



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MANGO Y DURAZNO COMO COAGULANTES
EN LA REMOCIÓN DE SST, DQO Y TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS**

**Línea de investigación:
Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Rivera Meléndez, Carlos Andrés

Asesor

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-2873-6752

Jurado

Aparicio Ilazaca, Roxana Clara

Paricoto Simón, María Mercedes

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima - Perú

2026

EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MANGO Y DURAZNO COMO COAGULANTES EN LA REMOCIÓN DE SST, DQO Y TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%
4	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	NELSON RODRÍGUEZ VALENCIA. "Estudio de un biosistema integrado para el postratamiento de las aguas residuales del café utilizando macrófitas acuáticas.", Universitat Politècnica de Valencia, 2009 Publicación	<1%
10	Quispe Quispe, Karen Kelly. "Evaluación de la capacidad depuradora con microalgas <i>Scenedesmus</i> Sp. y <i>Chlorella</i> Sp. para el	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

**EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MANGO Y DURAZNO COMO COAGULANTES EN
LA REMOCIÓN DE SST, DQO Y TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor

Rivera Meléndez, Carlos Andrés

Asesor

Vásquez Aranda, Ahuber Omar

ORCID: 0000-0002-2873-6752

Jurado

Aparicio Ilazaca, Roxana Clara

Paricoto Simón, María Mercedes

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

Lima – Perú

2026

ÍNDICE

Resumen.....	7
Abstract.....	8
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Descripción y formulación del problema.....	9
<i>1.1.1. Problema general</i>	11
<i>1.1.2. Problemas específicos</i>	11
1.2. Antecedentes	12
<i>1.2.1. Antecedentes internacionales</i>	12
<i>1.2.2. Antecedentes nacionales</i>	16
1.3. Objetivos	19
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	19
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	20
1.4. Justificación	20
<i>1.4.1. Justificación metodológica</i>	20
<i>1.4.2. Justificación social</i>	21
<i>1.4.3. Justificación práctica</i>	21
<i>1.4.4. Justificación teórica</i>	22
1.5. Hipótesis	23
<i>1.5.1. Hipótesis general</i>	23
<i>1.5.2. Hipótesis específicas</i>	23
II. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	24
<i>2.1.1. Aguas residuales</i>	24
<i>2.1.2. Coagulación</i>	24

2.1.3.	<i>Floculación</i>	25
2.1.4.	<i>Olor</i>	25
2.1.5.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	25
2.1.6.	<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	25
2.1.7.	<i>Turbidez</i>	27
2.1.8.	<i>Taxonomía del Mangifera indica L</i>	27
2.1.9.	<i>Semilla de Prunus persica</i>	28
2.1.10.	<i>Prueba de jarras</i>	29
2.1.11.	<i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i>	29
2.1.12.	<i>Sólidos suspendidos totales (SST)</i>	29
III.	MÉTODO	30
3.1.	Tipo de investigación.....	30
3.2.	Ámbito temporal y espacial	30
3.3.	Variables	30
3.3.1.	<i>Independiente</i>	31
3.3.2.	<i>Dependiente</i>	31
3.4.	Población y Muestra	32
3.4.1.	<i>Población</i>	32
3.4.2.	<i>Muestra</i>	32
3.5.	Instrumentos.....	32
3.5.1.	<i>Técnicas</i>	32
3.5.2.	<i>Instrumentos</i>	33
3.5.3.	<i>Materiales y equipos</i>	33
3.6.	Procedimientos.....	33
3.6.1.	<i>Preparación de la materia prima (semillas de mango y durazno)</i>	34

3.6.2.	<i>Recolección de aguas domésticas</i>	34
3.6.3.	<i>Preparación de la solución para DQO</i>	34
3.6.4.	<i>Preparación del coagulante</i>	35
3.6.5.	<i>Test de jarras</i>	35
3.6.6.	<i>Caracterización de sólidos suspendidos totales (SST)</i>	39
3.6.7.	<i>Caracterización de la demanda química de oxígeno (DQO)</i>	39
3.6.8.	<i>Caracterización de la turbidez</i>	40
3.7.	Análisis de datos	40
IV.	RESULTADOS.....	41
4.1.	Resultados de los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez.....	41
4.2.	Resultados de las dosis aplicadas de los coagulantes semilla de mango y durazno 41	
4.3.	Resultados de la velocidad de floculación y tiempo de sedimentación en el tratamiento de aguas residuales domésticas	46
4.4.	Resultados de la eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes en la evaluación de los parámetros SST, DQO y turbidez.....	49
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
VI.	CONCLUSIONES	57
VII.	RECOMENDACIONES	58
VIII.	REFERENCIAS.....	59
IX.	ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Instrumentos a utilizar en la investigación	33
Tabla 2. Resumen de Procedimiento Test de Jarras aplicado a la semilla de mango y durazno	35
Tabla 3. Parámetros de Evaluación de la prueba de Jarras	37
Tabla 4. Valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez presentes en aguas residuales domésticas.....	41
Tabla 5. Porcentajes de remoción promedio según la dosis de coagulante	41
Tabla 6. Comparación de medias para la remoción de parámetros según dosis de mango	45
Tabla 7. Comparación de medias para la remoción de parámetros según dosis de durazno	46
Tabla 8. Comparación de medias según velocidad de floculación y sedimentación del mango ..	47
Tabla 9. Comparación de medias según velocidad de floculación y sedimentación del durazno	48
Tabla 10. Análisis de varianza del porcentaje de remoción según semilla de mango.	50
Tabla 11. Análisis de varianza del porcentaje de remoción según semilla de durazno.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos y objetivos del pretratamiento	26
Figura 2. Taxonomía del mango	27
Figura 3. Taxonomía del durazno	28
Figura 4. Gráfico de cajas de remoción de parámetros por dosis de mango.	43
Figura 5. Gráfico de cajas de remoción de parámetros por dosis de durazno.....	44
Figura 6. Valores promedio de porcentaje de remoción según dosis de mango y durazno	49
Figura 7. Tratamientos óptimos de remoción con coagulantes de mango y durazno	53

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo general determinar la eficiencia de las semillas de mango (*Mangifera indica*) y durazno (*Prunus persica*) como coagulantes orgánicos en el tratamiento de aguas residuales domésticas. El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño experimental, aplicando el método de jarras para evaluar distintas dosis de coagulante, velocidades de floculación y tiempos de sedimentación. Los parámetros analizados fueron sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez. Los resultados mostraron que la dosis óptima para ambos coagulantes fue de 2.5 g/L. Con semilla de mango se alcanzaron remociones de 78.7 % en SST, 70.8 % en DQO y 72.3 % en turbidez; mientras que con semilla de durazno se obtuvieron 73.8 %, 60.2 % y 62.1 % respectivamente. La velocidad de floculación de 50 rpm y un tiempo de sedimentación de 4 horas fueron las condiciones más eficientes para ambos coagulantes. Se concluye que las semillas de mango y durazno son alternativas viables para el tratamiento de aguas residuales domésticas, siendo la semilla de mango la que presentó mejor desempeño en la remoción de contaminantes. Estos hallazgos demuestran que los coagulantes orgánicos representan una opción sostenible y ambientalmente favorable frente a los coagulantes químicos tradicionales.

Palabras clave: coagulantes naturales, semilla de mango, semilla de durazno, coagulación-floculación, aguas residuales domésticas

Abstract

The overall objective of this research is to determine the efficiency of mango (*Mangifera indica*) and peach (*Prunus persica*) seeds as organic coagulants in the treatment of domestic wastewater. The study took a quantitative, applied approach and experimental design, using the jar method to evaluate different coagulant doses, flocculation rates, and sedimentation times. The parameters analyzed were total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), and turbidity. The results showed that the optimal dose for both coagulants was 2.5 g/L. With mango seed, removals of 78.7% in TSS, 70.8% in COD, and 72.3% in turbidity were achieved, while with peach seed, 73.8%, 60.2%, and 62.1% were obtained, respectively. A flocculation speed of 50 rpm and a sedimentation time of 4 hours were the most efficient conditions for both coagulants. It is concluded that mango and peach seeds are viable alternatives for the treatment of domestic wastewater, with mango seeds performing best in the removal of contaminants. These findings demonstrate that organic coagulants represent a sustainable and environmentally friendly option compared to traditional chemical coagulants.

Keywords: natural coagulants, mango seed, peach seed, coagulation-flocculation, domestic wastewater

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción y formulación del problema

En la actualidad el desafío ambiental más significativa en muchas regiones del Perú, tanto en áreas urbanas como rurales, han sido las fuentes hídricas y su contaminación a causa de una infraestructura incorrecta y el mal manejo de las aguas efluentes domésticas; además de las descargas sin tratar o uso de químicos, ha sido uno de los desafíos ambientales más significativos en muchas regiones del país, teniendo en cuenta a las áreas urbanas y rurales. Estas aguas que se consideran residuos llegan a generarse por las actividades humanas en hogares, oficinas y otros establecimientos, incluyendo aguas de baños, cocinas y lavanderías, que contienen sustancias orgánicas e inorgánicas, sólidos y microorganismos que tienen probabilidad de lograr dañar el bienestar de las personas y con ello el medio ambiente (Jiménez y Asano, 2019). Organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), han mencionado que las aguas residuales que no son examinadas y tienen una mala gestión o control, conducen a la eutrofización, degradación de la calidad del agua, pérdida de biodiversidad acuática, representando una amenaza y también un peligro en la salud.

La forma de tratar estos efluentes contaminadas y domésticos, implican llevar a cabo desarrollos biológicos, físicos y químicos, que son diseñados para poder eliminar sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y otros contaminantes. Las etapas incluyen tratamiento primario, secundario y terciario. Según Rojas (2019), esta acción debe pasar por una serie de filtros, en el que, según la OMS, se debe mostrar el canal de fuentes hídricas, seguida de la precloración, luego la coagulación-floculación como proceso, sedimentación, la filtración y, por último, la post-cloración. Con estos procesos, el agua se tornará más claro, colocando, además,

elementos que son floculantes y coagulantes, esto para aglutinar las sustancias coloidales que están en el líquido, lo que llega a facilitar la decantación y próximo filtro. Las etapas del tratamiento se dividen en tres fases, la etapa primaria donde se agrupan operaciones del tipo físico, la secundaria, donde se llevan a cabo el desarrollo biológico respecto a cómo se asimila la materia orgánica; y en la terciaria, aplicándose técnicas adicionales para eliminar los contaminantes que no se han eliminado en las dos primeras fases.

Según Calderón et al. (2023), actualmente el modelo tradicional en floculación y coagulación se emplea en tratamientos primarios, utilizando coagulantes convencionales como el sulfato ferroso, cloruro férrico y sulfato de aluminio para reducir eficazmente la turbidez, remoción de sólidos suspendidos totales, entre otros parámetros. No obstante, cuando se usa seguidamente los coagulantes, llegan a haber dificultades que perjudican a las personas y su salud, así como los ecosistemas que son receptores de las aguas tratadas. Además, debido a la falta de datos que corresponden al marco técnico y científico, que aborda el empleo de coagulantes que son orgánicos, llega a impactar en su mismo empleo para el proceso y desarrollo de tratamiento en la (coagulación-floculación) del agua potabilizada (Oliveros, 2022).

En respuesta a estos desafíos, ha surgido un creciente interés en explorar soluciones más sostenibles y accesibles para procesamiento de las aguas contaminadas. Uno de los enfoques más emergentes hoy en día es el uso de coagulantes naturales, las cuales ofrecen una alternativa ecológica y económica en comparación con los productos químicos convencionales. Entre estos coagulantes naturales, algunas semillas de frutas y verduras han demostrado potencial. Esto llega a motivar y tener una iniciativa para abordar este proyecto, en el que la intención se da en analizar la eficiencia de la semilla de mango y durazno de inducir procesos de coagulación, esenciales para

la remoción eficaz de contaminantes como turbidez, demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST) en aguas residuales domésticas.

Al comprobar la productividad y el rendimiento que está asociado al empleo de las semillas como coagulantes se puede reducir la toxicidad y los impactos ambientales asociados con los métodos de tratamiento convencionales, mejorando la sostenibilidad y accesibilidad del proceso. Además, al aprovechar subproductos agroindustriales, se puede no solo facilitar la remoción de impurezas sino también contribuir a un control más adecuado y productivo de los elementos y recursos. Este enfoque innovador, al determinar su eficacia ofrecería soluciones valiosas para comunidades que enfrentar limitaciones económicas y ambientales en el tratamiento de aguas servidas.

1.1.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia de la semilla de mango y durazno como coagulantes en la remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas?

1.1.2. Problemas específicos

¿Cuáles son los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en aguas residuales domésticas?

¿Cuál es la dosis óptima a aplicar de los coagulantes semilla de mango y durazno en el tratamiento de aguas residuales domésticas?

¿Cuál es la velocidad de floculación y tiempo de sedimentación óptimos a aplicar en el tratamiento de aguas residuales domésticas?

¿Cuál es la eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes en la evaluación de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en las aguas residuales domésticas?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes internacionales

Según Agón et al. (2020) en su investigación titulada “Aprovechamiento de residuos orgánicos como coagulantes en el tratamiento de aguas”, donde el objetivo principal tuvo que examinar dos clases de los desechos que son orgánicas, y que también se les dé una importancia como coagulantes para un correcto procesamiento de los efluentes que contienen turbiedad. La metodología utilizada fue cuantitativa, dado que se elaboró en la Universidad Libre Seccional Socorro, específicamente en las instalaciones de laboratorio de aguas. Ahí, se hizo la respectiva medición de los parámetros que componen el agua, obtenida de la misma quebrada de La Nacuma, dando los hallazgos encontrados en base al test de jarras y producción de coagulantes. Se logró como resultados que las dosis de 8, 10 y 12 de mg/l obtuvieron una remoción del 77,4%, 79,6% y 81%, constituyéndose las semillas de la fruta de durazno y el mucílago de café, siendo estos agentes como una acción de coagulantes. Se manifestó en los hallazgos que sí puede ser aprovechado en el procesamiento de aguas que tengan turbiedad más arriba de la cifra, por la normativa de Colombia, que se propuso como máxima. Igualmente, estos coagulantes cuando se llegan a combinar sí pueden llegar a ser una opción adecuada en el caso de espantar y apaciguar la turbiedad y el color del líquido, logrando reducir y minimizar el empleo de los coagulantes del tipo primario que no tienen ventaja entre esas mismas, el impacto deteriorado en la salud de los organismos que están vivos.

Según Racancoj (2021) en su laborioso proyecto “Análisis del uso de la molienda producida a partir de la semilla de durazno *prunus pérsicas* “*salcajá*” como coagulante natural en el tratamiento de agua”, donde el objetivo principal llegó a ser el decretar la aplicación factible de la molienda que es fabricada en el origen de la semilla de *Prunus Persica* S, Salcajá, con función

de coagulante del tipo natural, ayudando a minimizar la turbiedad y también el color en el agua. La metodología utilizada fue cuantitativa y experimental, ya que se relacionaron las consecuencias que produce la misma toma de coagulante hacia el color, turbiedad y distintos tipos de aguas que se analizaron. Se aplicó un diseño experimental Bloques completos al azar. El filtro seleccionado para la labor fue variado en base a las concentraciones de coagulantes que fueron de origen de la semilla de *Prunus persica* S “Salcaja” (30 ppm, 70 ppm, y 140 ppm). Se incluyó un control, correspondiente a una muestra sin intervención. También se evaluó un tratamiento con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Para el análisis de los datos, se utilizó un análisis estadístico mediante una tabla ANOVA. Aquellos resultados en cuanto a la efectividad fueron que el bloque 1, 2, 3 y 4, arrojando los resultados más favorables a causa del tratamiento con una concentración de 30 mg/L, mostrando una alta efectividad del 43%, para el bloque 2 se obtuvo una eficiencia de 48.7% con el sulfato de aluminio, para el bloque 3 una eficiencia del 74.3% sin sulfato de aluminio, y el bloque 4 obtuvo una eficiencia del 92.92% con sulfato de aluminio. Se logró decretar que el empleo de la molienda de *Prunus Persica* S Salcajá para el procesamiento de agua potable no resultó viable desde una mirada del tipo técnica, ya que los hallazgos mostrados en los filtros evaluados no llegaron a evidenciar diferencias estadísticamente relevantes.

Oliveros (2022) en su trabajo “Análisis del uso de la molienda de la semilla de mango criollo (*Mangifera indica*) como coagulante orgánico en el tratamiento de agua para consumo humano”, tuvo el objetivo principal de evaluar la eficiencia en relación a la utilización de la semilla de *Mangifera indica* como agente coagulante del tipo natural en la remoción de turbiedad del agua destinada al consumo de los individuos, en reemplazo del sulfato de aluminio. La metodología utilizada fue experimental, donde hubo toma de muestrario de agua turbia que es procedente de la estación de procesamiento de agua “Lo de Coy” en Guatemala, seguida de pruebas experimentales

en laboratorio usando el método de prueba de jarras. Se utilizaron grandes variedades que son mezcladas de sulfato de aluminio y semilla de mango criollo con una turbidez entre 200 y 600 NTU para decretar la toma impecable y la efectividad en la depuración de la turbiedad. Como resultados se encontró probable el usar la mezcla que aborda el sulfato de aluminio en un 40 % y semilla de mango criollo en un 60% para cumplir dentro de los umbrales máximos que son permitidos y establecidos por la norma. La semilla de mango mostró una cifra que es promedio y estadístico de eliminación de turbiedad del 93.21% tras el procesamiento de coagulación y por último el proceso de sedimentación por 15 minutos. Como conclusiones se obtuvo que la combinación de sulfato de aluminio con la semilla de mango criollo fue efectiva para la remoción de turbiedad en el agua, especialmente en niveles altos de turbiedad, además a pesar de su efectividad, el uso de esa semilla que es proveniente del mango criollo no se considera económico ni accesible por el precio que es alto, a comparación del sulfato de aluminio, sin embargo, su disponibilidad en zonas rurales podría reducir los costos.

Barrios y Martínez (2023), en su labor “Eficiencia de la Semilla de *Mangifera indica* (Mango de Hilacha) como Coagulante Orgánico en una Muestra de Agua Residual Doméstica”, tuvo como objetivo principal del estudio poder examinar la competencia y efectividad de la semilla de mango, que labora como coagulante del tipo orgánico, esto bajo la muestra de desechos domésticos donde se centró en determinar el efecto del coagulante en el empleo hacia el pH, los parámetros de la turbidez, sólidos sedimentables (SSD), demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos totales disueltos (STD). En el marco metodológico se abordó el tipo experimental y tuvo la utilización del método de test de jarras con el propósito de determinar la toma ideal del coagulante en lo que son varios sectores contaminados por el desecho líquido y doméstico. Se prepararon dos muestras del coagulante, una secada al sol y otra en el horno; secuencialmente se trituraron,

molieron y tamizaron para preparar soluciones con concentraciones de 0.5% y 1% m/v, finalmente se realizaron ensayos en tres etapas con diferentes niveles de contaminación del agua (baja, media y alta) para medir la efectividad del coagulante. Como resultados se obtuvieron que en las cargas bajas se logró una remoción de turbidez del 54% con una concentración de 0.5 del coagulante y una dosis de 50 ppm en el ensayo de jarras, para los sólidos totales disueltos se alcanzó una remoción del 56.8% con una concentración de 1% y una dosis de 300 ppm; en cargas medias se obtuvo una remoción del 100% de DQO y SSED con una concentración de 0.5% y una dosis de 50 ppm, en cuanto a la turbidez se logró una remoción del 83.2% con una concentración de 1% y una dosis de 50 ppm; y en cargas altas los resultados fueron menos eficientes, con una remoción de turbidez del 16% y de DQO del 15% utilizando una concentración de 0.5% del coagulante y dosis de 150-300 ppm. Se concluyó que el coagulante de semilla de mango fue más eficiente en la remoción de contaminantes en cargas bajas y medias, asimismo, su pH no tuvo un cambio tan significativo a comparación paralelamente con el sulfato de aluminio y el coagulante inorgánico.

Según Oliveros (2022) en el trabajo de investigación titulado “Uso de semilla de *Mangifera indica* como coagulante natural para tratamiento de potabilización”. La intención de este proyecto se enmarcó en estudiar como tal el uso de la semilla de la fruta de mango, en labor de coagulante del tipo natural para un adecuado procesamiento de la potabilidad en Guatemala. Se pudo examinar el promedio estadístico de la sustitución o combinación del coagulante natural molido a través del sulfato de aluminio. La metodología utilizada fue la prueba de jarras que se realizó en una planta potabilizadora, la investigación fue cuantitativa experimental. Como resultados se obtuvo que ese coagulante examinado del tipo natural, que es originado del mango, sí logró alcanzar una cifra de 93.21% respecto a la eliminación de la turbiedad en base a un grado de 215 a 603 NTU.

Adicionalmente, se logró decretar que se considera la más efectiva mezcla del sulfato de aluminio y el coagulante en origen de la semilla de mango fue con 40% y 60% respectivamente. Con ello, se menciona que aquella mezcla en la que constituyen coagulantes orgánicos e inorgánicos alcanzó cifras por debajo de la norma de Guatemala, en la consumición de las personas, del 5 NTU, ello se refleja limitante por la capital que se requiere en su fabricación.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Según Cabrejos (2019), en su labor “Eficiencia de la semilla de *Prunus pérsica* (durazno) como coagulante natural para el tratamiento aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa”. La intención del proyecto se centra en decretar si la semilla de durazno es efectiva como un medio de coagulante del tipo natural en el marco del procesamiento del agua desechable, ubicado en Molinopampa, en la planta que se encarga de procesar lácteos. Con ello, es preciso que el autor usó el marco metodológico del tipo cuasi-experimental en laboratorio con un método cuantitativo debido al uso del Software SPSS; el estudio cuenta con 2 variables, la calidad del agua como medio independiente, y la efectividad de la semilla de la fruta del durazno siendo un coagulante natural. Como resultados de una agitación rápida entre 100 y 300 rpm/1 min y una sedimentación de 30, 60, 90 y 120 min, con la toma de 50, 100 y 150 mg/L se obtuvo una remoción del 18 y 19%. Como conclusiones se obtiene que se rechaza la hipótesis general.

En la investigación de Carrera (2024) titulado “Efecto de la semilla *Prunus pérsica* (durazno) como coagulante en el tratamiento del agua residual del Camal Municipal de Barranca, Lima 2021”. La intención de este proyecto es contemplar como tal si la semilla de durazno; es decir, el durazno, es efectivo en su labor como coagulante en el procesamiento del agua, en el camal del municipio en Barranca, Lima. En este caso, se utilizó el tipo experimental en el marco metodológico, contando con un testigo sin intervención y una fase de manipulación. Este desarrollo de

procesamiento llegó a ser clasificado en coagulante de 04 tomas (0, 50, 100 y 150) ml, 02 velocidades en 100 rpm y 300 rpm, y 04 tiempos empleados en la sedimentación (30, 60, 90 y 120) min. En el desarrollo de los valores, se pudo emplear la prueba ANOVA factorial, mostrando que sí llegan a haber distinciones que son notorias en los hallazgos como tal. En relación a los parámetros que se llegaron a medir en el aspecto de turbidez, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto y temperatura, se estimaron semejantes de 100 rpm y 300 rpm; más aún, se redujo un 50% en la turbidez. Es así que el trabajo demostró que hay un efecto no tan notorio ni significativo en razón a la semilla de durazno en el procesamiento del agua en Barranca.

Según Romero et al. (2021), con su investigación denominada “Tratamiento de aguas superficiales empleando como coagulante almidón de semilla de Mango (*Mangifera indica* l. variedad criolla)”. El principal objetivo de dicha investigación fue decretar si el almidón de la semilla de la fruta del mango criollo es efectivo interfiriendo como coagulante, a diferencia del sulfato de aluminio en la purificación con respecto a la turbidez en el agua del canal “Las Mercedes”, ubicado en Chiclayo, Perú. La metodología utilizada fue experimental comparativo, debido a la utilización del método de jarras, donde se añadieron diferentes concentraciones de semilla de mango y sulfato de aluminio a las muestras de agua, en el proceso de coagulación-floculación. Los resultados que se obtuvieron fueron que el sólido de la semilla de la fruta de mango pudo eliminar una cifra del 72% de la turbidez con una respectiva toma de 30 mg/L, logrando un nivel de turbidez residual de 4.87 UNT, el sulfato de aluminio por su parte removió el 87.64% de la turbidez con una dosis de 20 mg/L logrando un nivel de turbidez residual de 2.14 UNT por lo que ambos coagulantes lograron que el agua tratada cumpliera con el (D.S N°031-2010), que establece un nivel máximo de turbidez de 5 UNT para agua potable. Se concluyó que la semilla de mango criollo fue un coagulante natural efectivo para la disminución de turbidez de

agua con una eficiencia del 72.12% a diferencia del sulfato de aluminio, esto por más que este último nombrado sea mucho más efectivo en la eliminación de turbidez, el almidón de mango presentó ventajas más ecológicas y de salud ya que no generó residuos tóxicos, promoviendo así su uso en el procesamiento del agua en las zonas y sectores rurales, ello para la opción más adecuada y también sostenible.

Según Carpio (2019), quien realizó su investigación “Evaluación del uso de semillas de *Mangifera indica* L (Mango) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de la PTAR MUNIVES de VES – LIMA” con el objetivo principal de evaluar el uso de semillas de *Mangifera indica* L (mango) para el tratamiento de aguas servidas como coagulante natural en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la Municipalidad de Villa el Salvador. La investigación fue de tipo cuantitativa experimental, ya que se evaluaron pruebas de laboratorio para calcular la eficacia del coagulante natural en la disminución de turbidez y cambio del pH. La metodología utilizada fue la elaboración del coagulante, donde las semillas de mango fueron secadas, molidas, y tamizadas para preparar una solución coagulante; las pruebas de coagulación donde se utilizaron diferentes dosis y concentraciones de la solución coagulante para dos niveles de turbidez (alta y baja) aplicando la prueba de jarras para posteriormente medir el contenido de grasa, humedad y cenizas en las semillas pasando los resultados con la prueba ANOVA. Se tomaron 3 secuencias con 3 velocidades de 30, 50 y 100 RPM, durante 10 segundos, 2 y 20 minutos; y cantidades de 50 mg/L, 250 mg/L. Los resultados mostraron que la toma ideal de este coagulante del tipo natural en la turbidez de 19.9 UNT, llegó a ser de 50 mg/L, esto llegó a arrojar una turbidez residual de 3.92 UNT junto a un promedio estadístico de limpieza con un 80.3%. Adicionalmente, la toma ideal en 209 UNT llegó a arrojar un 250 mg/l, dando una turbidez residual de 53.3 UNT y su limpieza en un 74.4%. Se pudo decretar respecto a los hallazgos que no es

indispensable tener muchas cantidades de coagulante en polvo en el filtro y etapa de coagulación. Analizando los resultados obtenidos con ANOVA, estos son aceptables y las varianzas homogéneas. Además, no se llegaron a observar cambios que son significativos en base al pH y sus cifras, lo que se pudo sugerir que el coagulante natural, que está hecho de polvo de la semilla de la fruta de mango, sí es adecuado para la utilización y empleo del procesamiento del líquido.

Pelayza, (2022), con su trabajo “Aplicación de Residuos de Fruta de Mango (*Mangifera indica*) sobre Agua Sintética para la Clarificación del Agua, 2022” que tuvo el objetivo en el que quiso decretar si la aplicabilidad de residuos de obtención de *Mangifera indica* en el reemplazo del agua del tipo sintética, ayuda a un mejoramiento en la claridad del agua. La metodología que fue usada, en base al diseño, fue de factorías de tres al cuadrado, con variaciones de pH de 5,6,7 y masas de 1, 1.5 y 2.5 gramos, siendo un estudio cuantitativo. Consecuentemente, se llegaron a los hallazgos en el que el pH de 5 fue el más adecuado y el mejor, ya que contó con una minimización en la turbidez con un 83.46%, en el color fue de 79.07%. La masa, en el marco de la turbidez, se redujo en 65.60% en 1 gramo y en el color con 61.03%; por otra parte, con la masa de 1 gramo y el pH de 5 en su efectividad, se dio en la turbidez un 86.91% y en el color, 71.79% siendo considerado en los estándares de calidad ambiental por debajo. Este estudio arrojó la efectividad del residuo de la fruta de mango en la minimización de turbidez, clarificación y color en el agua.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de la semilla de mango y durazno como coagulantes en la remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas.

1.3.2. *Objetivos específicos*

Determinar los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en aguas residuales domésticas.

Determinar la dosis óptima a aplicar de los coagulantes semilla de mango y durazno en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Determinar la velocidad de floculación y tiempo de sedimentación óptimos a aplicar en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Determinar la eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes en la evaluación de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en las aguas residuales domésticas.

1.4. Justificación

1.4.1. *Justificación metodológica*

El creciente interés en el uso de coagulantes de origen natural más sostenibles para tratar las aguas servidas ha llevado a investigar subproductos agroindustriales como las semillas de mango y durazno. Estos recursos son prometedores debido a su abundancia, bajo costo y propiedades naturales que podrían resultar efectivas para la remoción de contaminantes producto de la turbidez, los sólidos suspendidos totales (SST) y la demanda química de oxígeno (DQO). Estudios previos destacan que la semilla de mango, en particular, tiene un buen potencial como coagulante natural, mostrando una notable remoción de la turbidez en aguas servidas en base a su capacidad de aglutinación de partículas coloidales (Carpio, 2019). Igualmente, se ha estudiado la eficiencia de las semillas de durazno, logrando una disminución significativa de turbidez y otros contaminantes en aguas residuales de diferentes industrias, como la textil (Cabrejos, 2019).

Esta investigación se enfocará en la preparación de estos coagulantes y su aplicación en distintas concentraciones para evaluar su efectividad en el tratamiento de aguas servidas

domésticas, con el fin de determinar la viabilidad y sostenibilidad de estos recursos en comparación con coagulantes químicos tradicionales.

1.4.2. Justificación social

El tratamiento óptimo de aguas servidas domésticas es indispensable para garantizar la salud y bienestar de todas las regiones, comunidades y público del país. En áreas con recursos limitados, el acceso a tecnologías avanzadas y coagulantes tradicionales puede ser de alto costo, planteando un desafío significativo para la gestión adecuada de estos desechos. El uso de semillas de mango y durazno como coagulantes en el tratamiento de aguas servidas domésticas ofrece una solución prometedora gracias a su bajo costo y disponibilidad. Investigaciones previas han demostrado que los coagulantes naturales pueden ser tan eficaces como los productos químicos convencionales en la eliminación de sólidos suspendidos totales (SST) y turbidez, pero con la ventaja añadida de ser ecoamigables y menos perjudiciales para el medio ambiente (Owodunni e Ismail, 2021).

Esta estrategia no solo aborda la necesidad de un tratamiento más económico, sino también la gestión responsable de los residuos, beneficiando tanto a las comunidades de Lima como a otras regiones que enfrentan desafíos similares. Estas semillas, que se desechan como residuos agroindustriales, pueden convertirse en una valiosa herramienta para optimizar la eficiencia y eficacia del tratamiento de aguas residuales en comunidades. Esta innovación tiene un gran potencial para mejorar las características del agua y la salud pública de manera accesible y sostenible, beneficiando a las comunidades de Lima.

1.4.3. Justificación práctica

De forma práctica se justifica este estudio porque se busca encontrar soluciones económicas y accesibles para el tratamiento de aguas servidas domésticas, aprovechando recursos

subutilizados como las semillas de mango y durazno. Según Cabrejos (2019), estas semillas podrían transformarse como coagulante natural efectivos, reduciendo la dependencia de productos químicos costosos, que dañan los ecosistemas, y promover prácticas de tratamiento más sostenibles en Lima.

Asimismo, desde una perspectiva económica y ambiental, el aprovechamiento de semillas de mango y durazno como coagulantes naturales presenta ventajas potenciales al valorizar residuos agroindustriales como insumos para el tratamiento de aguas residuales, contribuyendo a la economía circular. Koul et al. (2022) señalan que los coagulantes naturales presentan ventajas como biodegradabilidad, baja toxicidad y menor generación de lodos. Asimismo, Owodunni e Ismail (2021) destacan su potencial para reducir el volumen de lodos y los costos asociados al tratamiento. Estas características podrían favorecer la ecoeficiencia y reducir el consumo de coagulantes químicos convencionales. Sin embargo, su viabilidad económica a escala real deberá considerar los costos de recolección, transporte, acondicionamiento y dosificación del coagulante, así como el manejo de los lodos generados.

1.4.4. Justificación teórica

Se justifica en forma teórica porque este estudio aporta nuevas perspectivas sobre la aplicación de coagulantes de origen natural en el tratamiento de aguas servidas ha sido un enfoque creciente en la investigación debido a su sostenibilidad y potencial para reemplazar productos químicos costosos y dañinos para el medio ambiente. En estudios previos, se ha demostrado que coagulantes como la Moringa y la Opuntia ficus son efectivos en la remoción de turbidez y sólidos suspendidos, lo que indica que especies locales o subproductos agrícolas también pueden tener propiedades coagulantes significativas. El uso de semillas de mango y durazno, aunque menos estudiado, ofrece una nueva perspectiva sobre la aplicación de coagulantes naturales,

especialmente en contextos donde el acceso a productos convencionales es limitado (Chuquicajas y Julca, 2021).

Según Chuquicajas y Julca (2021), este enfoque no solo reduce los costos asociados con el tratamiento de aguas servidas, sino que también promueve el uso de materiales de desecho que podrían tener propiedades coagulantes útiles. Además, investigaciones similares respaldan la importancia de seguir explorando nuevas especies y subproductos agroindustriales como posibles soluciones para mejorar las características del agua de manera accesible y sostenible.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La semilla de mango y durazno como coagulantes son eficientes en la remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas.

1.5.2. Hipótesis específicas

Los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez se encuentran en valores elevados en aguas residuales domésticas.

La dosis óptima a aplicar de los coagulantes semilla de mango y durazno serán eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

La velocidad de floculación y tiempo de sedimentación óptimos a aplicar serán eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

Las semillas de mango y durazno serán eficientes como coagulantes en la remoción de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en las aguas residuales domésticas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Aguas residuales*

Son las aguas en las que su propia calidad llegan a ser infectadas y contaminadas por la antropogénica. Los tipos de estos líquidos que contienen residuos son como tal las usadas, las que se usan en casa (domésticas), las que se utilizan en las maquinarias industriales y las urbanas (Soluciones Ecológicas Industriales Ltda.[SOECOL], 2022).

2.1.1.1. Domésticas. Estas aguas son formadas a partir de las actividades diarias en los hogares, como el uso de baños, cocinas y lavanderías, que contienen contaminantes orgánicos e inorgánicos. Estas aguas incluyen residuos humanos, detergentes, grasas, y otros productos químicos que suelen conllevar a una infestación negativa en el lugar natural si no se llegan a gestionar de manera adecuada (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016).

2.1.2. *Coagulación*

Es un fundamental proceso en el tratamiento de cuerpos hídricos, en el cual se añaden coagulantes para neutralizar las cargas eléctricas de las partículas suspendidas, accediendo su aglomeración y posterior eliminación. Este proceso ayuda a reducir la turbidez y eliminar sólidos, color y microorganismos del agua (OMS, 2022).

2.1.2.1. Tipos de coagulantes

- A. Sintéticos: Se utiliza En mayor proporción para el para el proceso de aguas industriales o casera (Zhang et al. 2015).
- B. Naturales: Los coagulantes orgánicos, caracterizados por su capacidad para disolverse en agua, provienen principalmente de fuentes vegetales o animales (Zhang et al. 2015).

2.1.3. Floculación

La floculación es un proceso fisicoquímico en el tratamiento de cuerpos hídricos, donde se agrega un floculante para aglutinar las partículas pequeñas formadas durante la coagulación en flóculos más grandes. Estos flóculos son más fáciles de remover mediante sedimentación o filtración, mejorando así la claridad y calidad del agua tratada (OMS, 2022).

2.1.4. Olor

Los gases originados en las aguas servidas domésticas provienen de la actividad que presentan los microorganismos anaeróbicos, que al descomponer la materia orgánica liberan compuestos de carbono, nitrógeno y azufre (Carpio, 2019).

2.1.5. Potencial de hidrógeno (pH)

El pH cumple la función de medir e indicar la acidez de una solución, expresada en una escala de 0 a 14, donde 7 se percibe como una solución neutra, y las cifras menores a 7 son percibidas con acidez, los mayores indican (American Public Health Association [APHA], 2019).

2.1.6. Tratamiento de aguas residuales

Serie de métodos químicos, biológicos y también físicos, que son empleados para remover o también minimizar las sustancias que contaminan el agua., con el fin de utilizarla para consumo humano, industria o liberación segura a los ecosistemas (ANA, 2016). Se clasifican en 6 tipos de tratamiento:

2.1.6.1. Tratamiento preliminar. La intención de este procesamiento es poder preparar las aguas de residuos con el fin de poder servir como protección en las instalaciones y la función de las plantas de tratamiento, eliminando o reduciendo las condiciones indeseables, especialmente plantas. Tienen 5 procesos (Rojas, 2002).

Figura 1

Procesos y objetivos del pretratamiento

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de sólidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Nota. Tomado del *Curso Internacional Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*, por Organización Panamericana de la Salud, 2002, OMS.

2.1.6.2. Tratamiento primario. El objetivo es eliminar parcialmente, mediante medios mecánicos o físicos, el material sedimentable (50 al 65%), así como la carga orgánica, logrando remover entre el 25 y 40% de la demanda bioquímica de oxígeno. Las clases del procesamiento incluyen: procesos de coagulación, floculación, sedimentación primaria, oxidación química, filtración, flotación, sedimentación, precipitación química y filtros (Rojas, 2002).

2.1.6.3. Tratamiento secundario. Por medio de este método, la materia orgánica se transforma en partículas floculadas sedimentables, las cuales son removidas a través de la decantación en depósitos específicos. La disminución de la demanda biológica de oxígeno alcanza entre un 85% y 95%, utilizando técnicas como filtración biológica, sistemas de lodos activados y tratamiento en lagunas, entre otros (Rojas, 2002).

2.1.6.4. Tratamiento terciario. Su objetivo es que los efluentes sean puros, que puedan tener la labor de utilización en la recarga de acuíferos, recreación, agua industrial, etc.; además de que tengan una menor carga (Rojas, 2002).

2.1.6.5. Desinfección. Su objetivo es minimizar los elementos bacterianos, virus y quistes amebianos que se encuentran en las aguas que ya han sido procesadas, suelen realizarse mediante agentes químicos, físicos, mecánicos y radiación (Rojas, 2002).

2.1.6.6. Manejo de lodos. Son las aguas servidas tratadas que producen una serie de residuos de rejillas, desarenadores y sedimentadores. Los lodos deben ser acondicionados antes de su disposición final (Rojas, 2002).

2.1.7. Turbidez

Es una medida de la claridad del agua, del mismo modo, es un indicador de la presencia de partículas suspendidas, que dispersan y absorben la luz, reduciendo la transparencia del agua (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2017).

2.1.8. Taxonomía del *Mangifera indica* L

El *Mangifera indica* L, es del tipo de las variedades amarillas, conocidos en Lima como mango, y la utilización es de su residuo donde el endocarpio y almendra, representa aproximadamente el 18% del fruto (Romero et al., 2021).

Figura 2

Taxonomía del mango

Nombre Científico	<i>Mangifera indica</i> L.	
Reino	Plantae	
División	Magnoliophyta	
Clase	Magnoliopsida	
Orden	Sapindales	
Suborden	Anacardiineae	
Familia	Anacardiaceae	
Género	Mangifera	
Especie	<i>indica</i>	

Nota. Tomado de *Estudio de Tendencias de Mercado Mango* por Ministerio de Desarrollo Agrario y Riesgo (MIDAGRI), 2022, Repositorio Institucional MIDAGRI.

2.1.9. Semilla de *Prunus persica*

Es uno de los caducifolios frutales significativos en el mundo, y su residuo de semilla de *Prunus persica*, conformada por almidones y proteínas, siendo los que optimizan su actividad de coagulación (Sanchez et al., 2022). En Perú es conocido como durazno.

Figura 3

Taxonomía del durazno

Nombre Científico	<i>Prunus pérsica</i> L.	
Reino	Plantae	
División	Magnoliophyta	
Clase	Magnoliophyta	
Orden	Rosales	
Suborden	Rosáceas	
Familia	Prunoideae	
Género	<i>Prunus</i>	
Especie	<i>Prunus persica</i>	

Nota. Tomado de *Estudio de Tendencias de Mercado Mango* por MIDAGRI, 2022, Repositorio Institucional MIDAGRI.

2.1.10. Prueba de jarras

Método comúnmente empleado en el procesamiento de coagulación – floculación que se divide en tres etapas. En cada jarra se añaden diferentes tomas del coagulante con el fin de reducir coloides suspendidos durante el tratamiento de cuerpos hídricos y eliminar impurezas. Es el método más aplicable para determinar parámetros fisicoquímicos como el pH, gradiente de mezcla, tiempo y eficiencia de remoción; siendo un método fundamental en laboratorios para procesos de coagulación (Rubio y Saravia, 2020).

2.1.11. Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO es un indicador de calidad del agua que se utiliza para medir la cantidad de materia que podría ser mediante un oxido químico oxidada, se presenta en miligramos de oxígeno diatómico por litro y proporciona una evaluación general del contenido de contaminantes orgánicos en el agua (Hassan, 2019).

2.1.12. Sólidos suspendidos totales (SST)

Estos se consideran como residuos que es detenido por etapas de fibra de vidrio, con la medición de poro nominal de 0.45 μm , relacionado a las partículas que son suspendidas en el mismo flujo del agua y sus desechos y/o en la misma superficie (Indigoye, 2019).

III.MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

En esta investigación se adopta un enfoque aplicado, respaldado por una metodología experimental, con el objetivo de evaluar la eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes de tipo natural en la disminución de sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez en aguas residuales domésticas. Este enfoque sigue la definición de Acosta (2023), quienes indican que la investigación aplicada utiliza metodologías empíricas, como experimentos, para obtener datos adicionales en un área específica.

El alcance de este estudio es cuantitativo, enfocado en la evaluación de la eficiencia de las semillas de mango y durazno para la disminución de contaminantes en condiciones reales. La elección de este enfoque busca comprender la capacidad de estos materiales orgánicos como coagulantes en la disminución de sólidos suspendidos, DQO y turbidez. Para ello, se empleará la técnica de test de jarras, un método estándar para evaluar la eficiencia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas. Los datos logrados se recopilarán en hojas de cálculo de Excel y serán analizados e interpretados mediante el software estadístico Minitab.

3.2. Ámbito temporal y espacial

El ámbito espacial se centra en agua residuales domesticas de la región de Lima, país Perú. La investigación se desarrolló durante el año 2025.

3.3. Variables

En la presente investigación se pueden observar un nivel experimental debido a que se manipularan dos variables:

3.3.1. Independiente

Eficiencia de semilla mango y durazno. Con dimensión de proceso de floculación-coagulación.

- A. La eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes naturales se refiere a su capacidad para remover contaminantes en el tratamiento de aguas servidas mediante el proceso de floculación-coagulación. Este proceso involucra la adición de coagulantes que promueven la desestabilización de partículas suspendidas, favoreciendo su aglomeración y posterior eliminación. Según estudios recientes, los coagulantes naturales, como semillas y plantas, han demostrado ser alternativas efectivas a los coagulantes sintéticos en base a la presencia de compuestos activos como proteínas y polisacáridos que interactúan con las partículas en suspensión (Gautam y Saini, 2020; Saravanan et al., 2021).

3.3.2. Dependiente

Remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas. Con dimensión en parámetros fisicoquímicos.

- A. Los SST representan las partículas sólidas que no se disuelven en el agua y que pueden causar turbidez. La remoción de SST es un indicador crucial de la eficacia del tratamiento, ya que la acumulación de sólidos puede afectar la calidad del agua y provocar problemas ambientales. Su medición se realiza utilizando la técnica de filtración, pesando los residuos sólidos después de secar las muestras tratadas (Sánchez, 2019).
- Porcentaje de remoción de SST: Cantidad de sólidos suspendidos removidos después del tratamiento.
 - Porcentaje de remoción de DQO: Disminución de la materia orgánica medida por la DQO.

- Remoción en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez): Cantidad de turbidez eliminada en el agua tratada.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población estuvo constituida por las aguas residuales domésticas provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Puente Piedra (PTAR Puente Piedra), ubicada en el distrito de San Martín de Porres, provincia y departamento de Lima durante el año 2025. La ubicación del punto de toma de muestra se presenta en el Anexo D.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por un volumen total de 80 litros de agua residual doméstica, recolectada de la PTAR ubicada en el distrito de San Martín de Porres, la cual fue destinada a la caracterización inicial y a los diferentes tratamientos experimentales mediante la prueba de jarras.

3.4.2.1. Tipo de muestreo. Se realizó un muestreo puntual, debido a que la muestra de agua residual doméstica fue recolectada en un lugar y momento determinados, específicamente en el punto de ingreso de la PTAR, aproximadamente desde las 11:00 a.m. hasta las 12:00 p. m. ya que representa la máxima carga horaria. La recolección se efectuó en una única jornada de muestreo y el volumen obtenido fue destinado a la caracterización inicial y al desarrollo de los tratamientos experimentales.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Técnicas

- Protocolo ARD RM-273-2013-VIVIENDA.
- Manual de bioseguridad de laboratorios de la UNFV.

- Métodos estandarizados para análisis de aguas residuales

3.5.2. Instrumentos

- Ficha de observación.
- Ficha de recolección de datos de campo y laboratorio.

3.5.3. Materiales y equipos

Tabla 1

Instrumentos a utilizar en la investigación

Instrumento	Descripción / Uso
Jarras de ensayo (Jar Test)	Para realizar las pruebas de coagulación y floculación en laboratorio.
Agitador mecánico	Controla la velocidad de agitación rápida y lenta en RPM para las pruebas de jarras.
pH-metro	Para medir y ajustar el pH del agua residual antes de las pruebas de jarras.
Turbidímetro	Mide la turbidez del agua residual tratada (en NTU).
Medidor de DQO	Para analizar la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las muestras de agua.
Equipo de SST	Para medir los sólidos suspendidos totales (SST) en el agua tratada.
Cronómetro	Para medir los tiempos de agitación y sedimentación.
Filtros y recipientes	Para recolectar y filtrar las muestras de agua tratada.
Horno de secado	Para secar las semillas después del lavado, a 60-70 °C.
Molino	Para triturar las semillas secas y obtener el polvo coagulante.
Microsoft Excel	Para registrar y organizar los datos obtenidos.
Minitab	Para realizar análisis estadístico de los datos recopilados.

3.6. Procedimientos

3.6.1. Preparación de la materia prima (semillas de mango y durazno)

Se recolectó las semillas de mango y durazno, posteriormente se lavaron para eliminar los residuos de la pulpa.

Se procedió a secar en una estufa a baja temperatura (40-60°C) para evitar la descomposición y asegurar la eliminación de la humedad.

Luego se molieron las semillas utilizando un molino hasta obtener un polvo fino, permitiendo una mayor superficie de contacto durante las pruebas de coagulación. Este proceso asegura que las propiedades coagulantes de las semillas se mantengan y que el material esté listo para su uso en el tratamiento de aguas servidas.

3.6.2. Recolección de aguas domésticas

La muestra de agua fue recolectada de una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR), ubicada en el distrito de Puente Piedra (Ver Anexo 4). La cantidad de agua recolectada para los análisis preliminares y los tratamientos fue de 80 L.

3.6.3. Preparación de la solución para DQO

En el laboratorio de la Universidad Nacional Federico Villarreal, primero se prepararon los reactivos para el análisis del parámetro DQO en las muestras preliminares de agua residual doméstica y en las muestras tratadas.

Se preparó una solución de 200 ml de Ácido sulfúrico con 20 g de sulfato de plata y se dejó la disolución por 2 días.

Se realizó el siguiente cálculo:

$$5.5 \text{ g} \text{ --- } 543.48 \text{ ml}$$

$$X \text{ g} \text{ --- } 200 \text{ ml}$$

$$X = 20 \text{ g}$$

3.6.4. Preparación del coagulante

Para la preparación de las dosis de los coagulantes en 1 L de muestra de agua residual, se procedió a pesar 0,5 g, 1,0 g, 1,5, 2,0, y 2,5, con ayuda de una balanza analítica. Una vez pesados el polvo obtenido de las semillas se adicionaron en la muestra a tratar.

3.6.5. Test de jarras

Para el proceso de Test de jarras, primero se homogenizó la muestra de agua residual recolectada y se procedió a colocar en los vasos de precipitado rotulados 1 L de muestra.

Se procedió a colocar las soluciones de agua residual con la dosis de las semillas de mango y durazno en las jarras de agitación del floculador a 200 rpm/ 25 min para la primera etapa (agitación rápida), posteriormente para la agitación lenta se aplicó 2 velocidades diferentes de 50 y 60 rpm, durante 15 minutos para permitir que los flóculos formados crezcan y se vuelvan lo suficientemente grandes como para sedimentar. Por último, para la etapa de sedimentación se aplicaron de 2 y 4 horas. Todo el proceso se realizó por duplicado. Después de todo el proceso, se traspasaron las muestras tratadas en frascos de 200 ml.

Tabla 2

Resumen de Procedimiento Test de Jarras aplicado a la semilla de mango y durazno

Dosis (g/L)	Repeticiones	Agitación rápida (rpm/min)	Agitación lenta (rpm/min)	Tiempo de sedimentación (horas)
0,5	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
0,5	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
0,5	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
0,5	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2

Dosis (g/L)	Repeticiones	Agitación rápida (rpm/min)	Agitación lenta (rpm/min)	Tiempo de sedimentación (horas)
0,5	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
0,5	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
0,5	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
0,5	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
1,0	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
1,0	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
1,0	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
1,0	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
1,0	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
1,0	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
1,0	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
1,0	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
1,5	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
1,5	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
1,5	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
1,5	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
1,5	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
1,5	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
1,5	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
1,5	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
2,0	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2

Dosis (g/L)	Repeticiones	Agitación rápida (rpm/min)	Agitación lenta (rpm/min)	Tiempo de sedimentación (horas)
2,0	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
2,0	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
2,0	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
2,0	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
2,0	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
2,0	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
2,0	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
2,5	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
2,5	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	2
2,5	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
2,5	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	2
2,5	R1	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
2,5	R2	200 rpm / 25 min	50 rpm / 10 min	4
2,5	R1	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4
2,5	R2	200 rpm / 25 min	60 rpm / 10 min	4

Nota. R1 (Repetición 1), R2 (Repetición 2)

Tabla 3

Parámetros de Evaluación de la prueba de Jarras

Parámetro	Descripción	Unidad de medida	Objetivo del parámetro
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Mide la cantidad de partículas suspendidas que permanecen en el agua después del tratamiento. Se utiliza para evaluar la eficiencia de remoción de sólidos.	mg/L	Reducir al máximo la concentración de SST presentes en el agua tratada.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Indica la cantidad de materia orgánica en el agua residual, representando el grado de contaminación orgánica.	mg/L	Disminuir la DQO para reducir la carga orgánica en el agua.
Turbidez	Mide la claridad del agua, basada en la cantidad de partículas suspendidas que dispersan la luz. Un menor valor indica mayor claridad.	NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez)	Reducir los niveles de turbidez para mejorar la calidad visual y física del agua tratada.
Porcentaje de Remoción de SST	Representa el porcentaje de sólidos suspendidos eliminados durante el proceso de coagulación-floculación.	%	Maximizar el porcentaje de remoción para asegurar un tratamiento eficiente.
Porcentaje de Remoción de DQO	Indica la eficiencia del proceso en la remoción de materia orgánica disuelta en el agua residual.	%	Reducir la carga orgánica para cumplir con los estándares de calidad del agua tratada.
Porcentaje de Remoción de Turbidez	Muestra la eficacia del coagulante en la clarificación del agua, disminuyendo la turbidez.	%	Maximizar la remoción de turbidez para mejorar la transparencia del agua.
Tiempo de Sedimentación	Intervalos de tiempo establecidos para que los flóculos formados se asienten en el fondo del recipiente.	Minutos	Asegurar el tiempo óptimo de sedimentación para la máxima remoción de flóculos.

3.6.6. Caracterización de sólidos suspendidos totales (SST)

Para el análisis de Sólidos Suspendidos Totales en muestras de agua doméstica sin tratar y tratada, de acuerdo con los Métodos Normalizados de APHA, AWWA y WPCF (1992), se instaló el equipo bomba de vacío.

Posteriormente se pesó el filtro de fibra (peso inicial) y se colocó en el sistema, se prendió la bomba y se filtró 100 ml de muestra de agua residual domestica tratada y sin tratar.

Una vez filtrado todo el volumen de la muestra de agua se procedió a colocar el filtro en el infrarrojo para secado por un tiempo de 10 min. Luego del infrarrojo se colocó el filtro en la estufa por 30 a 40 min, para luego ser colocado en un desecador por 2 horas. Finalmente se pesó el filtro (Peso final).

Para calcular los Sólidos Suspendidos Totales, se aplicó la siguiente fórmula:

$$SST = \frac{P_{final} - P_{inicial}}{Vl} \times 10^3$$

unidad: mg/L

3.6.7. Caracterización de la demanda química de oxígeno (DQO)

Para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se tomó como referencia el procedimiento establecido en los Métodos Normalizados de APHA, AWWA y WPCF.

Primero se prepararon las soluciones de ácido sulfúrico con sulfato de plata, luego se preparó la solución para la caracterización de DQO, para lo cual se siguió el siguiente proceso: En viales de digestión se añadió 2.5 ml de agua residual doméstica (tratada/ sin tratar), 1.5 ml de

solución dicromato, 3.5 ml de solución de reactivo Ácido sulfúrico con sulfato de Plata, para el patrón se utilizó agua destilada.

En el equipo “digestor” se colocaron los viales de digestión, con las muestras y el patrón por 120 min a una temperatura de 150 °C. Después de la digestión se dejó reposar por 20 min y se lavó la parte inferior de los viales y se secaron. Por último, se procedió a realizar la medición de DQO en el colorímetro de las muestras y el patrón.

3.6.8. Caracterización de la turbidez

Como paso inicial se preparó un patrón con agua destilada en un envase de 10 ml y se procedió a realizar el mismo proceso con las muestras de agua residual doméstica, cada muestra se colocó en el equipo “Turbidímetro”.

3.7. Análisis de datos

Los datos obtenidos de las pruebas de jarras (SST, DQO y turbidez) para cada tratamiento y condición se registraron en una hoja de cálculo de Excel.

Posteriormente, los datos fueron exportados a Minitab para realizar análisis estadísticos:

- Análisis de varianza (ANOVA) para comparar la eficacia de las diferentes dosis de coagulante.
- Pruebas de normalidad para verificar la distribución de los datos.
- Gráficos de dispersión para visualizar las diferencias en la eficiencia del tratamiento en función de la dosis, el tiempo de sedimentación y las velocidades de agitación

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez

A continuación, se presentan los resultados relacionados al objetivo específico 1, los cuales han sido evaluados con la finalidad de conocer los valores iniciales en la muestra de agua residual.

Tabla 4

Valores iniciales de los parámetros SST, DQO y Turbidez presentes en aguas residuales domésticas.

	Parámetro SST (mg/L)	Parámetro DQO (mg/L)	Parámetro Turbidez (NTU)
Valores iniciales	160.00	635.00	60.00

En la Tabla 4 se presentan los valores iniciales de los parámetros sólidos suspendidos totales (SST), demanda química de oxígeno (DQO) y turbidez medidos en el agua residual doméstica antes de la aplicación de los coagulantes evaluados. Los resultados muestran que el valor inicial de SST fue de 160.00 mg/L, la DQO alcanzó 635.00 mg/L y la turbidez presentó 60.00 NTU, cifras que servirán como referencia para calcular los porcentajes de remoción en las siguientes etapas del estudio.

4.2. Resultados de las dosis aplicadas de los coagulantes semilla de mango y durazno

A continuación, se presentan los resultados relacionados al objetivo específico 2, los cuales han sido evaluados con la finalidad de conocer la dosis óptima a aplicar tanto para la semilla de mango como de durazno.

Tabla 5*Porcentajes de remoción promedio según la dosis de coagulante*

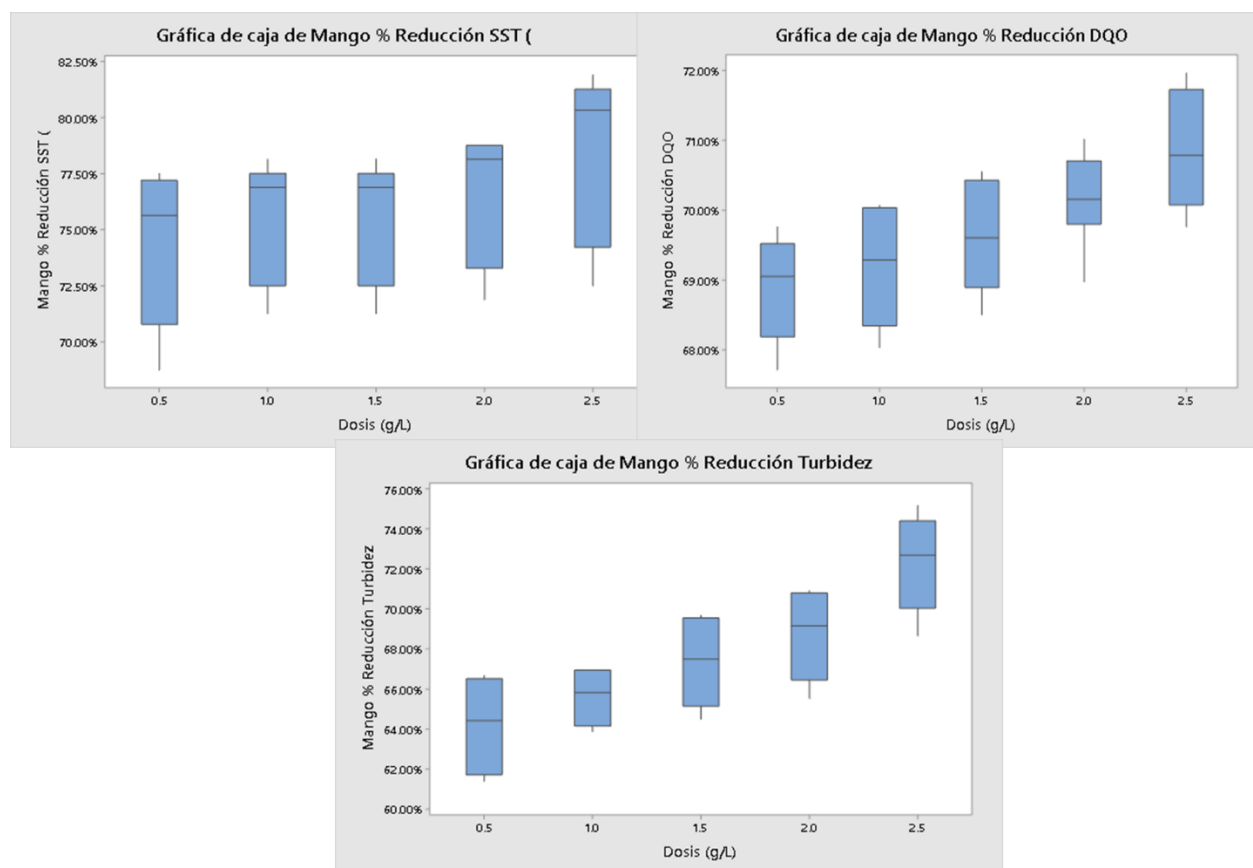
Variable	Dosis(g/L)	% Remoción SST		% Remoción DQO		% Remoción Turbidez	
		Media	Desv.Est.	Media	Desv.Est.	Media	Desv.Est.
Mango	0.5 g/L	74.5%	3.45%	68.9%	0.73%	64.2%	2.37%
	1g/L	75.7%	2.80%	69.2%	0.85%	65.6%	1.39%
	1.5g/L	75.5%	2.70%	69.6%	0.80%	67.4%	2.34%
	2g/L	76.7%	3.02%	70.1%	0.64%	68.7%	2.23%
	2.5g/L	78.7%	3.89%	70.8%	0.89%	72.3%	2.36%
Durazno	0.5 g/L	64.0%	1.64%	55.5%	0.95%	54.8%	3.07%
	1g/L	64.4%	1.70%	56.2%	0.98%	55.9%	2.48%
	1.5g/L	64.7%	1.83%	58.1%	0.71%	57.4%	2.37%
	2g/L	68.0%	1.55%	58.8%	0.78%	58.8%	2.34%
	2.5g/L	73.8%	1.87%	60.2%	1.37%	62.1%	3.52%

Nota. Los datos presentan el porcentaje de remoción promedio de SST, DQO y Turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante el uso de coagulantes de semilla de mango y durazno. Desv. Est.: Desviación estándar.

En la Tabla 5 se observan los porcentajes medios de remoción de SST, DQO y turbidez en función de la dosis aplicada de los coagulantes semilla de mango y durazno. Para el coagulante de semilla de mango, la mayor eficiencia en los tres parámetros se obtuvo con la dosis de 2.5 g/L, registrando un $78.7\% \pm 3.89\%$ de remoción de SST, un $70.8\% \pm 0.89\%$ en DQO y un $72.3\% \pm 2.36\%$ en turbidez. En el caso de la semilla de durazno, la dosis óptima también fue 2.5 g/L, logrando un $73.8\% \pm 1.87\%$ de remoción de SST, $60.2\% \pm 1.37\%$ en DQO y $62.1\% \pm 3.52\%$ en turbidez. Esto indica que, para ambas semillas, la dosis más elevada ensayada produjo la mayor eficiencia de remoción en todos los parámetros.

Figura 4

Gráfico de cajas de remoción de parámetros por dosis de mango.



Nota. Representación de la remoción (%) de SST, DQO y Turbidez por dosis de mango. La dosis de 2.5 g/L muestra el mayor porcentaje de remoción en todos los parámetros analizados.

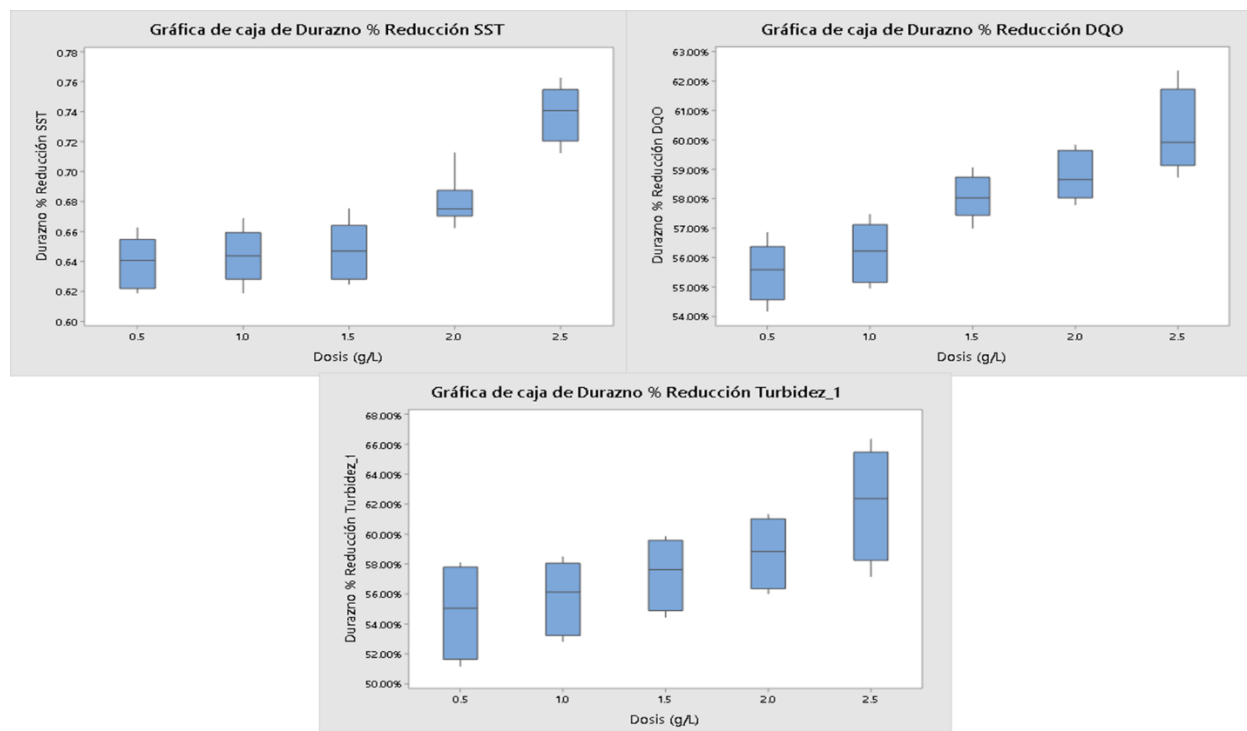
Elaboración propia.

En la figura 4, se muestra gráfico de cajas para el porcentaje de remoción de cada parámetro de acuerdo a la dosis aplicada para el mango. De tal forma, para el porcentaje de remoción de los sólidos suspendidos totales (SST), la dosis de 2.5 g/L obtuvo la mayor mediana con un valor de 80% aproximadamente, poniéndose por encima en comparación de las demás, el bigote superior de esta misma dosis, indica que se hallaron valores muy cercanos a 82.5%, mientras que el bigote inferior, representa que hubo presencia de porcentajes de remoción cercanos también

a 72.5% (máx. 82.5% y mín. 72.5%). En los demás parámetros también se observa que la dosis de 2.5g/L tiene una mediana 71% y 72% para DQO y Turbidez, respectivamente.

Figura 5

Gráfico de cajas de remoción de parámetros por dosis de durazno



Nota. Eficiencia de remoción (%) de SST, DQO y Turbidez utilizando diferentes dosis de durazno como agente de tratamiento. La dosis de 2.5 g/L concentra los mayores porcentajes de remoción en comparación con las dosis inferiores. Elaboración propia

En la figura 5, se muestra gráfico de cajas para el porcentaje de remoción de cada parámetro de acuerdo a la dosis aplicada para el durazno. De tal forma, para el porcentaje de remoción de los sólidos suspendidos totales (SST), la dosis de 2.5 g/L obtuvo la mayor mediana con un valor de 74% aproximadamente, poniéndose por encima en comparación de las demás, el bigote superior de esta misma dosis, indica que se hallaron valores muy cercanos a 76%, mientras que el bigote inferior, representa que hubo presencia de porcentajes de remoción cercanos también a 72% (máx.

76% y min. 72%). En los demás parámetros también se observa que la dosis de 2.5g/L tiene una mediana 60% y 62% para DQO y Turbidez, respectivamente.

Tabla 6

Comparación de medias para la remoción de parámetros según dosis de mango

Mango (<i>Mangifera indica</i>)					
Variable	Dosis (g/L)	N	Media	Agrupación	
% Remoción SST	2.5	8	78.67%	A	
	2	8	76.72%		B
	1	8	75.70%		B
	1.5	8	75.55%		B C
	0.5	8	74.45%		C
% Remoción DQO	2.5	8	70.85%	A	
	2	8	70.14%		B
	1.5	8	69.61%		C
	1	8	69.21%		D
	0.5	8	68.90%		D
% Remoción Turbidez	2.5	8	72.34%	A	
	2	8	68.70%		B
	1.5	8	67.35%		C
	1	8	65.62%		D
	0.5	8	64.22%		E

Nota. Prueba de diferencias de medias de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$). El color verde representa el factor con mayor valor en la variable.

La Tabla 6 presenta la comparación de medias del coagulante de semilla de mango según la prueba de Tukey. Para SST, la dosis de 2.5 g/L alcanzó la mayor media (78.67%) y se diferenció estadísticamente de las demás (grupo “A”). En DQO, la dosis de 2.5 g/L obtuvo 70.85% (grupo “A”), mostrando diferencias significativas frente a todas las dosis menores ($p < 0.05$). Para turbidez, la misma dosis logró 72.34% y también se ubicó en el grupo “A”, siendo significativamente superior a las restantes. En conjunto, los resultados confirman que 2.5 g/L de semilla de mango es la dosis más eficiente y estadísticamente distinta para los tres parámetros.

Tabla 7

Comparación de medias para la remoción de parámetros según dosis de durazno

Durazno (<i>Prunus persica</i>)					
Variable	Dosis (g/L)	N	Media	Agrupación	
% Remoción SST	2.5	8	73.83%	A	
	2	8	68.05%		B
	1.5	8	64.69%		C
	1	8	64.38%		C
	0.5	8	63.98%		C
% Remoción DQO	2.5	8	60.24%	A	
	2	8	58.76%		B
	1.5	8	58.05%		C
	1	8	56.22%		D
	0.5	8	55.53%		E
% Remoción Turbidez	2.5	8	62.06%	A	
	2	8	58.79%		B
	1.5	8	57.39%		C
	1	8	55.86%		D
	0.5	8	54.83%		E

Nota. Prueba de diferencias de medias de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$). El color verde representa el factor con mayor valor en la variable.

En la Tabla 7 se resumen las comparaciones de medias para la semilla de durazno. En SST, la dosis de 2.5 g/L alcanzó 73.83% de remoción (grupo “A”), con diferencias significativas frente a las demás ($p < 0.05$). En DQO, el valor máximo también se observó en 2.5 g/L (60.24%, grupo “A”), superando significativamente a las dosis inferiores. Para turbidez, 2.5 g/L obtuvo 62.06% (grupo “A”), siendo estadísticamente más alta que las demás concentraciones. Esto demuestra que, al igual que con el mango, la dosis óptima para el durazno fue la mayor evaluada, presentando diferencias significativas.

4.3. Resultados de la velocidad de floculación y tiempo de sedimentación en el tratamiento de aguas residuales domésticas

A continuación, se presentan los resultados relacionados al objetivo específico 3, los cuales han sido evaluados con la finalidad de conocer la velocidad de floculación y tiempo de sedimentación óptimos a aplicar para la obtención resultados óptimos.

Tabla 8

Comparación de medias según velocidad de floculación y sedimentación del mango

Mango (<i>Mangifera indica</i>)						
Variable	Vel. Floculación (rpm/min)	Tiempo de sedimentación	N	Media	Agrupación	
% Remoción SST	50 rpm / 10 min	4 horas	10	78.56%	A	
	50 rpm / 10 min	2 horas	10	77.63%	A	B
	60 rpm / 10 min	4 horas	10	77.44%		B
	60 rpm / 10 min	2 horas	10	71.25%		C
% Remoción DQO	50 rpm / 10 min	4 horas	10	70.63%	A	
	50 rpm / 10 min	2 horas	10	70.17%		B
	60 rpm / 10 min	2 horas	10	69.32%		C
	60 rpm / 10 min	4 horas	10	68.83%		D
% Remoción Turbidez	50 rpm / 10 min	2 horas	10	69.56%	A	
	50 rpm / 10 min	4 horas	10	69.53%	A	
	60 rpm / 10 min	2 horas	10	66.49%		B
	60 rpm / 10 min	4 horas	10	65.01%		C

Nota. Prueba de diferencias de medias de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$). El color verde representa el factor con mayor valor en la variable.

La Tabla 8 muestra la comparación de medias para la semilla de mango considerando la velocidad de floculación y el tiempo de sedimentación. En SST, la combinación de 50 rpm/10 min con 4 horas de sedimentación obtuvo el mayor valor (78.56%, grupo “A”), estadísticamente similar a la misma velocidad con 2 horas (77.63%, grupo “A-B”), pero superior a las demás. En DQO, la combinación de 50 rpm/4 horas alcanzó 70.63% (grupo “A”), destacando frente a las demás condiciones. En turbidez, las combinaciones 50 rpm/2 horas (69.56%) y 50 rpm/4 horas (69.53%)

compartieron el grupo “A” y fueron significativamente más eficientes que las demás combinaciones.

Tabla 9

Comparación de medias según velocidad de floculación y sedimentación del durazno

Durazno (<i>Prunus persica</i>)						
Variable	Vel. Floculación (rpm/min)	Tiempo de sedimentación	N	Media	Agrupación	
% Remoción SST	50 rpm / 10 min	4 horas	10	68.50%	A	
	50 rpm / 10 min	2 horas	10	67.94%	A	
	60 rpm / 10 min	4 horas	10	66.25%		B
	60 rpm / 10 min	2 horas	10	65.25%		B
% Remoción DQO	50 rpm / 10 min	4 horas	10	59.02%	A	
	50 rpm / 10 min	2 horas	10	58.00%		B
	60 rpm / 10 min	2 horas	10	57.39%		C
	60 rpm / 10 min	4 horas	10	56.63%		D
% Remoción Turbidez	50 rpm / 10 min	4 horas	10	60.69%	A	
	50 rpm / 10 min	2 horas	10	59.72%		B
	60 rpm / 10 min	2 horas	10	56.38%		C
	60 rpm / 10 min	4 horas	10	54.35%		D

Nota. Prueba de diferencias de medias de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$). El color verde (Letra “A” representa el factor con mayor valor en la variable.)

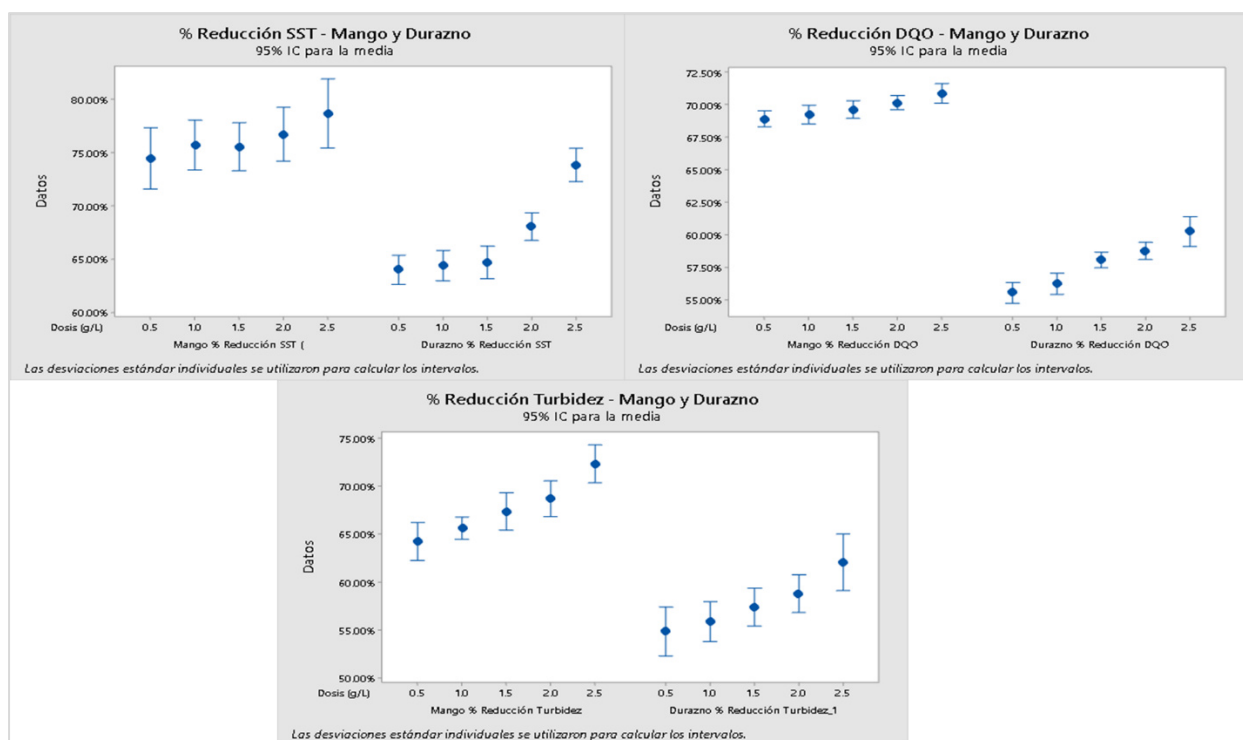
La Tabla 9 muestra la comparación de medias para la semilla de durazno considerando la velocidad de floculación y el tiempo de sedimentación, de esa manera, se halló que, en SST, la mayor remoción (68.50%) se logró con 50 rpm/10 min y un tiempo de sedimentación de 4 horas (grupo “A”), aunque sin diferencias significativas respecto a 50 rpm con 2 horas de sedimentación (67.94%, también grupo “A”). En DQO, la combinación de 50 rpm con 4 horas obtuvo el mayor porcentaje (59.02%, grupo “A”), y en turbidez, esta misma condición logró 60.69% (grupo “A”), superando estadísticamente a las demás combinaciones.

4.4. Resultados de la eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes en la evaluación de los parámetros SST, DQO y turbidez

A continuación, se presentan los resultados relacionados al objetivo específico 4, en el cual se evaluó la eficiencia del proceso de coagulación-floculación por medio del porcentaje de remoción.

Figura 6

Valores promedio de porcentaje de remoción según dosis de mango y durazno



Nota. Comparación del porcentaje promedio de remoción de SST, DQO y Turbidez entre los coagulantes de mango y durazno (95% IC para la media). La dosis optima de 2.5 g/L registra la máxima eficiencia de remoción para ambos insumos, con una superioridad constante del mango sobre el durazno en todos los niveles. Elaboración propia

En la figura 6, se detalla gráficamente los valores promedio del porcentaje de remoción para cada parámetro de acuerdo a la dosis aplicada para los coagulantes de semilla de mango y durazno. En donde, para el parámetro SST, el mayor porcentaje de remoción fue de la dosis de

2.5g/L con un valor de 75% para el mango y 72% para el durazno. Para el porcentaje de remoción de DQO, la dosis de 2.5g/L también fue la que tuvo mayor valor, con un 72% para el mango y un 60% para el durazno. De igual forma ocurre con la turbidez, donde la dosis de 2.5 g/L obtuvo los mayores valores en comparación con las demás dosis, donde para el mango fue de 72.5% aprox. y el durazno de 60%.

Tabla 10

Análisis de varianza del porcentaje de remoción según semilla de mango.

Fuente	ANOVA de los parámetros del Mango (<i>Mangifera indica</i>)					
	% Remoción SST		% Remoción DQO		% Remoción Turbidez	
	Valor p	R ² (ajd)	Valor p	R ² (ajd)	Valor p	R ² (ajd)
Dosis (g/L)	0.000		0.000		0.000	
Repeticiones	0.245		0.077		0.617	
Velocidad de floculación	0.000		0.000		0.000	
Tiempo de sedimentación	0.000	93.8%	0.840	94.3%	0.000	97.9%
Velocidad de floculación*Tiempo de sedimentación	0.000		0.000		0.000	

Nota. Prueba de análisis de Varianza (ANOVA). R²(adj): Coeficiente de determinación ajustado. En el Anexo 2, se encuentran las tablas crudas sin organización, como evidencia de dónde se obtuvo (así lo compila el programa).

En la Tabla 10, correspondiente al análisis ANOVA para el coagulante elaborado a partir de semilla de mango (*Mangifera indica*), se observó que en el parámetro de Sólidos Suspendidos Totales (SST) todos los factores evaluados fueron estadísticamente significativos ($p < 0.01$), con excepción del factor repeticiones, el cual obtuvo un valor-p de 0.245. Esto indica que la dosis de coagulante, la velocidad de floculación, el tiempo de sedimentación y la interacción entre velocidad y tiempo influyeron de forma directa y relevante sobre la remoción de SST, mientras que las repeticiones no presentaron diferencias, lo cual es un resultado favorable, ya que evidencia

estabilidad y coherencia en las mediciones realizadas, evitando que variables externas alteren los resultados. El modelo presentó un coeficiente de determinación ajustado (R^2) de 93.8%, lo que demuestra que explica la mayor parte de la variabilidad de los datos. En cuanto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), se encontró que todos los factores, salvo las repeticiones ($p=0.077$) y el tiempo de sedimentación ($p=0.840$), fueron estadísticamente significativos ($p<0.01$). Esto implica que la dosis y la velocidad de floculación, así como la interacción entre velocidad y tiempo, ejercen un efecto notable sobre la remoción de DQO, mientras que el tiempo de sedimentación de forma independiente no mostró un impacto relevante. Este modelo alcanzó un R^2 ajustado de 94.3%, evidenciando un ajuste confiable. Para el parámetro de turbidez, todos los factores analizados fueron altamente significativos ($p<0.01$), excepto las repeticiones ($p=0.617$), confirmando que tanto la dosis, como la velocidad de floculación, el tiempo de sedimentación y la interacción entre estos influyen directamente en la disminución de la turbidez. El modelo presentó un R^2 ajustado de 97.9%, lo que refleja una capacidad de predicción muy alta.

Tabla 11

Análisis de varianza del porcentaje de remoción según semilla de durazno.

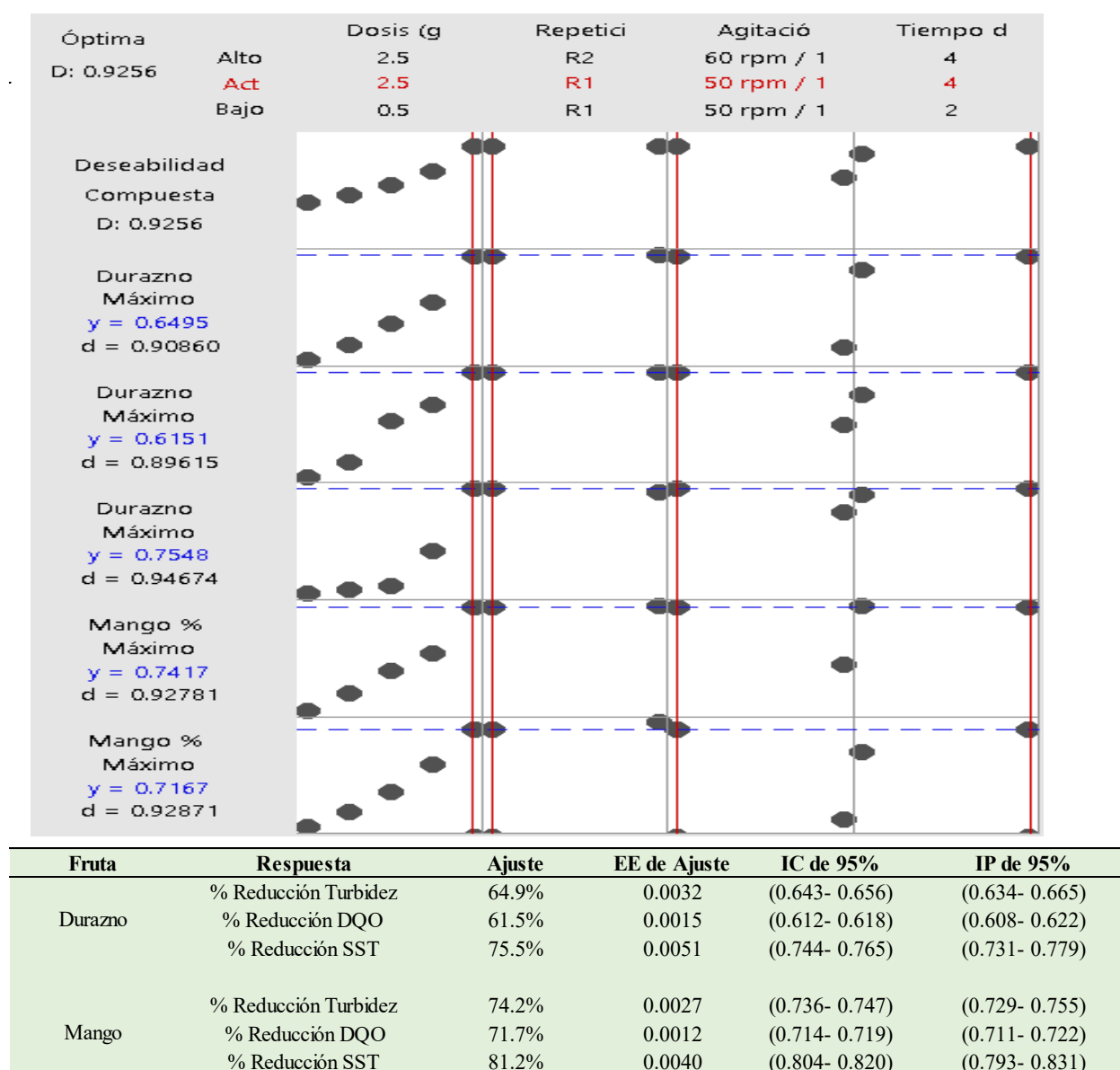
Fuente	ANOVA de los parámetros del Durazno (<i>Prunus persica</i>)					
	% Remoción SST		% Remoción DQO		% Remoción Turbidez	
	Valor p	R^2 (ajd)	Valor p	R^2 (ajd)	Valor p	R^2 (ajd)
Dosis (g/L)	0.000		0.000		0.000	
Repeticiones	0.412		0.818		0.869	
Velocidad de floculación	0.000		0.000		0.000	
Tiempo de sedimentación	0.028	93.2%	0.199	97.3%	0.017	96.7%
Velocidad de floculación*Tiempo de sedimentación	0.522		0.000		0.000	

Nota. Prueba de análisis de Varianza (ANOVA). R^2 (adj): Coeficiente de determinación ajustado. En el Anexo 2, se encuentran las tablas crudas sin organización, cómo evidencia de dónde se obtuvo (así lo compila el programa).

Por otro lado, en la Tabla 11, correspondiente al ANOVA para el coagulante a base de semilla de durazno (*Prunus persica*), se identificó que en el parámetro SST todos los factores presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), con excepción de las repeticiones ($p = 0.412$). Esto significa que la dosis, la velocidad de floculación, el tiempo de sedimentación y sus interacciones afectaron de manera considerable la remoción de SST, mientras que la ausencia de diferencias en las repeticiones respalda la consistencia de las mediciones. El R^2 ajustado fue de 93.2%, evidenciando un adecuado poder explicativo del modelo. En el caso de la DQO, la dosis, la velocidad de floculación y la interacción entre velocidad y tiempo resultaron altamente significativas ($p < 0.01$), mientras que las repeticiones ($p = 0.818$) y el tiempo de sedimentación ($p = 0.199$) no mostraron significancia estadística. Esto indica que, para este parámetro, el tiempo de sedimentación aislado no influye de forma relevante en la remoción. El modelo presentó un R^2 ajustado de 97.3%, reflejando un excelente ajuste. Finalmente, para la turbidez, se encontró que la dosis, la velocidad de floculación, el tiempo de sedimentación ($p = 0.017$) y la interacción entre velocidad y tiempo fueron factores significativos, mientras que las repeticiones ($p = 0.869$) no lo fueron, lo cual es positivo para la reproducibilidad experimental. El modelo obtuvo un R^2 ajustado de 96.7%, lo que confirma su alta capacidad explicativa.

Figura 7

Tratamientos óptimos de remoción con coagulantes de mango y durazno



Nota. Obtenido a través de la función Optimizador de respuesta del programa estadístico Minitab 19. Autor propio.

En la figura 7, se observa los tratamientos óptimos para obtener la mayor eficiencia en la remoción de los diferentes parámetros evaluados. En donde se considera que bajo una dosis de 2.5 g/L, una velocidad de floculación de 50 rpm/10min y un tiempo de sedimentación de 4 horas, se

obtendrán los mayores porcentajes de remoción para cada parámetro. De tal forma, para el mango, bajo esas condiciones en los factores se obtendrá un valor pronosticado 74.2%, de 71.7% y 81.2% para los parámetros de Turbidez, DQO y SST, respectivamente. En referencia al durazno, bajo esas condiciones mencionadas, se pronostica un promedio de remoción de 64.9%, 61.5% y 75.5% para la Turbidez, DQO y SST, respectivamente.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Carpio (2019) y Romero et al. (2021), en ambas investigaciones analizaron el parámetro turbidez los cuales resultaron superiores a 200 NTU en la PTAR de Villa El Salvador y en el canal “las mercedes”, respectivamente. Al igual que en esos casos, la caracterización inicial fue esencial para establecer la magnitud de la contaminación y servir de referencia para calcular los porcentajes de remoción posteriores.

Agón et al. (2020) y Racancoj (2021) reportaron que el uso de semillas de durazno como coagulante orgánico permitió alcanzar porcentajes de remoción superiores al 75 % con una dosis de 12 mg/l y superiores al 40 % con una dosis de 30mg/l. En la presente investigación se obtuvo un 73.8% de remoción de SST, 60.2% de DQO y 62.1% de turbidez, resultados comparables con los estudios mencionados. Asimismo, Carrera (2024), trabajando con la semilla de durazno en el canal de Barranca, logró una remoción del 50% en turbidez con velocidades de agitación de 100–300 rpm y tiempos de sedimentación de hasta 120 minutos. Estos hallazgos confirman que velocidades moderadas y tiempos prolongados favorecen la formación de flóculos densos y sedimentables. En la presente investigación, la velocidad de floculación de 50 rpm y un tiempo de sedimentación de 4 horas fueron las condiciones más eficientes, alcanzando en durazno porcentajes de remoción de 68.50% en SST, 59.02% en DQO y 60.69% en turbidez.

Barrios y Martínez (2023), Oliveros (2022) y Pelayza (2022) reportaron que el uso de semilla de mango criollo (*Mangifera indica*) como coagulante orgánico permitió alcanzar porcentajes de remoción superiores al 80 % con una dosis de 50 mg/l, 90 % y 80% con una dosis de 1 g respectivamente. En la presente investigación se obtuvieron valores de remoción de 78.7% de remoción para SST, 70.8% para DQO y 72.3% para turbidez, lo que evidencia que la adecuada optimización de dosis y condiciones operativas puede maximizar la eficiencia del proceso. Por

otro lado, Romero et al. (2021) reportaron una remoción del 72 % en turbidez utilizando 30 mg/L de almidón de mango, estos hallazgos confirman que velocidades moderadas y tiempos prolongados favorecen la formación de flóculos densos y sedimentables. En esta investigación, la velocidad de floculación de 50 rpm y un tiempo de sedimentación de 4 horas fueron las condiciones más eficientes, logrando con la semilla de mango porcentajes de remoción de 78.56% en SST y alrededor del 70% en DQO y turbidez.

El mayor desempeño obtenido por la semilla de mango respecto a la semilla de durazno podría estar relacionado con la composición de la almendra de *Mangifera indica*, la cual contiene componentes como proteínas y polisacáridos, principalmente almidón, que presentan potencial para intervenir en los mecanismos de coagulación y floculación. Según Londoño et al. (2026), el almidón obtenido de la semilla de mango presenta propiedades favorables para su aplicación como floculante sostenible, favoreciendo la agregación de impurezas presentes en el agua. Asimismo, los autores señalan que características propias del almidón, como la relación amilosa/amilopectina, influyen en su desempeño durante la floculación y en sus mecanismos de interacción con las partículas suspendidas. Estos componentes podrían favorecer la formación y agregación de flóculos y, consecuentemente, contribuir a la remoción de partículas presentes en el agua. No obstante, el desempeño de los coagulantes naturales también depende de factores como la dosis, las características del agua residual, la preparación del coagulante y las condiciones del proceso; por ello, los resultados obtenidos permiten establecer que la semilla de mango presentó mayores eficiencias que la semilla de durazno específicamente bajo las condiciones experimentales evaluadas en la presente investigación.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinaron los valores iniciales de los parámetros de calidad del agua residual doméstica: SST (160 mg/L), DQO (635 mg/L) y turbidez (60 NTU), evidenciando una carga contaminante considerable que justifica la necesidad de un tratamiento eficiente.
- La dosis óptima para ambos coagulantes fue de 2.5 g/L. Con semilla de mango se lograron remociones de 78.7 % en SST, 70.8 % en DQO y 72.3 % en turbidez; mientras que con semilla de durazno se obtuvieron 73.8 %, 60.2 % y 62.1 % respectivamente, lo que demuestra una mayor eficiencia del coagulante semilla de mango en las condiciones evaluadas.
- Las condiciones operativas más eficientes fueron una velocidad de floculación de 50 rpm y un tiempo de sedimentación de 4 horas, alcanzando con semilla de mango porcentajes de remoción de 78.56 % en SST y de 70.63 % en DQO y de 69.53 % en turbidez; y con semilla de durazno, 68.50 %, 59.02 % y 60.69 % respectivamente.
- El porcentaje de remoción para el parámetro SST con una dosis de 2.5g/L fue de 75% para el mango y 72% para el durazno. Para el porcentaje de remoción de DQO con una dosis de 2.5g/L también fue la que tuvo mayor valor, con un 72% para el mango y un 60% para el durazno. Por último, para el parámetro turbidez con dosis de 2.5 g/L se obtuvieron mayores valores en comparación con las demás dosis, donde para el mango fue de 72.5% aprox. y el durazno de 60%.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la semilla de mango como coagulante natural en sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que mostró mayor eficiencia en la remoción de SST, DQO y turbidez en comparación con la semilla de durazno.
- Mantener velocidades de floculación moderadas (50 rpm) y tiempos de sedimentación prolongados (4 horas) para favorecer la formación de flóculos más densos y mejorar la eficiencia del proceso.
- Realizar estudios adicionales para afinar la dosis óptima de los coagulantes en función de la carga contaminante, con el fin de maximizar la eficiencia y minimizar el consumo de coagulante.
- Se sugiere profundizar en estudios de caracterización fisicoquímica de los coagulantes naturales y evaluar su desempeño frente a otros parámetros, así como su viabilidad económica frente a coagulantes convencionales.
- Se recomienda realizar estudios a escala piloto que evalúen la viabilidad técnico-económica del uso de semillas de mango y durazno como coagulantes naturales, considerando la valorización de residuos agroindustriales, los costos de acondicionamiento y producción del coagulante, así como la cantidad, características y alternativas de aprovechamiento o disposición de los lodos generados durante el tratamiento.

VIII. REFERENCIAS

- Acosta, S. F. (2023). Los enfoques de investigación en las Ciencias Sociales. *Revista Latinoamericana Ogmios*, 3(8), 82–95. <https://doi.org/10.53595/rlo.v3.i8.084>
- Agón, N. M., Beltrán, L. P., Sildana, R., Villarreal, R. y Gómez, S. L. (2020). Aprovechamiento de residuos orgánicos como coagulantes en el tratamiento de aguas. En Universidad Libre Seccional Socorro (Ed.), *Herramientas tecnológicas y sostenibles en la educación ambiental* (pp. 73-86). Universidad Libre Seccional Socorro. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19263/Herramientas%20Tecnol%c3%b3gicas.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- American Public Health Association [APHA] (2019). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association. <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). *Manual de buenas prácticas para el uso seguro y productivo de las aguas residuales domésticas*. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/manual_de_buenas_practicas_para_el_uso_seguro_y_productivo_de_las_aguas_residuales_domesticas.pdf
- Barrios, J. E. y Martínez, T. M. (2023). *Eficiencia de la semilla de Mangifera indica (Mango de Hilacha) como coagulante orgánico en una muestra de agua residual doméstica*. [Tesis de pregrado, Universidad de la Costa]. Repositorio de la Universidad de la Costa. <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/10650/1001999379-1044615095%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cabrejos, W. A. (2019). *Eficiencia de la semilla de Prunus pérsica (durazno) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de una planta procesadora de lácteos, Molinopampa* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional la UCV.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/38573/Cabrejos_ZWA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Calderón, M. A., Castaneda, J. M. y Domínguez, L. S. (2023). *Diseño de proceso para la obtención de un coagulante natural a partir de la sábila o aloe vera (Barbadensis miller) para ser aplicado en el tratamiento primario de aguas residuales domésticas en la reducción de los parámetros turbidez y DBO5* [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio de la Universidad de El Salvador. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/30726/>

Carpio, B. M. (2019). *Evaluación del uso de semillas de Mangifera indica L (mango) como coagulante natural para el tratamiento de aguas residuales de la PTAR MUNIVES de VES – Lima*. [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. Repositorio de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/187/1/Carpio_Brenda_Trabajo_Suficiencia_2019.pdf

Carrera, B. M. M. (2024). *Efecto de la semilla de Prunus pérsica (durazno) como coagulante en el tratamiento del agua residual del Camal Municipal de Barranca, Lima 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC.

<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/9178/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Chuquicajas, J. V. y Julca, A. N. (2021). *Coagulantes naturales como alternativa en la remoción de la turbiedad para el tratamiento de aguas superficiales* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60614>
- Gautam, S. y Saini, G. (2020). Use of natural coagulants for industrial wastewater treatment. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(4), 553–578. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.04.10>
- Hassan, N. (2019). *Water Quality Parameters. En Water Quality—Science, Assessments and Policy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.89657>
- Indigoye, D. (2019). *Remoción de materia orgánica de aguas residuales de la industria láctea por el método de electrocoagulación, utilizando energía eólica*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/32b5a269-6f91-4a7c-aa94-bd2cbe905287/content>
- Jiménez, B. y Asano, T. (2019). *Water reuse: An international survey of current practice, issues and needs*. IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781780401881>
- Koul, B., Bhat, N., Abubakar, M., Mishra, M., Arukha, A. P. y Yadav, D. (2022). Application of natural coagulants in water treatment: A sustainable alternative to chemicals. *Water*, 14(22), pp. 3751. <https://doi.org/10.3390/w14223751>
- Londoño, S. A., Pineda-Gómez, P., Zubieta-Otero, L. F. y Rodríguez-García, M. E. (2026). Intrinsic orthorhombic nanocrystals in mango seed starch: Isolation, structural characterization, and application as sustainable flocculants. *Chemical Engineering*

Journal: Green and Sustainable, 1, 100014, 1-13.

<https://doi.org/10.1016/j.cejgas.2025.100014>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI] (2022). *Estudio de Tendencias de Mercado Mango*. MIDAGRI. <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/1389>

Oliveros, I. K. (2022). *Análisis del uso de la molienda de mango criollo (Mangifera indica) como coagulante orgánico en el tratamiento de agua para consumo humano*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/16617/1/Irasema%20Karina%20Oliveros%20God%C3%ADnez.pdf>

Oliveros, I. K. (2022). Uso de semilla de Mangifera indica como coagulante natural para tratamiento de potabilización. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 17(1), 13-21.

<https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1409/885>

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2022). *Directrices para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera y la segunda adenda*.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

Organización Panamericana de la Salud [OPS] (2017). *Guía de calidad del agua para consumo humano*.

<https://www.paho.org/es/documentos/guias-para-calidad-agua-consumo-humano-4a-ed-que-incorpora-primer-aadenda-2017>

- Owodunni, A. A. e Ismail, S. (2021). *Revolutionary technique for sustainable plant-based green coagulants in industrial wastewater treatment—A review. Journal of Water Process Engineering*, 42(102096). <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102096>
- Pelayza, P. W. (2022). *Aplicación de residuos de fruta de mango (Mangifera indica) sobre agua sintética para la clarificación del agua*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/103336/Pelayza_VPW-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Racancoj Alonzo, A. B. (2021). *Análisis del uso de la molienda producida a partir de la semilla de durazno Prunus persica S "Salcájá" como coagulante natural en el tratamiento de agua*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/16349/1/Amilcar%20Bernardino%20Racancoj%20Alonzo.pdf>
- Rojas, R. (25 al 27 de setiembre del 2002). *Gestión Integral de tratamiento de aguas residuales* [conferencia]. *Conferencia Sistema de tratamiento de Aguas Residuales*, Lima, Perú. https://www.academia.edu/20296056/Sistema_de_tratamiento_de_aguas_residuales
- Rojas, W. E. (2019). *Tratamiento de agua potable con floculantes para minería, Cajamarca-2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/26249>
- Romero, B., Huamán, J. y Castro, N. (2021). *Tratamiento de aguas superficial empleando como coagulante almidón de semilla de mango (Mangifera indica L. variedad criolla)*. *Revista*

- Iberoamericana de Polímeros*, 22(6), 240-249. <https://reviberpol.org/wp-content/uploads/2021/12/2021-22-6-240-249.pdf>
- Rubio, D. y Saravia, J. (2020). *Optimización en la remoción de turbidez mediante prueba de jarras empleando Quitosano a partir de las escamas del Trachurus Murphyi*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional UPEU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5337879c-28b9-4863-be42-1331407478c7/content>
- Sánchez, A. (2019). *Optimización de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales mediante el sistema de lodos activados de la provincia de Jaén – Cajamarca 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40729>
- Sanchez, J. P. y Valencia, G. P. (2022). *Reducción de la turbidez en el agua de regadío del distrito de Carabayllo mediante el coagulante natural a base de la semilla de durazno (Prunus persica) en el año 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/30688>
- Saravanan, J., Priyadharshini, D., Soundammal, A., Sudha, G., y Suriyakala, K. (2017). Wastewater treatment using natural coagulants. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 4(3), 40–42. https://www.researchgate.net/publication/317611068_Wastewater_Treatment_using_Natural_Coagulants
- Soluciones Ecológicas Industriales Ltda. [SOECOL] (18 de marzo de 2022). *Plantas de tratamiento de Aguas Servidas*. <https://www.soecol.cl/plantas-aguas-servidas/>

Zhang, C., Zhang, M. y Chang, Q. (2015). Preparation of mercaptoacetylated chitosan and its performance in copper ions and turbidity removal. *Desalination and Water Treatment*, 53(7), 1909–1916. DOI: [10.1080/19443994.2013.870743](https://doi.org/10.1080/19443994.2013.870743)

IX. ANEXOS

ANEXO A. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala	Metodología
Problema general ¿Cuál es la eficiencia de la semilla de mango y durazno como coagulantes en la remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas? Problemas específicos a. ¿Cuáles son los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en aguas residuales domésticas? b. ¿Cuál es la dosis óptima a aplicar de los coagulantes semilla de mango y durazno en el tratamiento de aguas residuales domésticas? c. ¿Cuál es la velocidad de floculación y tiempo de sedimentación óptimos a	Objetivo general Determinar la eficiencia de la semilla de mango y durazno como coagulantes en la remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas. Objetivos específicos a. Determinar los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en aguas residuales domésticas. b. Determinar la dosis óptima a aplicar de los coagulantes semilla de mango y durazno en el tratamiento de aguas residuales domésticas. c. Determinar la velocidad de floculación y tiempo de sedimentación óptimos a aplicar en el tratamiento de	Hipótesis general La semilla de mango y durazno como coagulantes son eficientes en la remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas. Hipótesis específicas a. Los valores iniciales de los parámetros SST, DQO y turbidez se encuentran en valores elevados en aguas residuales domésticas. b. La dosis óptima a aplicar de los coagulantes semilla de mango y durazno serán eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. c. La velocidad de floculación y tiempo de sedimentación óptimos a aplicar serán eficientes en el	Independiente Eficiencia de semilla de mango y durazno	Proceso de floculación-coagulación	Dosis Velocidad de floculación Tiempo de sedimentación	mg/L RPM min	Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental Nivel: Experimental. Se manipulará la variable independiente (Eficiencia de semilla mango y durazno) y se medirá la variable dependiente (Remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas) Tipo: Aplicada Métodos: Método experimental Método
			Dependiente Remoción de SST, DQO y turbidez en aguas residuales domésticas	Parámetros fisicoquímicos	Concentración de SST	mg/L	
					Concentración de DQO	mg/L	
					Concentración de turbidez	NTU	

aplicar en el tratamiento de aguas residuales domésticas? d. ¿Cuál es la eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes en la evaluación de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en las aguas residuales domésticas?	aguas residuales domésticas. d. Determinar la eficiencia de las semillas de mango y durazno como coagulantes en la evaluación de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en las aguas residuales domésticas, 2024.	tratamiento de aguas residuales domésticas. d. Las semillas de mango y durazno serán eficientes como coagulantes en la evaluación de los parámetros SST, DQO y turbidez presente en las aguas residuales domésticas.			Eficiencia	%	estadístico Técnicas e Instrumentos: De recolección de datos: Procedimiento experimental De procesamiento de datos: técnica estadística (gráficos y tablas).
---	--	--	--	--	-------------------	----------	--

ANEXO B. RESULTADOS ADICIONALES

ANÁLISIS DE VARIANZA SST - MANGO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (g/L)	4	0.008	0.002	29.05	0.000
Repeticiones	1	0.000	0.000	1.4	0.245
Velocidad de floculación	1	0.014	0.014	202.17	0.000
Tiempo de sedimentación	1	0.013	0.013	182.46	0.000
Velocidad de floculación*Tiempo de sedimentación	1	0.007	0.007	99.07	0.000
Error	31	0.002	0.000		
Total	39	0.044			

ANÁLISIS DE VARIANZA DQO - MANGO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (g/L)	4	0.00191	0.000478	79.66	0.000
Repeticiones	1	0.00002	0.00002	3.35	0.077
Velocidad de floculación	1	0.00175	0.00175	291.84	0.000
Tiempo de sedimentación	1	0	0	0.04	0.840
Velocidad de floculación*Tiempo de sedimentación	1	0.000223	0.000223	37.22	0.000
Error	31	0.000186	0.000006		
Total	39	0.00409			

ANÁLISIS DE VARIANZA TURBIDEZ - MANGO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (g/L)	4	0.031226	0.007806	237.26	0.000
Repeticiones	1	0.000008	0.000008	0.26	0.617
Velocidad de floculación	1	0.014389	0.014389	437.34	0.000
Tiempo de sedimentación	1	0.000562	0.000562	17.1	0.000
Velocidad de floculación*Tiempo de sedimentación	1	0.000523	0.000523	15.9	0.000
Error	31	0.00102	0.000033		
Total	39	0.047729			

ANÁLISIS DE VARIANZA SST – DURAZNO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (g/L)	4	0.055	0.014	120.8	0.000
Repeticiones	1	0.000	0.000	0.69	0.412
Agitación lenta (rpm/min)	1	0.006	0.006	53.31	0.000
Tiempo de sedimentación (horas)	1	0.001	0.001	5.34	0.028
Agitación lenta (rpm/min)*Tiempo de sedimentación (horas)	1	0.000	0.000	0.42	0.522
Error	31	0.004	0.000		
Total	39	0.066			

ANÁLISIS DE VARIANZA DQO - DURAZNO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (g/L)	4	0.012	0.003	280.02	0.000
Repeticiones	1	0.000	0.000	0.05	0.818
Agitación lenta (rpm/min)	1	0.002	0.002	217.61	0.000
Tiempo de sedimentación (horas)	1	0.000	0.000	1.72	0.199
Agitación lenta (rpm/min)*Tiempo de sedimentación (horas)	1	0.001	0.001	76.17	0.000
Error	31	0.000	0.000		
Total	39	0.015			

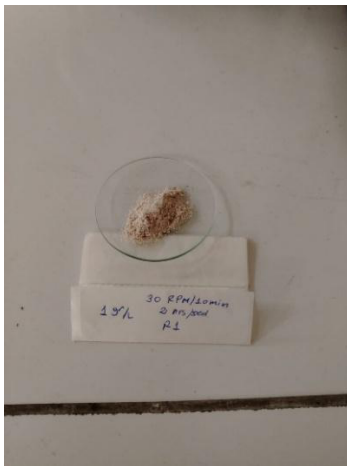
ANÁLISIS DE VARIANZA TURBIDEZ - MANGO

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Dosis (g/L)	4	0.025	0.006	143.57	0.000
Repeticiones	1	0.000	0.000	0.03	0.869
Agitación lenta (rpm/min)	1	0.023	0.023	527.68	0.000
Tiempo de sedimentación (horas)	1	0.000	0.000	6.37	0.017
Agitación lenta (rpm/min)*Tiempo de sedimentación (horas)	1	0.002	0.002	50.68	0.000
Error	31	0.001	0.000		
Total	39	0.053			

ANEXO C. PANEL FOTOGRÁFICO



Recolección de la muestra de agua residual



Pesaje de los coagulantes



Preparación de muestras



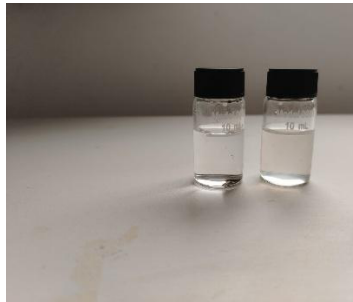
Aplicación de coagulantes en muestras de agua residual



Caracterización de SST

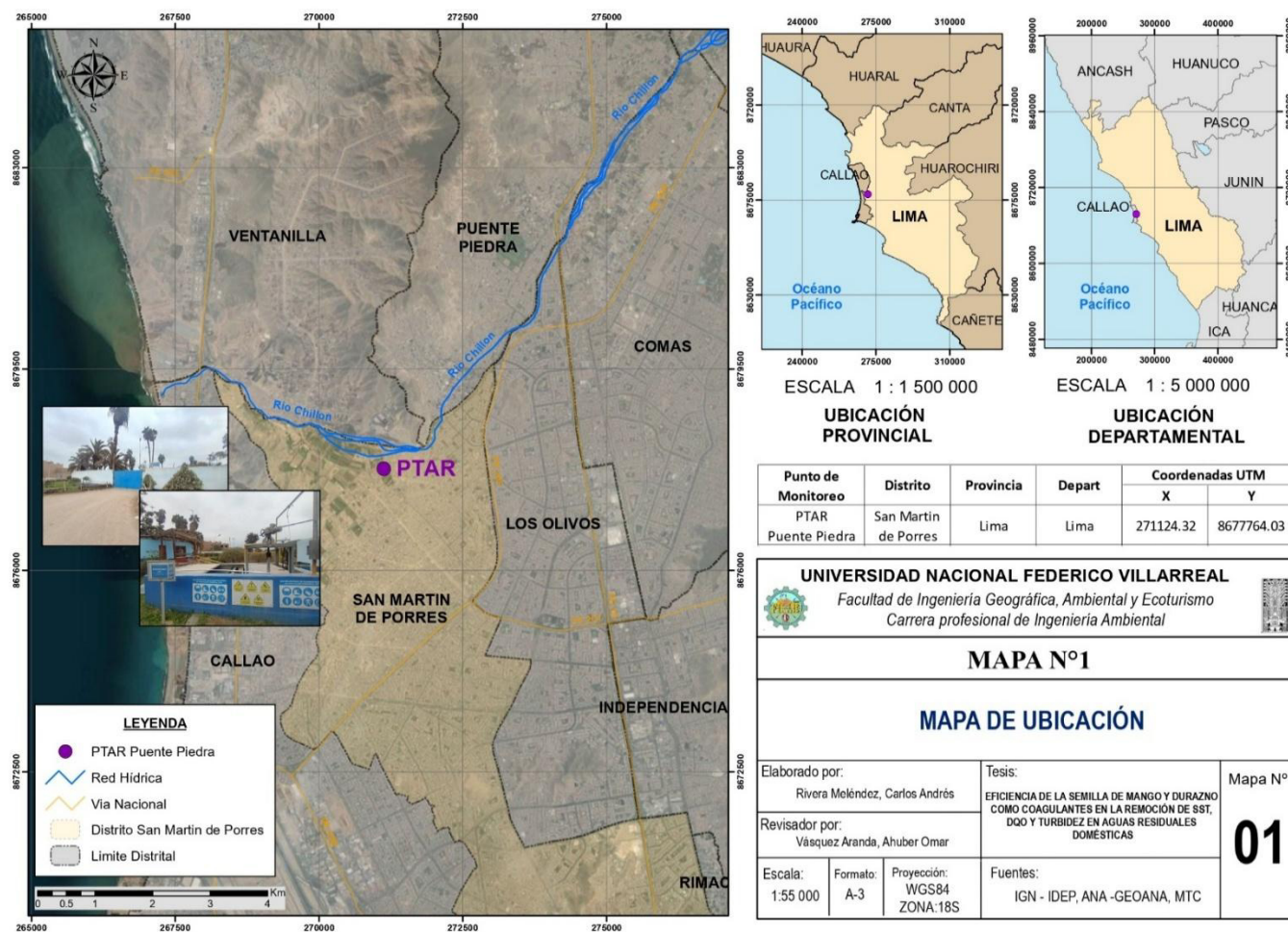


Caracterización de DQO



Caracterización de Turbidez

ANEXO D. Mapa de ubicación de la toma de muestra



ANEXO E. Ficha de recolección de datos de campo y laboratorio

ANEXO D: FICHAS DE DATOS

 Universidad Nacional Federico Villarreal	“EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MANGO Y DURAZNO COMO COAGULANTES EN LA REMOCIÓN DE SST, DQO Y TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS”	
	FORMATO FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CAMPO	VERSIÓN: 01
		PÁGINAS: 1 DE 1

ESTACIÓN	EQUIPO	
ENTRADA DE PLANTA EP-PP PUENTE PIEDRA	Turbidímetro	Colorímetro
	LUTRON, TU-2016	HACH, ET 125

PARAMETROS FISICOQUIMICOS						
Monitoreo	Coordenadas UTM	Fecha de Recolección	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	DQO (mg/L)	Observaciones
ENTRADA DE PLANTA EP-PP PUENTE PIEDRA	X: 0271124.32m Y: 8677764.03 m	17/06/2025	✓	✓	✓	- El efluente presentó olor intenso. - Muestra recolectada desde drenaje bajo rejilla.

 Universidad Nacional Federico Villarreal	“EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MANGO Y DURAZNO COMO COAGULANTES EN LA REMOCIÓN DE SST, DQO Y TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS”	
	FORMATO FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LABORATORIO	VERSIÓN: 01 PÁGINAS: 1 DE 3

Fecha de análisis	METODO: TEST DE JARRAS DE COAGULACIÓN - FLOCULACION				
	N° DE EQUIPO DE PRUEBAS DE JARRAS	TIPO DE EQUIPO	N° DE PRUEBAS	N° DE REPETICIONES	MUESTRAS TOTALES
17/06/25 al 17/07/25	1	PHIPPS Y BIRD – PROGRAMABLE 7790-910	40	2	80

CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE				
Muestra	Turbidez (NTU)	SST (mg/L)	DQO (mg/L)	Observaciones
ENTRADA DE PLANTA EP-PP PUENTE PIEDRA	60.00	160.00	635.00	Efluente muy complejo con elevada carga de materia Orgánica

PRUEBAS DE TEST DE JARRAS DE COAGULACIÓN – FLOCULACION PARA MANGIFERA INDICA - MANGO											
PRUEBAS DE JARRAS	DOSIS	Repetición	Agitación Rápida	Agitación Lenta	Tiempo de sedimentación	Resultados SST (mg/L)	Reducción SST	Resultados DQO (mg/L)	Reducción DQO	Resultados Turbidez (NTU)	% Reducción Turbidez
	mg/L	N.º	(rpm/min)	(rpm/min)	Horas	mg/L	%	mg/L	%	NTU	%
Jarra 1	0,5	R1	200	50	2	40	75,00%	195	69,29%	20,35	66,08%
Jarra 2	0,5	R2	200	50	2	39	75,63%	195	69,29%	20	66,67%
Jarra 3	0,5	R1	200	60	2	50	68,75%	198	68,82%	22,4	62,67%
Jarra 4	0,5	R2	200	60	2	49	69,38%	199	68,66%	22,34	62,77%
Jarra 5	0,5	R1	200	50	4	36	77,50%	193	69,61%	20,34	66,10%
Jarra 6	0,5	R2	200	50	4	36	77,50%	192	69,76%	20	66,67%
Jarra 7	0,5	R1	200	60	4	39	75,63%	205	67,72%	23,16	61,40%
Jarra 8	0,5	R2	200	60	4	38	76,25%	203	68,03%	23,15	61,42%
Jarra 9	1.0	R1	200	50	2	36	77,50%	192	69,76%	19,8	67,00%
Jarra 10	1.0	R2	200	50	2	38	76,25%	191	69,92%	19,9	66,83%
Jarra 11	1.0	R1	200	60	2	46	71,25%	198	68,82%	21	65,00%
Jarra 12	1.0	R2	200	60	2	46	71,25%	198	68,82%	21,28	64,53%
Jarra 13	1.0	R1	200	50	4	35	78,13%	190	70,08%	19,8	67,00%
Jarra 14	1.0	R2	200	50	4	36	77,50%	190	70,08%	20	66,67%
Jarra 15	1.0	R1	200	60	4	37	76,87%	203	68,03%	21,68	63,87%
Jarra 16	1.0	R2	200	60	4	37	76,87%	202	68,19%	21,58	64,03%
Jarra 17	1,5	R1	200	50	2	36	77,50%	190	70,08%	18,25	69,58%
Jarra 18	1,5	R2	200	50	2	41	74,38%	190	70,08%	18,2	69,67%
Jarra 19	1,5	R1	200	60	2	46	71,25%	196	69,13%	20,6	65,67%
Jarra 20	1,5	R2	200	60	2	45	71,88%	196	69,13%	20,63	65,62%

Jarra 21	1,5	R1	200	50	4	35	78,13%	187	70,55%	18,32	69,47%
Jarra 22	1,5	R2	200	50	4	36	77,50%	187	70,55%	18,4	69,33%
Jarra 23	1,5	R1	200	60	4	37	76,87%	200	68,50%	21,3	64,50%
Jarra 24	1,5	R2	200	60	4	37	76,88%	198	68,82%	21	65,00%
Jarra 25	2,0	R1	200	50	2	34	78,75%	189	70,24%	17,45	70,92%
Jarra 26	2,0	R2	200	50	2	34	78,75%	189	70,24%	17,7	70,50%
Jarra 27	2,0	R1	200	60	2	45	71,88%	192	69,76%	19,2	68,00%
Jarra 28	2,0	R2	200	60	2	45	71,88%	191	69,92%	19,69	67,18%
Jarra 29	2,0	R1	200	50	4	34	78,75%	185	70,87%	17,45	70,92%
Jarra 30	2,0	R2	200	50	4	35	78,13%	184	71,02%	17,8	70,33%
Jarra 31	2,0	R1	200	60	4	35	78,13%	197	68,98%	20,27	66,22%
Jarra 32	2,0	R2	200	60	4	36	77,50%	190	70,08%	20,69	65,52%
Jarra 33	2,5	R1	200	50	2	30	81,25%	181	71,50%	15,82	73,63%
Jarra 34	2,5	R2	200	50	2	30	81,25%	182	71,34%	15,2	74,67%
Jarra 35	2,5	R1	200	60	2	44	72,50%	190	70,08%	17	71,67%
Jarra 36	2,5	R2	200	60	2	44	72,50%	190	70,08%	16,95	71,75%
Jarra 37	2,5	R1	200	50	4	29	81,88%	179	71,81%	15,82	73,63%
Jarra 38	2,5	R2	200	50	4	31	80,63%	178	71,97%	14,9	75,17%
Jarra 39	2,5	R1	200	60	4	32	80,00%	192	69,76%	18,8	68,67%
Jarra 40	2,5	R2	200	60	4	33	79,37%	189	70,24%	18,3	69,50%

 Universidad Nacional Federico Villarreal	“EFICIENCIA DE LA SEMILLA DE MANGO Y DURAZNO COMO COAGULANTES EN LA REMOCIÓN DE SST, DQO Y TURBIDEZ EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS”	
FORMATO FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE LABORATORIO		VERSIÓN: 01
		PÁGINAS: 3 DE 3

PRUEBAS DE TEST DE JARRAS DE COAGULACIÓN – FLOCULACION PARA PRUNUS PERSICA - DURAZNO											
PRUEBAS DE JARRAS	DOSIS	Repetición	Agitación Rápida	Agitación Lenta	Tiempo de sedimentación	Resultados SST (mg/L)	Reducción SST	Resultados DQO (mg/L)	Reducción DQO	Resultados Turbidez (NTU)	% Reducción Turbidez
	mg/L	N.º	(rpm/min)	(rpm/min)	Horas	mg/L	%	mg/L	%	NTU	%
Jarra 1	0,5	R1	200	50	2	56	65%	281	55,75%	25,65	57,25%
Jarra 2	0,5	R2	200	50	2	57	64%	280	55,91%	25,70	57,17%
Jarra 3	0,5	R1	200	60	2	61	62%	284	55,28%	28,30	52,83%
Jarra 4	0,5	R2	200	60	2	61	62%	283	55,43%	28,25	52,92%
Jarra 5	0,5	R1	200	50	4	54	66%	276	56,54%	25,20	58,00%
Jarra 6	0,5	R2	200	50	4	55	66%	274	56,85%	25,15	58,08%
Jarra 7	0,5	R1	200	60	4	59	63%	290	54,33%	29,30	51,17%
Jarra 8	0,5	R2	200	60	4	58	64%	291	54,17%	29,26	51,23%
Jarra 9	1.0	R1	200	50	2	57	64%	276	56,54%	25,20	58,00%
Jarra 10	1.0	R2	200	50	2	56	65%	273	57,01%	25,30	57,83%
Jarra 11	1.0	R1	200	60	2	60	63%	280	55,91%	27,34	54,43%
Jarra 12	1.0	R2	200	60	2	61	62%	281	55,75%	27,35	54,42%
Jarra 13	1.0	R1	200	50	4	53	67%	270	57,48%	25,15	58,08%

Jarra 14	1.0	R2	200	50	4	54	66%	272	57,17%	24,90	58,50%
Jarra 15	1.0	R1	200	60	4	58	64%	286	54,96%	28,30	52,83%
Jarra 16	1.0	R2	200	60	4	57	64%	286	54,96%	28,31	52,82%
Jarra 17	1,5	R1	200	50	2	56	65%	265	58,27%	24,38	59,37%
Jarra 18	1,5	R2	200	50	2	56	65%	265	58,27%	24,45	59,25%
Jarra 19	1,5	R1	200	60	2	60	63%	268	57,80%	26,40	56,00%
Jarra 20	1,5	R2	200	60	2	60	63%	268	57,80%	26,40	56,00%
Jarra 21	1,5	R1	200	50	4	52	68%	261	58,90%	24,20	59,67%
Jarra 22	1,5	R2	200	50	4	53	67%	260	59,06%	24,10	59,83%
Jarra 23	1,5	R1	200	60	4	58	64%	273	57,01%	27,29	54,52%
Jarra 24	1,5	R2	200	60	4	57	64%	271	57,32%	27,32	54,47%
Jarra 25	2.0	R1	200	50	2	46	71%	260	59,06%	23,80	60,33%
Jarra 26	2.0	R2	200	50	2	50	69%	262	58,74%	23,38	61,03%
Jarra 27	2.0	R1	200	60	2	50	69%	263	58,58%	25,60	57,33%
Jarra 28	2.0	R2	200	60	2	52	68%	265	58,27%	25,65	57,25%
Jarra 29	2.0	R1	200	50	4	52	68%	255	59,84%	23,40	61,00%
Jarra 30	2.0	R2	200	50	4	53	67%	255	59,84%	23,20	61,33%
Jarra 31	2.0	R1	200	60	4	52	68%	267	57,95%	26,40	56,00%
Jarra 32	2.0	R2	200	60	4	54	66%	268	57,80%	26,36	56,07%
Jarra 33	2,5	R1	200	50	2	40	75%	252	60,31%	21,80	63,67%
Jarra 34	2,5	R2	200	50	2	39	76%	253	60,16%	22,00	63,33%
Jarra 35	2,5	R1	200	60	2	46	71%	256	59,69%	23,15	61,42%
Jarra 36	2,5	R2	200	60	2	45	72%	258	59,37%	23,26	61,23%
Jarra 37	2,5	R1	200	50	4	38	76%	240	62,20%	20,20	66,33%
Jarra 38	2,5	R2	200	50	4	40	75%	239	62,36%	20,35	66,08%

Jarra 39	2,5	R1	200	60	4	44	73%	260	59,06%	25,70	57,17%
Jarra 40	2,5	R2	200	60	4	43	73%	262	58,74%	25,65	57,25%