 25 de julio de 2024**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

---

**INFORME DE ENSAYO N° IE 07240863**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**NOTAS FINALES**

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas in campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

**"Fin del documento"**

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha: 03/07/2020

**Cajamarca, 25 de julio de 2024**



# LABORATORIO REGIONAL

# DEL AGUA

Página: 3 de 3

---

**"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"**  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe ☎ 599000 anexo 1140

Repetición 5



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



Registro N° LE - 034

---

## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240931

### DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO		
Dirección	JR MARAÑONS/N – JOSE GALVEZ CELENDÍN		
Persona de contacto	ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO	Correo electrónico	<a href="mailto:czeladag15@unc.edu.pe">czeladag15@unc.edu.pe</a>

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	22.07.24	Hora de Muestreo	6.30 a 12:40
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	06		
Ensayos solicitados	Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación		
Referencia de la muestra	Celendin - Cajamarca		

### DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-950	Cadena de Custodia	CC - 0931 - 24
Fecha y Hora de Recepción	22.07.24 15:10	Inicio de Ensayo	22.07.24 15:25
Reporte Resultado	30.07.24 15:40		



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

# LABORATORIO REGIONAL

# DEL AGUA

**Cajamarca, 30 de julio de 2024**

Página: 1 de 3

---

**"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"**  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe    599000 anexo 1140



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

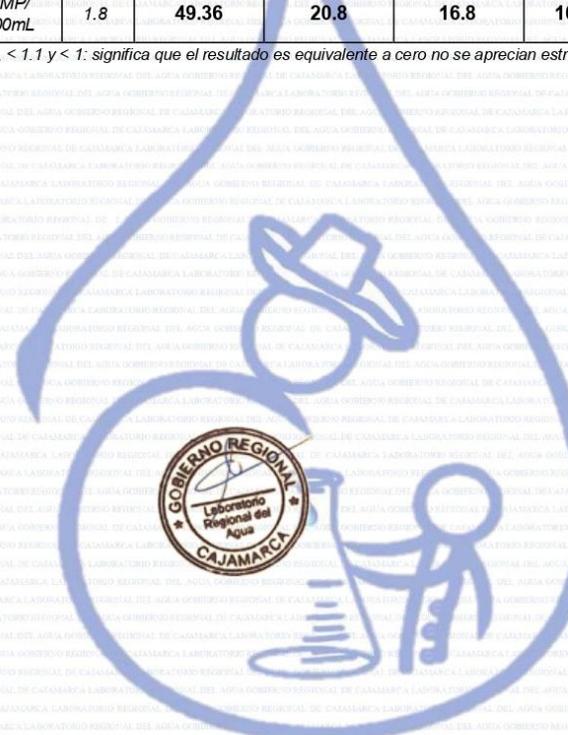
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240931

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Captación La Ciénega D0R5	Captación La Ciénega D1R5	Captación La Ciénega D2R5	Captación La Ciénega D3R5	Captación La Ciénega D4R5	Captación La Ciénega D5R5
Código Laboratorio			07240931-01	07240931-02	07240931-03	07240931-04	07240931-05	07240931-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial
Localización de la Muestra			Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LCM</b>	<b>Resultados Microbiológicos</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	49.36	20.8	16.8	10.36	7.32	5.83

*Nota: Los Resultados <1.0, < 1.8, < 1.1 y < 1: significa que el resultado es equivalente a cero no se aprecian estructuras biológicas en la muestra VE valor estimado*



# LABORATORIO REGIONAL

# DEL AGUA

**Cajamarca, 30 de julio de 2024**

Página: 2 de 3



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

---

**INFORME DE ENSAYO N° IE 07240931**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**NOTAS FINALES**

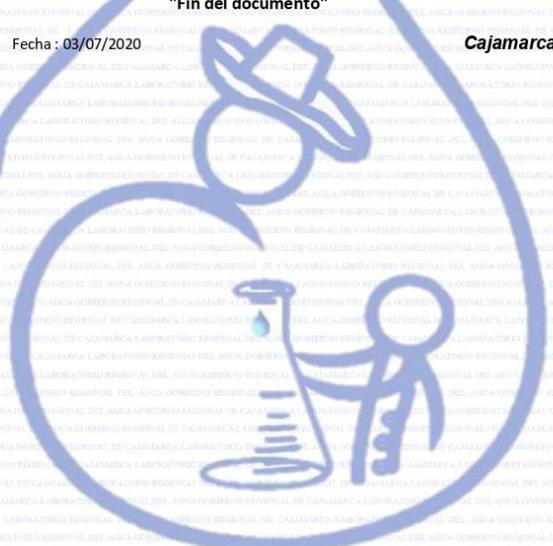
(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas in campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

**"Fin del documento"**

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha: 03/07/2020 **Cajamarca, 30 de julio de 2024**




# LABORATORIO REGIONAL

# DEL AGUA

Página: 3 de 3

---

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe ☎ 599000 anexo 1140

Repetición 6



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

---

## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240998

**DATOS DEL CLIENTE**

Razon Social/Nombre **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO**

Dirección **JR MARAÑONS/N – JOSE GALVEZ CELENDIN**

Persona de contacto **ZELADA GOICOCHEA CARMEN ROCIO** Correo electrónico **[czeladag15@unc.edu.pe](mailto:czeladag15@unc.edu.pe)**

**DATOS DE LA MUESTRA**

Fecha del Muestreo **24.07.24** Hora de Muestreo **6.25 a 12:45**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° **-**

Procedimiento de Muestreo **-**

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **06**

Ensayos solicitados **Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**

Referencia de la muestra **Celendin - Cajamarca**

**DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO**

N° Contrato **SC-950** Cadena de Custodia **CC - 0998 - 24**

Fecha y Hora de Recepción **24.07.24 15:15** Inicio de Ensayo **24.07.24 15:30**

Reporte Resultado **31.07.24 15:50**



**Edder Neyra Jaico**  
Responsable de Laboratorio  
CIP: 147028

# LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

**Cajamarca, 31 de julio de 2024**

Página: 1 de 3

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe 5990000 anexo 1140



## LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

### GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

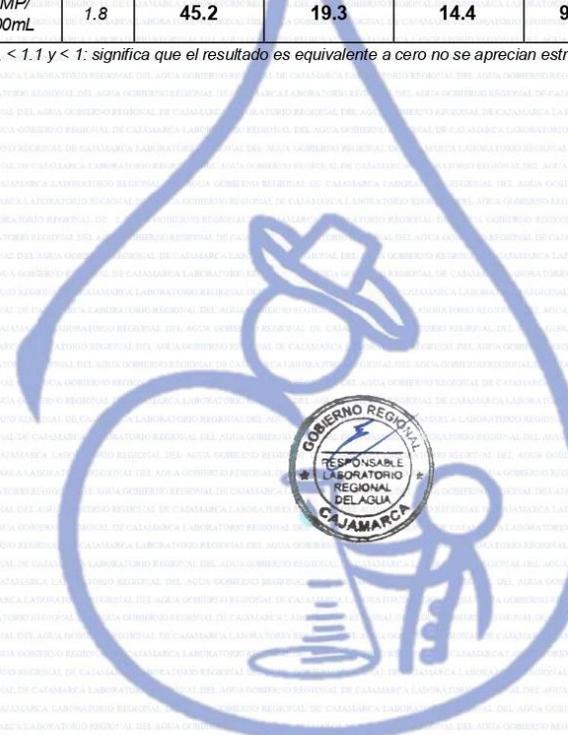
**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084**



## INFORME DE ENSAYO N° IE 07240998

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			Captación La Ciénega D0R6	Captación La Ciénega D1R6	Captación La Ciénega D2R6	Captación La Ciénega D3R6	Captación La Ciénega D4R6	Captación La Ciénega D5R6
Código Laboratorio			07240998-01	07240998-02	07240998-03	07240998-04	07240998-05	07240998-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial	Subterránea-manantial
Localización de la Muestra			Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana	Queruaysana
<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>LCM</b>	<b>Resultados Microbiológicos</b>					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	45.2	19.3	14.4	9.78	8.21	6.75

*Nota: Los Resultados <1.0, < 1.8, < 1.1 y < 1: significa que el resultado es equivalente a cero no se aprecian estructuras biológicas en la muestra VE valor estimado*




# LABORATORIO REGIONAL

# DEL AGUA

Cajamarca, 31 de julio de 2024



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**  
GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-084



INACAL  
DA - Perú  
Laboratorio de Ensayo  
Acreditado  
Registro N° LE - 034

---

**INFORME DE ENSAYO N° IE 07240998**

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

**NOTAS FINALES**

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(\*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas in campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditación emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha: 03/07/2020

**Cajamarca, 31 de julio de 2024**



**LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA**

Página: 3 de 3

---

"LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA – GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA ASEGURA LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS PESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO"  
 JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N, URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA-PERÚ  
 e-mail: laboratorio@delagua@regioncajamarca.gob.pe ☎ 599000 anexo 1140

## Anexo 5. Certificado de calibración del turbidímetro

 **ALAB**  
ANALYTICAL LABORATORY

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-0002-2023**

Página 1 de 2

Expediente : 000240  
Fecha de emisión : 2023-02-07

1. **Solicitante** : **Marianela Talitha Pereyra Chavez**

2. **Dirección** : **Jr. Arica 214 Celendín Cajamarca**

3. **Instrumento** : **TURBIDÍMETRO**

**Marca / Fabricante** : **EZODO**

**Modelo** : **TUB-430**

**Serie** : **0003119**

**Procedencia** : **Taiwan**

**Código de identificación** : **No indica**

**Intervalo de Indicación** : **0 NTU a 1000 NTU**

**Resolución** : **0,01 NTU; 0,1 NTU; 1 NTU**

**Ubicación** : **No indica**

4. **Lugar de calibración** : **Laboratorio de óptica de ALAB E.I.R.L.**

5. **Fecha de calibración** : **2023-02-07**

6. **Método de calibración**  
La calibración se realizó por comparación de la indicación del equipo con material estándar certificado de valores nominales conocidos.

7. **Trazabilidad**

Producto	Marca	N° Lote	Expiración
20 NTU	HACH	A2292A	Octubre 2024
100 NTU	HACH	A2237	Agosto 2024
800 NTU	HACH	A2327	Noviembre 2024

8. **Condiciones de calibración**

	Inicial	Final
Temperatura ambiental	: 24,7 % H.R.	25,2 % H.R.
Humedad relativa	: 63,0 % H.R.	60,0 % H.R.

Los resultados presentados corresponden sólo al ítem calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

El certificado de calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

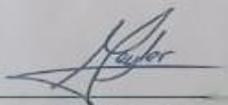
Al usuario le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

ALAB E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones internacionales, los cuales son aceptados por la EPA como un estándar primario para ser utilizado en la calibración de instrumentos de turbidez.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización expresa por escrito de ALAB E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de ALAB E.I.R.L.

  
**Meyler Villalobos Bravo**  
Responsable de Laboratorio  
de Óptica

  
**Randy Santiago Jurado**  
Jefe de Laboratorio

♦ SEDE PRINCIPAL  
Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129

[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

## 9. Resultados

## Lecturas del equipo antes del ajuste

Valor referencia (NTU)	Lectura del equipo (NTU)
20,0	35,0
100,1	103,0
802,2	818

## Resultados del equipo

Valor de Referencia (NTU)	Lectura Promedio del Equipo (NTU)	Error (NTU)	Incertidumbre (NTU)
20,0	20,0	0,0	0,3
100,1	100,0	-0,1	0,9
802,2	796	-6,2	6,8

Valor de referencia = Lectura Promedio del equipo - Error

## 10. Observaciones

Se colocó en el instrumento una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO" y N° IM-00684.

Los resultados corresponden al promedio de 3 mediciones.

Los resultados son emitidos para la temperatura de referencia de 25 °C .

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

(FIN DEL DOCUMENTO)

## SEDE PRINCIPAL

Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista - Callao  
Telf.: (+01) 717 5802 - Cel.: 977 515 129

[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)

**Anexo 6. Panel fotográfico****Preparación del coagulante natural de *Carica papaya***

### Identificación y toma de muestras con el presidente de la JASS



### Muestreo del blanco para medición de coliformes termotolerantes





Ejecución del experimento en laboratorio

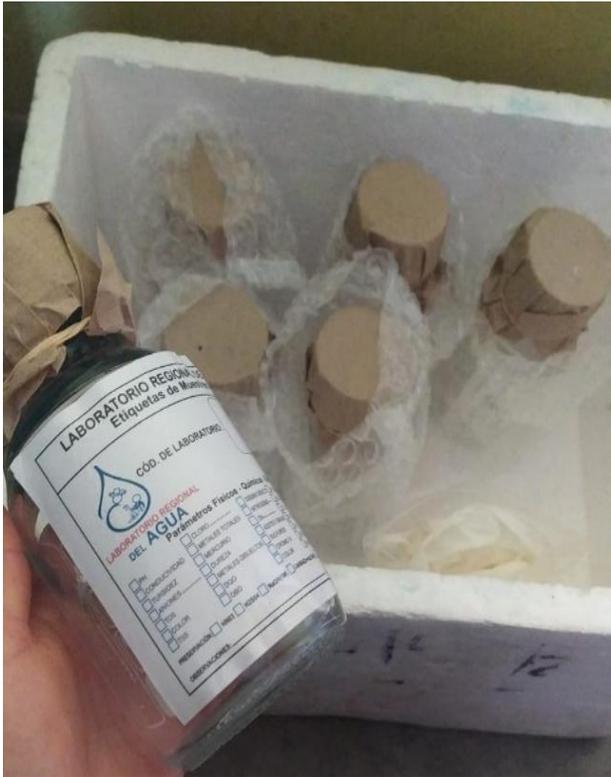




Medición de parámetros en laboratorio



## Muestreo y entrega de muestras en el laboratorio regional del agua





Supervisión por el asesor de la tesis

