

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



**Comportamiento entre un coagulante químico y uno natural para la
reducción de la turbidez en una laguna de estabilización**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL AMBIENTAL**

AUTOR

Maryory Yulissa De La Cruz Lopez

ASESOR

Justo David Pedraza Franco

<https://orcid.org/0000-0002-1027-2267>

Chiclayo, 2026

**Comportamiento entre un coagulante químico y uno natural para la
reducción de la turbidez en una laguna de estabilización**

PRESENTADA POR

Maryory Yulissa De La Cruz Lopez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL AMBIENTAL

APROBADA POR

Wilson Martín García Vera

PRESIDENTE

Aníbal Teodoro Díaz Orrego

SECRETARIO

Justo David Pedraza Franco

VOCAL

Dedicatoria

Con profunda gratitud, dedico esta tesis a Dios, quien me ha otorgado la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para afrontar cada desafío a lo largo de este camino académico, sin su guía y bendiciones este logro no habría sido alcanzado.

A mis padres, Sabina López y José de la Cruz, por su apoyo incondicional, su sacrificio y dedicación han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza, gracias por creer en mí y por estar siempre a mi lado, brindándome el ánimo necesario para seguir adelante.

A mis hermanos Johan y Thiago por creer en mí incluso cuando yo dudaba.

Agradecimientos

Deseo manifestar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma han aportado a la elaboración de esta tesis.

A mis padres por el apoyo a lo largo de mi carrera y especialmente en la realización de mi tesis, porque sin ellos este logro no habría sido posible.

A mi asesor de tesis el Ing. Justo Pedraza Franco por su orientación, paciencia y apoyo a lo largo de este proyecto.

A mis profesores por su enseñanza y guía a lo largo de mi carrera.

Comportamiento entre un coagulante químico y uno natural para la reducción de la turbidez en una laguna de estabilización

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.alfapublicaciones.com Fuente de Internet	<1%
6	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Flinders University Trabajo del estudiante	<1%

Índice

Resumen	14
Abstract	15
Introducción	16
Revisión de literatura	20
Materiales y métodos	45
Resultados y discusión	87
Conclusiones	117
Recomendaciones.....	117
Referencias	118
Anexos.....	121

Lista de Tablas

Tabla 1	Propiedades físicas y químicas del sulfato de aluminio.....	33
Tabla 2	Nombre botánico de la Moringa Oleífera	35
Tabla 3	Resultados de Análisis Bromatológico	36
Tabla 4	El nivel de confianza deseado (Z).....	39
Tabla 5	Fórmula de diluciones	39
Tabla 6	Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR	41
Tabla 7	Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica.....	41
Tabla 8	El nivel de confianza deseado (Z).....	46
Tabla 9	Fórmula para diluciones	56
Tabla 10	Instrumentos para utilizar en los ensayos.....	66
Tabla 11	Tiempo de agitación de cada coagulante	67
Tabla 12	Costo de muestra de coagulante semilla de moringa	85
Tabla 13	Costo de muestra de coagulante sulfato de aluminio	86
Tabla 14	Batelle Columbus - contaminación del agua – MO	86
Tabla 15	Batelle Columbus - contaminación del agua - sulfato de aluminio	86
Tabla 16	Resultados del experimento previo para encontrar la dosificación más eficiente ...	87
Tabla 17	Datos de la muestra inicial (antes de previo tratamiento con los coagulantes).....	88
Tabla 18	Resultados de aplicación de dosificaciones de coagulantes con el Test de jarras ...	88
Tabla 19	Resultados de aplicación de dosificaciones de coagulantes.....	89
Tabla 20	Análisis de Varianza de la turbidez.....	94
Tabla 21	Análisis de Varianza del Ph	96
Tabla 22	Análisis de Varianza de la conductividad	101
Tabla 23	Análisis de Varianza de la temperatura.....	103
Tabla 24	Análisis de Varianza de los sólidos suspendidos totales.....	105
Tabla 25	Análisis de Varianza de la Demanda Química de Oxígeno	109
Tabla 26	Valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	111

Tabla 27	Valores de laboratorio de ensayos de Aceites y Grasas.....	112
Tabla 28	Ensayo microbiológico de muestra de agua.....	113
Tabla 29	Resultados de coliformes termotolerantes al aplicar las dosificaciones	114

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Sistema de tratamiento de desagüe de Chiclayo mediante lagunas de estabilización.....	26
Ilustración 2 Esquema de funcionamiento de la Laguna de estabilización San José - Chiclayo	27
Ilustración 3 Proceso de cómo actúa las propiedades de la semilla de MO en las AR	37
Ilustración 4 Parámetros ambientales del método Batelle – Columbus	44
Ilustración 5 Clasificación de semillas de moringa.....	49
Ilustración 6 Se colocó al horno para que el secado	50
Ilustración 7 Pelado de semilla de moringa	50
Ilustración 8 24 horas después del secado.....	50
Ilustración 9 Molino	50
Ilustración 10 Semilla de MO molido	51
Ilustración 11 Peso para cenizas.....	52
Ilustración 12 Se coloca al horno	52
Ilustración 13 Se colocó en el horno a 500° durante 5 horas	52
Ilustración 14 Peso de balón para grasas.....	52
Ilustración 15 Extracción de grasa	53
Ilustración 16 Primer peso de polvo de MO para proteínas	53
Ilustración 17 Segundo peso de polvo de MO para proteínas.....	53
Ilustración 18 Proceso de digestión.....	53
Ilustración 19 Aparato de scrubber	54
Ilustración 20 Lavador de gases	54
Ilustración 21 Peso para fibra.....	54
Ilustración 22 Destilación.....	54
Ilustración 23 Bomba de vacíos	55
Ilustración 24 Fibra en bomba de vacíos.....	55
Ilustración 25 Muestra de fibra	55

Ilustración 26 Realizando solución madre	56
Ilustración 27 Solución para dosificaciones	56
Ilustración 28 Peso de sulfato de aluminio 1g.....	59
Ilustración 29 Agregando agua destilada	60
Ilustración 30 Solución prepara de sulfato de aluminio.....	60
Ilustración 31 Etiquetado de fecha y hora.....	61
Ilustración 32 Se introduce el balde para recolectar el agua residual	61
Ilustración 33 Se va llenado el balde de manera aleatoria simple esperando 1 minuto	62
Ilustración 34 Llenando el balde hasta llenarse	62
Ilustración 35 Llenando agua residual a matraz 1	62
Ilustración 36 Llenando agua residual a matraz 2.....	63
Ilustración 37 Llenado de agua residual matraz 3.....	63
Ilustración 38 Llenado de matraz 4.....	63
Ilustración 39 Se tapa el balde y que esté bien asegurado	64
Ilustración 40 Los matraces se colocaron en el cooler.....	64
Ilustración 41 Etiquetado de matraz 3.....	65
Ilustración 42 Etiquetado de matraz 1	65
Ilustración 43 Etiquetado de matraz 4.....	65
Ilustración 44 Etiquetado de matraz 2.....	65
Ilustración 45 Dosificaciones de ambos coagulantes.....	67
Ilustración 46 Se procede a llenar las jarras	67
Ilustración 47 Muestras de agua residual antes de aplicar la dosificación.....	68
Ilustración 48 Aplicación de dosificación de sulfato de aluminio	68
Ilustración 49 Aplicación de 1ra dosificación de semilla de MO 1500ppm (75ml)	69
Ilustración 50 Aplicación de 2da dosificación de semilla de MO 2000ppm (100ml).....	69
Ilustración 51 Aplicación de 3ra dosificación de semilla de MO 2500ppm (125ml)	70
Ilustración 52 Prueba de test de jarras con las dosificaciones de los coagulantes	70

Ilustración 53 Tiempo de agitación.....	71
Ilustración 54 Sedimentación de las muestras.....	71
Ilustración 55 Frascos con datos de los parámetros a analizar.....	71
Ilustración 56 Llenado de las muestras a cada frasco que corresponde.....	72
Ilustración 57 Calibración del turbidímetro.....	72
Ilustración 58 Se limpia los frascos que no haya rayones.....	72
Ilustración 59 Medición de muestra inicial.....	73
Ilustración 60 Toma de lectura par las dosificaciones de semilla de moringa.....	73
Ilustración 61 Toma de lectura de la dosificación del sulfato de aluminio.....	73
Ilustración 62 Toma de lectura de PH de muestra inicial.....	74
Ilustración 63 Toma de lectura de PH de muestra con 1ra dosificación de semilla de moringa	74
Ilustración 64 Toma de lectura de PH de muestra de agua con dosificación de sulfato de aluminio.....	74
Ilustración 65 Toma de lectura de PH de muestra con 2da dosificación de semilla de moringa	74
Ilustración 66 Toma de lectura de PH de muestra con 3ra dosificación de semilla de moringa	74
Ilustración 67 Toma de lectura de muestra inicial.....	75
Ilustración 68 Toma de lectura de muestra con dosificación de sulfato de aluminio.....	75
Ilustración 69 Toma de lectura de muestra con 1ra dosificación de semilla de moringa.....	75
Ilustración 70 Toma de lectura con 2da dosificación de semilla de moringa.....	75
Ilustración 71 Toma de lectura de la 3era dosificación de semilla de moringa.....	76
Ilustración 72 Se introduce el termómetro para tomar su temperatura de forma insitu.....	76
Ilustración 73 Se toma lectura de la temperatura.....	77
Ilustración 74 Temperatura de muestra inicial en laboratorio.....	77
Ilustración 75 Se inserta el disco de fibra de vidrio en el filtrante.....	78
Ilustración 76 Fibra de vidrio.....	78
Ilustración 77 Se continuó con la succión hasta que se eliminó todos los rastros de agua.....	78

Ilustración 78 Resultado final de discos de filtro de fibra de vidrio para sólidos suspendidos totales	78
Ilustración 79 Reactivos a utilizar	79
Ilustración 80 Frascos para el análisis de DBO.....	79
Ilustración 81 Aplicación de reactivo.....	80
Ilustración 82 Se preparó 3 diluciones para cada muestra	80
Ilustración 83 Incubadora a 20°C.....	80
Ilustración 84 Incubación de las muestras.....	80
Ilustración 85 Espectrofotómetro para DBO.....	81
Ilustración 86 Se midió el volumen de la muestra y los reactivos en un tubo	81
Ilustración 87 Tubos de digestión de borosilicato.....	81
Ilustración 88 Extracción de aceites.....	82
Ilustración 89 Extracción completa de aceites y grasas	82
Ilustración 90 Toma de muestras para coliformes termotolerantes.....	83
Ilustración 91 Tubos a utilizar.....	84
Ilustración 92 Conservación de las muestras en una incubadora	83
Ilustración 93 Con un mechero y un isopo se procede a realizar la siembra	84
Ilustración 94 Realizando la siembra	84
Ilustración 95 Con un mechero y un isopo se procede a realizar la siembra	84
Ilustración 96 Se enumera de acuerdo con los coagulantes q corresponda cada siembra.....	84
Ilustración 97 Se envuelve con papel las placas para llevarlo a una incubadora	85
Ilustración 98 Se procede a incubar las siembras.....	85

Lista de gráficos

Gráfico 1	Primer resultado del experimento previo 1	89
Gráfico 2	Primer resultado del experimento previo 2	90
Gráfico 3	Primer resultado del experimento previo 3	90
Gráfico 4	Primer resultado del experimento previo 4	91
Gráfico 5	Porcentaje de disminución de turbidez 1era parte – Muestra 1	91
Gráfico 6	Porcentaje de disminución de turbidez 2da parte - Muestra 2	92
Gráfico 7	Porcentaje de disminución de turbidez 3era parte – Muestra 3	92
Gráfico 8	Porcentaje de disminución de turbidez 4ta parte - Muestra 4	93
Gráfico 9	Comparación por medio de Tukey la turbidez.....	94
Gráfico 10	Gráfica de intervalos de turbidez	95
Gráfico 11	Comparación por medio de Tukey el ph.....	97
Gráfico 12	Gráfica de intervalos de Ph	98
Gráfico 13	Porcentaje de disminución de conductividad 1era parte - Muestra 1	98
Gráfico 14	Porcentaje de disminución de conductividad 2da parte - Muestra 2.....	99
Gráfico 15	Porcentaje de disminución de conductividad 3ra parte – Muestra 3.....	99
Gráfico 16	Porcentaje de disminución de conductividad 4ta parte – Muestra 4.....	100
Gráfico 17	Comparación por medio de Tukey la conductividad	101
Gráfico 18	Gráfica de intervalos de conductividad.....	102
Gráfico 19	Comparación por medio de Tukey la temperatura.....	104
Gráfico 20	Gráfica de intervalos de temperatura	104
Gráfico 21	Comparación por medio de Tukey los sólidos suspendidos totales.....	106
Gráfico 22	Gráfica de intervalos de sólidos suspendidos totales	107
Gráfico 23	Porcentaje de disminución de DQO 1era parte - Muestra 1	107
Gráfico 24	Porcentaje de disminución de DQO 2da parte- Muestra 2.....	108
Gráfico 25	Porcentaje de disminución de DQO 3ra parte – Muestra 3.....	108
Gráfico 26	Comparación por medio de Tukey la Demanda Química de Oxígeno	110

Gráfico 27 Gráfica de intervalos de Demanda Química de Oxígeno.....	111
Gráfico 28 Porcentaje de disminución de DBO	112

Resumen

El estudio comparó la eficacia del sulfato de aluminio y la semilla de moringa Oleifera como coagulantes en el tratamiento de aguas residuales de la laguna de estabilización San José, Chiclayo, Perú. A través de un diseño experimental, se probaron dosis de moringa (1500,2000 y 2500ppm) y una dosis fija de sulfato de aluminio (1%), analizando parámetros como ph, turbidez y contaminantes. Los resultados mostraron que el sulfato de aluminio fue más eficiente reduciendo la turbidez en un 96%, mientras que la moringa alcanzó un 92-94%. No obstante, la moringa destacó por mantener un ph neutro, lo que la hace una alternativa eco-lógica y sostenible, especialmente en zonas rurales. Ambos coagulantes redujeron coliformes termotolerantes y materia orgánica; sin embargo, el sulfato de aluminio fue más rápido en reducir sólidos suspendidos totales, aunque generó un mayor impacto en el ph. Esta investigación demostró el potencial de la moringa para mejorar sus resultados con mayores dosis, resaltando su valor en contextos donde se prioriza la sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Turbidez, Coagulación, Sulfato de aluminio, Moringa oleífera, Aguas residuales

Abstract

The study compared the efficacy of aluminum sulfate and *Moringa oleifera* seed as coagulants in the treatment of wastewater from the San José stabilization lagoon in Chiclayo, Peru. Through an experimental design, doses of moringa (1500, 2000, and 2500 ppm) and a fixed dose of aluminum sulfate (1%) were tested, analyzing parameters such as pH, turbidity, and contaminants. The results showed that aluminum sulfate was more efficient, reducing turbidity by 96%, while moringa achieved 92-94%. However, moringa stood out for maintaining a neutral pH, making it an ecological and sustainable alternative, especially in rural areas. Both coagulants reduced thermotolerant coliforms and organic matter; however, aluminum sulfate was faster at reducing total suspended solids, although it had a greater impact on pH. This research demonstrated moringa's potential to improve outcomes with higher doses, highlighting its value in contexts where environmental sustainability is a priority.

Keywords: Turbidity, Coagulation, Aluminum sulfate, *Moringa oleifera*, Wastewater

Introducción

A nivel mundial se estima que aproximadamente el 80% de las aguas residuales (AR¹) son descargadas sin haber realizado un tratamiento adecuado, teniendo como impacto directo en más de 1.8 millones de personas, quienes dependen de fuentes de aguas contaminadas, aumentando el riesgo de enfermedades como por ejemplo el cólera y la disentería, además eso la materia orgánica que tiene estas aguas llega a generar gases de efecto invernadero, como el metano, contribuyendo al cambio climático [1].

La situación sobre las AR en nuestro país es muy alarmante y afecta a la salud pública como también el medio ambiente, de las 50 entidades prestadoras de servicio de saneamiento (EPS), solo el 69.65% de la población urbana tiene acceso a servicios de alcantarillado adecuado, esto deja una gran parte de la población sin un sistema adecuado para la recolección y tratamiento de AR, lo que lleva a muchas comunidades a verter sus aguas sin tratar en ríos, lagos, quebradas y mares, causando graves consecuencias ambientales. La falta de tratamiento de las AR contamina los cuerpos de agua afectando negativamente la salud de las personas y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos [2].

La infiltración de estas aguas contamina las aguas subterráneas, creando focos infecciosos para las comunidades cercanas, además, las plantas de tratamiento de AR están sobrecargadas y carecen de la infraestructura necesaria para manejar el volumen de efluentes, lo que resulta en el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) y los estándares de calidad (ECA). Esto puede llevar a que los efluentes tratados contengan niveles peligrosos de contaminantes, otro de los problemas es la gestión inadecuada de las AR, que a menudo se utilizan sin el tratamiento adecuado para el riego de cultivos, aumentando el riesgo de enfermedades y contaminando los alimentos [2].

Según se menciona, solo el 30% de la inversión pública son para tratar el agua residual en el País, esto ha dificultado alcanzar un ciclo de agua saludable y sostenible, además de eso se estima que el 70% en América Latina no recibe el tratamiento antes de ser devueltas a los cuerpos de agua. Esta contaminación de las fuentes hídricas pone en grave riesgo a la salud pública, ya que las poblaciones, especialmente en zonas rurales, consumen estas aguas sin

¹ AR: sigla en español que significa Aguas Residuales. En adelante, se utilizará esta sigla

recibir el tratamiento necesario provocando enfermedades como el cólera, hepatitis y gastroenterocolitis son algunas de las consecuencias para la salud [3].

Algunos estudios han demostrado que el uso de las semillas de moringa oleífera (MO²) como un coagulante natural (CN³) en el tratamiento de las AR, ofrecen una solución sostenible y eficaz para mejorar la calidad de agua, este método se basa en la capacidad de las proteínas de las semillas para aglutinar partículas suspendidas, bacterias y otros contaminantes presentes en el agua, ha sido ampliamente investigado, demostrando su efectividad en la reducción de la turbidez y la eliminación de patógenos; las proteínas de las semillas forman enlaces con las partículas en suspensión creando flóculos que pueden ser eliminados, por ejemplo, un estudio mostró que fueron efectivas reduciendo los contaminantes de AR domésticas en Malawi, destacando su capacidad para disminuir tanto la turbidez como la carga de patógenos [4].

Otros estudios también han demostrado lo eficiente que es la MO en el tratamiento de AR domésticas, se ha observado una reducción significativa en la turbidez, el color aparente, la DBO y la DQO en las muestras del agua residual con extracto de semillas de MO, además se ha observado una disminución en la carga bacteriana, mostrando un indicador bueno en la eliminación de microorganismos patógenos [5]. Esta planta funciona como un coagulante en las AR mediante sus proteínas catiónicas que neutralizan las cargas negativas de las partículas suspendidas, facilitando su aglomeración y la formación de flóculos más grandes [6].

Teniendo en cuenta lo anterior este proyecto se realizará en la laguna de estabilización San José -Chiclayo, esta planta de tratamiento está administrada por EPSEL S.A., tiene muchas ineficiencias por el mal estado de las instalaciones de esta laguna, no se lleva un tratamiento adecuado esto es porque no solo recibe AR domésticas, esta laguna también recibe AR industriales, llegando a afectar a la salud de los pobladores y sobre todo al medio ambiente. La clarificación del agua es uno de los procesos muy importantes que se tiene para poder garantizar su calidad y seguridad, por ello la coagulación desempeña en unir las partículas de sólidos en suspensión y de esta manera facilitar su posterior eliminación.

En la mayoría de las PTAR usan químicos para la coagulación uno de ellos es el sulfato de aluminio, sin embargo, también se tiene peligro al tener contacto con estos químicos; entonces

² MO: sigla en español que significa Moringa Oleífera. En adelante, se utilizará esta sigla

³ CN: sigla en español que significa Coagulante Natural. En adelante, se utilizará esta sigla

en esta investigación se promueve a un nuevo reemplazo como un coagulante que vendría a ser la semilla de MO, es un coagulante no convencional con potencial para reemplazar al sulfato de aluminio que es un coagulante convencional utilizado habitualmente; esta semilla representa una alternativa sostenible y con viabilidad económica, que tiene el potencial de elevar la calidad del agua y fundamentalmente favorecer la conservación ambiental, a raíz de todo esto surge la siguiente pregunta, ¿Cómo se compara la efectividad de un coagulante químico y uno natural en la reducción de la turbidez en una Laguna de estabilización?.

Para evidenciar lo antes mencionado se tiene diferentes justificaciones dentro de ellas la justificación técnica de la investigación propuesta tiene como importancia de encontrar alternativas sostenibles y efectiva para realizar mejor el tratamiento de AR, especialmente en la reducción de la turbidez frente al uso de un coagulante químico (CQ⁴) como por ejemplo el sulfato de aluminio, que puede generar residuos nocivos y presentar riesgos para la salud y el medio ambiente, teniendo en cuenta el potencial de las semillas de la MO como opción prometedora y respetuosa con el medio ambiente [7].

Este proyecto de investigación tiene justificación social, debido a que los beneficiarios directo serían los pobladores, al utilizar la semilla de MO podría ofrecer una alternativa rentable y sobre todo eficiente, mejorando la calidad del agua y protegiendo la salud de los habitantes. De acuerdo a un estudio la contaminación del agua provoca que el 80% de las enfermedades mundiales están relacionadas con el agua que no es tratada adecuadamente [8].

Asimismo, se tiene una justificación económica ya que adopta un enfoque económico al usar la moringa, este podría ser la opción más efectiva en costos en comparación con los coagulantes tradicionales. La adopción de métodos sostenibles podría resultar en ahorros a largo plazo al disminuir los gastos, así como los efectos de riesgo en la salud y el medio ambiente. Además, el cultivo y la producción de la MO puede llegar a convertirse en una gran fuente de ingresos ya que al crear nuevas oportunidades agrícolas fomenta el desarrollo económico [8].

Para la justificación ambiental en esta investigación se enfoca en el desarrollo sostenible con el medio ambiente, la MO podría reducir los efectos perjudiciales en el medio ambiente, en comparación al uso de los coagulantes químicos convencionales, al proporcionar datos sobre la

⁴ CQ: sigla en español que significa Coagulante Químico. En adelante, se utilizará esta sigla

eficacia y las ventajas de la semilla de la moringa, se espera generar conciencia sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles en una PTAR, contribuyendo a la protección del medio ambiente. Este enfoque busca mitigar los impactos negativos sobre el ecosistema acuático, donde la turbidez elevada afecta el equilibrio natural, incluyendo la biodiversidad [9].

Luego de haber descrito la problemática y demostrar que cada una de las justificaciones mencionadas, en esta investigación se realizaron experimentos a nivel de laboratorio, este enfoque permitió un control riguroso de las variables y condiciones del experimento, asegurando los resultados más precisos y reproducibles, para ello se requiere lograr los siguientes objetivos, teniendo como objetivo general evaluar y comparar la efectividad de un coagulante químico y uno natural en la reducción de la turbidez de la laguna de estabilización San José -Chiclayo. De igual manera los objetivos específicos son: el primero, medir la turbidez inicial de la muestra de agua en la laguna de estabilización San José -Chiclayo; el segundo, aplicar el coagulante químico sulfato de aluminio y el coagulante natural moringa oleífera en muestras de agua de la Laguna; el tercero, comparar la eficacia de los coagulantes químicos y natural en la reducción de la turbidez del agua; el cuarto, determinar las dosis óptimas de cada coagulante para lograr la máxima reducción de turbidez; el quinto, evaluar los costos asociados al uso de cada tipo de coagulante; el sexto, investigar los posibles efectos ambientales del uso de cada coagulante, utilizando el método de Batelle-Columbus.

Teniendo realmente la siguiente hipótesis: existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

Revisión de literatura

El artículo de P.Vera-Zelada [10], analizó cómo el polvo de las semillas de MO afecta la turbidez de las lagunas residuales en Cajamarca, Perú, se señala que los métodos actuales de tratamiento de las AR en Perú no son efectivos, lo que genera problemas de la salud pública en el estudio se recolectarán 7 muestras de agua residual y se evaluaron parámetros fisicoquímicos, utilizando diferentes dosis de coagulante de MO (0.5, 0.8 y 1 g) mezcladas a distintas velocidades (150 y 200 RPM) durante 10 minutos. Los resultados mostraron que la MO reduce la turbidez del agua de manera inversamente proporcional a su peso, siendo a 0.8 g la dosis óptima y 200 RPM la velocidad de la agitación ideal. Además, se observó que la MO disminuyó el ph del agua y aumentó la conductividad y la temperatura, este estudio subraya la necesidad de mejorar los métodos de tratamiento de AR para enfrentar las problemáticas de contaminación en la región.

Según H. S. Campos [9], investigó sobre la MO como un coagulante para clarificar el agua del canal Monsefú en Callanca, aborda el problema de la turbidez del agua, causada por la erosión del suelo y la contaminación con residuos sólidos y AR que afectan su consumo en áreas rurales. En esta investigación se realizaron análisis físico-químicos del agua encontrando una turbidez inicial de 413 NTU, un ph de 8 y una conductividad de 818 uS/cm. Se aplicaron tres dosis de polvo de semilla de MO (de 0.2 g, 0.4 g y 0.6 g) a muestras de 500 ml de agua, agitándolas rápidamente y luego lentamente, se midió la turbidez de las muestras tratadas para evaluar la eficacia del CN. Los resultados mostraron que la MO fue efectiva en reducir la turbidez: con 0.2 g se redujo a 48.1 NTU, con 0.4 g a 46.5 NTU (el mejor resultado con 88.74% de eficiencia) y con 0.6 g a 54.8 NTU. Esto destaca el potencial de la semilla de MO como una alternativa natural y sostenible para tratar aguas turbias, ofreciendo una opción viable frente a los químicos tradicionales y mejorando la calidad del agua en comunidades rurales.

Según R. L. Carrizales [11], en este estudio identificó la dosis más efectiva del coagulante natural MO para mejorar la calidad del agua en una fuente local, la quebrada Taczanapampa en Huancavelica, se tomaron 10 muestras para medir la turbidez de cada una, utilizando la prueba de jarras, se simuló el proceso de coagulación, floculación y sedimentación de una PTAP convencional, aplicando diferentes dosis para encontrar las óptimas. Los resultados se enfocan en la eficacia de la MO para reducir la turbidez del agua, los resultados demostraron que las dosis óptimas varían: para turbideces menores a 50 UNT, entre 10 mg/l y 50mg/l; y para

turbideces entre 50 UNT y 150 UNT, entre 30 mg/l y 100 mg/l. La concentración óptima para turbideces menores a 150 UNT se encuentra entre el 2% y el 3%, destaca su potencial como una alternativa sostenible para la purificación de agua en comunidades locales y sugiere futuras investigaciones para optimizar su aplicación.

En la tesis de A. Martínez [7], explora la eficacia en la turbidez de aguas sintéticas utilizando MO como CN para remover turbiedades en aguas turbias sintéticas, tanto con o sin extracción lipídica de la semilla, este estudio se enfoca en la tecnología ambiental y sanitaria, buscando soluciones accesibles y sostenibles para problemas de calidad del agua. Se trabajó niveles de turbiedad: menores a 50 UNT y entre 50 y 150 UNT. La metodología incluye 3 etapas: la pulverización del coagulante, extracción de la parte lipídica y pruebas de jarra para evaluar la coagulación y floculación. Para turbiedades menores a 50 UNT, se usaron dosis de 10, 20, 30, 40 y 50 mg/l, mientras que para turbiedades entre 50 y 150 UNT, las dosis fueron de 70, 80, 90, 100 y 110 mg/l. En el caso de turbiedades menores a 50 UNT, la mayor eficiencia de remoción se logró sin la extracción lipídica, alcanzando una reducción del 82.18 % (de 34 UNT a 6.057 UNT). Para turbiedades entre 50 y 150 UNT, se obtuvo una remoción superior al 95%, con valores finales menores a 5 UNT. En los resultados que se puede destacar que ha reducido significativamente la turbidez en aguas sintéticas, proponiendo una alternativa natural.

Según M. A. Muñoz [12], plantea como coagulantes tiene consecuencias negativas para la salud, llegan a generar costos muy altos y provocar grandes cantidades de lodos; por otro lado, tiene como objetivo reducir la turbidez, se ha basado en investigaciones públicas durante la última década. Se enfatiza de explorar alternativas naturales como la MO, mejorando la calidad del agua de una manera más sostenible y eficiente. De acuerdo algunos estudios demuestran que el CN tiene una capacidad de reducir la turbidez en aguas superficiales, esta semilla potencia su eficacia siendo una alternativa viable y rentable a los coagulantes químicos.

Según P. Vega Andrade [4], este artículo se enfocó en la relevancia de descubrir opciones viables y eficaces para las aguas servidas; así mismo, se alude a la inquietud creciente por la utilización de coagulantes químicos en la purificación de aguas, lo que ha implicado la exploración de contaminantes y microorganismos dañinos. Además, resalta la eficacia comparable de este CN con el coagulante convencional del sulfato de aluminio, junto con ventajas adicionales como el PH, la disminución de los de la generación de lodos y la

posibilidad de reutilización de los bio sólidos. De acuerdo a estos hallazgos avalan la factibilidad y beneficios ambientales y económicos en sistemas de purificación de AR.

En el artículo de F. A. Rasheed [1], aborda la relevancia de disponer de agua de calidad y con baja turbidez para prevenir daños en la salud y en los organismos acuáticos, el uso de coagulantes naturales y renovables se han vuelto una alternativa importante frente a otros coagulantes sintéticos debido a sus ventajas económicas y sostenibles. Se analizaron muestras de agua con diferentes niveles de turbidez (5, 10, 15, 30, 50, 70, 100, 200 y 300 NTU) a una temperatura controlada de 30 ± 2 °C. En los experimentos de coagulación, se aplicaron diferentes dosis del extracto (5-240 mg/L) en las muestras. Este estudio enfoca en la potencialidad de este coagulante como sustituto económico en la técnica de coagulación para reducir la turbidez del agua en regiones rurales donde no existe un tratamiento de agua disponible, se ha alcanzado una eficiencia de eliminación de hasta el 89% con el uso de MOSE.

La investigación de Hussein [13], resalta la relevancia de las prácticas sostenibles de purificación del agua y la necesidad de promover la aceptación e integración de estos métodos para asegurar un futuro saludable y sostenible. Se estableció concentraciones y la capacidad de cada CN para eliminar la turbidez, entre las dosificaciones correctas se ha encontrado entre el rango 0.1 a 0.8 g/L para los bio-coagulantes, con la mayor eficiencia de remoción alcanzada a 0.8g/L. Los hallazgos han mostraron que la MO fue el coagulante más eficaz, con una efectividad del 67.2%. Se llegó a la conclusión de que estos coagulantes podrían ser una opción sostenible a los coagulantes químicos convenciones en el tratamiento del agua. Además, se resaltaron los retos en la implementación práctica y se identificaron los aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales relevantes para la sostenibilidad y la aceptación de estos métodos.

Según L. Salazar [6], en esta investigación se ha evaluado diferentes coagulantes para reducir la turbidez, se ha considerado dos especies de plantas nativas que podrían ser aplicables en las zonas rurales de Colombia, estos coagulantes se comparan con los coagulantes convencionales que son los químicos, se resalta las diferencias de su eficacia y sostenibilidad. En la metodología de este estudio ha consistido en evaluar la eficiencia que tiene estos 3 coagulantes (MO, Yausa y Pan de Fruta) en la reducción la turbidez de las muestras de agua cruda con una turbidez de 40 a 50 NTU. Estos coagulantes han destacado en la implementación de sostenibilidad, se concluyó que este estudio propone una solución alentadora al reto mundial de proveer acceso a

agua limpia y segura, resalta también la importancia de adoptar estas nuevas prácticas sostenibles y sobre todo respetuosas con el medio ambiente para asegurar así un futuro sostenible y también saludable.

Según B.S, Nseyimana [14], en su tesis menciona el problema mundial que se tiene como la falta de agua y sobre todo el deterioro ambiental y cómo el empleo de coagulantes naturales derivados de plantas, como la moringa, este puede proporcionar una solución ecológica para las PTAR. Se han analizado los parámetros fisicoquímicos del agua cruda y tratada, se encontró la dosis correcta de 0.4g/100mL resultó en una reducción significativa en varios parámetros de calidad del agua, incluyendo la turbidez en un 92%, el COD en un 88%, y los sólidos totales en un 96%. Además de eso se ha identificado una gran reducción en los niveles de cloruro, dureza total e inorgánica de fósforo. Se enfatiza que el uso de coagulantes naturales ofrece múltiples beneficios, como la reducción de costos y la reducción de la acidez del agua.

Según S. Aphira [15], en este artículo menciona la necesidad de tratar el agua residual generadas por la industria de Tofu contiene alta carga orgánica y en este caso no puede ser vertidas directamente en el medio ambiente sin ser tratadas previamente, analiza la efectividad de coagulantes orgánicos que son las semillas de MO y tamarindo para eliminar los SST y DQO. Además, se realizan varios experimentos hasta determinar la dosis correcta de las cuales fueron las siguientes: 2,3,4 y 5 gramos por litro (gr/L). Estas dosis se evaluaron en diferentes niveles de ph (5,6,7 y 8) utilizando una solución de NaOH. Los resultados más efectivos se obtuvieron con un coagulante de semillas de MO a una dosis de 3gr/L, logrando una reducción óptima de TSS y COD en condiciones de ph entre 7 y 8.

En este artículo de N. Al-Jadabi [8], menciona lo que nos urge buscar y describir los métodos sostenibles y eficientes, además al usar estos coagulantes naturales da como una buena opción ecológica y sobre todo económica frente al uso de coagulantes sintéticos e inorgánico. Se examina también de que está compuesto la semilla y también sus elementos activos, muchos estudios han evaluado la efectividad en la eliminación de contaminantes y microorganismos del agua. También se debate mucho en el proceso de coagulación y también en distintos métodos empleados para su implementación, se enfatiza que estas semillas lleguen a representar una alternativa sostenible y también económica, se espera que extienda esta forma en diferentes industriales y en países en desarrollo.

Según D. B. Pastor [16], en su tesis aborda muchos métodos que se pueden aplicar en la coagulación y floculación para eliminar las partículas suspendidas en el agua, estos métodos son esenciales para poder mejorar la calidad del agua ya que desestabilizan y agrupan partículas, facilitando su posterior sedimentación y filtración. El polvo de MO es un buen agente en la reducción de la turbidez para las AR, de acuerdo con la metodología en esta tesis es un análisis experimental donde evalúa la dosificación, la velocidad de agitación y también el ph en el proceso de coagulación, se llevaron a cabo pruebas con distintas dosis de coagulante, utilizando polvo de semilla de MO, se evaluaron dosis de 0.5g, 0.8g y 1g. La dosis más eficaz fue de 0.8g, logrando reducir la turbidez del agua: un 77.90% (de 214.67 NTU a 47.43 NTU) a una velocidad de agitación de 200 RPM y un 77.69% (de 214.67 NTU a 47.90 NTU) a 150 RPM. Los parámetros específicos y las velocidades de agitación variaron entre los experimentos, lo que permitió identificar la condición más adecuada para cada dosis.

En la tesis de D. G. Huamán [17], aborda la problemática centrada en la necesidad de mejorar el uso del sulfato de aluminio, siendo un coagulante convencional para la eliminación del DQO y la DBO en las AR domésticas en la PTAR, tiene como desafío poder perfeccionar este tratamiento para poder cumplir con las normativas ambientales y sobre todo asegurar la correcta purificación de las AR antes de su liberación al entorno. En cuanto la dosificación del sulfato de aluminio, se evaluaron varias concentraciones: 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% de $Al_2(SO_4)_3$ para medir las concentraciones residuales de DQO y DBO en las aguas tratadas. Se muestran las eficiencias logradas en el tratamiento con el sulfato de aluminio para la DQO y la DBO junto con los análisis estadísticos llevados a cabo.

La tesis de B. C. Vidal [18], aborda la problemática que se ve a nivel mundial, particularmente en países en desarrollo, donde la urbanización acelerada plantea muchos retos en los términos de calidad del agua, también la infraestructura de saneamiento y sobre todo la disponibilidad del suministro del agua también resulta que a un nivel global de 36% de las personas enfrentan mucha escasez de agua y también menciona que solo el 20% reciben el tratamiento adecuado después de su uso, sin embargo, este panorama menciona la importancia de investigación como por ejemplo: Vidal Anco en su tesis centra la mejora de la calidad del agua del medio ambiente, sobre todo en el uso del sulfato de aluminio y también la remodelación del desarenador en la provincia de Pomabamba, Ancash. Los resultados han evidenciado que el uso del CQ ha mejorado la calidad del agua, disminuyendo el ph y sobre todo la turbidez, se ha logrado una eliminación significativa del color el agua.

En la investigación de Y. Caldera [19], se ha enfocado como diferentes concentraciones del sulfato de aluminio, ha mejorado la eliminación de contaminantes en las AR del proceso avícola, que representa una alta carga de materia orgánica y sólidos, se han realizado prueba de laboratorio con diferentes dosificaciones de sulfato de aluminio, como por ejemplo tenemos: 200, 250, 300, 350 y 400 mg/L, se descubrió que la dosis de 300 mg/L fue la más eficiente, logrando más del 74% de remoción de contaminantes. En la metodología menciona que en su procedimiento comprende varias etapas, como la utilización de rejillas, un depósito de homogeneización, un tamiz rotativo y también un sistema de lodos activos, entre otros; mucho de estos problemas pueden abarcar en la reducción de la eficacia de la transferencia a fase líquida a célula, también la aparición de olores desagradables y otros desafíos.

De acuerdo al estudio realizado por M. Guerra y A de Jurado [20], se analizó las posibilidades de introducir la MO en el mercado estadounidense, destacando que Perú cuenta con una producción considerable la demanda interna es limitada debido al desconocimiento y a los hábitos de consumo poco desarrollados, por esta razón se buscó identificar una oportunidad de mercado para la MO peruana. La viabilidad de exportar desde el Perú se fundamenta en la presencia de entidades como DIGESA, SENASA y DIGEMID, que pueden garantizar la inocuidad alimentaria y cumplir con los estándares fitosanitarios y zoonosarios exigidos por EE.UU.

Bases teóricas

Laguna de estabilización

Las lagunas de estabilización son los sistemas acuáticos para poder purificar el agua residual, se utilizan procesos biológicos inherentes que involucran la interacción entre la biomasa (como algas, bacterias, protozoos, etc.) y los compuestos contenidos orgánicos en dichas aguas. Este procedimiento aplica cuando la biomasa algal y los nutrientes expulsados con el agua tratada pueden ser integrados por el entorno receptor [21].

Cuando el agua tratada se vierte en un lago o represa, es crucial evaluar la posibilidad de eutroficación del entorno acuático antes de poder optar a una alternativa de vertido, en el caso del procesamiento de las AR, tanto domésticas como industriales, se tomarán en cuenta únicamente aquellos sistemas de estanques que contengan secciones anaerobias, aireadas

facultativas y maduración, siguiendo el número también de secciones estipuladas en la regulación vigente.

Lagunas San José

El terreno de las lagunas de Estabilización de San José está situado en el Km. 6 de la carretera Chiclayo- San José, a 500 metros de la Ciudad de Dios. Este lugar se ha diseñado como una unidad compacta para tratar las AR que provienen de los colectores Norte, Sur Norte de Chiclayo, con una capacidad de 76,850 metros cúbicos diarios, equivalente a 890 litros por segundo. Este incluye un pretratamiento con cámara de rejillas, un sistema de medición de caudales Parshall, y tres series de lagunas que consisten en dos lagunas primarias anaeróbicas y dos lagunas secundarias facultativas. El efluente resultante tiene características físicas, químicas y microbiológicas adecuadas para el riesgo de cultivos de gran tamaño [22].

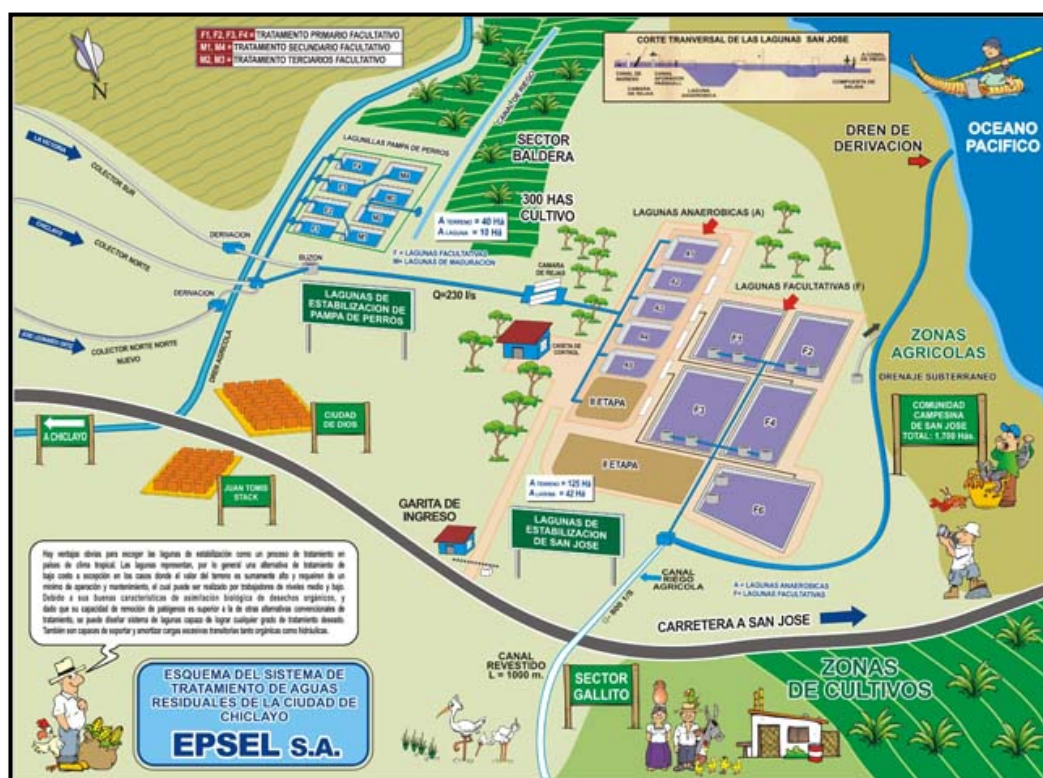


Ilustración 1 Sistema de tratamiento de desagüe de Chiclayo mediante lagunas de estabilización

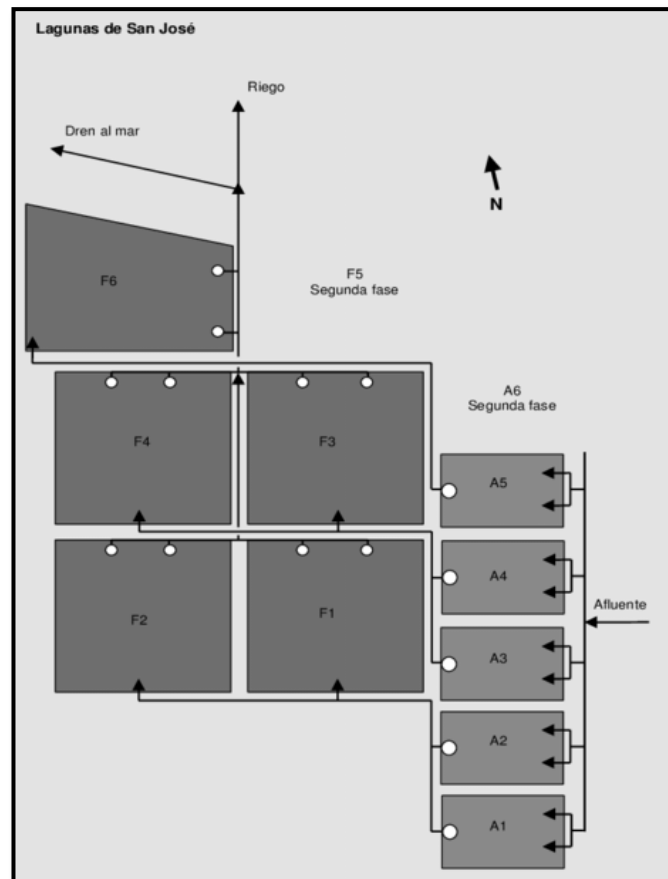


Ilustración 2 Esquema de funcionamiento de la Laguna de estabilización San José - Chiclayo

Agua

Se puede definir como un recurso hídrico que abarca tanto el agua superficial como también la subterránea, este recurso es fundamental y debe ser regulado, también gestionado por la Autoridad Nacional del Agua, se considera muy esencial para la vida y debe ser utilizado de manera sostenible, cumpliendo también con las normativas ambientales, pero sobre todo cumpliendo los estándares establecidos para su conservación y uso [23].

Aguas residuales

Estas aguas han sido modificadas a causa de diferentes actividades humanas, requiere de un proceso de tratamiento preliminar antes de que se puedan ser reutilizadas, es decir, vertidas en un cuerpo de agua o puede ser en los sistemas de alcantarillado [24]. Las aguas industriales, domésticas o municipales aumentan la turbidez en una laguna de estabilización debido a mucha presencia de materia orgánica, también sólidos en suspensión y contaminantes químicos. El estudio del comportamiento de un CQ frente a uno natural se enfoca sobre todo en determinar

cuál es el más efectivo para reducir esta turbidez, teniendo en cuenta la diversa composición de las AR y la necesidad de un buen tratamiento adecuado para mejorar la calidad del agua.

Clasificación de aguas residuales

Aguas residuales domésticos

Estas aguas, a menudo referidos como efluentes domésticos, se originan en viviendas y también en infraestructuras residenciales, son las que generan en los hogares a partir de muchas actividades diarias, como por ejemplo tenemos el uso de baños, cocinas y lavanderías. También suelen contener contaminantes orgánicos y nutrientes [23].

Aguas residuales industriales

Las aguas provienen de las instalaciones industriales, ya que son un producto de las operaciones industriales, estos llegan a contener una variedad de contaminantes que fluctúan dependiendo al tipo de industria, en estas circunstancias son tóxicas y requieren métodos de tratamiento específicos [23].

Aguas residuales municipales

Son aquellos que se llevan a generar en áreas urbanas y provienen de la combinación de AR domésticas e industriales, así como de escorrentía de lluvias, estas aguas son tratadas en plantas de tratamiento antes de ser devueltas al medio ambiente. Estas aguas se recogen de precipitaciones y las corrientes de agua y de las ciudades, y aunque puedan parecer puras, a menudo transportan contaminantes del aire y partículas que se han desprendido de las superficies urbanas [23].

Parámetros de las aguas residuales en lagunas de estabilización

En este proyecto de investigación se va a comparar la efectividad de un coagulante químico y uno natural para poder reducir la turbidez en una laguna de estabilización, es esencial analizar cómo cada uno de los parámetros afecta la turbidez y cómo los coagulantes pueden llegar a mejorar la calidad de esta agua. Los coagulantes deben ser evaluados no sólo por su capacidad para poder disminuir la turbidez, sino también por su impacto, entre otros parámetros como la DBO, DQO, SST, pH y la presencia de coliformes termo tolerantes, puede optimizar el proceso de coagulación.

Por eso se evalúa como cada coagulante influye en estos parámetros para poder determinar cuál es el más efectivo en la calidad del agua en la laguna de estabilización, la turbidez no solo representa un problema estético, sino también refleja la calidad del agua y sobre todo, la aptitud para ser reutilizada o descargada en cuerpos receptores. Por lo tanto, es necesario tener un enfoque integral que considere la interacción de estos factores para mejorar el rendimiento de las plantas de tratamiento y asegurar también la calidad del agua tratada.

Los coliformes termotolerantes

Estos termotolerantes son un indicador muy esencial para determinar la calidad del agua tratada, ya que su presencia señala contaminación fecal, lo cual puede deberse a un tratamiento insuficiente en las plantas de tratamiento de AR, este parámetro está asociado con partículas suspendidas que aumentan la turbidez del agua [25]. Si el tratamiento no llega a ser adecuado, se llegan a producir sólidos suspendidos como bacterias y nutrientes, aumentando la turbidez del agua, estos altos niveles de coliformes termo tolerantes no sólo indican contaminación microbiana, sino también una mayor cantidad de sólidos que afectan la claridad del agua.

Aceites y grasas

Los aceites y grasas presentes en las AR llegan a formar una capa en la superficie y este crea emulsiones que incrementa la turbidez, estos compuestos difíciles de eliminar pueden interferir en los procesos de tratamientos, reduciendo la eficiencia en la remoción de otros contaminantes, además, afectan la apariencia física del agua, haciéndola más turbia y oscura [25]. La eliminación adecuada de aceites y grasas es crucial para mejorar la claridad del agua tratada, ya que estos compuestos implican tanto la calidad del agua como su apariencia física, si no se eliminan adecuadamente durante el tratamiento, estas sustancias contribuyen a que se vea más turbia y oscura.

Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La DBO mide la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica, lo que puede aumentar la turbidez debido a la presencia de materia orgánica, lo que puede aumentar la turbidez debido a la presencia de materia orgánica en suspensión. La DQO mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar compuestos orgánicos e inorgánicos en el agua, altos niveles de DQO pueden correlacionarse con una mayor turbidez, ya que indican la presencia de sustancias que pueden formar partículas suspendidas [25]. Un nivel elevado de DBO sugiere

una alta carga orgánica que, si no se descompone adecuadamente durante el tratamiento, puede generar como materia suspendida, aumentando la turbidez del agua de esta manera; similar a la DQO cuantifica el oxígeno necesario para oxidar toda la materia orgánica y algunos compuestos inorgánicos, lo que significa que un valor alto de DQO también puede indicar la presencia de sólidos suspendidos y las partículas que contribuyen a turbidez.

El Ph

El PH del agua residual puede influir en la solubilidad de ciertos compuestos y en la formación de partículas, un PH fuera del rango óptimo puede causar la precipitación de sólidos aumentando la turbidez [25]. El PH es uno de los parámetros de control obligatorio que todo proveedor de agua debe analizar, mide la acidez o alcalinidad del agua para garantizar la calidad del agua [26].

Mantener un PH adecuado es esencial para poder optimizar los procesos de tratamiento y reducir la formación de partículas que contribuyen a la a turbidez, un ph balanceado facilita la coagulación y floculación de partículas, mejorando la remoción de sólidos y reduciendo la turbidez del agua tratada. Si el PH se desvía del rango óptimo para la actividad biológica, puede provocar la acumulación de sólidos no deseados o precipitados, aumentando la turbidez del agua, por ejemplo, un ph extremadamente bajo o alto puede influir en la disponibilidad de nutrientes y en la capacidad de las bacterias para descomponer la materia orgánica, lo que resulta en una menor eliminación de sólidos y por ende, en un aumento de la turbidez.

Sólidos Totales en Suspensión (SST)

Los SST incluyen partículas orgánicas e inorgánicas que no se disuelven en el agua y que pueden ser difíciles de eliminar, la remoción de sólidos totales es crucial para mejorar la calidad del efluente, procesos como la sedimentación, la filtración y la flotación son utilizados para reducir los niveles de sólidos totales y por ende, la turbidez [25]. Estos están directamente relacionados con la turbidez del agua tratado, ya que pueden incluir sedimentos, materia orgánica y otros contaminantes, al tener un nivel elevado, indica que el agua contiene más partículas que dispersan la luz, aumentando así la turbidez; por lo tanto, la eficiencia de la planta del tratamiento en eliminar esas partículas es esencial para asegurar la calidad del efluente final.

Temperatura

La temperatura puede afectar las reacciones químicas y la actividad biológica en las plantas de tratamientos, estas temperaturas óptimas promueven el crecimiento de microorganismos que descomponen los contaminantes, sin embargo, temperaturas extremas pueden reducir esta actividad, lo que lleva a una menor degradación de la materia orgánica y, a un aumento de sólidos suspendidos que incrementan la turbidez [25]. Además, temperaturas más altas pueden favorecer el crecimiento de algas, lo que también contribuye a la turbidez del agua. La temperatura puede afectar la solubilidad de gases y la actividad biológica en el tratamiento de AR.

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica y la turbidez en las AR están interrelacionadas a través de la presencia de iones y partículas suspendidas, mide la capacidad del agua para conducir electricidad, esto depende de la concentración de iones disueltos como sales y minerales, si la conductividad es alta puede indicar una mayor concentración de estos iones, que a su vez pueden estar asociados con partículas suspendidas que incrementan la turbidez [25]. En el contexto de la calidad del agua, la conductividad se mide en micro siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y puede indicar la cantidad de sales disueltas en el agua.

Durante el tratamiento de AR, procesos como la coagulación y floculación puede influir en ambos parámetros, reduciendo la turbidez al eliminar partículas suspendidas y alterando la conductividad según los productos químicos utilizados. Monitorear regularmente estos parámetros es esencial para poder evaluar la calidad del agua y sobre todo la eficiencia de los procesos de tratamiento en las plantas de tratamiento de AR, permitiendo identificar problemas y tomar medidas correctivas para poder asegurar así que el efluente cumpla con los estándares ambientales.

Turbidez

El término turbidez alude al grado en que el líquido claro, como el agua, se vuelve opaco para la existencia de partículas suspendidas, este se mide a través de turbidímetro y los resultados se presentan en unidades nefelométricas de turbidez, abreviadas como NTU [16]. La turbidez describe como la claridad de un líquido se ve afectada por partículas suspendidas que alteran el paso de la luz, esencialmente hace que la luz se refleje en vez de atravesar la solución.

La presencia de distintos elementos suspendidos que pueden ir desde partículas coloidales hasta fragmentos más grandes, siendo la causa de la turbidez del agua, entre estos elementos se encuentra la arcilla, el limo, sustancias orgánicas e inorgánicas en pequeñas divisiones, así como organismos del plancton y diversos microorganismos [17].

Contaminación del agua

El agua se considerará contaminada cuando posee una cantidad exuberante de sustancias o energía que de alguna manera provoca daños severos a la salud humana, la vegetación, los animales y las propiedades. Esta contaminación tiene un impacto negativo en las operaciones realizadas en el agua y alrededor de ella, Provocando perjuicios o la pérdida de vida En las especies vegetales y animales [27].

Calidad de agua

Se define como el conjunto de características que presenta el agua en sus diferentes estados, ya sea de forma líquida, sólida o gaseosa, esta calidad se evalúa en función de su conformidad con los estándares establecidos, que son cruciales para diversos usos, la calidad del agua abarca la medición de contaminantes y la salud de las personas, como la del medio ambiente, por lo que se lleva a cabo un monitoreo constante para asegurar que cumplan las normativas de calidad ambiental pertinentes [23].

Coagulación

Es esencial para el tratamiento de agua, con el fin de remover y minimizar los sólidos en suspensión y otros contaminantes asociados mediante el uso de coagulantes, ya sean químicos o de origen natural. Los agentes coagulantes empleados pueden ser de tipo inorgánico, destacando entre ellos el cloruro férrico, el sulfato de aluminio y el sulfato de hierro, la coagulación actúa sobre las aguas servidas, iniciando un cambio en la carga superficial de las partículas, lo que promueve su unión y la formación de partículas de mayor tamaño que se destacan por acción de la gravedad, este término es utilizado por los ingenieros ambientales para referirse al proceso por el cual se retiran las partículas más grandes y los iones disueltos a través de las decantación gravitatoria o la precipitación [17].

Sulfato de aluminio

Este CQ se emplea para tratar y clarificar el agua, funciona como un agente coagulante y floculante para la purificación del agua, se puede usar en piscinas y en el tratamiento de AR, su principal función consiste en aglomerar las partículas suspendidas en el agua, promoviendo su decantación rápida, lo que contribuye a reducir la cantidad de bacterias y a mejorar la apariencia [28].

Propiedades físicas y químicas

Además, el sulfato de aluminio tiene características físicas y químicas definidas:

Tabla 1
Propiedades físicas y químicas del sulfato de aluminio

Nombre Químico	Sulfato de Aluminio
Sinónimos	Sulfato de Aluminio Tipo A, Tipo 1
Formula Molecular	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$
Apariencia	Sólido en grano- polvo blanco o ligeramente beige
Solubilidad en agua	70 g en 100g de agua a 20°C
Solubilidad en otros disolventes	Insoluble o parcialmente soluble en disolventes orgánicos.
Densidad aparente	1.00 g/cc
Olor	Inodoro
Sabor	Astringente y ligeramente dulce
Ph	3.0 – 3.6 al 1% solución
Peso Molecular	342.1358 g/mol
Gravedad Especifica	2.7 (Agua=1)
/Densidad:	
Temperatura de descomposición	85°C
Punto de inflamación	El producto no es inflamable
Granulometría:	0 – 1 mm
Otros datos	Producto higroscópico. Se apelmaza en contacto con la humedad o por el calor.

Usos

Este coagulante se usa primordialmente en el tratamiento y la depuración de AR, este desempeña un rol muy importante como coagulante y floculante, esta sustancia inorgánica es eficaz disminuyendo impurezas y partículas suspendidas presentes en el agua, facilitando su precipitación y clarificación [28].

Este coagulante presenta cierto impacto ambiental en términos de su comportamiento en el entorno acuático y su manejo como residuo, por ejemplo, vamos a detallar algunos aspectos relevantes:

- **Ecotoxicidad:** En organismos acuáticos, se ha observado que el sulfato de aluminio puede tener efectos adversos, por ejemplo, la CL50 para peces (*Brachydanio rerio*) es de 26 mg/l como Al, lo que indica una toxicidad para estos organismos.
- **Bioacumulación:** Se ha determinado que el sulfato de aluminio no es bioacumulable en los organismos, lo cual significa que tiende a ser eliminado del ambiente en lugar de acumularse en los seres vivos.
- **Degradabilidad:** En el medio ambiente acuático, el sulfato de aluminio tiende a transformarse en productos poco solubles, lo que podría afectar la calidad del agua.

Consecuencias

El uso de este CQ en el proceso de clarificación de aguas servidas llega a tener efectos nocivos para la salud humano si la manipulación no es la correcta, entre los efectos adversos se encuentran los siguientes:

- **Irritaciones oculares, cutáneas y respiratorias:** La exposición directa a este compuesto puede resultar en irritaciones en ojos, piel y sistema respiratorio.
- **Inhalación:** Respirar este químico puede causar molestias en las vías respiratorias.
- **Ingestión:** Consumir cantidades considerables de este material puede provocar trastornos gastrointestinales, representando una amenaza para la salud.
- **Contacto con ojos y piel:** Si se tiene contacto directo con los ojos este puede generar irritación, y de igual manera al tener contacto con la piel puede ser irritante al manipular esta sustancia.

Moringa oleífera

Es un miembro de la familia Moringáceas, que se origina en los Capparidales y abarca 13 especies. Estos son árboles que prosperan en climas tropicales y también en subtropicales, además es la especie más conocida y su nombre científico es *Moringa oleífera* Lam. Este árbol, la MO tiene sus raíces en el Himalaya y se ha propagado a lugares. Se piensa que los ingleses la llevaron de la India a África y que los franceses la introdujeron en el Caribe. desde donde se extendió a Centroamérica [29].

Tabla 2

Nombre botánico de la Moringa Oleífera

Nombre Común:	Moringa, Perla
Familia:	Moringaceae
Género:	Moringa
Especie:	Oleífera
Partes usadas:	Hojas, frutos, semillas y tallos

Esta semilla fue hallada por mujeres con limitados recurso en China. En la búsqueda de diferentes fuentes de agua bebible, notaron que las semillas de un árbol local podían clarificar el agua, haciendo que los sedimentos se asentaron al fondo de sus recipientes, resultando en agua transparente. A partir de ese momento, el conocimiento sobre la planta y sus beneficios se ha expandido no solo por Asia, sino que también en otras zonas, adaptándose exitosamente a ambientes tropicales, esta semilla funciona como un coagulante orgánico que facilita la aglutinación de partículas flotantes en el agua, causando su precipitación debido al incremento de peso. Para su uso, las semillas secas de moringa, son trituradas para activar sus propiedades coagulantes y se aplican con o sin su cubierta exterior [9].

En el departamento de Lambayeque, específicamente en zonas como Pátapo, se ha desarrollado cultivo de la MO, un árbol resistente y de rápido crecimiento que se llega a adaptar favorablemente a los climas áridos y suelos menos fértiles, puede alcanzar la altura de 7 y 12 metros, su tronco es delgado y sus hojas son muy nutritivas, lo que hace muy ideal para su uso. Según investigaciones en el año 2012 se llegó a cultivar 10 ha de MO en esta región, logrando producir más de 25 toneladas de MO fresca, estas características la convierten en una opción viable para potenciar la agricultura local [20].

Usos

Este CN al ser usado presenta varios aspectos positivos en términos de impacto ambiental, ya que se considera una alternativa natural y sobre todo sostenible con los coagulantes químicos tradicionales, alguno de los beneficios ambientales:

- **Biodegradabilidad:** La MO es una planta natural que se descompone de manera biodegradable en el medio ambiente, lo que minimiza la acumulación de residuos y reduce la contaminación ambiental.
- **Baja toxicidad:** En comparación con los coagulantes químicos, la MO generalmente se considera segura y con baja toxicidad para los organismos acuáticos y el ecosistema en general.
- **Sostenibilidad:** La moringa, debido a su veloz desarrollo y su extensa presencia en diversas zonas, se presenta como una alternativa ecológica y regenerable para la purificación de aguas, evitando la dependencia de sustancias químicas de origen no renovable.

El uso de la semilla de MO como un coagulante puede llegar a tener el mismo impacto ambiental positivo porque es una opción natural. También es biodegradable, de bajo impacto y sostenible para la depuración de aguas servidas, favoreciendo de esta manera la conservación del entorno natural.

Tabla 3

Resultados de Análisis Bromatológico

PARÁMETRO	MORINGA	UNIDADES
HUMEDAD	4.47	%
CENIZAS	7.06	%
GRASAS	40.55	%
PROTEÍNAS	26.87	%
FIBRA	6.6	%
CARBOHIDRATOS	14.45	%
CALORÍAS TOTALES	530.23	Kcal/100g

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a un estudio realizado menciona que las semillas de MO contienen proteínas catiónicas es decir cargadas positivamente que son responsables de su efectividad como CN en el tratamiento de las AR, estas proteínas actúan al neutralizar las partículas cargadas

negativamente presentes en el agua, lo que permite la formación de flóculos que son más grandes, se logran sedimentar más fácil [30].

En la tabla 3 muestra el análisis bromatológico que se ha realizado a la semilla de MO teniendo un porcentaje significativo de 26.87%, estas proteínas son las responsables de la acción coagulantes, también otras propiedades como por ejemplo las grasas y fibras que, aunque no esté directamente relacionadas contribuyen a la robustez y eficacia del proceso coagulante, aquí tenemos el mecanismo más detallado de cómo actúa:

1. **Proteínas cargadas positivamente:** Las proteínas en la semilla de MO tienen cargas positivas, estas cargas neutralizan las partículas suspendidas en el agua que suelen tener cargas negativas u otros contaminantes.
2. **Formación de flóculos:** Una vez que son neutralizados las cargas, las partículas contaminadas se agrupan formando flóculos, estos son mas grandes y pesados lo que logra facilitar su sedimentación.
3. **Sedimentación:** Gracias a este proceso, el agua en la parte superior se convierte menos turbia y más transparente, lista para ser utilizada.
4. **Clarificación del agua:** Gracias a este proceso, el agua en la parte superior se convierte menos turbia y más transparente, lista para ser utilizada.

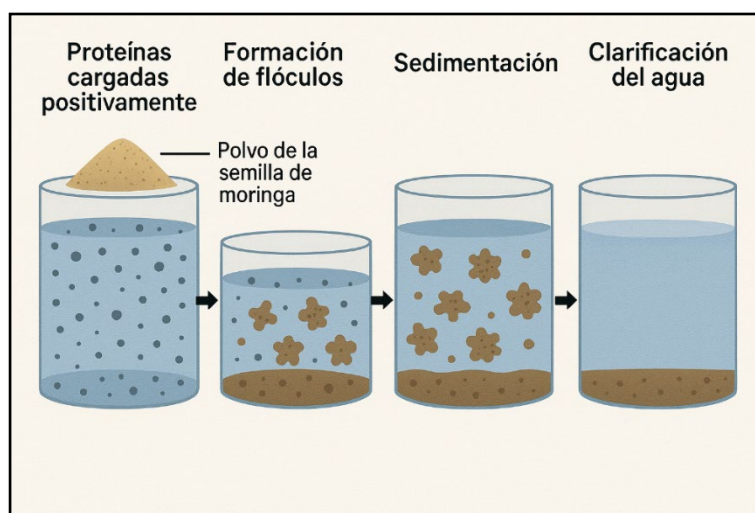


Ilustración 3 Proceso de cómo actúa las propiedades de la semilla de MO en las AR

Las semillas de MO conservan su calidad fisiológica hasta por 360 días cuando se almacenan en condiciones óptimas de refrigeración, estas incluyen el uso de envases herméticos de plásticos o aluminio con niveles de humedad relativa entre el 70% y el 77%, y temperaturas bajas entre

6°C y 7°C, estas condiciones reducen el deterioro causando por factores como la oxidación y el incremento de humedad, que afectan la eficacia de las proteínas coagulantes, también cuando se almacenan en recipientes de vidrio y bajo las condiciones ambientales no controladas como una temperatura promedio de 28°C y una humedad relativa de 74%, su calidad fisiológica comienza a deteriorarse significativamente, perdiendo su efectividad a los 150 días debido a las fluctuaciones de humedad y altas temperaturas [31].

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition

Para este proyecto de investigación he utilizado la metodología detallada con guía de este libro, ya que es una referencia internacionalmente reconocida que proporciona procedimientos estandarizados para el análisis de diversos parámetros de calidad del agua. En mi estudio apliqué estos métodos para medir la turbidez, el ph, el DBO, la DQO, los aceites y grasas, la conductividad y los sólidos totales disueltos [32]. La utilización de estos métodos garantiza la posición y la comparabilidad de los resultados, lo cual es fundamental para evaluar adecuadamente la calidad del agua y las AR. Este enfoque metodológico me ha permitido obtener datos fiables y consistentes, esenciales para las conclusiones y recomendaciones de mi investigación.

Ensayo de jarras

En este ensayo de jarras principalmente predomina establecer una dosis adecuada de agentes y también otros elementos esenciales en el tratamiento de aguas a través de la coagulación química, esta prueba es una simulación en un entorno controlado de laboratorio, las etapas de coagulación, floculación y decantación, la realización de esta prueba demanda información preliminar, tal como los niveles de ph, la turbidez, el color y la alcalinidad del agua [17]. Esta metodología imita las fases de coagulación y floculación dentro de un ambiente de laboratorio, este llega a facilitar la obtención de agua óptima, calidad que puede ser segregada con sencillez a través de la sedimentación [16].

Fórmula de tamaño de muestra

1. El nivel de confianza deseado (Z)

El grado de confianza llega a indicar la probabilidad del valor verdadero del parámetro de la población que está dentro del rango calculado en la muestra, se tiene que a mayor confianza deseada mayor va a ser el número de sujetos necesarios; por esta razón este grado de terina

según el interés del investigador siendo los valores más comunes como el 99%,95% y 90%. Además es muy importante señalar que los valores que se van a utilizar en la fórmula provienen del cálculo del área bajo la curva normal para los porcentajes mencionados [33].

Tabla 4
El nivel de confianza deseado (Z)

% Error	Nivel de Confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99%	2.58
5	95%	1.96
10	90%	1.645

2. Para estudios cuya variable principal es de tipo cuantitativo

Se tiene que para una población infinita es decir, cuando no se conoce el número total de unidades de observaciones que la componen o cuando la población supera más de los 10000 individuos [33].

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

Donde:

- (n) es el tamaño de muestra.
- ($Z_{\alpha/2}$) es el valor crítico de la distribución normal (1.96 para un nivel de confianza del 95%).
- (σ) es la desviación estándar
- (E) es el margen de error

Fórmula para diluciones

Las concentraciones de una disolución se refieren a las cantidades del soluto que está presente en una cantidad específica de algún solvente o se solución. Por esta razón, es muy importante aclarar que disolver un soluto implica añadir solvente al soluto, mientras que diluir una solución significa agregar solvente a una solución ya preparada. En un proceso de dilución, la solución inicial que es la concentrada o madre en todo caso se le añade un solvente es decir, la solución de partida, esta solución obtenida tras agregar el solvente se denomina solución final, resultante o también diluida [34].

Tabla 5
Fórmula de diluciones

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Donde:

- C1 = concentración molar de la disolución.
- V1 = volumen de la alícuota por tomar de la disolución.
- C2 = concentración molar de la disolución diluida.
- V2 = volumen de la disolución diluida.

Bases legales

Norma OS.090 plantas de tratamiento de aguas residuales

En esta norma se establece los procedimientos y criterios de diseño para el tratamiento de AR, incluye también el uso de las lagunas de estabilización como un método de tratamiento secundario reducir la turbidez es muy esencial, ya que una alta turbidez puede afectar negativamente la eficiencia de los procesos de desinfección y la calidad del efluente, según lo estipula la norma. Esta norma menciona el uso de coagulantes como técnica para mejorar la sedimentación y clarificación del agua [21].

Teniendo en cuenta lo mencionado, en este proyecto de investigación se va a centrar en analizar como un CQ y uno natural puede llegar a optimizar el proceso de coagulación y floculación en las lagunas de estabilización, este estudio es relevante porque proporciona 2 valiosas alternativas más sostenibles y económicas para el tratamiento de AR, lo cual es un aspecto fundamental de la norma, el uso de estos coagulantes naturales como se propone puede tener un menor impacto ambiental en comparación con los coagulantes químicos tradicionales.

Límites máximos permisibles (LMP) - Decreto Supremo N. 003-2010-MINAM

Este decreto representa la medida de concentración máxima permitida de componentes químicos biológicos en un efluente, también establece que la temperatura de los efluentes de las plantas de tratamiento de AR no debe superar los 35 °C, en cuanto al PH, se permite un rango que va desde los 6 hasta 8.5 unidades.

Estos límites son muy esenciales para poder evaluar la cantidad del influente tratado en las PTAR antes de su liberación, afluentes acuáticos naturales. También es obligatorio cumplir con los LMP en todas las PTAR, sin importar su capacidad o nivel de procesamiento [35].

En relación con mi proyecto es muy importante considerar estos coagulantes como afectan los parámetros de calidad del agua, que son regulados por los LMP, al evaluar la efectividad de los coagulantes, se analizó si el CN y químico permite alcanzar los niveles de turbidez y otros parámetros (como sólidos suspendidos, PH y contaminantes específicos) dentro de los límites permitidos por el decreto.

Tabla 6
Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10, 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
PH	Unidad	6.5 - 8.5
Sólidos Totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: Decreto Supremo N. 003-2010-MINAM

Reglamento de la calidad del agua - DS N° 031- 2010-SA

El Reglamento establece que la Turbidez, el PH y la conductividad son parámetros claves para poder evaluar la calidad del agua, el PH debe mantenerse en un rango de 6.5 a 8.5., en cuanto la conductividad, esta debe ser monitoreada y no debe exceder los 1,500 $\mu\text{mho/cm}$ a 25°C. En conjunto, estos parámetros son cruciales para garantizar que el agua cumpla con los estándares necesarios para el consumo humano y la protección del medio ambiente [26].

Tabla 7
Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

			permisible
1	Olor	Aceptable
2	Sabor	Aceptable
3	Color	UCV escala Pt/Co	15
4	Turbiedad	UNT	5
5	Ph	Valor de pH	6.5 a 8.5

6	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7	Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8	Cloruros	mg Cl - L ⁻¹	250
9	Sulfatos	mg SO ₄ = L ⁻¹	250
10	Duresa total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11	Amoniaco	mg N L ⁻¹	1.5
12	Hierro	mg Fe L ⁻¹	0.3
13	Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0.4
14	Aluminio	mg Al L ⁻¹	0.2
15	Cobre	mg Cu L ⁻¹	2
16	Zinc	mg Zn L ⁻¹	3
17	Sodio	mg Na L ⁻¹	200
UCV = Unidad de			
color verdadero			
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad			

Decreto Supremo N° 004-2017-MIMAM

Este estudio sobre el uso de coagulantes tanto químicos como natural para poder disminuir la turbidez en una laguna de estabilización está vinculada a este decreto, ya que busca métodos eficaces para mejorar la calidad del agua. Este decreto establece que el ph de las AR, deben mantenerse entre 6 y 9 dependiendo el tipo de contacto, mientras que la conductividad tiene límites de 1,500 µS/cm para aguas que se desinfectan y 1,600 µS/cm para aquellas que se tratan de manera convencional. Además, se fija un límite de turbiedad de 5 UNT para aguas potabilizables mediante desinfección y de 100 UNT para las que se pueden tratar convencionalmente. El reglamento establece los (ECA) con el objetivo de evitar un peligro significativo la salubridad de las personas y sobre todo la protección del medio ambiente [36].

Ley de Recursos Hídricos N.º29338

Mi investigación está vinculada con esta ley de recursos hídricos, ya que tiene como objetivo garantizar la conservación y el uso sostenible de los recursos hídricos en el Perú, al enfocarme en mejorar la calidad del agua, mi estudio contribuye a los objetivos de la ley. Además, al explorar alternativas naturales a los coagulantes químicos promuevo prácticas más sostenibles hogar y menos dependientes de productos químicos, lo que apoya la sostenibilidad ambiental y

la protección de los ecosistemas acuáticos. Por eso de esta forma mi investigación no sólo busca mejorar la calidad del agua, sino que también se alinea con los principios para la protección del medio ambiente. En términos de AR, la legislación dicta que el sujeto administrativo tiene la obligación de implementar sistemas que midan los flujos de agua residual tratada, lo que permitirá llevar un registro de volumen total descargado y comunicar estos datos con la Autoridad Nacional del Agua con la periodicidad específica con la autorización de vertimiento correspondiente [23].

Impacto ambiental

Métodos cuantitativos

Método del Batelle-Columbus

Este método permite evaluar los impactos ambientales de un proyecto mediante el uso de los indicadores homogéneos, es posible también planificar proyectos a medio o largo plazo con el mínimo impacto ambiental, la base metodológica consiste en definir una lista de indicadores de impacto ambiental. Cada uno de estos merece consideración individual, estos indicadores también reflejan la representatividad del impacto ambiental derivado de acciones consideradas. El formato se asemeja a un árbol con factores ambientales distribuidos en cuatro niveles: en categorías en el primer nivel, componentes en el segundo, parámetros en el tercero y medidas en el cuarto [37].

Los parámetros son fácilmente medibles, estimándose mediante medidas o niveles, utilizando datos del entorno y preferentemente mediciones reales, estas medidas se escalan en una puntuación de cero a uno, representando el índice de calidad ambiental en unidades con mensurables. Cada parámetro expresado en unidades de calidad ambiental recibe un valor basado en su contribución relativa a la situación ambiental, la suma ponderada de los factores proporciona el valor de cada componente, categoría y el valor ambiental total. Al aplicar este sistema a la situación ambiental, con y sin el proyecto, podemos calcular el impacto neto para cada parámetro, la transformación a unidades conmensurables permite evaluar el impacto global de diferentes alternativas para un mismo proyecto.

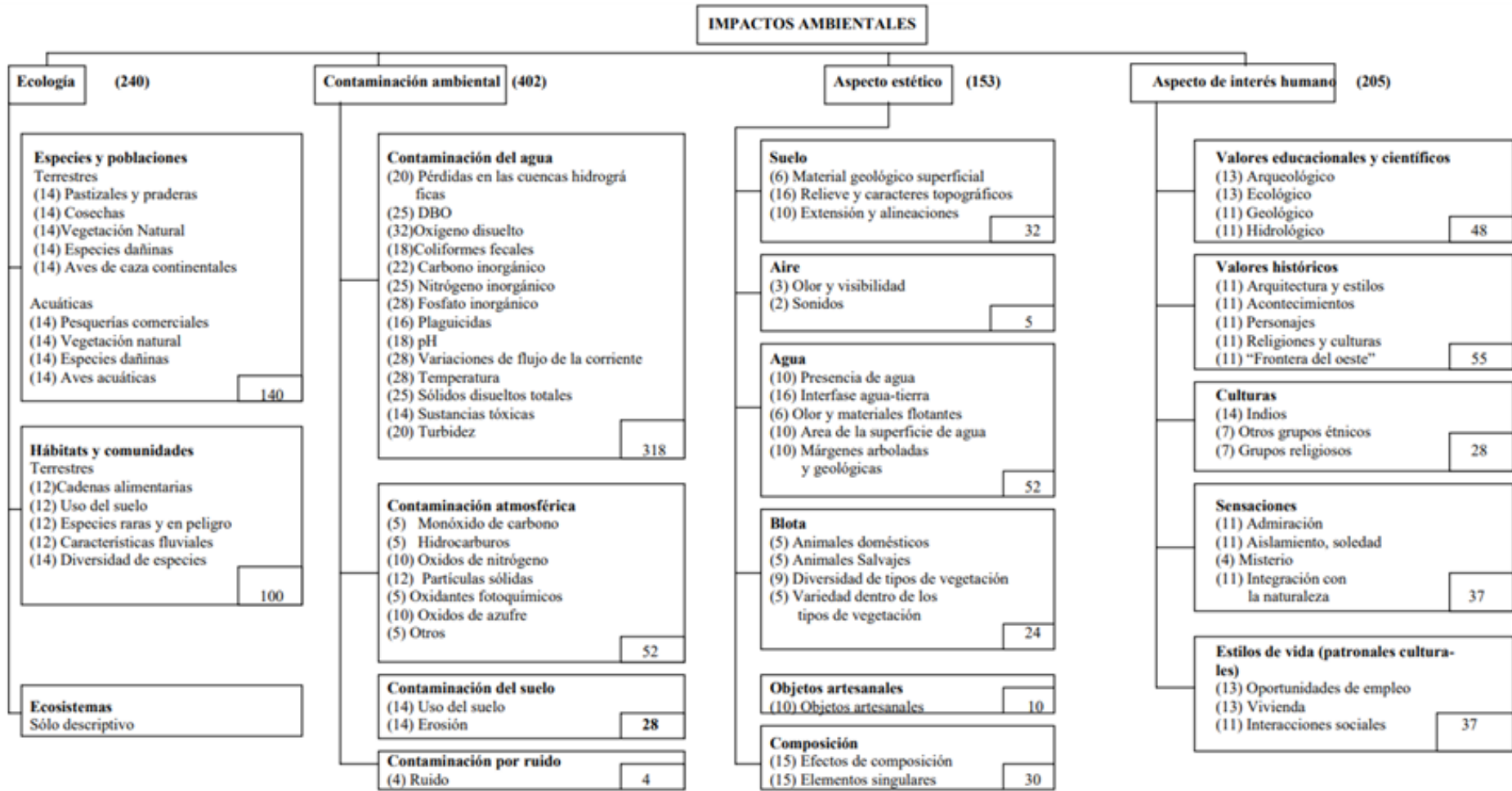


Ilustración 4 Parámetros ambientales del método Batelle – Columbus

Materiales y métodos

Tipo de estudio

El proyecto de investigación corresponde al tipo cuantitativo, ya que implica recopilar y analizar datos numéricos y esto va a ser medido a través de ensayos de laboratorio para poder determinar la eficacia de los coagulantes, en términos de turbidez; se tiene como propósito analizar y valorar la capacidad de los diferentes coagulantes para disminuir la turbiedad de las muestras sacadas de la laguna de estabilización San José siendo el sulfato de aluminio el agente químico y la MO el natural.

Diseño de investigación

El proyecto de investigación se enmarca en un diseño de investigación experimental, porque permite obtener datos cuantitativos al realizar un análisis riguroso de la efectividad de CQ y CN para la reducción de la turbidez en la laguna de estabilización.

Población, muestra y muestreo de estudio

Población

La población de este estudio es el agua residual de la laguna de estabilización San José – Chiclayo, se considera una población infinita debido al gran volumen de agua y su renovación continua, dado que la laguna recibe constantemente nuevas entradas de agua residual y procesa estas aguas, por ello hay siempre suficiente agua disponible para tomar muestras representativas. Al considerar una población como infinita, simplifica los cálculos estadísticos y asegura que las muestras sean representativas, lo cual es muy crucial para poder evaluar la eficacia de estos coagulantes en condiciones controladas de laboratorio,

Muestra

Consiste en 4 muestras de agua residual de la laguna de estabilización San José Chiclayo, estas muestras fueron seleccionadas mediante un muestreo aleatorio simple, esto va a garantizar que cada muestra tenga la probabilidad de ser elegido, evitando errores y asegurando que la muestra sea representativa de la población total, una vez seleccionado las muestras se van a aplicar los tratamientos.

Las muestras se analizaron en condiciones controladas de laboratorio para medir la turbidez inicial y después de aplicar cada coagulante, este enfoque permite evaluar de manera precisa y confiable la eficacia de los coagulantes. Al realizar los ensayos en un entorno controlado se va a minimizar las variables externas que podrían afectar los resultados, de esta manera se va a asegurar que cualquier cambio en la turbidez se deberá únicamente a la acción de los coagulantes.

Muestreo

El muestreo en este estudio es probabilístico y cuantitativo, se utilizó un muestreo aleatorio simple, donde cada muestra de agua residual tuvo la misma probabilidad de ser seleccionado, esto asegurando que fue una muestra sea representativa y minimizó errores, esto permitió cuantificar de manera precisa la reducción de la turbidez y realizar los análisis estadísticos objetivos sobre la eficacia de los coagulantes.

Tamaño de muestra

1. Nivel de Confianza:

- Para este estudio se ha elegido un nivel de confianza del 95%, es decir, estamos 95% seguros de que el intervalo de confianza contendrá el valor verdadero de este parámetro poblacional.
- El valor crítico que corresponde al 95% vendría a ser: $((Z \alpha / 2))$ es 1.96

Tabla 8

El nivel de confianza deseado (Z)

% Error	Nivel de Confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99%	2.58
5	95%	1.96
10	90%	1.645

2. Margen de error (E):

El margen de error que se ha seleccionado es de 10 unidades de turbidez, ya que es el error máximo permitido entre la estimación de la muestra y el valor verdadero de la población.

3. Desviación estándar (σ):

La desviación estándar estimada es de 10 unidades de turbidez, esta medida de dispersión se basa en estudios previos.

4. Fórmula para el tamaño de muestra

Para una población infinita, la fórmula utilizada es:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

Donde:

- (n) es el tamaño de muestra.
- ($Z_{\alpha/2}$) es el valor crítico de la distribución normal (1.96 para un nivel de confianza del 95%).
- (σ) es la desviación estándar (10 unidades de turbidez).
- (E) es el margen de error (10 unidades de turbidez).

5. Cálculo del tamaño de muestra

Teniendo lo anterior se tiene lo siguiente:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2 = \left(\frac{1.96 \cdot 10}{10} \right)^2 = 3.84$$

Redondeando, se necesitan al menos 4 muestras.

El tamaño de muestra va a asegurar que los resultados sean precisos y confiables, va a permitir evaluar de manera efectiva la eficacia de ambos coagulantes en la reducción de la turbidez del agua residual en condiciones controladas de laboratorio.

Hipótesis

Existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

Variables del problema

Variable independiente

Tipo de coagulante

Tiene 2 componentes el coagulante químico y el coagulante natural

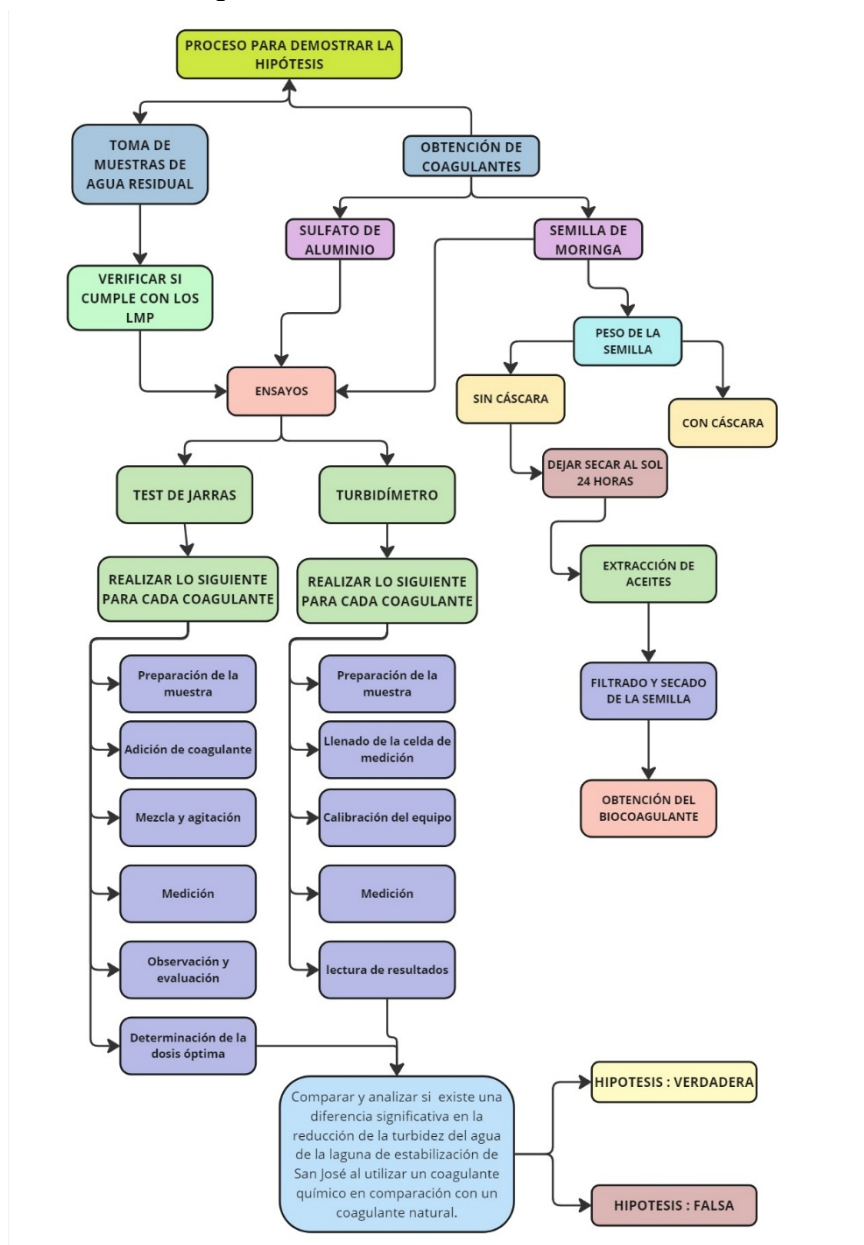
Variable dependiente

Turbidez del agua (esta variable se mide para determinar la efectividad de los coagulantes).

Operacionalidad

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS	NORMAS
INDEPENDIENTE	TIPO DE COAGULANTE	TIENE 2 COMPONENTES, EL COAGULANTE QUÍMICO Y EL COAGULANTE NATURAL	CONCENTRACIÓN	Dosis de los coagulantes	mg/L	Balanza	Resolución Ministerial N°128-2017-Vivienda
						vasos de precipitación	
DEPENDIENTE	TURBIDEZ DEL AGUA	ESTA VARIABLE SE MIDE PARA DETERMINAR LA EFECTIVIDAD DE LOS COAGULANTES	TURBIDEZ	Unidades NTU	NTU(Nephelometric Turbidity Units)	Turbidímetro	Ley N°28611 Ley General del Ambiente
						Test de jarras	

Proceso para demostrar la hipótesis



Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para evaluar de manera exhaustiva la investigación describió detalladamente el diseño metodológico que se empleará en la fase experimental simulando a un nivel de laboratorio, la información obtenida será el resultado de experimentos de laboratorio realizado antes y después de la aplicación de cada coagulante.

Técnica

Observación directa

Proceso para obtener el coagulante de la semilla de MO

- **Recolección y selección:** Se recolectó las semillas maduras se seleccionaron aquellas semillas que estaban en perfecto estado, aquellos que tenían daños o moho se descartaba.
- **Lavado:** Una vez seleccionadas se procedió a lavar las semillas con abundante agua, con esto se eliminó algún tipo de suciedad, polvo o impurezas que podrían ser adheridas a las semillas.
- **Secado:** Después de haber lavado, se utilizó un horno para poder secar las semillas.
- **Triturado:** Con los núcleos blancos de las semillas ya descascaradas se ha utilizado un molino para tritararlos, es muy importante que este equipo esté limpio para evitar algún tipo de contaminación, se trituraron estos núcleos hasta obtener un polvo fino y homogéneo.



Ilustración 5 Clasificación de semillas de moringa



Ilustración 7 Pelado de semilla de moringa



Ilustración 6 Se colocó al horno para que el secado



Ilustración 8 24 horas después del secado



Ilustración 9 Molino



Ilustración 10 Semilla de MO molido

Proceso para determinar las propiedades del coagulante de la semilla de Moringa.

Después de haber realizado el procedimiento anterior se procedió a pesar para las cenizas, luego se colocó en el horno a 500° durante 5 horas para determinar las cenizas, posteriormente se pesó el balón para las grasas, también se pesó el polvo de la semilla de MO siendo 5.0133 gramos y finalmente se utilizó el soxhlet para la extracción de grasas. Para determinar las proteínas se pesó siendo de 0.5108 gramos y 0.2519 gramos, para realizar un proceso de digestión, la rampa que se ha aplicado es que durante 1 hora a 100°C, 1 hora a 300°C y finalmente 30 minutos a 420°C que es el tiempo de ebullición del ácido sulfúrico, para ello tuvo ácido sulfúrico que contenía 15 ml, 2 pastillas Kjeldahl que consistió en sulfato de potasio y sulfato cúprico siendo 8 gramos, 50ml de agua y la muestra inicial de 0.5108g y 0.2519g para las proteínas, todo ese sistema se trabajó de forma paralelo con el aparato de scrubber que ha contenido hidróxido de sodio al 30% y también un se usó un lavador de gases para neutralizar los gases, este proceso demoró 5 horas, después de todo este proceso se procedió a destilar con el aparato tipo Kjeldahl semiautomático en donde se recepcionó en ácido bórico con un indicador de Tashiro y por titulación y gasto se obtuvo el porcentaje de proteínas. Posteriormente se pesó 1.0020g de polvo de semilla de MO para la determinación de fibra con el instrumento bomba de vacío.



Ilustración 11 Peso para cenizas



Ilustración 12 Se coloca al horno



Ilustración 13 Se colocó en el horno a 500° durante 5 horas

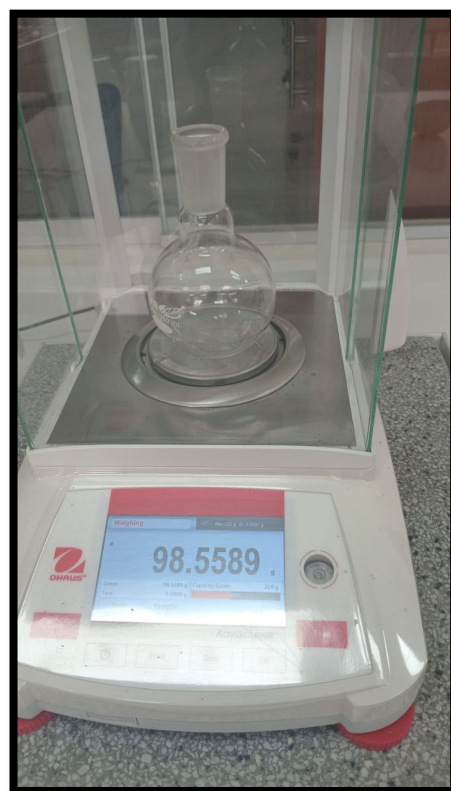


Ilustración 14 Peso de balón para grasas



Ilustración 15 Extracción de grasa



Ilustración 16 Primer peso de polvo de MO para proteínas



Ilustración 17 Segundo peso de polvo de MO para proteínas



Ilustración 18 Proceso de digestión



Ilustración 19 Aparato de scrubber



Ilustración 20 Lavador de gases



Ilustración 22 Destilación



Ilustración 21 Peso para fibra



Ilustración 23 Bomba de vacíos



Ilustración 24 Fibra en bomba de vacíos



Ilustración 25 Muestra de fibra

Dosificación de semilla de MO

Para este experimento se ha trabajado con una concentración al 2% de la solución madre, para esto se ha pesado 10 g del polvo de la semilla MO en un vaso precipitado para diluirlo junto a 500 mL de agua destilada formando una solución hasta obtener una muestra homogénea, posterior a ello se agita 30 segundos, se deja reposar 1 hora y luego se filtra.



Ilustración 26 Realizando solución madre



Ilustración 27 Solución para dosificaciones

Concentración de MO

$$\frac{10 \text{ g}}{500 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 2 \times 10^4 \text{ ppm}$$

La ecuación siguiente se conoce como la ecuación de dilución, esta ecuación se utiliza para calcular la concentración de una solución después de haberla diluido o concentrado. La fórmula de dilución normalmente se expresa como $C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Tabla 9 *Fórmula para diluciones*

Donde:

- C_1 = concentración molar de la disolución.
- V_1 = volumen de la alícuota por tomar de la disolución.
- C_2 = concentración molar de la disolución diluida.

- V_2 = volumen de la disolución diluida.

Para llegar a determinar la dosificación más eficiente se tuvieron que realizar experimentos previos, para ello se tomaron 3 concentraciones de semilla de MO: 400 ppm / 600 ppm y 800 ppm.

Tener en cuenta que: $\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$

1. Dosificación 1

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{400\text{ppm} * 1000\text{mL}}{2 * 10^4\text{ppm}}$$

$$V_1 = 20\text{mL}$$

2. Dosificación 2

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{600\text{ppm} * 1000\text{mL}}{2 * 10^4\text{ppm}}$$

$$V_1 = 30\text{mL}$$

3. Dosificación 3

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{800\text{ppm} * 1000\text{mL}}{2 * 10^4\text{ppm}}$$

$$V_1 = 40\text{mL}$$

Tiempo de agitación

1. Mezcla rápida:

- **Tiempo:** 2 minutos
- **Velocidad:** 300 rpm

2. Mezcla lenta:

- **Tiempo:** 20 minutos

- **Velocidad:** 40 rpm

3. Sedimentación:

- **Tiempo:** 60 minutos

Con estas 3 concentraciones existe un poco de deficiencias al reducir la turbidez por esta razón se vuelve a realizar otros ensayos, pero con mayor dosificación para alcanzar una mejor eficiencia en la reducción de turbidez.

Para ello se tomaron 3 concentraciones de semilla de MO: 1500 ppm, 2000 ppm y 2500ppm

1. Dosificación 1

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{1500ppm * 1000mL}{2 * 10^4ppm}$$

$$V_1 = 75mL$$

2. Dosificación 2

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{2000ppm * 1000mL}{2 * 10^4ppm}$$

$$V_1 = 100mL$$

3. Dosificación 3

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{2500ppm * 1000mL}{2 * 10^4ppm}$$

$$V_1 = 125mL$$

Tiempo de agitación

1. Mezcla rápida:

- **Tiempo:** 2 minutos
- **Velocidad:** 300 rpm

2. Mezcla lenta:

- **Tiempo:** 20 minutos

- **Velocidad:** 40 rpm
3. **Sedimentación:**
- **Tiempo:** 60 minutos

Dosificación del sulfato de aluminio

De acuerdo con fuentes se recomienda que los coagulantes se preparen en soluciones al 1%(10mg/lt). Se pesó 1 g de sulfato de aluminio y se disolvió en 100 mL de agua destilada.

Tiempo de agitación

1. **Mezcla rápida:**
- **Tiempo:** 2 minutos
 - **Velocidad:** 300 rpm
2. **Mezcla lenta:**
- **Tiempo:** 20 minutos
 - **Velocidad:** 40 rpm
3. **Sedimentación:**
- **Tiempo:** 30 minutos

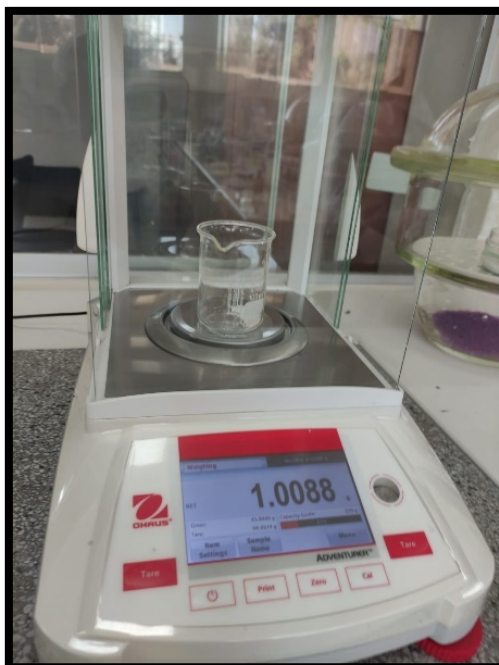


Ilustración 28 Peso de sulfato de aluminio 1g



Ilustración 29 Agregando agua destilada

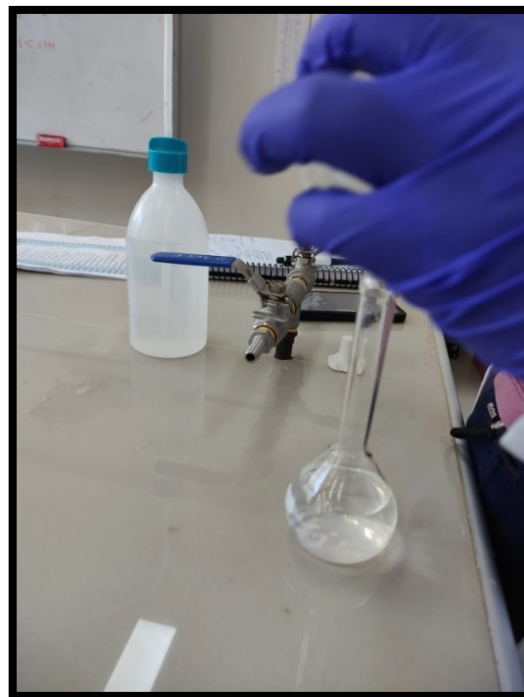


Ilustración 30 Solución prepara de sulfato de aluminio

Toma de muestra de agua residual de la Laguna de Estabilización San José- Chiclayo

Procedimiento para recolección de muestra

1. Preparación del Equipo y materiales:

Antes de poder tomar las muestras del agua residual de la laguna se preparó los materiales, se utilizó matraces esterilizados y también un balde, cada uno ha sido etiquetado con la fecha, hora; por otro lado tenemos que considerar que los matraces fueron llevados en un cooler eso para poder medir los parámetros de DBO, DQO y coliformes termotolerantes lo cual es muy importante para poder evitar la proliferación de microorganismos y de esta forma preservar las características de la muestra, además de eso es muy importante usar los guantes para no tener contacto directo con el agua residual ya que nos exponemos a muchos contaminantes y microorganismos patógenos presentes en el agua.



Ilustración 31 Etiquetado de fecha y hora

2. Selección del Punto de Muestreo:

El punto principal de la recolección de las muestras de agua fue especialmente en la entrada de rejas ya que se escogió ese punto porque este proporciona una muestra más representativa del agua que entra al sistema de tratamiento, permitiendo evaluar la calidad del agua antes de que cualquier tratamiento pueda alterar su composición. Por otro lado, al tomar la muestra al inicio se determina la carga contaminante real que el sistema de tratamiento debe manejar, esto asegura que los resultados obtenidos sobre la eficacia de los coagulantes en la reducción de la turbidez sean precisos y relevantes para el diseño de soluciones de tratamiento de agua.



Ilustración 32 Se introduce el balde para recolectar el agua residual

3. Recolección de la Muestra:

Se introduce el balde hasta llenarse la mitad para luego llenarlo de manera aleatoria simple es decir se va llenando cada 1 minuto con una jarra hasta la superficie del balde, esto se realizó para poder asegurar que las muestras del agua residual sean representativas y sin errores, proporcionando datos fiables y precisos para evaluar la eficacia de los coagulantes en la reducción de la turbidez; por otro lado los matraces también se llenan, cada uno se llena hasta $\frac{1}{4}$ del frasco, luego hasta la mitad y finalmente se completa.



Ilustración 33 Se va llenado el balde de manera aleatoria simple esperando 1 minuto



Ilustración 34 Llenando el balde hasta llenarse



Ilustración 35 Llenando agua residual a matraz 1



Ilustración 36 Llenando agua residual a matraz 2



Ilustración 37 Llenado de agua residual matraz 3



Ilustración 38 Llenado de matraz 4



Ilustración 39 Se tapa el balde y que esté bien asegurado



Ilustración 40 Los matraces se colocaron en el cooler

4. Etiquetado y Almacenamiento:

Cada matraz y balde debe estar etiquetado con la fecha, hora y lugar de recolección de la muestra para asegurar la trazabilidad y precisión en los análisis, esta información es esencial para identificar el momento exacto y las condiciones en las que se tomó la muestra.



Ilustración 43 Etiquetado de matraz 4



Ilustración 44 Etiquetado de matraz 2

5. Transporte al Laboratorio:



Ilustración 42 Etiquetado de matraz 1



Ilustración 41 Etiquetado de matraz 3

Las muestras fueron transportadas al laboratorio lo antes posible, esto se realiza en el mismo día, ya que tiene una validez de sólo 24 horas, esto se da porque después de este periodo las propiedades químicas y también biológicas del agua pueden llegar a cambiar considerablemente y estos cambios pueden ser provocados por la actividad microbiana, reacciones químicas y la descomposición de compuestos orgánicos, lo que puede alterar los resultados de los análisis y hacerlos menos precisos. Por esta razón, es muy importante analizar las muestras dentro de este tiempo para poder obtener datos muy fiables y representativos sobre la calidad del agua en el momento de la toma de muestra.

6. Tratamiento de las Muestras:

Es muy importante tomar datos de los parámetros de la muestra inicial sin antes de haber aplicado los coagulantes, esto se hace para poder establecer una línea base de la calidad del agua antes del tratamiento. Posterior a ello, se analizó las muestras de aguas tratadas con los coagulantes, tanto el sulfato de aluminio como también la semilla de moringa, este análisis ha permitido observar y cuantificar los cambios en los parámetros, como la reducción de la turbidez y determinar la efectividad de cada coagulante en el tratamiento de la muestra. Teniendo en cuenta que este enfoque permitió identificar cuál de los 2 coagulantes es más eficiente bajo las condiciones específicas de la laguna de estabilización de San José Chiclayo, los datos obtenidos pueden ser utilizado para optimizar los procesos de tratamientos de aguas, asegurando que se utilicen métodos más efectivos y sostenibles para mejorar la calidad del agua en la región.

Ensayos de laboratorio

Tabla 10

Instrumentos para utilizar en los ensayos

Materiales de laboratorio	de Equipos de laboratorio	Materiales de campo
- Guantes	- Prueba de jarra o Jar Test	-Mascarillas
- Guardapolvos	- Balanza	quirúrgicas
- Mascarillas	- Turbidímetro marca	-Guantes quirúrgicos
- Probetas	HANNA	-Balde
- Pipetas	- Conductímetro marca	-Vasos de precipitación
- Vasos de precipitación	HANNA	-Cámara (celular)
- Agua destilada	- Termómetro marca	-Libreta de apuntes
- Polvo de semilla de MO (coagulante natural)	Control Company	-Matraz
- Sulfato de aluminio	- Estufa marca Binder	
- Probetas graduadas 1000ml	- Oxímetro marca	
- Fiolas de vidrio	HANNA	

Una vez que las muestras lleguen a laboratorio, se procede a realizar el test de jarras con las dosificaciones de los coagulantes: para el sulfato de aluminio al 1% y para la semilla de MO 1500ppm(75ml), 2000ppm (100ml) y 2500ppm (125ml), el tiempo de agitación para los coagulantes fueron los siguientes:

Tabla 11

Tiempo de agitación de cada coagulante

<i>Tiempo de agitación para la semilla de moringa</i>	<i>Tiempo de agitación para el sulfato de aluminio</i>
<p>1. Mezcla rápida:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo: 2 minutos ○ Velocidad: 300 rpm <p>2. Mezcla lenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo: 20 minutos ○ Velocidad: 40 rpm <p>3. Sedimentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo: 60 minutos 	<p>1. Mezcla rápida:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo: 2 minutos ○ Velocidad: 300 rpm <p>2. Mezcla lenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo: 20 minutos ○ Velocidad: 40 rpm <p>3. Sedimentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Tiempo: 30 minutos



Ilustración 46 Dosificaciones de ambos coagulantes



Ilustración 45 Se procede a llenar las jarras



Ilustración 47 Muestras de agua residual antes de aplicar la dosificación

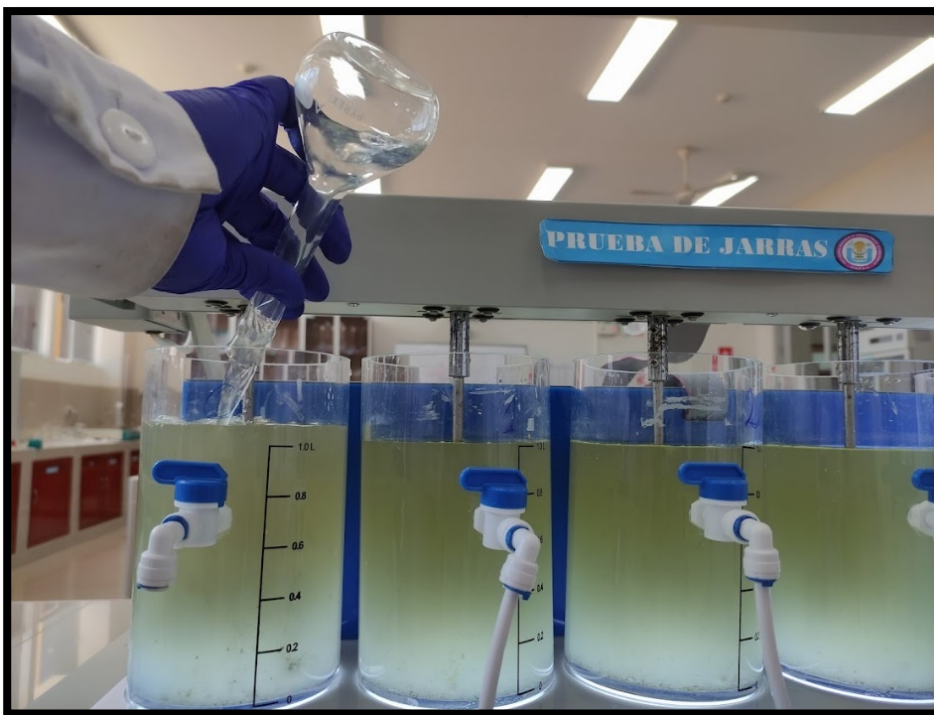


Ilustración 48 Aplicación de dosificación de sulfato de aluminio



Ilustración 49 Aplicación de 1ra dosificación de semilla de MO 1500ppm (75ml)



Ilustración 50 Aplicación de 2da dosificación de semilla de MO 2000ppm (100ml)



Ilustración 51 Aplicación de 3ra dosificación de semilla de MO 2500ppm (125ml)



Ilustración 52 Prueba de test de jarras con las dosificaciones de los coagulantes



Ilustración 53 Tiempo de agitación



Ilustración 54 Sedimentación de las muestras



Ilustración 55 Frascos con datos de los parámetros a analizar

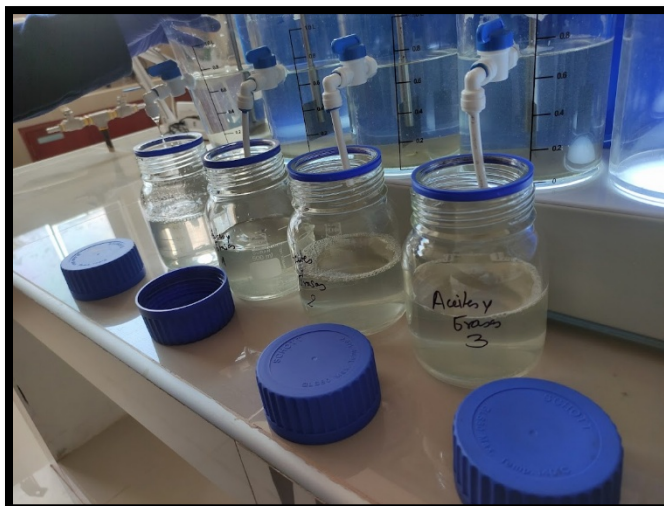


Ilustración 56 Llenado de las muestras a cada frasco que corresponde

Turbidez

Cuando ya se haya terminado el tiempo de sedimentación se procede a calibrar el turbidímetro para poder asegurar las lecturas precisas, la muestra no debe tener burbujas de aire por eso es importante eliminar mediante desgasificación al vacío o utilizando un baño ultrasónico, también las celdas deben estar limpias y también libres de rayones, posterior a ello se procedió a leer la muestra inicial que es sin la adición de los coagulantes, luego se midió con la dosificación del sulfato de aluminio y por último las otras 3 dosificaciones de la semilla de MO.



Ilustración 57 Calibración del turbidímetro



Ilustración 58 Se limpia los frascos que no haya rayones



Ilustración 59 Medición de muestra inicial



Ilustración 60 Toma de lectura de la dosificación del sulfato de aluminio

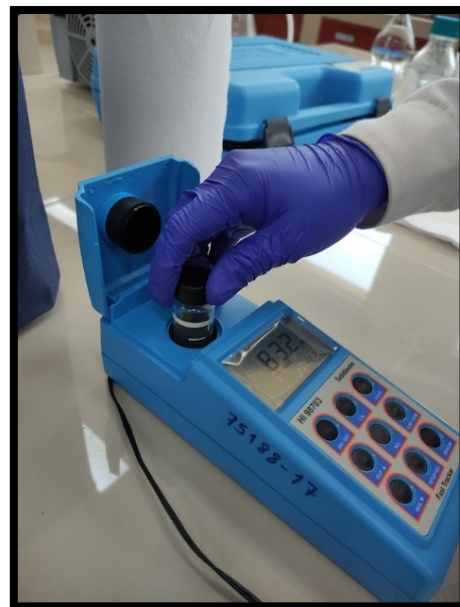


Ilustración 61 Toma de lectura por las dosificaciones de semilla de moringa

Ph

Para la lectura del ph se realizó con un potenciómetro, como primera instancia se calibra el equipo con soluciones de ph conocido ya que este método es importante porque el ph influye en procesos como la coagulación. Posterior a ello se sumergió los electrodos en la muestra de agua y se mida el ph, se inició midiendo el ph de la muestra inicial y luego el agua residual que tiene dosificaciones de sulfato de aluminio y se terminó midiendo las muestras con las dosificaciones de la semilla de moringa.

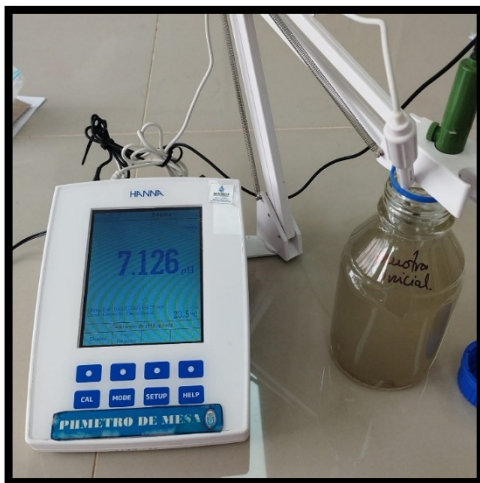


Ilustración 62 Toma de lectura de PH de muestra inicial



Ilustración 63 Toma de lectura de PH de muestra de agua con dosificación de sulfato de aluminio



Ilustración 64 Toma de lectura de PH de muestra con 1ra dosificación de semilla de moringa

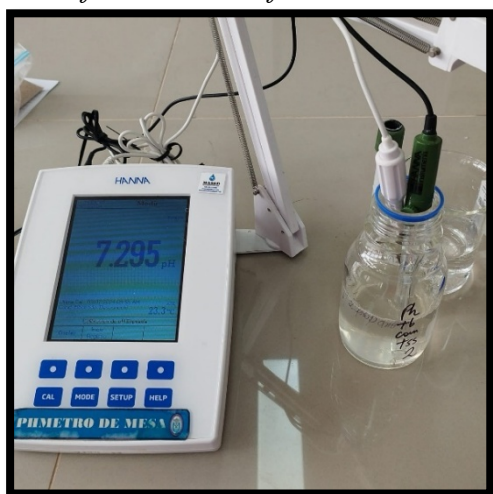


Ilustración 65 Toma de lectura de PH de muestra con 3ra dosificación de semilla de moringa



Ilustración 66 Toma de lectura de PH de muestra con 2da dosificación de semilla de moringa

Conductividad

Para medir la conductividad se usó el instrumento de un conductímetro, este es capaz de medir con un error no mayor al 1%, primero se enjuaga la celda con 3 porciones de la solución de KCl 0.01M y se ajusta la temperatura de una porción final a aproximadamente 25°C, luego se midió la conductividad de la muestra inicial, posterior a ello la muestra con la dosificación del sulfato de aluminio y por último se tomó lectura de la conductividad de las 3 dosificaciones de la semilla de MO.



Ilustración 67 Toma de lectura de muestra inicial



Ilustración 68 Toma de lectura de muestra con dosificación de sulfato de aluminio



Ilustración 69 Toma de lectura de muestra con 1ra dosificación de semilla de moringa

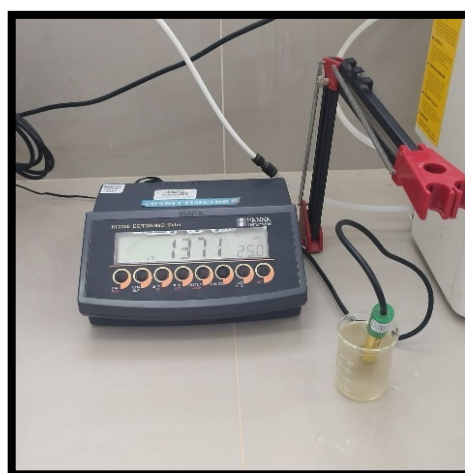


Ilustración 70 Toma de lectura con 2da dosificación de semilla de moringa

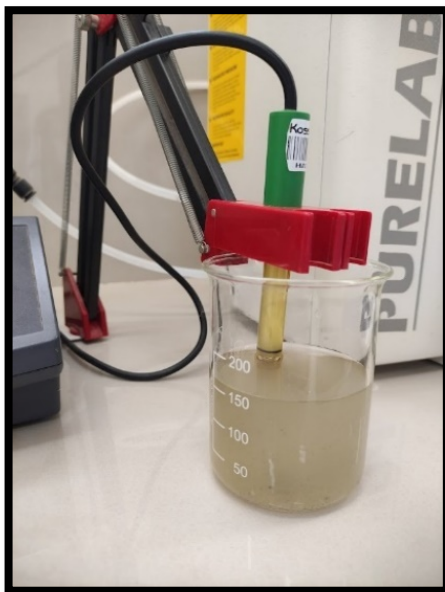


Ilustración 71 Toma de lectura de la 3era dosificación de semilla de moringa

Temperatura

Para este parámetro se utilizó un termómetro, se midió la muestra inicial de manera insitu, luego en el laboratorio se volvió a medir la temperatura y con cada una de las dosificaciones de los coagulantes.



Ilustración 72 Se introduce el termómetro para tomar su temperatura de forma insitu



Ilustración 73 Se toma lectura de la temperatura

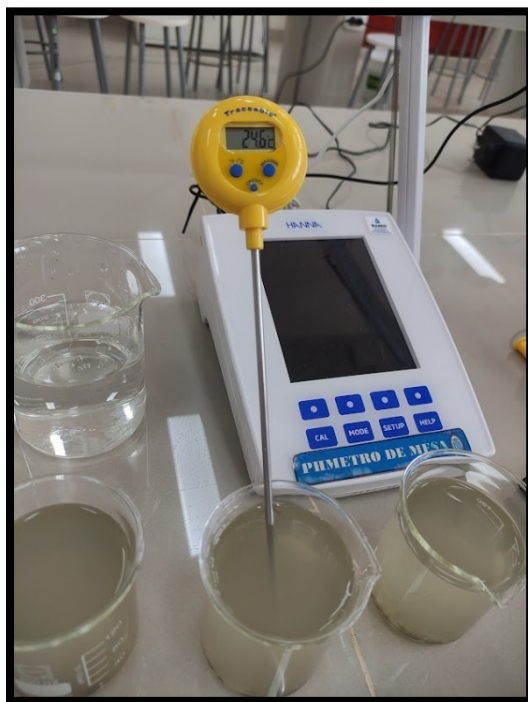


Ilustración 74 Temperatura de muestra inicial en laboratorio

Sólidos totales suspendidos

Para este parámetro se va a utilizar discos de filtro de fibra de vidrio, este se inserta en el aparato de filtración, luego se lava el filtro con 3 volúmenes sucesivos de 20ml de agua grado reactivo, luego para medir la muestra inicial se mezcla bien, se usa una pipeta para transferir el volumen medido de la muestra de filtro y se lava toda la superficie expuesta del filtro con 3 volúmenes sucesivos de 10ml de agua de grado reactivo y se dejó que drene completamente

entre los lavados y se continuó con la succión hasta que se eliminó todos los rastros de agua; posterior a ello se transfiere el filtro a una bandeja, se seca el filtro en un horno a $103^{\circ}\text{C} - 105^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora, después se deja enfriar el filtro a temperatura ambiente y se pesa, se repitió el proceso de secado, enfriamiento y peso hasta que el cambio de peso fue de 0.5mg. Finalmente se repitió todo ese proceso para la dosificación del sulfato de aluminio y las otras 3 dosificaciones de la semilla de MO.



Ilustración 75 Se inserta el disco de fibra de vidrio en el filtrante



Ilustración 76 Fibra de vidrio



Ilustración 77 Se continuó con la succión hasta que se eliminó todos los rastros de agua



Ilustración 78 Resultado final de discos de filtro de fibra de vidrio para sólidos suspendidos totales

Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para este parámetro primero se tiene que preparar los reactivos:

- a) **Preparación para la solución de tampón de fosfato:** Se disolvió 8.5g de KH_2PO_4 , 21.75g de K_2HPO_4 , 33.4g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1.7g de NH_4Cl en 500ml de agua de grado reactivo y disolvió a 1L.
- b) **Preparación de solución de sulfato de magnesio (MgSO_4):** Se disolvió 22.5g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua de grado reactivo y disolvió a 1 L.
- c) **Preparación para la solución de cloruro de calcio (CaCl_2):** Se disolvió 27.5g de CaCl_2 en agua de grado reactivo y se disolvió a 1L.
- d) **Preparación de la solución de cloruro férrico (FeCl_3):** Se disolvió 0.25g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua de grado reactivo y se disolvió a 1 L.
- e) **Preparación de solución de glucosa y ácido glutámico (GGA):** Se secó 150mg de glucosa y 150mg de ácido glutámico a 103° durante 1 hora, se disolvió en agua de grado reactivo y se disolvió a 1 L.

Las muestras se mantuvieron a 6°C , el análisis se realizó dentro de las 24 horas, se transfirió el volumen deseado de agua de agua de origen a una botella de tamaño adecuado, se agregó 1ml de cada solución de tampón de fosfato, MgSO_4 , CaCl_2 y FeCl_3 por litro de agua, se realizó 3 diluciones de la muestra preparada y se incubó las botellas de DBO tapadas y selladas a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 5 días en la oscuridad, posterior a ello se midió el oxígeno disuelto dentro de los 30 minutos de preparar la solución y el oxígeno disuelto final después de haber transcurrido los 5 días de incubación.



Ilustración 79 Reactivos a utilizar



Ilustración 80 Frascos para el análisis de DBO



Ilustración 82 Aplicación de reactivo



Ilustración 81 Se preparó 3 diluciones para cada muestra



Ilustración 84 Incubación de las muestras



Ilustración 83 Incubadora a 20°C

Demanda Quíomica de Oxígeno

Para este ensayo primero el ion dicromato oxida la materia orgánica en las muestras, cambiando de cromo hexavalente (Cr^{6+}) a cromo trivalente (Cr^{3+}), ambas especies llegaron a absorber en la región visible del espectro, permitiendo la medición colorimétrica, estos cloruros pueden inferir, pero se eliminan mediante la precipitación con iones de plata, la materia

suspendida y los componentes coloreados también pueden interferir. Para ello se realizó una solución de digestión de dicromato de potasio, luego el ácido sulfúrico con sulfato de plata, también el sulfato de mercurio para la eliminación de interferencias de cloruros y por último el ácido sulfámico que fue para eliminar interferencias de nitratos. Posterior a todo esto se tuvo el instrumento de un espectrofotómetro y también los tubos de digestión de borosilicato con tapas de rosca revestidas de TFE. Luego se midió el volumen de la muestra y los reactivos en un tubo, también se digirió la muestra en una solución ácida con un dicromato de potasio, se dejó enfriar la muestra y se midió la absorción a las longitudes de onda.



Ilustración 85 Espectrofotómetro para DBO

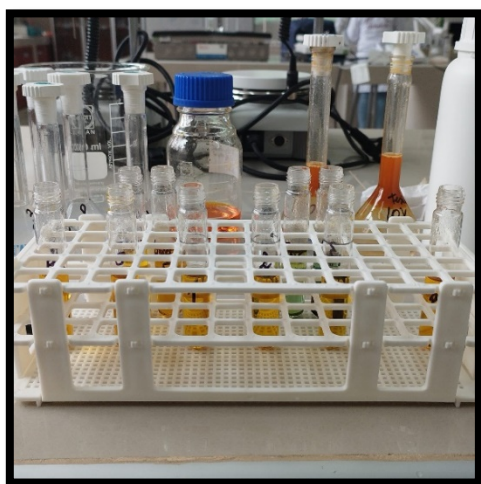


Ilustración 86 Tubos de digestión de borosilicato



Ilustración 87 Se midió el volumen de la muestra y los reactivos en un tubo

Aceites y grasas

Para el parámetro de aceites y grasas disueltos se extrajeron del agua mediante el contacto íntimo con un solvente de extracción, entre los reactivos que se tuvieron fue el ácido clorhídrico 1:1, también el n-Hexano de pureza mínima del 85%, el sulfato de sodio anhidro, una acetona con residuo menos al 1 mg/L y una mezcla de hexadecano/ácido esteárico en acetona. Teniendo en cuenta lo antes mencionado se procede a acidificar la muestra a pH 2 , luego se transfirió la muestra a un embudo de separación y se agitó vigorosamente con el solvente de extracción, después se separaron las capas y se drenaron la capa del solvente a través de un filtro con sulfato de sodio anhidro en un matraz de destilación, se repitió la extracción 2 veces más con solvente fresco para después destilar el solvente en un baño de agua a 85°C y recuperó el solvente en un recipiente enfriado con hielo, finalmente se dejó enfriar el matraz en un desecador hasta que se obtuvo un peso constante.

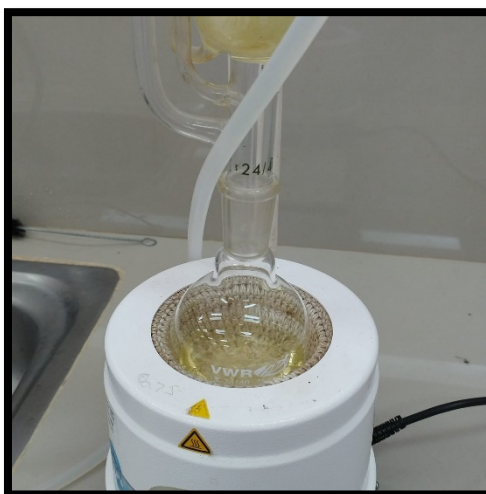


Ilustración 88 Extracción de aceites



Ilustración 89 Extracción completa de aceites y grasas

Coliformes Termotolerantes

La muestra se refrigera para trabajar al día siguiente , se tomó 100ml de la muestra y se colocó en tubos de ensayos con CALDO EC (*Escherichia coli*), previamente preparado 1ml en 10 tubos de ensayos conteniendo CALDO EC por 48 horas a temperatura 44.5°C, al día siguiente se toma datos de las bacterias que toleraron esta temperatura, a aquellas que toleran y crecen esta temperatura a más se le denomina coliformes termotolerantes, se revisó los tubos y se comprueba que haya burbujas, producción de gases o turbidez , si se da ese caso se siembra de inóculos en placas con Agar Nutritivo, se humedeció un isopo y se hizo la siembra por estría en agotamiento, en el Agar nutritivo aquellas coliformes termotolerates se incubó de 35°C – 37° de 48 a 72 horas, pasando el tiempo se realiza un recuento de las placas para ver las colonias presentes de bacterias coliformes termotolerantes en las 4 placas, luego se agregó a cada una de las placas los inóculos de las concentraciones de los coagulantes adicionando 1ml de cada de las concentraciones a las placas, luego en las lecturas se vio las concentraciones vs las bacterias que estuvieron en las placas, con esto se vio el efecto de cada uno de los coagulantes.

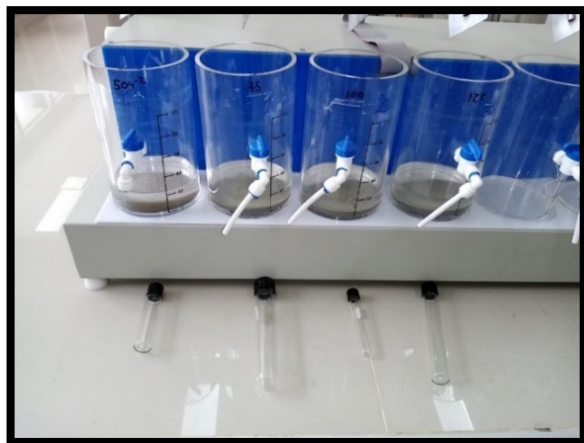


Ilustración 91 Conservación de las muestras en una incubadora



Ilustración 90 Toma de muestras para coliformes termotolerantes



Ilustración 92 Tubos a utilizar



Ilustración 93 Con un mechero y un isopo se procede a realizar la siembra



Ilustración 94 Realizando la siembra



Ilustración 95 Con un mechero y un isopo se procede a realizar la siembra



Ilustración 96 Se enumera de acuerdo con los coagulantes q corresponda cada siembra



Ilustración 97 Se envuelve con papel las placas para llevarlo a una incubadora



Ilustración 98 Se procede a incubar las siembras

Costos de los coagulantes que se usaron en el análisis de laboratorio con cada uno de los parámetros analizados

Tabla 12
Costo de muestra de coagulante semilla de moringa

COSTO DE MUESTRA DE 1 LITRO = 0.001M3				
PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	PARCIAL
TURBIDEZ	LITRO	1	S/50.00	S/ 50.00
ACEITES Y GRASAS	LITRO	1	S/90.00	S/ 90.00
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	LITRO	1	S/75.00	S/ 75.00
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	LITRO	1	S/215.00	S/ 215.00
DQO(demanda química de oxígeno)	LITRO	1	S/205.00	S/ 205.00
PH	LITRO	1	S/50.00	S/ 50.00
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	LITRO	1	S/60.00	S/ 60.00
TEMPERATURA	LITRO	1	S/0.00	S/ 0.00
COAGULANTES				
SEMILLA MORINGA	Kg	1	S/6.00	S/6.00
TOTAL				S/ 751.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13
Costo de muestra de coagulante sulfato de aluminio

COSTO DE MUESTRA DE 1 LITRO = 0.001M3				
PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	PARCIAL
TURBIDEZ	LITRO	1	S/50.00	S/ 50.00
ACEITES Y GRASAS	LITRO	1	S/90.00	S/ 90.00
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	LITRO	1	S/75.00	S/ 75.00
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	LITRO	1	S/215.00	S/ 215.00
DQO (demanda química de oxígeno)	LITRO	1	S/205.00	S/ 205.00
PH	LITRO	1	S/50.00	S/ 50.00
SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	LITRO	1	S/60.00	S/ 60.00
TEMPERATURA	LITRO	1	S/0.00	S/ 0.00
COAGULANTES				
SULFATO DE ALUMINIO	Kg	1	S/17.90	S/17.90
TOTAL				S/ 762.90

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las tablas 12 y 13 la semilla de MO representa una opción más sostenible y segura para el tratamiento de AR, no solo es más económica, sino que también reduce el impacto ambiental y los riesgos asociados al uso de químicos.

Posibles efectos ambientales del uso de cada coagulante

Tabla 14 Batelle Columbus - contaminación del agua – MO

CATEGORÍA	COMPONENTE	PARÁMETRO	UIP	SIN PROYECTO		CON PROYECTO		CAMBIO NETO	SEÑALES DE ALERTA
				CA	UIA	CA	UIA		
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	DBO	25	0.1	2.5	0.85	21.25	18.75	ACEPTABLE
		Ph	18	0.97	17.46	0.97	17.1	0	ACEPTABLE
		Temperatura	28	0.9	25.2	0.95	26.6	1.4	ACEPTABLE
		Turbidez	20	0.1	2	0.85	17	15	ACEPTABLE
TOTAL								34.79	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15 Batelle Columbus - contaminación del agua - sulfato de aluminio

CATEGORÍA	COMPONENTE	PARÁMETRO	UIP	SIN PROYECTO		CON PROYECTO		CAMBIO NETO	SEÑALES DE ALERTA
				CA	UIA	CA	UIA		
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	DBO	25	0.1	2.5	0.6	15	12.5	ACEPTABLE
		Ph	18	0.9	17.4	0.1	2.7	-14.76	NO ACEPTABLE
		Temperatura	28	0.9	25.2	0.9	26.6	1.4	ACEPTABLE
		Turbidez	20	0.0	1	0.9	18	17	ACEPTABLE
TOTAL								16.14	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las tablas 14 y 15 sobre el uso de coagulantes en el tratamiento del agua destacan la eficacia de la semilla de MO y el sulfato de aluminio, cada uno con sus ventajas y desafíos, la MO representa una alternativa natural y sostenible, reduciendo eficazmente la turbidez, el sulfato de aluminio por su parte es ampliamente utilizado por su capacidad de coagulación, pero puede dejar residuos que afectan la composición del agua y su impacto ambiental es mayor.

Resultados y discusión

Resultados

Para los resultados se ha utilizado el Microsoft Excel y también el software Minitab 19, este software se utilizó para las pruebas estadísticas de ANOVA que es el “Análisis de Varianza”, además de eso se analizó los datos mediante Tukey para la comparación del coagulante sulfato de aluminio y la semilla de MO. Antes de empezar a comparar los coagulantes se realizó la toma de datos de la muestra inicial del agua de la laguna de estabilización San José, es decir esto antes del previo tratamiento con los coagulantes.

Tabla 16

Resultados del experimento previo para encontrar la dosificación más eficiente

MUESTRAS	Turbidez (NTU)	pH	Conductividad (us/cm2)	Temperatura (C°)	TSS (mg/L)	DBO5 (ppm)
M. Inicial	165	7.375	1508	24.5	336	1764
	166	7.422	1525	24.2	306	1728
	165	7.549	1532	24.6	300	1788
	162	7.460	1532	24.7		
D1 (20 ml / 400 ppm)	63.45	7.446	1145	24.6	66	238.8
	63.9	7.455	1145	24.65	64	228.6
	66.75	7.463	1140	24.7	68	232.2
	65	7.459	1143	24.75		
D2 (30 ml / 600 ppm)	60.35	7.602	1397	25.1	62	202.8
	60.4	7.599	1388	24.9	60	201.6
	59.7	7.598	1380	24.92	60	205.2
	60.85	7.603	1371	24.55		
D3 (40 ml / 800 ppm)	43.1	7.54	1394	25.06	58	202.8
	41.75	7.645	1387	25.1	54	209.4
	42.35	7.598	1391	24.95	54	199.2
	41.4	7.611	1395	24.96		
D0 (SO4-2)	4.185	5.257	1370	24.87	6	471
	5.225	5.249	1369	25.01	9	495
	3.995	5.247	1365	25.04	7	453
	4.04	5.255	1374	25.06		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17*Datos de la muestra inicial (antes de previo tratamiento con los coagulantes)*

Muestra Inicial							
Turbidez (NTU)	pH	Conductividad (us/cm2)	Temperatura (C°)	Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Aceites y grasas
100.2	7.127	1498	24.1	228	1230	2051.45	185.26
98.4	7.125	1504	24.3	263.33	1224		
99.5	7.129	1497	24.6	254	1266		
99.3	7.126	1489	24.3				

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 18***Resultados de aplicación de dosificaciones de coagulantes con el Test de jarras*

TEST DE JARRAS					
Muestra	Turbidez (NTU)	pH	Conductividad (us/cm2)	Temperatura (C°)	TSS (mg/L)
D1 (1500 ppm)	7.99	7.303	1385.00	24.30	101
	8.08	7.299	1391.00	24.50	105
	8.08	7.296	1395.00	24.10	103
	8.05	7.298	1388.00	24.40	---
D2 (2000 ppm)	6.09	7.295	1343.00	24.70	94
	6.09	7.297	1347.00	24.60	97
	6.10	7.288	1351.00	24.50	98
	6.15	7.299	1349.00	24.60	---
D3 (2500 ppm)	5.88	7.164	1328.00	24.80	91
	6.01	7.165	1331.00	24.60	89
	5.97	7.166	1335.00	24.70	93
	5.94	7.163	1333.00	24.50	---
D0	4.08	5.214	1458.00	25.00	1.0
	4.10	5.212	1444.00	25.10	2.0
	4.09	5.216	1459.00	25.00	1.0
	4.45	5.221	1451.00	25.20	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Resultados de aplicación de dosificaciones de coagulantes

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) / Demanda Química de Oxígeno (DQO) / Aceites y Grasas			
Muestra	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)
M. Inicial	1230.00	2051.45	185.26
	1224.00	0.00	0.00
	1266.00	0.00	0.00
D1	243.00	551.26	14.93
	240.00	0.00	0.00
	247.20	0.00	0.00
D2	244.20	393.10	14.89
	248.40	0.00	0.00
	247.80	0.00	0.00
D3	232.20	305.43	11.79
	229.20	0.00	0.00
	235.80	0.00	0.00
D0	283.20	590.63	9.65
	276.60	0.00	0.00
	280.80	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

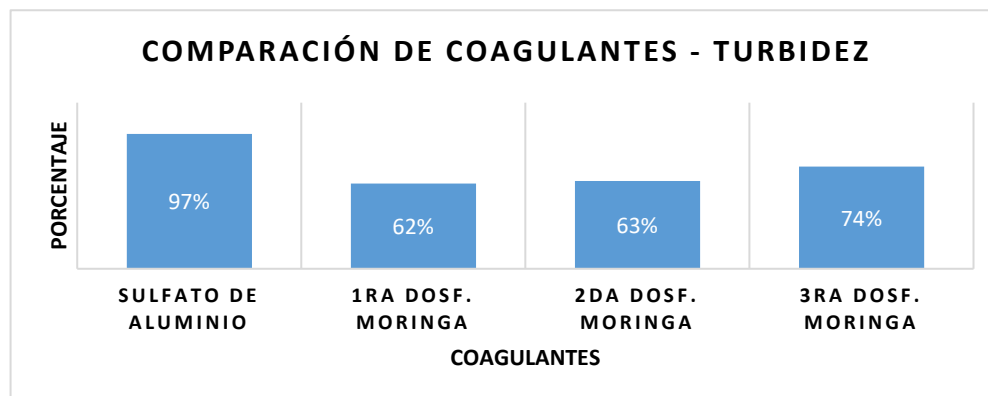
Teniendo en cuenta ambas tablas los datos de la muestra inicial y con los datos de la aplicación de los coagulantes en la muestra se procedió a realizar la comparación para cada uno de los parámetros.

Turbidez

A continuación, se muestra el experimento previo que se realizó en laboratorio para determinar la dosificación de la semilla de MO.

Gráfico 1

Primer resultado del experimento previo 1

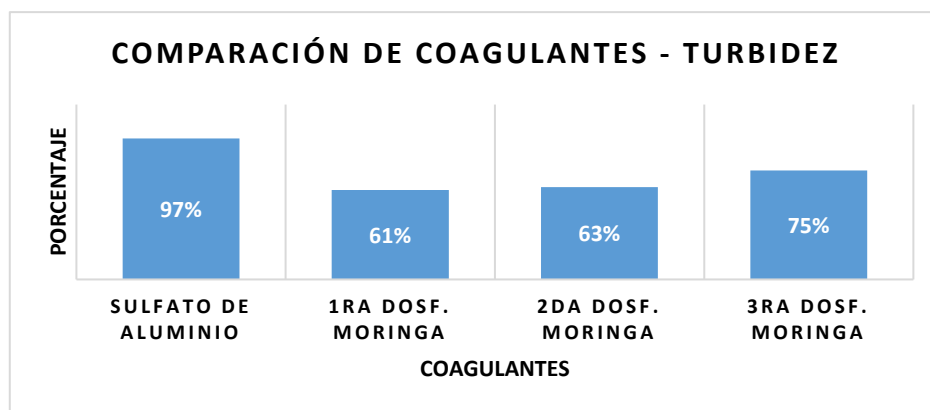


Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 97%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 62% en la primera, 63% en la segunda y 74% en la tercera.

Gráfico 2

Primer resultado del experimento previo 2

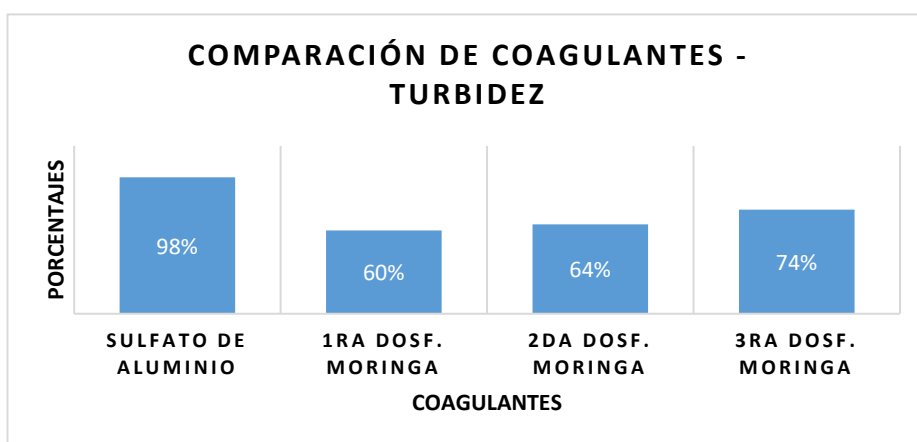


Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 97%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 61% en la primera, 63% en la segunda y 75% en la tercera.

Gráfico 3

Primer resultado del experimento previo 3

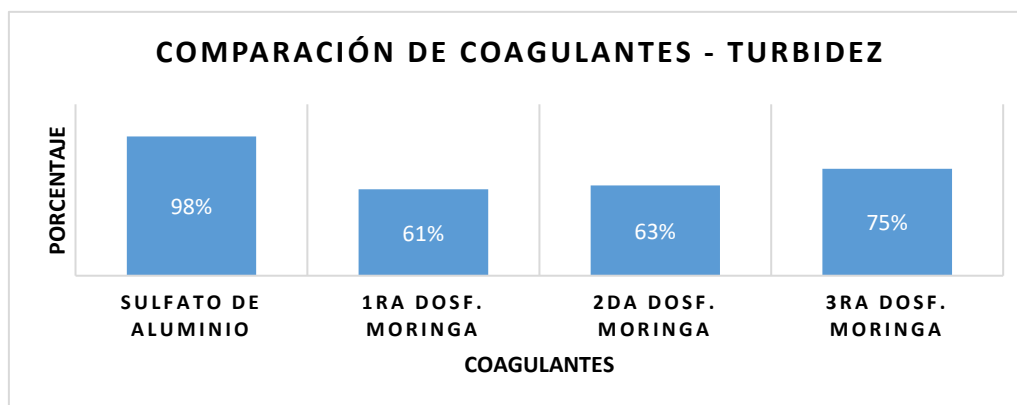


Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 98%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 60% en la primera, 64% en la segunda y 74% en la tercera.

Gráfico 4

Primer resultado del experimento previo 4



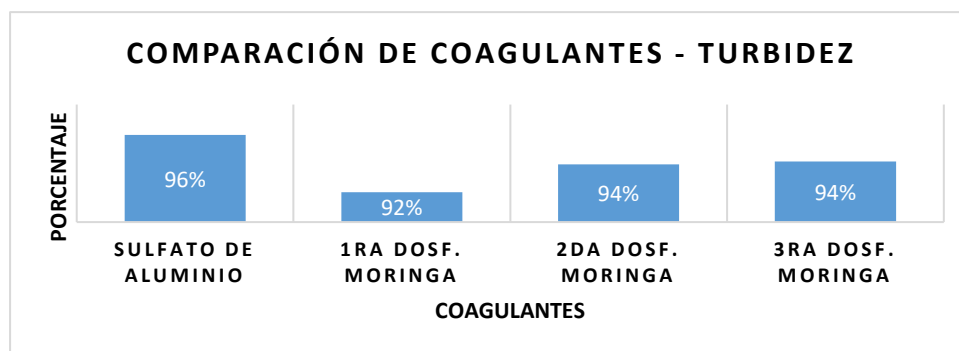
Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 98%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 61% en la primera, 63% en la segunda y 75% en la tercera.

De acuerdo estas gráficas se pueden ver que destaca es el sulfato de aluminio con un 98% de reducción de turbidez, mientras que la MO solo ha logrado hasta el 75%, por esta razón se agregó más dosificación de semilla de MO para lograr una mejor reducción, para ello se evaluó con otras nuevas concentraciones y obtuvimos los siguientes porcentajes.

Gráfico 5

Porcentaje de disminución de turbidez 1era parte – Muestra 1

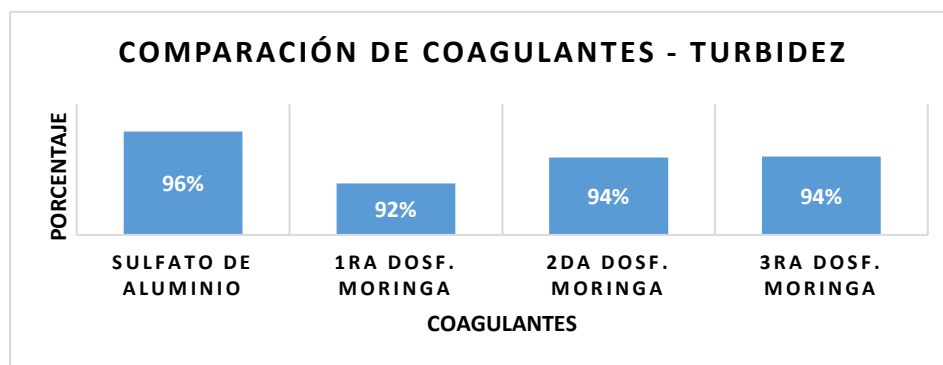


Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 96%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 92% en la primera, 94% en la segunda y 94% en la tercera.

Gráfico 6

Porcentaje de disminución de turbidez 2da parte - Muestra 2

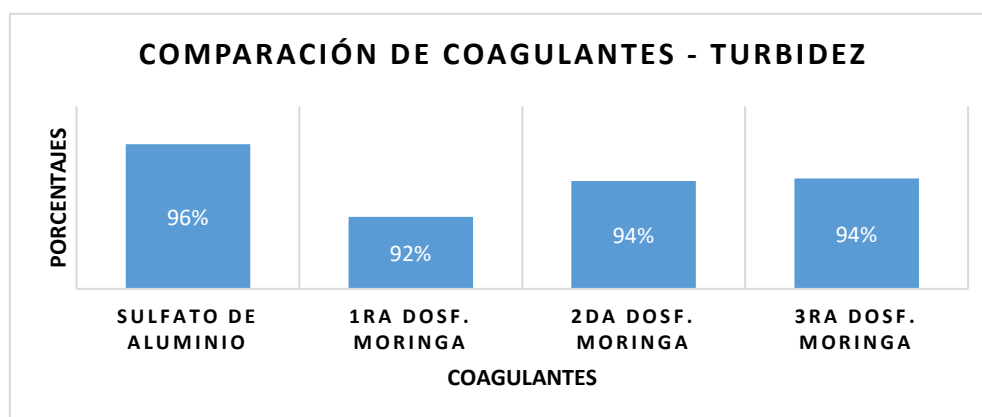


Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 96%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 92% en la primera, 94% en la segunda y 94% en la tercera.

Gráfico 7

Porcentaje de disminución de turbidez 3era parte – Muestra 3

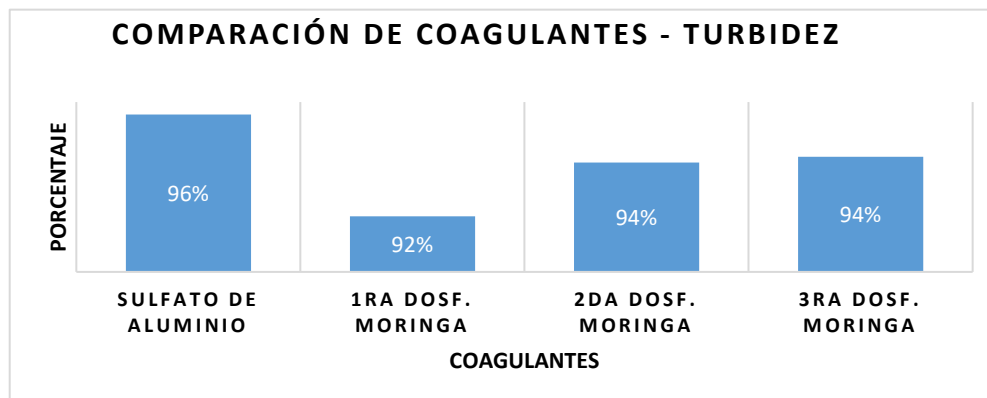


Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 96%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 92% en la primera, 94% en la segunda y 94% en la tercera.

Gráfico 8

Porcentaje de disminución de turbidez 4ta parte - Muestra 4



Fuente: Elaboración Propia

El sulfato de aluminio destaca con una efectividad del 96%, siendo el más eficiente; por otro lado, el polvo de la semilla de MO utilizando en 3 dosificaciones diferentes, muestra porcentajes de reducción que van aumentando gradualmente: 92% en la primera, 94% en la segunda y 94% en la tercera.

Posterior a ello en el Minitab 19 se insertó los datos de cada una de las dosificaciones aplicadas para luego ser comparadas mediante ANOVA, de forma más detallado se tuvo en cuenta lo siguiente:

✓ **Factor que se está estudiando**

Turbidez

✓ **Variable de respuesta**

Unidad de Turbidez Nefelométrica (NTU), la turbidez.

✓ **Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna**

H₀= No existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

H_a= Existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

✓ ANOVA en Minitab19

Tabla 20

Análisis de Varianza de la turbidez

Fuente	GL	SC Ajust.	MC	Valor F	Valor p
			Ajust.		
TRATAMIENTOS	3	30.0332	10.0111	1051.26	0.000
Error	12	0.1143	0.0095		
Total	15	30.1474			

Fuente: *Elaboración Propia*

✓ **Conclusión de si se rechaza o se acepta la HO**

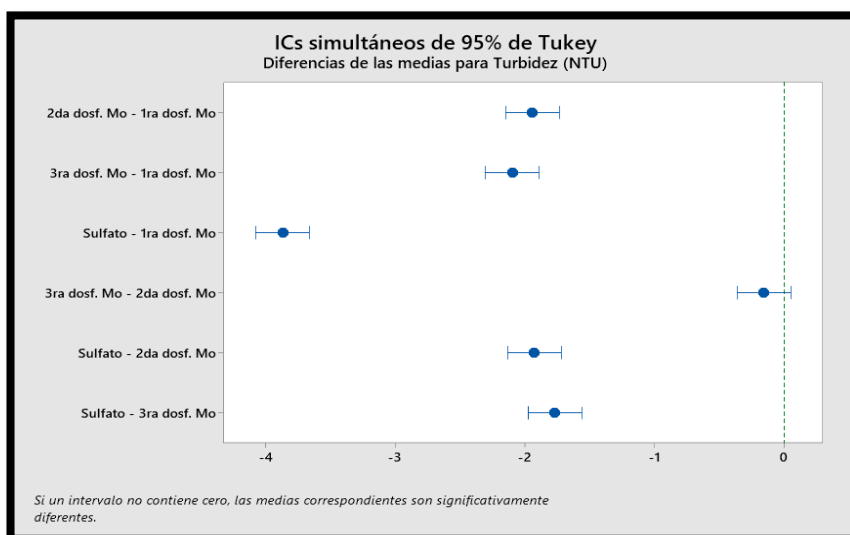
Para poder saber si se rechaza o no se rechaza se debe tener en cuenta que el nivel de significancia denotado es de 0.05, por ello entonces se tiene que si el valor de $p \leq \alpha$ se rechaza H_0 y si el valor de $p \geq \alpha$ no se rechaza H_0 .

En este caso el valor de p es menor por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

✓ **Comparación de Tukey**

Gráfico 9

Comparación por medio de Tukey la turbidez



Fuente: *Elaboración Propia*

✓ **Dosificaciones de los coagulantes que son diferentes**

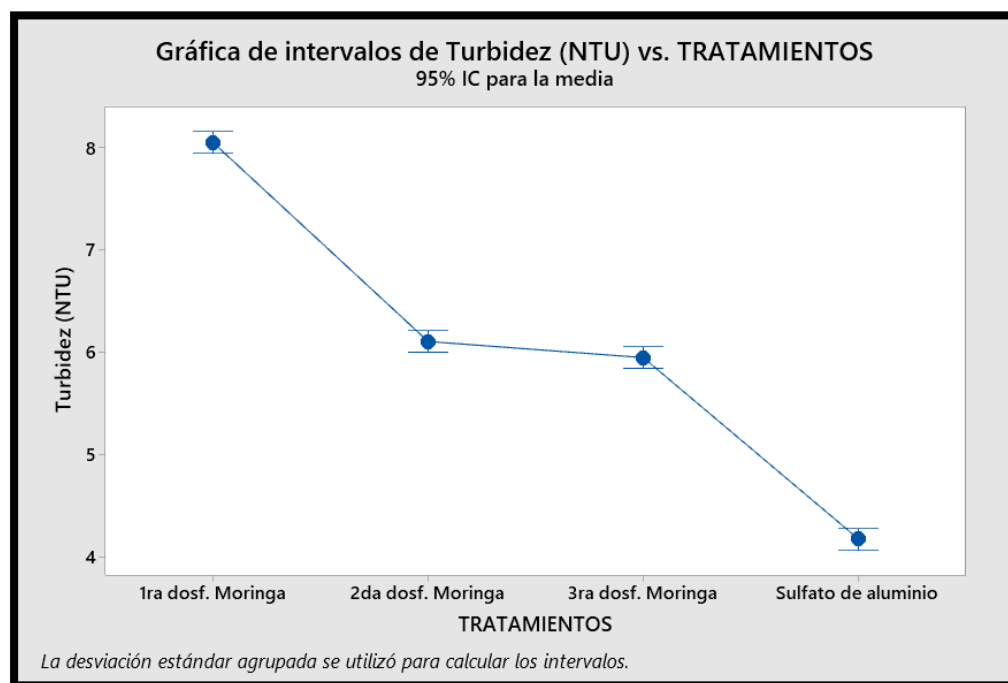
De acuerdo con Tukey se puede mencionar que los coagulantes que son diferentes son:

- 2da dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 3ra dosificación de MO

✓ **Gráfica de intervalos**

Gráfico 10

Gráfica de intervalos de turbidez



Fuente: *Elaboración Propia*

La imagen muestra como distintos tratamientos afectan la turbidez del agua, se comparan dosis de MO y sulfato de aluminio, mostrando que este último reduce más la turbidez, los intervalos reflejan la variabilidad de los resultados.

Ph

Posterior a ello en el Minitab 19 se insertó los datos de cada una de las dosificaciones aplicadas para luego ser comparadas mediante ANOVA, de forma más detallado se tuvo en cuenta lo siguiente:

✓ **Factor que se está estudiando**

Ph

✓ **Variable de respuesta**

Unidad

✓ **Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna**

H₀= No existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

H_a= Existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

✓ **ANOVA en Minitab19**

Tabla 21

Análisis de Varianza del Ph

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	3	12.4938	4.16459	365448.46	0.000
Error	12	0.0001	0.00001		
Total	15	12.4939			

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Conclusión de si se rechaza o se acepta la H₀**

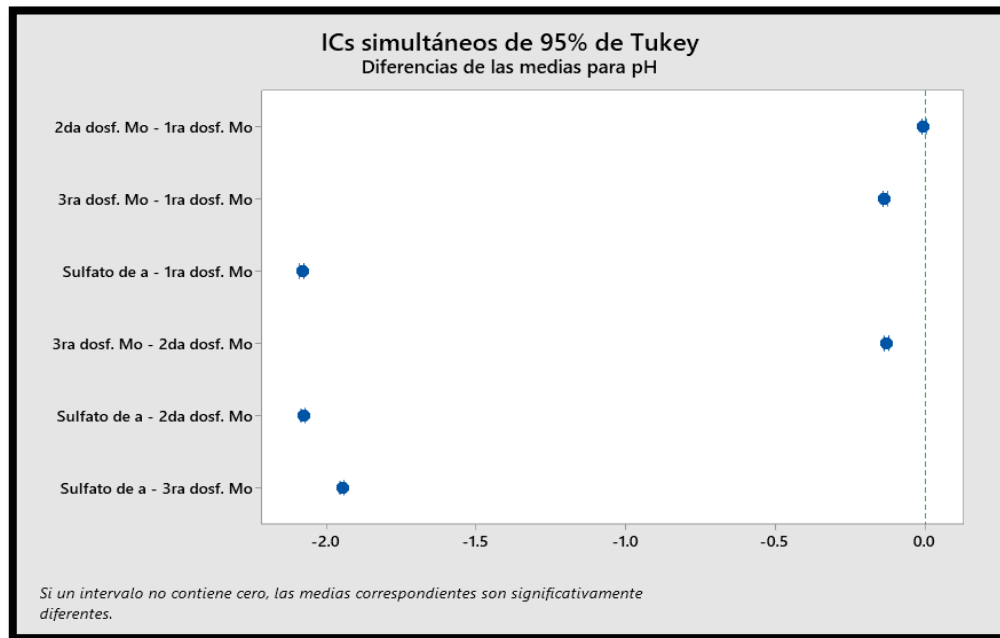
Para poder saber si se rechaza o no se rechaza se debe tener en cuenta que el nivel de significancia denotado es de 0.05, por ello entonces se tiene que si el valor de $p \leq \alpha$ se rechaza H₀ y si el valor de $p \geq \alpha$ no se rechaza H₀.

En este caso el valor de p es menor por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

✓ **Comparación de Tukey**

Gráfico 11

Comparación por medio de Tukey el ph



Fuente: Elaboración Propia

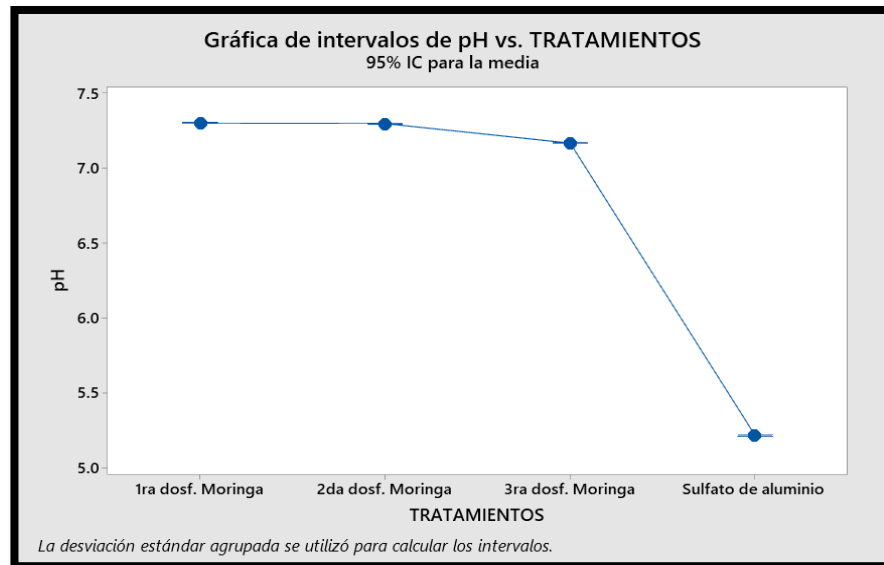
✓ **Dosificaciones de los coagulantes que son diferentes**

De acuerdo con Tukey se puede mencionar que los coagulantes que son diferentes son:

- 3ra dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 3ra dosificación de MO

✓ **Gráfica de intervalos**

Gráfico 12
Gráfica de intervalos de Ph



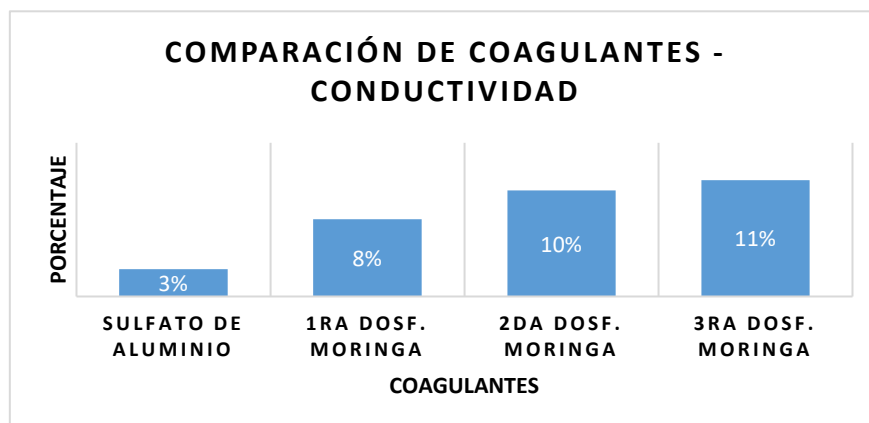
Fuente: *Elaboración Propia*

El gráfico muestra como el ph se mantiene estable con la MO pero baja significativamente con el sulfato de aluminio, esto indica que el sulfato de aluminio tiene un efecto más fuerte en la acidez.

Conductividad

Con ayuda del Microsoft Excel se ha obtenido los siguientes porcentajes de cuanto ha disminuido la conductividad con los coagulantes.

Gráfico 13
Porcentaje de disminución de conductividad 1era parte - Muestra 1

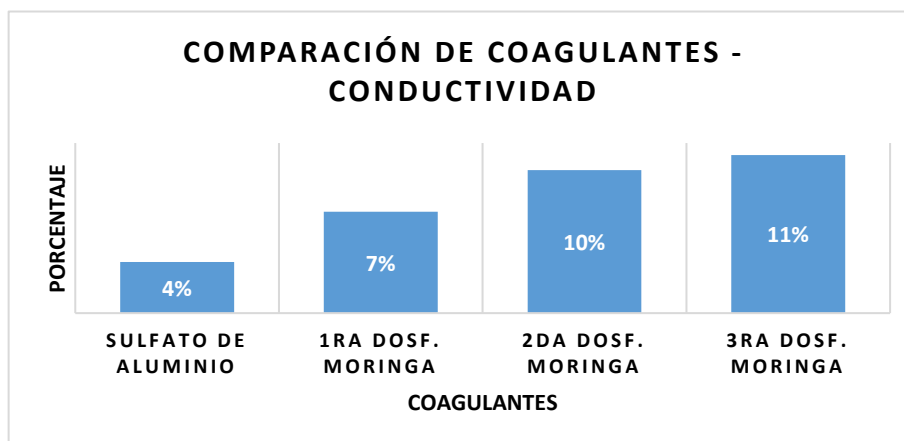


Fuente: *Elaboración Propia*

En este gráfico podemos decir que la semilla de MO ha logrado reducir hasta un 11% de conductividad, siendo el más destacado, dando conocimiento que logra disminuir a medida que aumentamos la dosificación de la semilla de moringa, mientras que el sulfato de aluminio solamente ha actuado un 3% reducción.

Gráfico 14

Porcentaje de disminución de conductividad 2da parte - Muestra 2

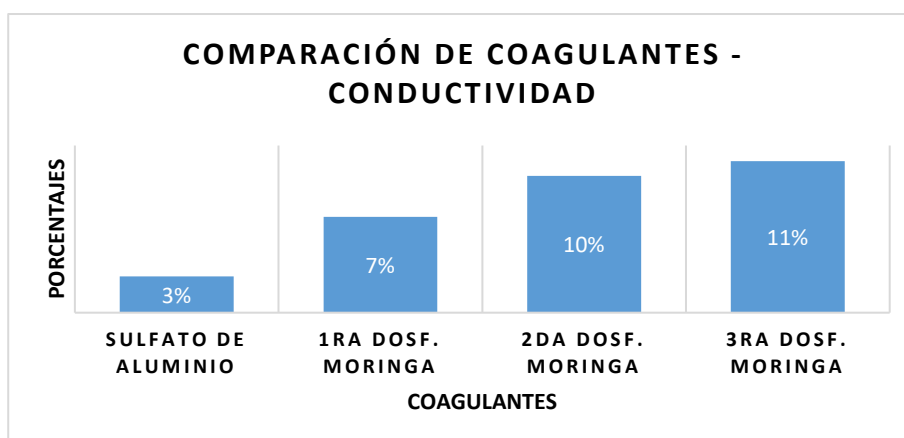


Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico podemos decir que la semilla de MO ha logrado reducir hasta un 11% de conductividad, siendo el más destacado, dando conocimiento que logra disminuir a medida que aumentamos la dosificación de la semilla de moringa, mientras que el sulfato de aluminio solamente ha actuado un 3% reducción.

Gráfico 15

Porcentaje de disminución de conductividad 3ra parte – Muestra 3

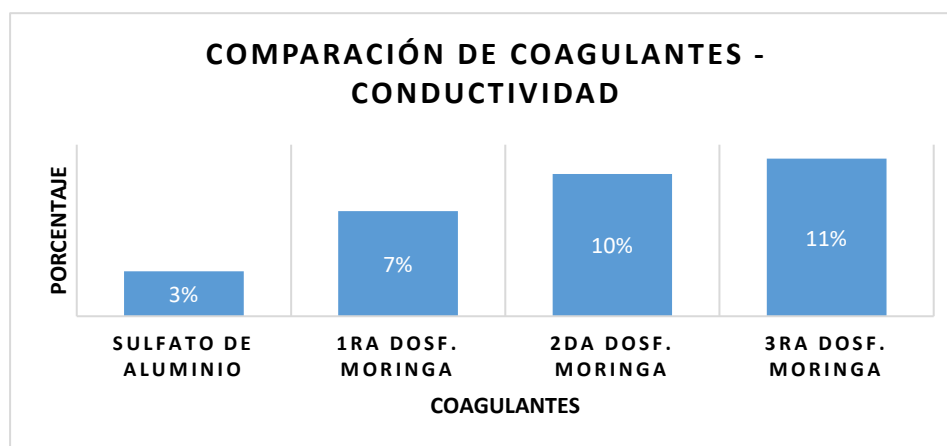


Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico podemos decir que la semilla de MO ha logrado reducir hasta un 11% de conductividad, siendo el más destacado, dando conocimiento que logra disminuir a medida que aumentamos la dosificación de la semilla de moringa, mientras que el sulfato de aluminio solamente ha actuado un 3% reducción.

Gráfico 16

Porcentaje de disminución de conductividad 4ta parte – Muestra 4



Fuente: Elaboración Propia

En este gráfico podemos decir que la semilla de MO ha logrado reducir hasta un 11% de conductividad, siendo el más destacado, dando conocimiento que logra disminuir a medida que aumentamos la dosificación de la semilla de moringa, mientras que el sulfato de aluminio solamente ha actuado un 3% reducción.

Posterior a ello en el Minitab 19 se insertó los datos de cada una de las dosificaciones aplicadas para luego ser comparadas mediante ANOVA, de forma más detallado se tuvo en cuenta lo siguiente:

✓ **Factor que se está estudiando**

Conductividad

✓ **Variable de respuesta**

La conductividad se expresa microsiemens por centímetro cuadrado (us/cm²).

✓ **Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna**

H₀= No existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

Ha= Existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

✓ ANOVA en Minitab19

Tabla 22

Análisis de Varianza de la conductividad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	3	35229.5	11743.2	536.83	0.000
Error	12	262.5	21.9		
Total	15	35492.0			

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Conclusión de si se rechaza o se acepta la HO**

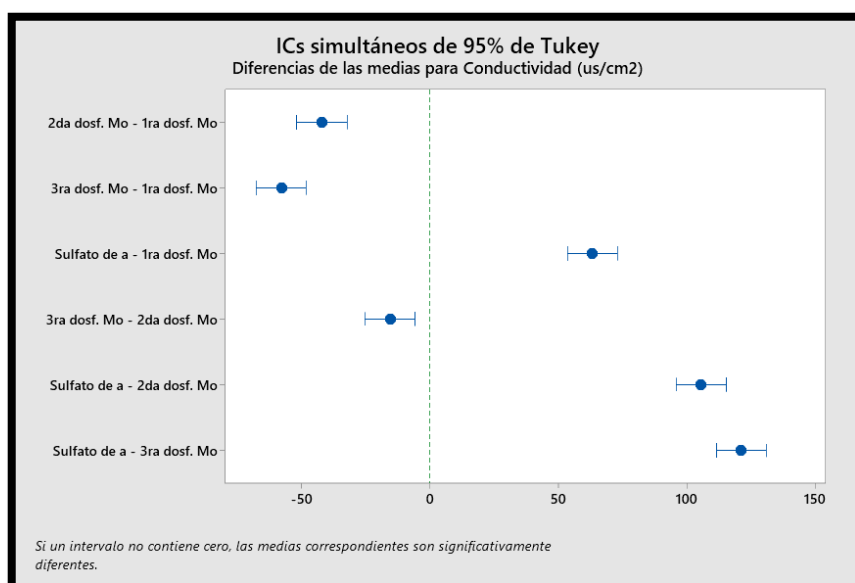
Para poder saber si se rechaza o no se rechaza se debe tener en cuenta que el nivel de significancia denotado es de 0.05, por ello entonces se tiene que si el valor de $p \leq \alpha$ se rechaza H_0 y si el valor de $p \geq \alpha$ no se rechaza H_0 .

En este caso el valor de p es menor por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

✓ **Comparación de Tukey**

Gráfico 17

Comparación por medio de Tukey la conductividad



Fuente: Elaboración Propia

✓ Dosificaciones de los coagulantes que son diferentes

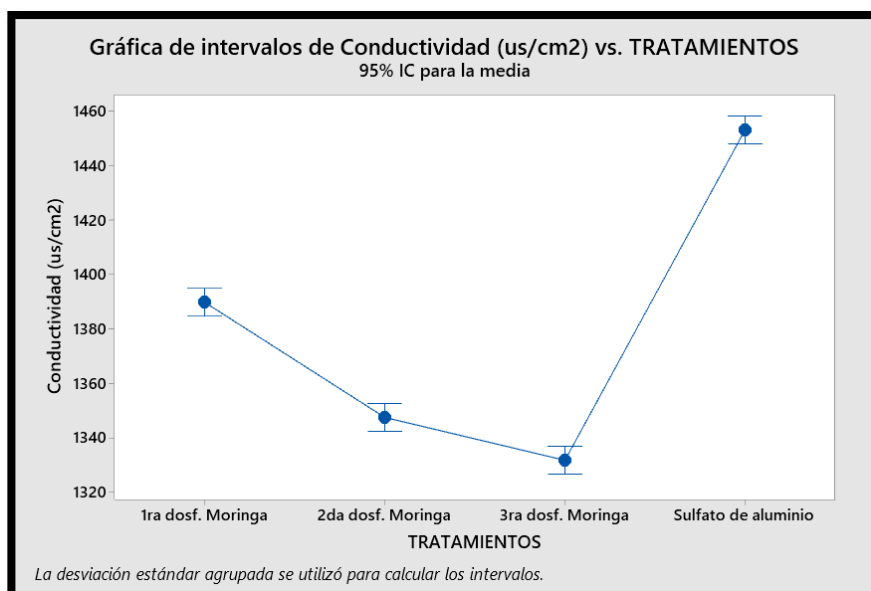
De acuerdo con Tukey se puede mencionar que los coagulantes que son diferentes son:

- 2da dosificación de MO– 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 3ra dosificación de MO

✓ Gráfica de intervalos

Gráfico 18

Gráfica de intervalos de conductividad



Fuente: *Elaboración Propia*

La gráfica compara su efecto en la conductividad del agua mostrando como varía según la dosis aplicada, esto permitió evaluar cual tratamiento es más eficiente en la purificación sin afectar demasiado a la conductividad.

Temperatura

Con ayuda del Minitab 19 se insertó los datos de cada una de las dosificaciones aplicadas para luego ser comparadas mediante ANOVA, de forma más detallado se tuvo en cuenta lo siguiente:

✓ **Factor que se está estudiando**

Temperatura

✓ **Variable de respuesta**

La temperatura en °C.

✓ **Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna**

H₀= No existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

H_a= Existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

✓ **ANOVA en Minitab19**

Tabla 23

Análisis de Varianza de la temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	3	1.1525	0.38417	24.92	0.000
Error	12	0.1850	0.01542		
Total	15	1.3375			

Fuente: Elaboración Propia

✓ **Conclusión de si se rechaza o se acepta la H₀**

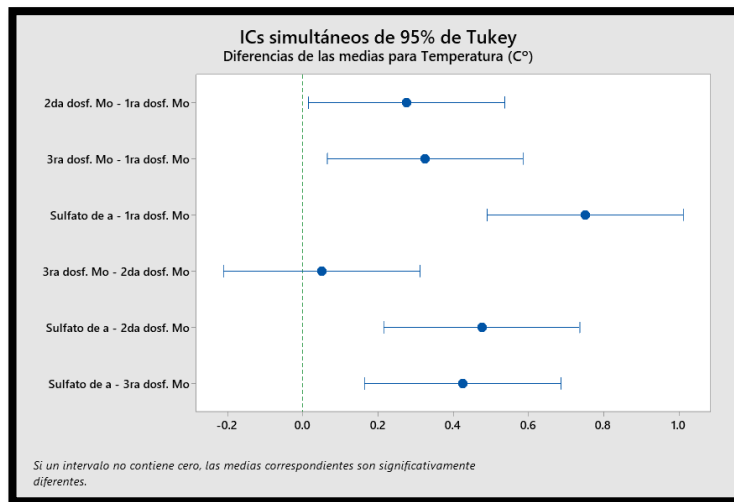
Para poder saber si se rechaza o no se rechaza se debe tener en cuenta que el nivel de significancia denotado es de 0.05, por ello entonces se tiene que si el valor de $p \leq \alpha$ se rechaza H₀ y si el valor de $p \geq \alpha$ no se rechaza H₀.

En este caso el valor de p es menor por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

✓ Comparación de Tukey

Gráfico 19

Comparación por medio de Tukey la temperatura



Fuente: Elaboración Propia

✓ Dosificaciones de los coagulantes que son diferentes

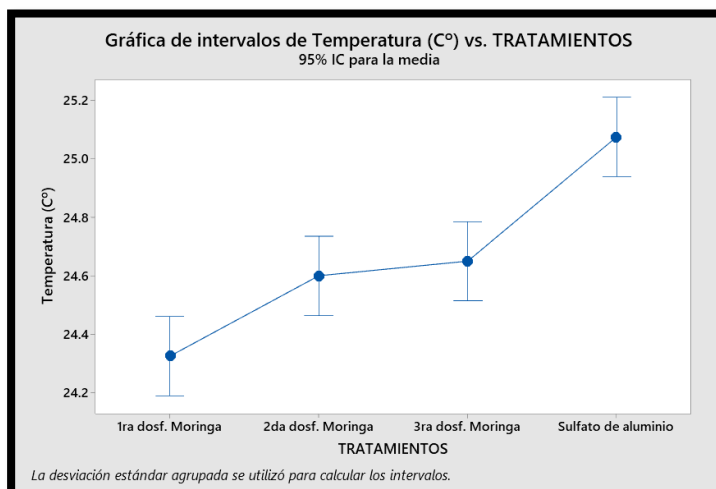
De acuerdo con Tukey se puede mencionar que los coagulantes que son diferentes son:

- 2da dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO– 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 3ra dosificación de MO

✓ Gráfica de intervalos

Gráfico 20

Gráfica de intervalos de temperatura



Fuente: Elaboración Propia

✓ **Media de tiempo menor**

La primera dosificación de semilla de MO

Sólidos Totales Suspendidos

Con ayuda del Microsoft Excel y el Minitab 19 se insertó los datos de cada una de las dosificaciones aplicadas para luego ser comparadas mediante ANOVA, de forma más detallado se tuvo en cuenta lo siguiente:

✓ **Factor que se está estudiando**

Sólidos totales suspendidos

✓ **Variable de respuesta**

La Sólidos Totales Suspendidos (mg/L).

✓ **Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna**

H₀= No existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

H_a= Existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

✓ **ANOVA en Minitab19**

Tabla 24

Análisis de Varianza de los sólidos suspendidos totales

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	3	20713.6	6904.53	2180.38	0.000
Error	8	25.3	3.17		
Total	11	20738.9			

Fuente: *Elaboración Propia*

✓ **Conclusión de si se rechaza o se acepta la HO**

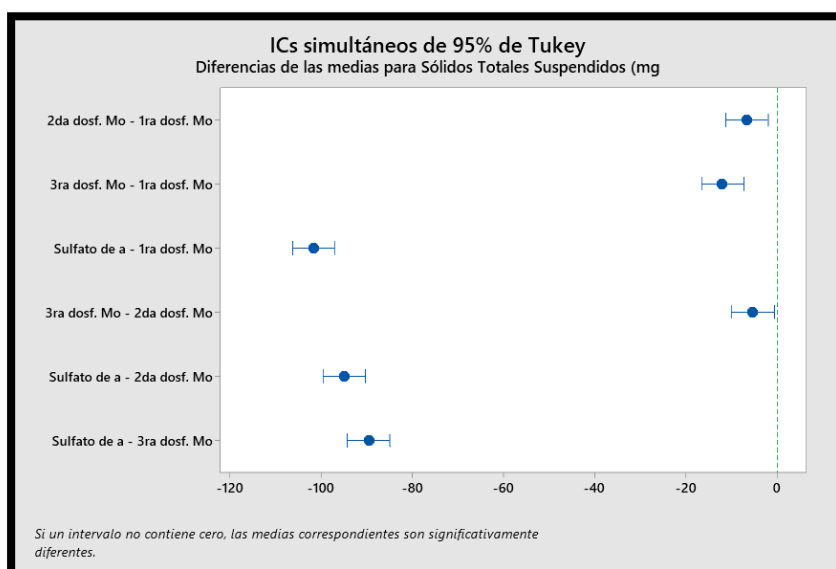
Para poder saber si se rechaza o no se rechaza se debe tener en cuenta que el nivel de significancia denotado es de 0.05, por ello entonces se tiene que si el valor de $p \leq \alpha$ se rechaza H_0 y si el valor de $p \geq \alpha$ no se rechaza H_0 .

En este caso el valor de p es menor por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

✓ **Si es que existe diferencias entre los métodos, realizar la comparación de Tukey**

Gráfico 21

Comparación por medio de Tukey los sólidos suspendidos totales



Fuente: Elaboración Propia

✓ **Dosificaciones de los coagulantes que son diferentes**

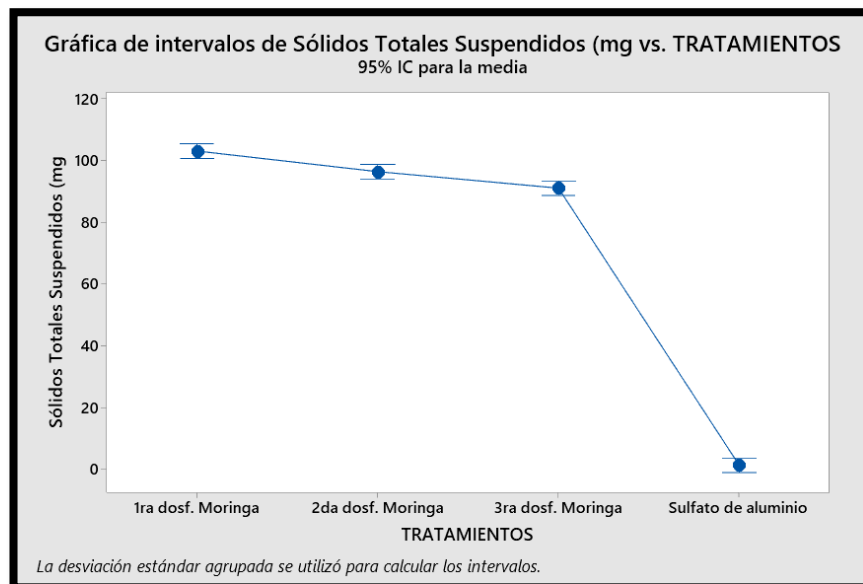
De acuerdo con Tukey se puede mencionar que los coagulantes que son diferentes son:

- 2da dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO– 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 3ra dosificación de MO

✓ **Gráfica de intervalos**

Gráfico 22

Gráfica de intervalos de sólidos suspendidos totales



Fuente: Elaboración Propia

✓ **Método de la media de tiempo menor**

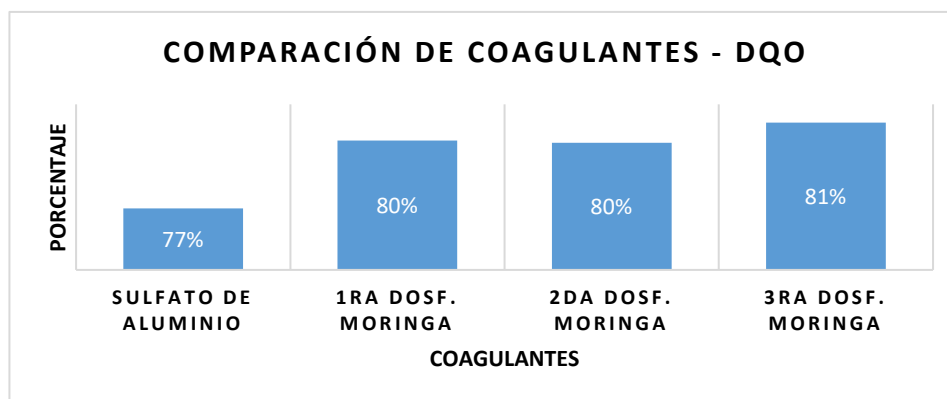
El sulfato de aluminio.

Demanda Química de Oxígeno

Con ayuda del Microsoft Excel se ha obtenido los siguientes porcentajes de cuanto ha disminuido la DQO los coagulantes.

Gráfico 23

Porcentaje de disminución de DQO 1era parte - Muestra 1

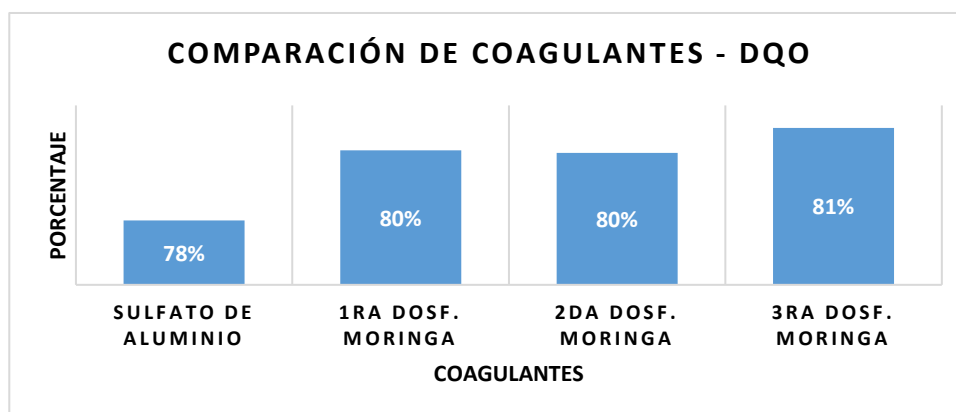


Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico muestra la eficiencia de los coagulantes comparando que el sulfato de aluminio logra una reducción del 77% y tres dosificaciones de la semilla las cuales muestran porcentajes de reducción de 80% en la primera y segunda, y 81% en la tercera dosificación.

Gráfico 24

Porcentaje de disminución de DQO 2da parte- Muestra 2

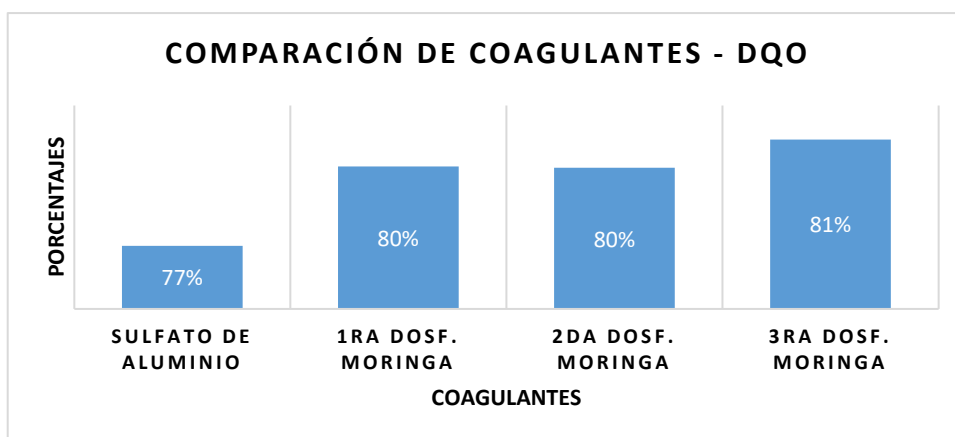


Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico muestra la eficiencia de los coagulantes comparando que el sulfato de aluminio logra una reducción del 78% y tres dosificaciones de la semilla las cuales muestran porcentajes de reducción de 80% en la primera y segunda, y 81% en la tercera dosificación.

Gráfico 25

Porcentaje de disminución de DQO 3ra parte – Muestra 3



Fuente: Elaboración Propia

Este gráfico muestra la eficiencia de los coagulantes comparando que el sulfato de aluminio logra una reducción del 77% y tres dosificaciones de la semilla las cuales muestran porcentajes de reducción de 80% en la primera y segunda, y 81% en la tercera dosificación.

Posterior a ello en el Minitab 19 se insertó los datos de cada una de las dosificaciones aplicadas para luego ser comparadas mediante ANOVA, de forma más detallado se tuvo en cuenta lo siguiente:

- ✓ **Factor que se está estudiando**
Demanda Química de Oxígeno
- ✓ **Variable de respuesta?**
Demanda Química de Oxígeno (mg/L).
- ✓ **Plantear la hipótesis nula y la hipótesis alterna**

H₀= No existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

H_a= Existe una diferencia significativa en la reducción de la turbidez del agua de la laguna de estabilización de San José al utilizar un coagulante químico en comparación con un coagulante natural.

- ✓ **ANOVA en Minitab19**

Tabla 25
Análisis de Varianza de la Demanda Química de Oxígeno

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTOS	3	3820.92	1273.64	126.35	0.000
Error	8	80.64	10.08		
Total	11	3901.56			

Fuente: *Elaboración Propia*

✓ **Conclusión de si se rechaza o se acepta la HO**

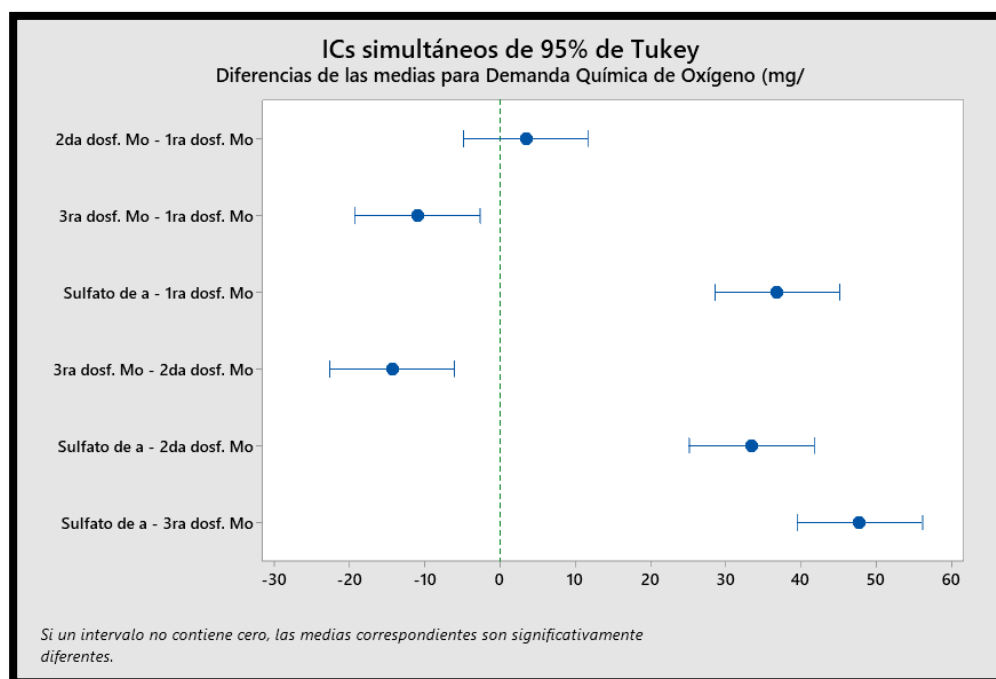
Para poder saber si se rechaza o no se rechaza se debe tener en cuenta que el nivel de significancia denotado es de 0.05, por ello entonces se tiene que si el valor de $p \leq \alpha$ se rechaza H_0 y si el valor de $p \geq \alpha$ no se rechaza H_0 .

En este caso el valor de p es menor por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

✓ **Si es que existe diferencias entre los métodos, realizar la comparación de Tukey**

Gráfico 26

Comparación por medio de Tukey la Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia

✓ **Dosificaciones de los coagulantes que son diferentes**

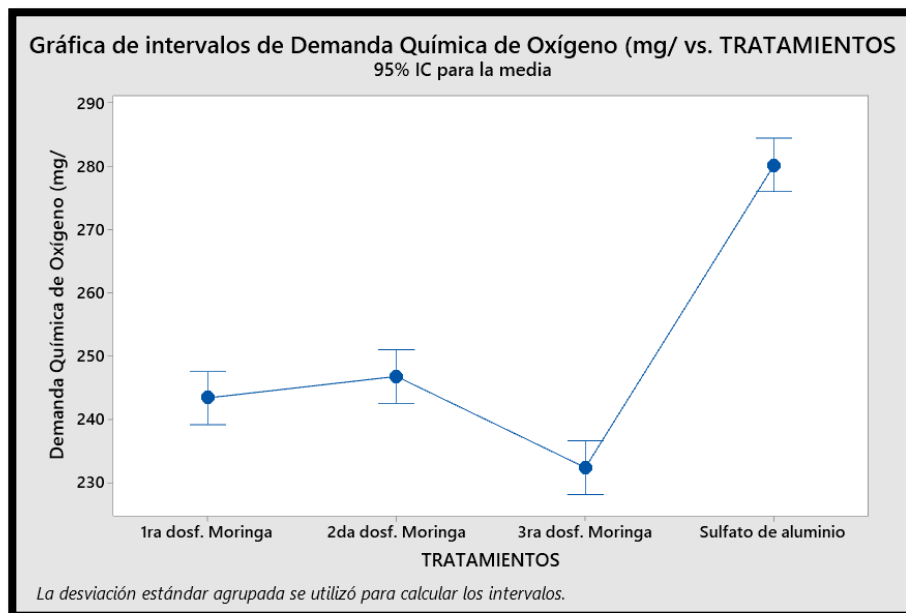
De acuerdo con Tukey se puede mencionar que los coagulantes que son diferentes son:

- 3ra dosificación de MO – 1ra dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 1ra dosificación de MO
- 3ra dosificación de MO – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 2da dosificación de MO
- Sulfato de aluminio – 3ra dosificación de MO

✓ **Gráfica de intervalos**

Gráfico 27

Gráfica de intervalos de Demanda Química de Oxígeno



Fuente: Elaboración Propia

✓ **Método de la media de tiempo menor**

La 3era dosificación de la semilla de MO

Demanda Bioquímica de Oxígeno

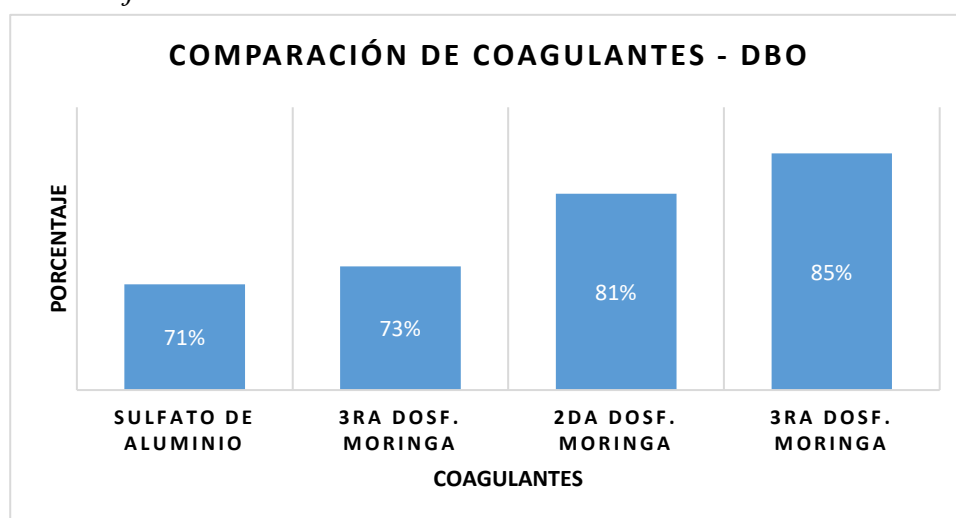
Con ayuda del Microsoft Excel se ha obtenido los siguientes porcentajes de cuanto ha disminuido DBO los coagulantes.

Tabla 26

Valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

TRATAMIENTOS	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (MG/L)
SULFATO DE ALUMINIO	590.630
1RA DOSIF. MORINGA	551.260
2DA DOSIF. MORINGA	393.100
3RA DOSIF. MORINGA	305.430

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 28*Porcentaje de disminución de DBO**Fuente: Elaboración Propia*

En este gráfico para las 4 primeras muestras podemos decir que la semilla de MO ha logrado reducir hasta un 85% y 81% de DBO, siendo el más destacado la segunda y tercera dosificación de la semilla de moringa, dando conocimiento que logra disminuir a medida que aumentamos la dosificación de la semilla de moringa, mientras que el sulfato de aluminio solamente ha actuado un 71% de reducción.

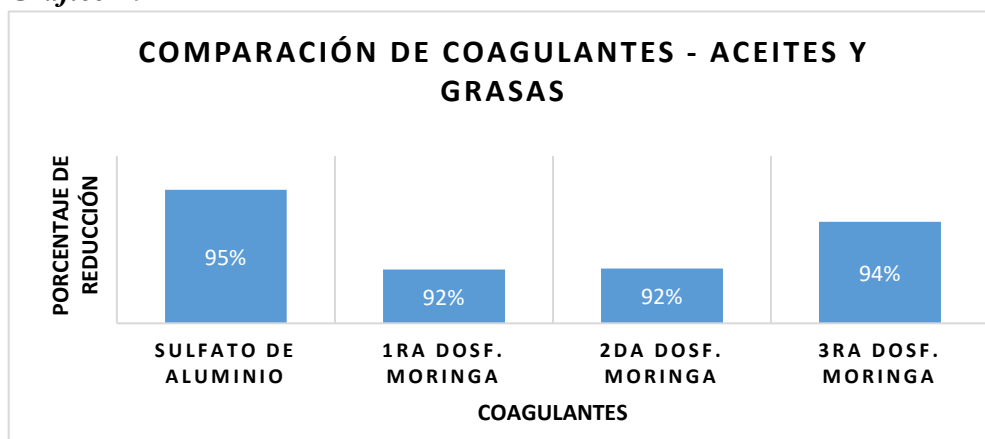
Aceites y grasas

Para este parámetro se ha utilizado el Microsoft Excel, en la tabla siguiente tenemos los datos de laboratorio.

Tabla 27*Valores de laboratorio de ensayos de Aceites y Grasas*

TRATAMIENTOS	Aceites y grasas
<i>Sulfato de aluminio</i>	9.650
<i>1ra dosif. Moringa</i>	14.960
<i>2da dosif. Moringa</i>	14.890
<i>3ra dosif. Moringa</i>	11.790

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 29

Fuente: Elaboración propia

En este gráfico para las 4 muestras podemos decir que la semilla de MO ha logrado reducir hasta un 94% de aceites y grasas, mientras que el sulfato de aluminio solamente ha actuado un 95% de reducción, no hay mucha diferencia ambos coagulantes han logrado su objetivo.

Coliformes termotolerantes

Tabla 28

Ensayo microbiológico de muestra de agua

DETERMINACION	MÉTODO	RESULTADOS
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas –NMP/100mls a 35°C.	Día 01 :24 hrs 530 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas –NMP/100mls a 35°C.	Día 02 :48 hrs 560 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas –NMP/100mls a 35°C.	Día 03 : 72 hrs 600 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas –NMP/100mls a 35°C.	Día 04 : 96 hrs 620 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas –NMP/100mls a 35°C.	Día 05 : 120 hrs 640 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29
Resultados de coliformes termotolerantes al aplicar las dosificaciones

Agua residual					
Procedente de la entrada del Canal del efluente de la Laguna estabilización Sin tratamiento Cultivo inicial (24 /OCT)	530 NMP/100 ml	560 NMP/100 ml	600 NMP/100 ml	620 NMP/100 ml	640 NMP/100 ml
D1 (1500 ppm/75 ml)	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes	L1 = 490			
Semilla de moringa		26 oct			
25/OCT	termotolerantes	L2 =490			
		27 oct			
		L3 =510			
		28 oct			
D2 (2000 ppm/100 ml)	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes		L1 =560		
Semilla de moringa			26 oct		
25/OCT	termotolerantes		L2 =550		
			27 oct		
			L3 =570		
			28 oct		
D3 (2500 ppm/125 ml)	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes			L1 =580	
25/OCT				/26 oct	
	termotolerantes			L2 =580 /	
				27 oct	
				L3 =570/	
				28 oct	
DO (Sulfato de aluminio)	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes				L1 =600
25 Oct	termotolerantes				26 oct
					L2 =610
					27 oct
					L3 =610
					28 oct

Fuente: *Elaboración propia*

De acuerdo con esta tabla de resultados podemos observar como la primera dosificación de la semilla de MO ha logrado ha disminuido las colonias de 560 NMP/100 ml a 510 NMP/100 en los 3 días teniendo la reducción de 50 NMP/100, la segunda dosificación de semilla de MO de 600 NMP/100 ml a 570 NMP/100 teniendo la reducción de 30 NMP/100, la tercera dosificación de semilla de MO de 620 NMP/100 ml a 570 NMP/100 teniendo la reducción de 50 NMP/100 y por último la dosificación del sulfato de aluminio de 640 NMP/100 ml a 610 NMP/100 teniendo la reducción de 30 NMP/100, ambos coagulantes han logrado la disminución de las colonias de los coliformes termotolerantes según los días de lectura que se ha realizado cada 24 horas.

Discusión

El sulfato de aluminio demostró ser altamente efectivo en la reducción de la turbidez, alcanzando valores promedio de alrededor de 4.18 NTU siendo un 96% de eficiencia, en comparación con la moringa, aunque también es efectiva, mostró una reducción progresiva de la turbidez con cada dosificación, por ejemplo, en la tercera dosificación, la turbidez promedio fue de 6.70 NTU con 94% de eficiencia, indicando que es progresiva con cada dosificación, es decir, la MO puede ser ajustada para obtener resultados óptimos; sin embargo este experimento demostró ser mejor comparando con una de las investigaciones donde la MO logró reducir un 88.74% [9].

Una ventaja significativa en la investigación que se realizó se demostró que la MO tiene la capacidad para mantener el ph del agua dentro de un rango neutro, con valores que oscilan entre 7.165 y 7.303, dando beneficio para la vida acuática, ya que un ph neutro es ideal para la mayoría de los organismos acuáticos y, sobre todo, no causan corrosión en las infraestructuras del tratamiento del agua; por otro lado el sulfato de aluminio reduce un ph a niveles ácidos alrededor de 5.212, un ph tan bajo puede ser problemático, ya que puede alcanzar a afectar negativamente a los organismos acuáticos y requerir tratamientos adicionales para neutralizar el agua antes de su uso. Similar a los datos obtenidos en el proyecto se tiene el análisis del efecto del polvo de MO en las AR de los pozos de oxidación del distrito de Cajamarca resalta que el coagulante no alteró significativamente el ph del agua tratada, solo se observó ligeras variaciones, por ejemplo el ph inicial de 7.21 disminuyó ligeramente a valores de 7.12 lo que indica una estabilidad en el rango permitido para las aguas tratadas [16].

La MO reduce la conductividad a valores entre 1331 y 1395 us/cm², indica una menor concentración de iones disueltos en comparación con el sulfato de aluminio, que tiene una conductividad alrededor de 1458 us/cm². La conductividad, al ser menor con la moringa, es beneficioso, ya que una alta conductividad puede ser indicativa de una alta concentración de sales disueltos, siendo perjudicial para ciertos usos del agua.

En los sólidos totales suspendidos, el sulfato de aluminio es extremadamente efectivo, reduciendo los valores a aproximadamente 1 mg/L, cumpliendo con los límites máximos permisibles. La MO también reduce los sólidos totales suspendidos, con valores que disminuyen de 103 mg/L en la primera dosificación a 91mg/L en la tercera dosificación.

La de DBO con MO varió entre 232.20 y 247.20 mg/L de la muestra inicial con 1230 mg/l demostrando un 81% de efectividad mientras con que con el sulfato de aluminio fue de 283.20 mg/L, esto sugiere que la MO es más efectiva en la reducción de materia orgánica. Comparando con el efecto del polvo de semilla de MO en los pozos de oxidación de Cajamarca también tuvo una reducción significativa desde un valor inicial de 582mg/l a 396mg/l logrando un indicador positivo para la mejora de calidad del agua y reduciendo el impacto ambiental del vertido [16].

En cuanto a la DQO, la MO disminuyó los valores de 551.26mg/L en la primera dosificación a 305.43 mg/L en la tercera de 2051.45 mg/L de la muestra inicial, en comparación con 590.63 mg/L con el sulfato de aluminio, todo esto indica una mayor eficiencia de la MO en la reducción de materia orgánica. En otro estudio después de haber aplicado la semilla redujo hasta 985mg/L de 1213mg/L el valor inicial, representando una disminución significativamente [16].

Los aceites y grasas en el agua pueden afectar su calidad y tratamiento, en este caso, ambos coagulantes fueron efectivos en su reducción, con el sulfato de aluminio logrando valores ligeramente más bajos de 9.65mg/L en comparación con la MO 11.79 mg/L en la tercera dosificación, aunque ambos cumplen con los límites máximos permisibles el sulfato de aluminio muestra una ligera ventaja en este aspecto.

Para los coliformes termotolerantes los coagulantes llegaron a disminuir las colonias día tras día, la semilla de MO ha logrado disminuir hasta un 50 NMP/100 ml y el sulfato de aluminio hasta 30 NMP/100 ml, esto da a indicar que se logró comprobar el efecto bacteriostático es decir no dejó que continuaran reproduciéndose, logrando que estas colonias murieran.

Conclusiones

Se puede concluir que la MO se presenta como una alternativa viable y más ecológica al sulfato de aluminio para el tratamiento de aguas en la laguna de estabilización, la MO es beneficiosa en términos para mantener un PH neutro y reducir la materia orgánica, lo cual es crucial también para la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático, Por otro lado , el sulfato de aluminio sigue siendo el más efectivo en la reducción de turbidez y sólo suspendidos, Sin embargo, la MO muestra una reducción significativa en las turbidez y los sólidos totales suspendidos a medida que se incrementa la dosificación, indicando que la MO puede ser ajustada para obtener resultados óptimos. Para los coliformes termotolerantes también ambos coagulantes han resultados efectivos en la disminución de colonias de acuerdo con los días de lectura y recuento que se realizaron cada 24 horas.

Recomendaciones

- Para extraer las muestras de AR de cualquier punto de una PTAR siempre tener puesto la indumentaria necesaria para evitar tener contacto con estas aguas ya que nos exponemos a muchos contaminantes.
- Cuando se haya tenido la solución madre de la semilla de MO oleífera, para futuras investigaciones se recomienda que se use mayor dosificación ya que se podrá obtener mayores resultados efectivos.
- También se recomienda tener un espacio adecuado para realizar los ensayos correspondientes y se pueda realizar de forma controlada.

Referencias

- [1] F. A. Rasheed, K. Alkaradaghi, y N. Al-Ansari, «The Potential of Moringa oleifera Seed in Water Coagulation-Flocculation Technique to Reduce Water Turbidity», *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 234, n.º 4, 2023, doi: 10.1007/s11270-023-06238-3.
- [2] «Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales | SINIA». Accedido: 10 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/fiscalizacion-ambiental-aguas-residuales>
- [3] J. F. L.- Meoño, C. G. Taranco, y Y. M. Olivares, «LAS AgUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ», 2015.
- [4] P. Vega Andrade, C. F. Palanca, M. A. C. de Oliveira, C. Y. K. Ito, y A. G. dos Reis, «Use of Moringa oleifera seed as a natural coagulant in domestic wastewater tertiary treatment: Physicochemical, cytotoxicity and bacterial load evaluation», *J. Water Process Eng.*, vol. 40, 2021, doi: 10.1016/j.jwpe.2020.101859.
- [5] P. W. Mejía Carrillo, «“Uso de la Moringa oleifera Lam. (MORINGACEAE) como coagulante natural para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas”», *Univ. César Vallejo*, 2016, Accedido: 31 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/920>
- [6] L. Salazar-Gómez *et al.*, «Turbidity Removal Performance of Selected Natural Coagulants for Water Treatment in Colombian Rural Areas», *Civ. Eng. J.*, vol. 10, n.º 2, Art. n.º 2, feb. 2024, doi: 10.28991/CEJ-2024-010-02-020.
- [7] A. Martínez Huaira y K. Yauri Felipe, «Eficiencia de la remoción de la turbidez en aguas sintéticas a nivel de laboratorio, aplicando como coagulante natural la Moringa Oleífera con y sin extracción lipídica de la semilla - 2022», sep. 2023, Accedido: 30 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/unh/5931>
- [8] N. Al-Jadabi, M. Laouan, S. E. Hajjaji, J. Mabrouki, M. Benbouzid, y D. Dhiba, «The Dual Performance of Moringa Oleifera Seeds as Eco-Friendly Natural Coagulant and as an Antimicrobial for Wastewater Treatment: A Review», *Sustainability*, vol. 15, n.º 5, 2023, doi: 10.3390/su15054280.
- [9] H. S. Campos Castro, «EFECTO COAGULANTE DE LA SEMILLA DE MORINGA (Moringa oleífera) PARA CLARIFICAR AGUA DEL CANAL MONSEFÚ, CENTRO POBLADO CALLANCA, DISTRITO MONSEFÚ, 2019».
- [10] P. Vera-Zelada, G. Martínez-Sovero, L. A. Vera-Zelada, J. R. Minchán-Sapo, y D. B. Pastor-Collantes, «Efecto del polvo de semilla de Moringa oleífera sobre la turbidez de las aguas residuales en Cajamarca, Perú», *Rev. Amaz. Cienc. Ambient. Ecológicas*, vol. 2, n.º 2, Art. n.º 2, jul. 2023, doi: 10.51252/reacae.v2i2.510.
- [11] R. L. Carrizales Condori y N. A. Enríquez Nateros, «DETERMINACIÓN DE LA DOSIS Y CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DEL COAGULANTE DE Moringa oleifera EN LA CLARIFICACIÓN DEL AGUA DE LA QUEBRADA TACZANAPAMPA DE LA CIUDAD DE HUANCAMELICA"», may 2019, Accedido: 30 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2628>
- [12] M. A. Muñoz Leyva, J. A. Vegas Tamayo, y M. Velásquez Marin, «Use of Moringa oleifera as a natural coagulant for turbidity removal in surface waters in the last 10 years: a review of the scientific literature», en *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023): “Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development”*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2023. doi: 10.18687/LACCEI2023.1.1.575.

- [13] Hussein. M. Ahmed, Mohamed. A. El-Khateeb, N. Y. Mohamed, N. A. Sobhy, y M. E. Fawzy, «Evaluation of different natural waste materials as bio-coagulants for domestic wastewater treatment», *Desalination Water Treat.*, vol. 317, p. 100034, ene. 2024, doi: 10.1016/j.dwt.2024.100034.
- [14] B. S. Nzeyimana y A. D. C. Mary, «Sustainable sewage water treatment based on natural plant coagulant: Moringa oleifera», *Discov. Water*, vol. 4, n.º 1, p. 15, 2024, doi: 10.1007/s43832-024-00069-x.
- [15] S. Aphirta, R. Ratnaningsih, R. Hadisoebroto, A. M. Yusuf, y H. Gantara, «Determination of the optimum organic coagulants dosage in tofu industrial wastewater treatment», *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1203, n.º 1, 2023, doi: 10.1088/1755-1315/1203/1/012049.
- [16] D. B. Pastor Collantes y J. R. Minchán Sapo, «EFECTO DEL POLVO DE SEMILLA DE MORINGA OLEÍFERA SOBRE LA TURBIDEZ DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LOS POZOS DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE CAJAMARCA, 2020», *Univ. Priv. Antonio Guillermo Urrelo*, sep. 2021, Accedido: 7 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/1757>
- [17] D. G. Huamán Guzmán, «Optimización del sulfato de aluminio para la remoción de la DQO y DBO en aguas residuales domésticas de la Ptar Maria Reich, Miraflores, 2022», *Univ. Nac. Federico Villarreal*, 2023, Accedido: 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/7908>
- [18] B. C. Vidal Ancco, «Calidad de agua con el uso del coagulante químico sulfato de aluminio y rediseño del desarenador, Pomabamba, Ancash – 2022», *Repos. Inst. - UCV*, 2022, Accedido: 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96586>
- [19] Y. Caldera, H. Oñate, Y. Rodríguez, y E. Gutiérrez, «Eficiencia del sulfato de aluminio durante el tratamiento de aguas residuales de una industria avícola / The Efficiency of Aluminum Sulfate in the Treatment of Poultry Industry Wastewater», *Impacto Científico*, vol. 6, n.º 2, Art. n.º 2, 2011.
- [20] I. J. M. Guerra y A. de Jurado, «CHICLAYO, JULIO DEL 2013».
- [21] «OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales DS n.º 022-2009 - Informes y publicaciones - Municipalidad Distrital de Santa María del Mar - Plataforma del Estado Peruano». Accedido: 7 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619690-os-090-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-ds-n-022-2009>
- [22] «Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque». Accedido: 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.epsel.com.pe/sue/PortalAlcantarillado>
- [23] A. N. del Agua, «Ley de los Recursos Hídricos: Ley N.º 29338», *Aut. Nac. Agua*, mar. 2019, Accedido: 31 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/228>
- [24] Ú. R. M. Chávez, «La fiscalización ambiental vinculada a las aguas residuales».
- [25] «Diagnósticos de las PTAR en el ámbito de las empresas prestadoras». Accedido: 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sunass/informes-publicaciones/3087490-diagnosticos-de-las-ptar-en-el-ambito-de-las-empresas-prestadoras>
- [26] «Decreto Supremo N.º 031-2010-SA». Accedido: 31 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- [27] S. H. Campos De La Sota y S. R. Collachagua Giron, «Eficiencia de la Moringa Oleífera como agente coagulante natural para la remoción de los contaminantes en el efluente del

- camal Municipal Ninacaca – Pasco – Perú», *Univ. Peru. Unión*, dic. 2019, Accedido: 7 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3119>
- [28] «HDSM_0297_SULFATO DE ALUMINIO TIPO A-01.06.2017.pdf». Accedido: 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.buenaventura.com/assets/uploads/hoja_de_datos_de_seguridad_del_materia_l_hdsm/2018/HDSM_0297_SULFATO%20DE%20ALUMINIO%20TIPO%20A-01.06.2017.pdf
- [29] J. K. G. Leyva y M. C. F. Mican, «Evaluación de la semilla de moringa como coagulante en aguas residuales de curtiembre».
- [30] W. M. Desta y M. E. Bote, «Wastewater treatment using a natural coagulant (Moringa oleifera seeds): optimization through response surface methodology», *Heliyon*, vol. 7, n.º 11, p. e08451, nov. 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08451.
- [31] Universidad de Córdoba, H. Araméndiz Tatis, C. Cardona Ayala, Universidad de Córdoba, y A. Ruíz Pérez, «Efecto del almacenamiento en la calidad fisiológica de semilla de moringa (Moringa oleifera Lam.)», *Rev. UDCA Actual. Divulg. Científica*, vol. 20, n.º 1, jun. 2017, doi: 10.31910/rudca.v20.n1.2017.65.
- [32] L. L. Bridgewater *et al.*, Eds., *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 23rd edition. Washington, DC: American Public Health Association, 2017.
- [33] S. Aguilar-Barojas, «Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud».
- [34] V. Cova, «Unidad 5. Soluciones acuosas».
- [35] «Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM», Ministerio del Ambiente. Accedido: 7 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-003-2010-minam/>
- [36] «Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.-», Ministerio del Ambiente. Accedido: 31 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>
- [37] V. C. Fernández-Vitora, V. Conesa Ripoll, y L. A. Conesa Ripoll, *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, 4a ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2015.

Anexos

Anexo 1 – Validación de ensayos de laboratorio por el Técnico de la USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS
- CONCRETO Y ASFALTO

INFORME N° LEM USAT 004-2025-I

FECHA: 22 de Mayo 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: DE LA CRUZ LOPEZ MARYORY YULISSA

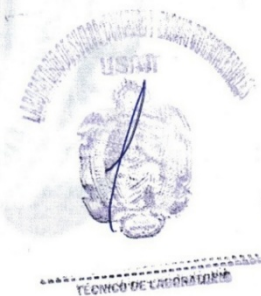
TITULO DE LA TESIS: Comportamiento entre un coagulante químico y uno natural para la reducción de la turbidez en una laguna de estabilización

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Análisis fisicoquímicos del agua residual
- Ensayo microbiológico

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Responsable de Lab Ing. Civil

Anexo 2 – Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS

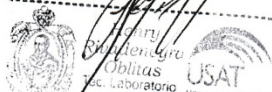


REPORTE DE ANÁLISIS N° 088 – 2024 – FIQIA

1. TESISTA : De La Cruz López Maryory Yulissa
 2. DNI : 76009793
 3. PROYECTO : COMPORTAMIENTO ENTRE UN COAGULANTE QUÍMICO Y UNO NATURAL PARA LA REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ EN UNA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN
 4. ASUNTO : Análisis bromatológico
 5. MUESTRA : Semilla de moringa
 6. FECHA DE ANÁLISIS : 05/09/2024

RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

PARÁMETRO	MORINGA	UNIDADES
Humedad	4.47	%
Cenizas	7.06	%
Grasas	40.55	%
Proteínas	26.87	%
Fibra	6.60	%
Carbohidratos	14.45	%
Calorías Totales	530.23	Kcal/100 g



TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



ALCANCES

Los resultados obtenidos fueron realizados en el Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, siguiendo estrictos estándares de calidad.

Firma	 Cristian David Visconde Beltrán INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172	Firma	
Analista	Ing. Cristian David Visconde Beltrán	V°B°	Marilyn Catherine Quintero Vilchez
Fecha del Reporte		19 de Setiembre del 2024	



Anexo 3 – Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N°130 – 2024 – FIQA

1. **AUTOR** : MARYORY YULISSA DE LA CRUZ LOPEZ
 2. **TÍTULO** : Comportamiento entre un coagulante químico y uno natural para la reducción de la turbidez en una laguna de estabilización.

3. **DATOS DE LA MUESTRA**

- Número de muestras: 05

Muestra inicial (MI): procedente de la laguna de estabilización (monitoreada el 24 de octubre, 10:20 am)

Tratamiento 0 (T0): tratamiento con sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3$), al 1%.

Tratamiento 1 (T1): tratamiento con solución de semilla de moringa 1500 ppm.

Tratamiento 2 (T2): tratamiento con solución de semilla de moringa 2000 ppm.

Tratamiento 3 (T3): tratamiento con solución de semilla de moringa 2500 ppm.

4. **RESULTADOS DE ANÁLISIS**

MUESTRAS	MI	T0	T1	T2	T3	BK	STD
PARAMETROS							
Turbidez (NTU)	100.2	4.08	7.99	6.09	5.88	---	---
	98.4	4.10	8.08	6.09	6.01		
	99.5	4.09	8.08	6.10	5.97		
	99.3	4.45	8.05	6.15	5.94		
pH	7.127	5.214	7.303	7.295	7.164	---	---
	7.125	5.212	7.299	7.297	7.165		
	7.129	5.216	7.296	7.288	7.166		
	7.126	5.221	7.298	7.299	7.163		
Conductividad ($\mu S/cm$)	1498	1458.00	1385.00	1343.00	1328.00	---	---
	1504	1444.00	1391.00	1347.00	1331.00		
	1497	1459.00	1395.00	1351.00	1335.00		
	1489	1451.00	1388.00	1349.00	1333.00		
Temperatura ($^{\circ}C$)	24.1	25.00	24.30	24.70	24.80	---	---
	24.3	25.10	24.50	24.60	24.60		
	24.6	25.00	24.10	24.50	24.70		
	24.3	25.20	24.40	24.60	24.50		
Sólidos Totales Suspendidos (mg/L)	228.00	1.00	101.00	94.00	91.00	0.01	100.23
	263.33	2.00	105.00	97.00	89.00	0.00	9.62
	254.00	1.00	103.00	98.00	93.00	0.02	20.48
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	1230.00	283.20	243.00	244.20	232.20	0.02	198.78
	1224.00	276.60	240.00	248.40	229.20	0.02	201.63
	1266.00	280.80	247.20	247.80	235.80	0.02	197.48
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	2051.45	590.63	551.26	393.10	305.43	0.05	98.72 (100)
Aceites y Grasas (mg/L)	185.26	9.65	14.93	14.89	11.79	0.07	21.54 (20.00)

Ritadeneya Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

SECRETARÍA DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



5. ALCANCES

- Los análisis se realizaron con el método estándar según el **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater 23 RD Edition 2023**

PARAMETROS	METODOLOGIA
Turbidez	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 2130 B, 24th Ed.2023. Turbidity. Nephelometric Method.
pH	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 4500-H+ B, 24th Ed.2023. pH Value. Electrometric Method
Conductividad	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 2510 B, 24thEd.2023. Conductivity. Laboratory Method
Temperatura	Directo.
Sólidos Totales Suspendidos	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 2540 D, 24th Ed.2023. Solids. Total, Suspended Solids Dried at 103-105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5210 B, 24th Ed.2023. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5220 D, 24th Ed.2023. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	SMEWW-APHA-AWWAWEF Part 5520 B, 24thEd.2023. Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method

- Las muestras se encontraron en el rango de pH establecido por el método (6 – 8) por lo cual no hubo necesidad de neutralizar, para los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales suspendidos y turbidez.
- Para los análisis aceites y grasas, y demanda química de oxígeno, las muestras se trabajaron a pH < 2, según metodología.
- Para determinación de turbidez se utilizó un turbidímetro marca HANNA INSTRUMENTS modelo HI98703 serie SC0881/15.
- Para determinación de pH se utilizó un equipo marca HANNA INSTRUMENTS modelo HI5221 serie 07260035101.
- Para determinación de la conductividad se utilizó un conductímetro marca HANNA INSTRUMENTS modelo HI2300 serie 602219170010.
- Para determinación de temperatura se utilizó un termómetro marca Control Company serie 210382068.
- Para determinación de los sólidos totales suspendidos se utilizó la estufa marca BINDER modelo FD115 serie 16-15920.
- Para el análisis de DBO₅ se utilizó un oxímetro marca HANNA INSTRUMENTS modelo HI5521.
- Los controles de calidad establecidos por el Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos de la facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias se encuentran aceptables según metodología.

Firma		Firma	
Analista	Alfredo Luis Arroyo Sánchez	Ing. Cristian David Visconde Beltrán	INGENIERO QUÍMICO REG. CIP. 111172
Fecha del Análisis	08 de noviembre del 2024		



USAT
Laboratorio
Universidad Católica
San Sebastián

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 4 – Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA PARASITOLÓGIA



ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (CON BACTERIAS COLIFORMES TERMOTOLERANTES) DE AGUA RESIDUAL DE CANAL DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN y SU COMPORTAMIENTO FRENTE A COAGULANTE QUIMICO y COAGULANTE NATURAL

SOLICITANTE: Estudiante Ingeniería Civil Ambiental DE LA CRUZ LOPEZ MARYORY YULISSA - DNI No.76009793 – delacruzmayo21@gmail.com - UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO (USAT) CHICLAYO

DENOMINACIÓN DEL PROYECTO: " **COMPORTAMIENTO ENTRE UN COAGULANTE QUIMICO y UNO NATURAL PARA LA REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ EN UNA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN** "

LUGAR, FECHA y HORA DEL MUESTREO: ENTRADA DEL CANAL DEL EFLUENTE DEL AGUA RESIDUAL DE LA LAUNA DE ESTABILIZACIÓN SAN JOSÉ EPSL CHICLAYO a 500 METROS DE CIUDAD DE DIOS - Día 24 de Octubre del 2024 - Hora: 10:00 am

MUESTRA AGUA 02: Agua residual tomada de la entrada del Canal del efluente de la Laguna de estabilización San José.

DISTRITO CHICLAYO- PROVINCIA CHICLAYO – REGIÓN LAMBAYEQUE, colectada en botella de vidrio, esterilizado y desinfectado, de primer uso, con capacidad de 1000 ml y transferida en el Laboratorio de Microbiología, a un recipiente de vidrio esterilizado, con tapa de seguridad externa, con capacidad para 1000 ml

Código 024 /LMP 13:00 pm

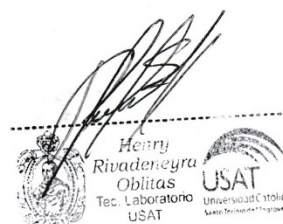
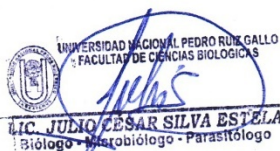
(Recepción de la muestra en Laboratorio de Microbiología Día 25/OCT/2024 - 13:00 pm)

UBICACIÓN DEL TERRENO: Lagunas de estabilización de San Jose – Kilómetro 6 Carretera Chiclayo a San José , a 500 metros de Ciudad de Dios

Fecha y responsable de toma de muestra de agua: 24/OCT/2024- Tesista Alumna DE LA CRUZ LOPEZ MARYORY YULISSA - USAT y Blgo. JULIO CÉSAR SILVA ESTELA /UNPRG

01 UNIDADES DE MUESTRA DE 1.0 LITRO – Código 024/LMP

Responsable del Análisis : Biólogo Microbiólogo Julio César Silva Estela (CBP 2731)





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA PARASITOLÓGIA



ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (CON BACTERIAS COLIFORMES TERMOTOLERANTES) DE AGUA RESIDUAL EFLUENTE DEL CANAL y REJILLAS DE INGRESO A LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN 01 y SU COMPORTAMIENTO FRENTE A COAGULANTE QUÍMICO y COAGULANTE NATURAL

1.- ENSAYO MICROBIOLÓGICO DE MUESTRA AGUA 02: Agua residual de la entrada del canal del efluente de la Laguna de estabilización San José - Chiclayo - Código 024/LMP - 120 hrs cultivo microbiano

DETERMINACION	MÉTODO	RESULTADOS
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas -NMP/100mls a 35°C.	Día 01 : 24 hrs 530 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas -NMP/100mls a 35°C.	Día 02 : 48 hrs 560 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas -NMP/100mls a 35°C.	Día 03 : 72 hrs 600 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas -NMP/100mls a 35°C.	Día 04 : 96 hrs 620 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE
Bacterias Coliformes Termotolerantes <i>Contenidas en Agua residual del Canal del Efluente de Laguna de Estabilización Cultivo inicial</i>	Diluciones Sucesivas -NMP/100mls a 35°C.	Día 05 : 120 hrs 640 NMP/100 ml LMP: < 20 NMP/100 ml a 35°C ACEPTABLE

Laboratorio de Microbiología y Parasitología FCCBB/UNPRG

LMP=Límite Máximo Permisible



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
 Dr. JULIO CESAR SILVA ESTELA
 Biólogo Microbiología - Parasitología

Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

CIUDAD UNIVERSITARIA - PABELLÓN MICROBIOLOGÍA - AV. JUAN XXIII 391 - LAMBAYEQUE

TECNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA PARASITOLÓGIA



Agua residual Procedente de la entrada del Canal del effluente de la Laguna estabilización Sin tratamiento Cultivo inicial 24 /OCT	530 NMP/100 ml	560 NMP/100 ml	600 NMP/100 ml	620 NMP/100 ml	640 NMP/100 ml
D1 (1500 ppm/75 ml) Semilla de moringa 25/OCT	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes termotolerantes	L1 = 490 26 oct			
		L2 = 490 27 oct			
		L3 = 510 28 oct			
D2 (2000 ppm/100 ml) Semilla de moringa 25/OCT	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes termotolerantes		L1 = 560 26 oct		
			L2 = 550 27 oct		
			L3 = 570 28 oct		
D3 (2500 ppm/125 ml) 25/OCT	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes termotolerantes			L1 = 580 / 26 oct	
				L2 = 580 / 27 oct	
				L3 = 570 / 28 oct	



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
 LIC. JULIO CESAR SILVA ESTELA
 Biólogo - Microbiólogo - Parasitólogo

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA PARASITOLOGÍA



					L1 =600
					26 oct
DO (Sulfato de aluminio)	de	Se adiciona 01 ml a Placa con cultivo de Coliformes termotolerantes			L2 =610
25 Oct					27 oct
					L3 =610
					28 oct

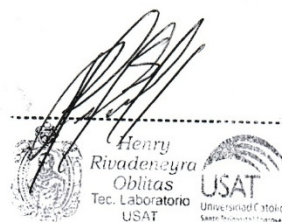
CONCLUSIONES: Según los resultados obtenidos del Ensayo Microbiológico, denominado : ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO (CON BACTERIAS COLIFORMES TERMOTOLERANTES) DE AGUA RESIDUAL 02 PROCEDENTE DEL CANAL DEL EFLUENTE DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN y SU COMPORTAMIENTO FRENTE A COAGULANTE QUIMICO y COAGULANTE NATURAL , utilizando la Técnica de muestreo : Investigación de Laboratorio - Muestreo casual , para Determinación y Numeración de Bacterias Coliformes Termotolerantes , se comprueba el efecto bacteriostático/bactericida de los compuestos D1,D2,D3 y D0 , según el Cuadro adjunto , considerar el número de colonias en disminución ,según los días de Lectura y recuento , a razón de Lecturas cada 24 horas.

Lambayeque 02 de noviembre del 2024



Blgo. Julio César Silva Estela

Laboratorio Microbiología - FCCBB - UNPRG



Anexo 5 – Proceso para analizar los coliformes termotolerantes

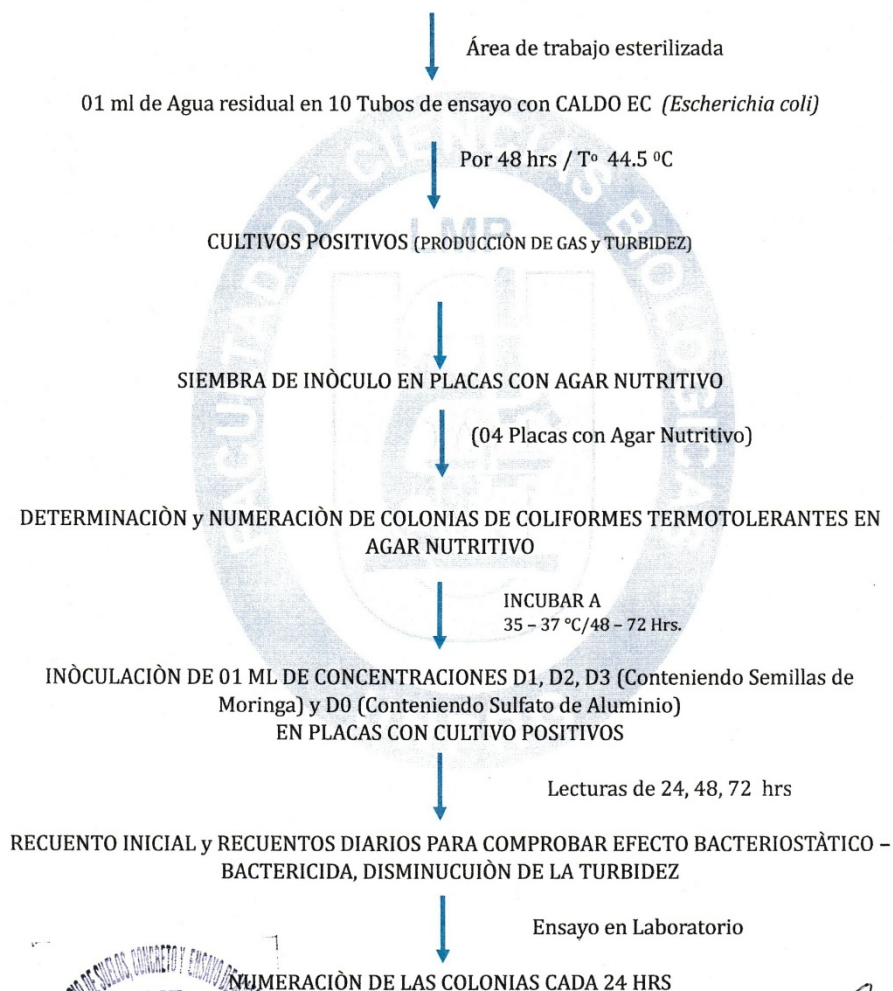


UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA PARASITOLOGÍA

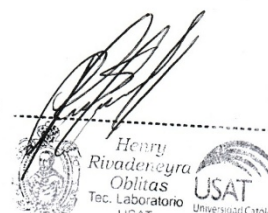


AISLAMIENTO DE BACTERIAS COLIFORMES TERMOTOLERANTES A PARTIR DE AGUA RESIDUAL

METODO CUANTITATIVO DEL NUMERO MÁS PROBABLE (NMP/100 ml)



LIC. JULIO CESAR SILVA ESTELA
 Biólogo - Microbiólogo - Parasitólogo



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Anexo 6 – Constancia de calibración de equipos

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



CONSTANCIA DE OPERATIVIDAD DE EQUIPOS

EL QUE SUSCRIBE, RESPONSABLE ANALISTA DEL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

HACE CONSTAR

QUE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DE LOS ANÁLISIS SOLICITADOS POR LA SRTA. DE LA CRUZ LÓPEZ MARYORY YULISSA TESISISTA DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO (USAT), SE ENCUENTRAN A LA FECHA OPERATIVOS, Y CUMPLIENDO CON LA VERIFICACIÓN NECESARIA PARA SU OPTIMA OPERATIVIDAD (PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE EQUIPOS DE LA FIQIA), LOS CUALES SE DETALLAN A CONTINUACIÓN:

- CONDUCTÍMETRO MARCA HANNA INSTRUMENTS MODELO HI2300 SERIE 602219170010.
- TERMÓMETRO MARCA CONTROL COMPANY SERIE 210382068.
- ESTUFA MARCA BINDER MODELO FD115 SERIE 16-15920.
- OXÍMETRO MARCA HANNA INSTRUMENTS MODELO HI5521.
- TURBIDÍMETRO MARCA HANNA INSTRUMENTS MODELO HI98703 SERIE SC0881/15.
- PH -METRO MARCA HANNA INSTRUMENTS MODELO HI5221 SERIE 07260035101.
- INCUBADORA REFRIGERADA MARCA VELP SCIENTIFIC MODELO FOC215I.
- TERMOREACTOR PARA ANALISIS DE DQO MARCA VELP SCIENTIFIC MODELO ECO25
- BALANZA ANALITICA MARCA OHAUS MODELO AX224.

SE EXPIDE LA PRESENTE A SOLICITUD DE LA INTERESADA PARA LOS FINES RESPECTIVOS.

Lambayeque 20 de noviembre del 2024



ING. CRISTIAN DAVID VISCONDE BELTRÁN

Responsable Analista del Laboratorio de Investigación y Servicios Técnicos

Henry Rivadeneira
 Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT





UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA PARASITOLOGÍA



EL QUE SUSCRIBE , DOCENTE ANALISTA DEL LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

HACE CONSTAR

QUE EN EL DESARROLLO DE LOS ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS CON CULTIVO DE BACTERIAS COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y SU COMPORTAMIENTO FRENTE A COAGULANTE NATURAL Y COAGULANTE QUIMICO, COMO PARTE DE LOS ENSAYOS DEL PROYECTO DESARROLLADO POR LA SRTA.TESISTA USAT DE LA CRUZ LOPEZ MARYORY YULISSA, LOS SIGUIENTES EQUIPOS UTILIZADOS

- **MECHERO BUNSEN A GAS**
- **INCUBADORA DIGITAL MARCA RAYPA**
- **REFRIGERADORA MARCA IVECO**
- **MICROSCOPIO BINOCULAR ELECTRICO MARCA OLIMPUS**

SE ENCUENTRAN DEBIDAMENTE CALIBRADOS CON FECHA 06 DE SETIEMBRE DEL 2024, AL INICIAR EL SEGUNDO SEMESTRE ACADÈMICO 2024 - II y LA SIGUIENTE CALIBRACIÒN SE REALIZARÀ EL DÌA 30 DE DICIEMBRE DEL 2024, AL FINALIZAR EL PRESENTE AÑO LECTIVO 2024.

SE EXPIDE LA PRESENTE A SOLICITUD DE LA INTERESADA PARA LOS FINES RESPECTIVOS

Lambayeque 18 de noviembre del 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
 FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
 LIC. JULIO CÉSAR SILVA ESTELA
 Biólogo - Microbiólogo - Parasitólogo

Henry Rivadeneyra Obinas
 Ter. Laboratorio USAT

Anexo 7 – Boletas de pago de prestación de servicio**SILVA ESTELA JULIO CESAR**

BIOLOGO

AV. VICTOR ANDRES BELAUDE NRO. 295 URB. REMIGIO SILVA
LAMBAYEQUE CHICLAYO CHICLAYO

TELÉFONO: 627023

R.U.C. 10166899457

RECIBO POR HONORARIOS ELECTRONICO

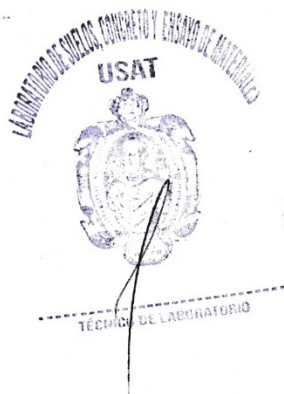
Nro: E001- 91

Recibí de: MARYORY YULISSA DE LA CRUZ LOPEZ**Identificado con** DNI número 76009793**Forma de Pago:** AL CONTADO**La suma de:** UN MIL DOSCIENTOS Y 00/100 SOLES**Por concepto de** ENSAYO CON CULTIVOS DE BACTERIAS COLIFORMES TERMOTOLERANTES Y SU COMPORTAMIENTO FRENTE A COAGULANTE NATURAL Y COAGULANTE QUIMICO**Observación** DOS MUESTRAS DE AGUA RESIDUAL TOMADO EN ENTRADA CANAL EFLUENTE LAGUNA ESTABILIZACION SAN JOSE**Inciso A** DEL ARTÍCULO 33 DE LA LEY DEL IMPUESTO A LA RENTA**Fecha de emisión** 19 de Noviembre del 2024

Total por honorarios: 1,200.00

Retención (8 % IR): (0.00)

Total Neto Recibido: 1,200.00 SOLES



ARROYO SANCHEZ ALFREDO LUIS

JR. SARGENTO LORES NRO. SN AMAZONAS BAGUA BAGUA

TELÉFONO:

R.U.C. 10410025359

RECIBO POR HONORARIOS ELECTRONICO

Nro: E001- 17

Recibí de: MARYORY YULISSA DE LA CRUZ LOPEZ

Identificado con DNI número 76009793

Forma de Pago: AL CONTADO

La suma de: UN MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y 00/100 SOLES

Por concepto de SERVICIO DE ANALISIS DE AGUA RESIDUAL

Observación -

Inciso A DEL ARTÍCULO 33 DE LA LEY DEL IMPUESTO A LA RENTA

Fecha de emisión 08 de Noviembre del 2024

Total por honorarios: 1,860.00

Retención (8 % IR): (0.00)

Total Neto Recibido: 1,860.00 SOLES



VISCONDE BELTRAN CRISTIAN DAVID

CAL. VIRREY TOLEDO NRO. 337 URB. LATINA LAMBAYEQUE - CHICLAYO -
JOSE LEONARDO ORTIZ

TELÉFONO: -

R.U.C. 10419054262
RECIBO POR HONORARIOS ELECTRONICO
Nro: E001- 19

Recibi de: MARYORY YULISSA DE LA CRUZ LOPEZ

Identificado con DNI número 76009793

Forma de Pago: AL CONTADO

La suma de: UN MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y 00/100 SOLES

Por concepto de SERVICIO DE ANALISIS DE AGUAS RESIDUALES

Observación -

Inciso A DEL ARTÍCULO 33 DE LA LEY DEL IMPUESTO A LA RENTA

Fecha de emisión 08 de Noviembre del 2024

Total por honorarios:	1,860.00	
Retención (8 %) IR:	(0.00)	
Total Neto Recibido:	1,860.00	SOLES

