



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

REMOCIÓN DE TURBIDEZ DEL AGUA DEL RÍO LURIN MENDIANTE EL USO DE SEMILLA DE *MORINGA OLEIFERA*, LIMA, PERÚ, 2025.

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autores:

Raquel Alexandra Jauregui Rodriguez

Lesly Xuxa Cerron Jimenez

Asesor:

Mg. Ing. Walter Manuel Hoyos Alayo

<https://orcid.org/0000-0002-8683-1635>

Lima - Perú

2025

JURADO EVALUADOR

Jurado 1	CARMEN ROSA SEMINARIO ARRIAGA
Presidente(a)	Nombre y Apellidos

Jurado 2	IRMA GERALDA HORNA HERNANDEZ
	Nombre y Apellidos

Jurado 3	WALTER MANUEL HOYOS ALAYO
	Nombre y Apellidos

Informe de Similitud



Página 2 de 83 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3450126533

16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Exclusiones

- ▶ N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 16% Fuentes de Internet
- 6% Publicaciones
- 11% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
58 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Dedico la presente tesis a mis padres, Francisco y Carmen, por su apoyo, paciencia y confianza durante todo mi proceso de formación profesional, así como a mi pareja, Dylan, por su comprensión y acompañamiento permanente en cada etapa de este camino. Asimismo, a Balú, por desvelarse conmigo en muchas noches de estudio y brindarme un apoyo silencioso pero constante. Finalmente, me la dedico a mí misma, por la constancia, el esfuerzo y la perseverancia para no rendirme y culminar este logro personal y académico.

Raquel Alexandra Jáuregui Rodríguez

El presente trabajo dedico a mis padres, Mabel y Rolando, también a mi abuelita materna, Ana por su apoyo incondicional durante todo mi proceso de investigación, por otro lado, a mi familia, quienes han sido un soporte emocional, mi gratitud a todos ellos y confió contar con su apoyo por siempre en cada paso que doy durante mi formación profesional.

Lesly Xuxa Cerron -Jimenez

Agradecimiento

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Mg. Ing. Walter Manuel Hoyos Alayo, asesor de la presente tesis, por su orientación, disposición y aportes brindados a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación. Asimismo, agradecemos a la señorita Nelva, supervisora del laboratorio, por el apoyo constante, la disposición y la ayuda brindada durante el desarrollo de los ensayos experimentales. De igual manera, agradecemos al coordinador de carrera Oscar Huároc, por facilitar los accesos al laboratorio y brindar las gestiones necesarias que permitieron la correcta ejecución de la investigación. Finalmente, agradecemos a los docentes de la carrera, por los conocimientos compartidos y la formación académica brindada a lo largo de nuestra etapa universitaria.

Tabla de contenidos

Índice de tablas	10
Índice de Figuras.....	12
Resumen	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Realidad problemática	14
1.2. Antecedentes.....	17
1.3. Marco Teórico	22
1.3.1. Aguas de Río.....	22
1.3.2. Moringa Oleífera	23
1.3.3. Remoción de turbidez.....	24
1.4. Justificación	25
1.5. Formulación del problema.....	26
1.5.1. Problema General.....	26
1.5.2. Problemas Específicos	27
1.6. Objetivos.....	27
1.6.1 Objetivos Generales.....	27

1.6.2. Objetivos Específicos	27
1.7. Hipótesis	28
1.7.1. Hipótesis General	28
1.7.2. Hipótesis Específicas	28
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	29
2.1. Enfoque.....	29
2.2. Tipo.....	29
2.3. Nivel	30
2.4. Alcance	30
2.5. Diseño	31
2.6. Población y muestra	32
2.7. Método.....	35
2.7.1. Proceso de experimentación	35
1.7.2. Metodología para la recolección de muestras de agua	37
1.7.3. Metodología para la caracterización de turbidez u otros parámetros	38
1.7.4. Metodología para la determinación del porcentaje de remoción	

de turbidez	38
2.8 Materiales y equipos	38
2.8.1. Materiales de Campo	38
2.8.2. Materiales de Gabinete y Laboratorio	39
2.8.3. Equipos	39
2.8.4. Reactivos naturales	39
2.9 Procedimientos	40
a. Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo	40
b. Caracterización de las aguas del río Lurín	41
c. Caracterización de la muestra de agua proveniente del río Lurín	41
d. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos del río Lurín .	42
CAPÍTULO III: RESULTADOS	49
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	65
3.1. Discusión	65
3.2. Conclusiones.....	69
REFERENCIAS	70

ANEXOS 82

Índice de tablas

Tabla 1: Aspectos generales de la cuenca del ríoLurín	33
Tabla 2: Niveles de las variables de estudio	36
Tabla 3: Matriz de diseño experimental para un diseño Factorial.....	37
Tabla 4: Coordenadas del área de estudi	40
Tabla 5: Parámetros analizados en la investigación	42
Tabla 6: Caracterización inicial de las muestras	50
Tabla 7: Comparación de cantidad de Moringa oleífera vs tiempo de aplicación	51
Tabla 8: Porcentaje en la eficiencia de remoción de la turbidez	54
Tabla 9: Información del factor	57
Tabla 10 : Análisis de varianza del diseño factorial	58
Tabla 11: Resumen del modelo	59
Tabla 12: Prueba de Tukey para el tiempo de contacto con confianza de 95%. 59	
Tabla 13: Prueba de Tukey para la dosis con confianza de 95%.	60
Tabla 14: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 1.	61
Tabla 15: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 2.	62

Tabla 16: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 3..... 63

Tabla 17: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 4..... 63

Índice de Figuras

Figura 1: Diseño experimental del estudio.....	31
Figura 2: Punto de toma de muestra en el rio Lurin.....	34
Figura 3: Cantidad por evaluar para analizar del porcentaje de remoción de turbidez.....	34
Figura 4: Procedimiento Experimental.....	43
Figura 5: Secuencia de secado y tamizado de la semilla de <i>Moringa oleífera</i> .	45

Resumen

El agua superficial del río Lurín presenta niveles elevados de turbidez, lo que limita su uso directo y representa un riesgo para la salud y el ambiente. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural en la remoción de turbidez del agua del río Lurín, Lima, 2025. El estudio fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicado y nivel explicativo, desarrollándose bajo un diseño experimental factorial 4×4 con tres repeticiones. Se evaluaron cuatro dosis del biocoagulante (4, 6, 8 y 10 g/L) y cuatro tiempos de contacto (15, 30, 60 y 90 minutos), empleando la prueba de jarras en condiciones controladas de laboratorio. Los datos obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, utilizando el software Minitab. Los resultados evidenciaron que la dosis de 6 g/L aplicada durante 60 minutos presentó la mayor eficiencia de remoción de turbidez, alcanzando valores superiores al 85 %. El análisis estadístico mostró significancia ($p < 0,05$) para la dosis, el tiempo y su interacción, además de un modelo predictivo con un coeficiente de determinación mayor al 98 %. En conclusión, la semilla de *Moringa oleífera* demostró ser una alternativa eficiente, sostenible y de bajo impacto ambiental para la reducción de turbidez en aguas superficiales del río Lurín.

Palabras Claves

Coagulante natural, turbidez, *Moringa oleífera*, río Lurín, diseño factorial.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo entero, el agua salubre y de fácil acceso es importante para la salud pública, tanto si se utiliza para beber, para uso doméstico, como para producir alimentos o fines recreativos. La mejora del abastecimiento, el saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a reducir la pobreza (OMS, 2023) . El 70% de la huella hídrica a nivel mundial está relacionada con los alimentos (FAO, 2020).

El agua es escasa y las fuentes están lejos de las ciudades, este juega un papel vital en la salud pública, el crecimiento económico y la sostenibilidad del medio ambiente, pero solo alrededor del 0.01 por ciento del agua de la tierra es potable, cantidad que se reduce año tras año debido a la contaminación (ONU-Habitat, 2021). La escasez de agua puede acabar con los puestos de trabajo como ocurrió durante la sequía de Ciudad del Cabo en 2018, que provocó la pérdida de los medios de los medios de subsistencia de 20 mil trabajadores agrícolas (GBM, 2025).

El problema es más agudo en los países de bajos ingresos, donde muchas personas aún utilizan fuentes de agua no mejoradas, como pozos expuestos y agua superficiales. Los sistemas de salud pública se ven gravemente afectados por estas fuentes, ya que están estrechamente asociados en la propagación de enfermedades transmitidas por el agua (Azanaw et al., 2025).

Estudios actuales muestran que 2.100 millones de personas aún carecen de agua potable, por otro lado 106 millones beben directamente de diferentes tipo de fuentes superficiales (OMS Y UNICEF, 2025)

Para el 2050, aproximadamente 6000 millones de personas sufrirán escasez de agua debido a la suba de la demanda por el crecimiento demográfico y el aumento de los niveles de contaminación (Houten, Arnold, 2023). El río Luvuvhu proporciona agua potable y de riego a alrededor del 70% de los hogares de Limpopo. Las sequías en la región han obligado a algunas aldeas a pasar 14 días sin agua corriente (UNESCO, 2025). Además de contaminantes tradicionales como materia orgánica biodegradable, metales pesados y patógenos, se han encontrado en numerosos ríos contaminantes emergentes y persistentes como plaguicidas e hidrocarburos y compuestos farmacéuticos, que podrían representar una amenaza para la salud y al medio ambiente (Anh et al., 2023). Por otro lado, muchos hogares almacenan agua en tanques de almacenamiento para hacer frente a la insuficiencia de agua potable debido a las frecuentes interrupciones. Todas estas prácticas podrían suponer riesgos cruciales para la calidad química y microbiológica del agua (Salehi, 2022).

De hecho las naciones desarrolladas como Estados Unidos y los países de la unión Europea están experimentando la necesidad de tratar sus aguas residuales con el fin de evitar o controlar la contaminación de su hídrico y garantizar su disponibilidad para los diferentes usos; al mismo tiempo, se han visto en la necesidad de desarrollar una serie de estrategias de manejo sustentable del agua (Arango Ruiz, 2013) .

En el Perú, ¿Qué tan conscientes estamos de las características con las que debe contar este recurso para asegurar la salud humana? es menester mencionar la gran brecha que aún se evidencia en cuanto a los beneficios de vivir en zonas urbanas a comparación de las zonas rurales, puesto que, analizando los diferentes gráficos anteriormente presentados, nos damos con la sorpresa de que ciertos departamentos de la selva no cuentan con un acceso al agua potable más fácil que los departamentos en la (Gutierrez,

2025).

En la región Piura se agudiza el problema de escasez de agua por temas de riego, contaminación con agua residuales, falta de profesionales capacitados y nuestras principales fuentes de agua están en los ríos de la Selva. En el caso de Piura, además, su río solo tiene agua dos o tres meses al año. Desde ahí ya se genera una crisis del agua porque la mayoría de la población está distribuida, asentada en la costa, (Guerrero, 2023).

Sedapal, la empresa encargada del suministro de agua potable en Lima y Callao, ha activado sus planes de contingencia debido a la alta turbiedad del río Rímac, ocasionada por las *intensas lluvias y huaicos* registrados en la sierra del país. Y es en las últimas horas el caudal del río ha alcanzado niveles altos, con un registro de más de 10.400 UNT (unidad de medida de turbidez) en las primeras horas del día, lo que imposibilita la captación de agua para su tratamiento (Espinoza, 2025).

En la localidad, la cuenca del río Lurín, enfrenta una serie de desafíos ambientales significativos que incluyen la contaminación de sus aguas, estrés hídrico, pérdida de biodiversidad, invasiones y la zonificación de sus terrenos (Thais, 2024). El valle del río Lurín es considerado uno de los últimos pulmones verdes de Lima Metropolitana. Es por ello por lo que la conservación de su biodiversidad es esencial para contrarrestar el cambio climático y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la región y sus comunidades.

1.2. Antecedentes

(Diaz Pilco et al., 2024a), evaluó el efecto de la *Moringa Oleífera* como coagulante alternativo para el tratamiento primario de aguas en la remoción de turbidez. Para la cual, se empleó un diseño factorial 2X3, se realizó una prueba de jarras, teniendo como variables la dosis del coagulante, concentración de Hidróxido de Sodio (NaOH) y tiempo de agitación. Realizándose 8 corridas con 3 puntos centrales y 3 repeticiones, obteniéndose un total de 33 unidades experimentales. Los resultados mostraron que el efecto de la *Moringa oleífera* tiene una eficiencia de hasta el 97,77 % para turbidez.

(Zea Cobos et al., 2024), evaluaron alternativas sostenibles a los coagulantes químicos, los autores investigaron la eficacia de la pasta de *Moringa oleífera* como coagulante natural en comparación con el sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas residuales mineras. Para ello, realizaron pruebas de coagulación y floculación a diferentes dosis, determinando la eficiencia de ambos coagulantes en la remoción de turbidez. Los resultados mostraron que *Moringa oleífera* alcanzó una reducción del 85% de la turbidez frente al 92% obtenido con sulfato de aluminio. Concluyeron que, si bien el sulfato de aluminio fue ligeramente más eficiente, la *Moringa oleífera* constituye una alternativa viable, económica, segura y ambientalmente sostenible para la purificación de aguas residuales de la industria minera.

(Collazos & Styb, 2023), tuvieron como objetivo disminuir la turbidez y el pH del agua utilizar distintas concentraciones de semillas de *Moringa oleífera* para potabilizar el agua en el distrito de Mariscal Benavidez, región Amazonas. Se aplicó el diseño experimental, se procedió al recojo de muestras de agua de los distintos ríos o vertientes de la localidad, a las que se efectuarán pruebas fisicoquímicas, para esto se trabajarán con tiempos distintos con los que se trabajan los químicos convencionales. Los rangos por

variar de las concentraciones serán de 5% a 10% para así poder observar la eficacia de las semillas de *Moringa oleífera*. Los resultados fueron los siguiente, para la primera prueba del rio San Antonio tuvo una reducción de turbidez del 88.47% y de PH del 40.91% obteniendo así resultados finales de Turbidez de 5.8 UNT y PH de 7.8. Para las muestras de la Quebrada Saylla tuvo una reducción de turbidez del 79,52% y de PH 38,76% del alcanzando así resultados finales de Turbidez de 8,6 UNT y PH de 7,9. Se evidencio que las semillas de *Moringa oleífera* tienen una gran suficiencia para la remoción de la turbidez y el PH.

(Legua Laurencio, 2021) determinó la efectividad de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante para el tratamiento. Para la cual, se consideró el diseño bifactorial. Se aplicó 4 dosis del coagulante (1.2 mL, 1.3 mL, 1.35 mL y 1.4 mL) y 1 control o testigo por 2 tiempos de sedimentación de 30 y 60 min que se muestra detallada en la tabla 03, que se realizó 5 réplicas por cada tratamiento, teniendo así un valor de 50 experimentos realizados. Se mantuvo fija la agitación de 100 rpm, se evaluó la composición proximal de la semilla *Moringa oleífera*, obteniendo en proteínas 38.46% y en grasas 35.37%, realizando un proceso de desengrasado para un mejor rendimiento. Como resultado, la dosis óptima es de 1.35ml en la época de avenida con tiempo de sedimentación de 30 min y 0.2 ml en época de estiaje con un tiempo de sedimentación de 60 min, obteniendo así una remoción bastante eficiente en época de avenida a comparación de la época de estiaje, llegando a alcanzar valores máximos de 97.73%.

(Aboagye et al., 2021), evaluaron el polvo de semilla de *Moringa oleífera* (MOSP) como agente antibacteriano y coagulante en muestras biológicas y de agua. Para ello, se emplearon aislados clínicos de *Salmonella* sp., *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, tratados con diferentes concentraciones de MOSP (0,001; 0,002; 0,004 y 0,017

g/ml), así como muestras de agua de río. Los resultados demostraron que la concentración de 0,017 g/ml fue la más eficaz en la inhibición bacteriana, logrando reducciones del 99,4% en *Salmonella* sp., 78,8% en *E. coli* y 57,3% en *S. aureus*, diferencias que fueron estadísticamente significativas ($P < 0,05$). Asimismo, en el tratamiento del agua, el MOSP redujo la dureza total, fluoruro, fosfato, nitrato, hierro total y manganeso por debajo de los estándares de calidad establecidos. En conclusión, el estudio evidenció que el polvo de semilla de *Moringa oleífera* constituye una alternativa rentable y sostenible para procesos de purificación de agua, con potencial de aplicación en comunidades rurales y urbanas, además de sentar las bases para el aislamiento de su componente activo con fines de comercialización y uso en poblaciones con acceso limitado o nulo a agua potable.

(Castillo Cohaila et al., 2020), determinaron las condiciones para el tratamiento con semillas de *Moringa oleífera* en la clarificación del agua del río Sama. Para ello, se diseñó el método de prueba de jarras con dosis de semillas de *Moringa oleífera* de 0,1 y 0,2 g/L; velocidad de floculación de 20 y 30 rpm y tiempo de floculación de 20 y 30 minutos, las condiciones del tratamiento fueron: dosis de semillas de *Moringa oleífera* (agente coagulante) 0,2 g/L, velocidad de floculación 30 revoluciones por minuto (rpm) y un tiempo de floculación de 30 minutos. El tiempo de sedimentación de 90 minutos se estableció con agua del río Sama con niveles de turbidez de 132, 48,6 y 424 unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Los resultados que se obtuvo son niveles de reducción de la turbidez de 97,04 %; 92,37 % y 98,88 %.

(Hidalgo del Castillo & Cayao Villanueva, 2020) evaluaron la eficiencia de la *Moringa oleífera* como coagulante en el tratamiento de agua residual doméstica con fines de recuperación y aprovechamiento en el riego de vegetales. El volumen de muestra ensayada fue de 6 litros, la misma que presentó una turbiedad inicial de 70 UNT, que fue

sometida a dosis de 400, 500, 600, 700 y 800 mg/L. Los parámetros como turbiedad y solidos suspendidos totales fueron analizados en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) y los parámetros básicos de laboratorio como pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura se evaluaron con un multiparámetro calibrado por un organismo competente autorizado. En conclusión, se visualizó la eficiencia de tratabilidad en el que se alcanzó un valor máximo de 54.29% con una dosis de 700 mg/L como el mayor valor de tratabilidad, para el resto de los casos fueron menores, siempre por debajo del referencial (90%); por lo que solo podría considerarse al polvo de *Moringa oleífera* como un agente coadyuvante.

(Zacarias Tufino, 2019a) evaluó fisicoquímicamente las aguas superficiales del río Sullcas mediante el uso de semillas de *Moringa Oleífera* como coagulante. Para la cual, se realizó una metodología experimental pura. Los valores iniciales de la muestra sin ningún tipo de dosis añadida es pH=7.57; conductividad eléctrica= 336.46; solidos disueltos=252.7 y turbidez = 262.5. Los resultados indican que la eficiencia de remoción de la *Moringa oleífera* como coagulante orgánico va desde 89% hasta 96%, en relación con el parámetro de la turbidez; en los sólidos disueltos sus valores oscilan entre 32% hasta 36%; el pH no presenta mayor variabilidad 0.8% has 2%; también la conductividad se mantiene constante 33% hasta 35%. Se demostró que es eficiente, específicamente en el parámetro físico denominado turbidez, donde se alcanzó un 96% por ciento de eficiencia. Es pertinente resaltar que en los otros parámetros evaluado no se observó mayor significancia desde el punto de vista estadístico.

(Adelodun et al., 2019), evaluaron y optimizaron la eficacia de eliminación de turbidez, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) en aguas residuales municipales, bajo condiciones controladas de pH (5–7), dosis de

coagulante de semilla de *Moringa oleifera* (50–200 mg/L) y tiempos de sedimentación (60–240 min), aplicando la metodología de superficie de respuesta mediante un diseño compuesto central centrado en las caras (FCCCD). Los resultados experimentales se ajustaron a un modelo cuadrático de segundo orden que permitió aproximar los efectos de cada variable y sus interacciones, prediciendo así las respuestas del proceso. Bajo condiciones óptimas (pH 6,01; dosis 182,74 mg/L; tiempo 228,08 min), se alcanzaron remociones predichas de turbidez del 98,20%, de DBO del 92,96% y de DQO del 78,82%, con una deseabilidad global de 1,000. Los autores concluyeron que el FCCCD con función de deseabilidad constituye una herramienta eficaz para optimizar la coagulación con *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas residuales.

(F. P. Camacho et al., 2017a), determinaron el efecto de la semilla de *Moringa oleifera* en polvo, tanto entera como con extracción parcial de aceite mediante etanol, técnicas presurizadas y NaCl, sobre la remoción de turbidez y cianobacterias en aguas superficiales con diferentes características iniciales. Para ello, se realizaron ensayos de coagulación/floculación/sedimentación en aguas con turbidez baja (5–10 UNT) y alta (30–60 UNT), con y sin presencia de *Microcystis aeruginosa*. Los resultados indicaron que la extracción de aceite no fue indispensable para la acción coagulante, ya que con polvo integral se alcanzaron remociones de turbidez y clorofila a de hasta 85 % en aguas de alta turbidez, mientras que con aguas de baja turbidez y utilizando extractos salinos de NaCl se obtuvieron eficiencias cercanas al 60%. Asimismo, se reportó una reducción de entre 40 y 50% de la materia orgánica aromática, aunque la materia orgánica disuelta mostró incrementos en todos los tratamientos. Los autores concluyeron que el uso de polvo integral de *Moringa oleifera* constituye una alternativa viable para la remoción de turbidez y microorganismos en aguas superficiales.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Aguas de Río

Los ríos constituyen sistemas naturales fundamentales dentro de las cuencas hidrográficas, ya que cumplen un rol clave en el mantenimiento de los ecosistemas y en el abastecimiento de agua para diversas actividades humanas. Su dinámica hidrológica permite el transporte de sedimentos y nutrientes, pero también los hace vulnerables a procesos de contaminación cuando reciben descargas de origen doméstico, agrícola o industrial (Cirelli, 2012).

En el estudio de (Hermeza, 2021), respecto al uso del agua del río Lurín tiene como principal consumo es la agricultura, por ejemplo en cultivos de áreas por canales de riego ya que cerca del río Lurín existen chacras, áreas verdes. En segundo lugar, es el consumo de vivienda y recreación.

Según (Díaz & Amanda, 2024) evaluó las características fisicoquímicas del agua del río Lurín, en la cual dio resultados con un rango de pH ligeramente alcalino, este tiene condiciones oxígeno disuelto y temperatura ;eso quiere decir que se encuentra dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), categoría 3, subcategoría D1 y D2.

Para (Vélez-Azañero et al., 2021) una de las fuentes de contaminación del río Lurín son los residuos sólidos donde abunda los plásticos de un solo uso , por otro lado influye la urbanización, este tiene un impacto directo de residuos sólidos.

Uno de las otras fuentes también se encuentra la actividad industrial, minera que estas han venido contaminando el río Lurín; por ello perjudican a los seres vivos que viven alrededor y también para aquellos que lo consumen o tienen contacto con el agua según (Pacherres Pinto, 2019).

1.3.2. *Moringa Oleífera*

Moringa oleífera es una especie arbórea originaria del sur de Asia que ha sido ampliamente estudiada debido a sus múltiples aplicaciones en los ámbitos nutricional, medicinal y ambiental. Dentro de sus partes más aprovechadas se encuentran las hojas y las semillas, estas últimas reconocidas por su capacidad para actuar como coagulante natural en el tratamiento de aguas turbias (Feria Díaz et al., 2014).

Desde el punto de vista botánico, la planta presenta flores hermafroditas de tonalidades claras y su ciclo de floración puede variar según las condiciones climáticas de la región. Mientras que en zonas con marcada estacionalidad térmica florece una vez al año, en regiones con clima más estable puede presentar dos periodos de floración, lo que favorece su disponibilidad para distintos usos (Cordero-Lugo et al., 2023).

La eficacia de las semillas de *Moringa oleífera* como coagulante se atribuye principalmente a la presencia de proteínas de carga positiva, capaces de neutralizar las partículas suspendidas responsables de la turbidez en el agua. Esta propiedad ha permitido posicionarla como una de las alternativas naturales más eficientes frente a los coagulantes convencionales, especialmente en contextos donde se busca reducir costos y minimizar impactos ambientales (Meza-Leones et al., 2018).

La hoja de *Moringa oleífera* en cuanto sea harina sus componentes de proteína y calcio contiene un alto contenido de vitamina A (Olson & Fahey, 2011). El consumo de *Moringa oleífera* indica no presentan riesgo porque presentan altos niveles de aminoácidos esenciales.

Para (Barreto Pardo et al., 2019), la comparación entre el coagulante naturales se encuentra la semilla de aguacate es la menos efectiva que obtuvo con un resultado de

remoción del 44.27% en la turbiedad; mientras que el mucilago de café fue el coagulante con mayor efectividad con un porcentaje de 64.29% de turbiedad.

1.3.3. Remoción de turbidez

La turbidez es un parámetro físico que refleja la presencia de partículas suspendidas en el agua, las cuales interfieren con el paso de la luz y reducen su transparencia. Este fenómeno suele estar asociado a sedimentos finos, materia orgánica y microorganismos, y constituye un indicador relevante de la calidad del agua superficial (Grobelaar, 2009).

Además de afectar el aspecto visual del agua, la turbidez puede estar vinculada al transporte de contaminantes como metales pesados, pesticidas y compuestos orgánicos, así como a la presencia de bacterias y virus. Estas partículas pueden influir negativamente en los ecosistemas acuáticos y representar un riesgo para la salud humana cuando el agua es utilizada sin un tratamiento adecuado («A review of methods and instruments to monitor turbidity and suspended sediment concentration», 2024).

En el estudio de (Huayhua Laime & Gutierrez Solis, 2024), evaluó la eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos, a través de coagulantes naturales como cáscara de papa y cáscara de plátano. De acuerdo con los resultados la dosis que se utilizó es de 0.25g y 0.10g para la DBO5 y DBO, respectivamente, en la cual el coagulante de cascara de papa obtuvo el siguiente resultado 95.99% de DBO5 y 45.78% para DBO, en el siguiente coagulante se obtuvo 95.02% de DBO5 y 39.57% de DBO. Eso quiere decir que los datos obtenidos cumplen como una estrategia viable para trata aguas residuales.

La vinculación de la turbidez con la DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) es que ambos se puede hallar la turbidez de aguas. Según (Chacon Ramos, 2019), realizó un

prueba de jarras, empleando el diseño experimental.

1.4. Justificación

Respecto a la **justificación teórica**, la presente investigación se realizó con el objetivo de aportar conocimientos existentes sobre el método de semillas de *Moringa oleífera* para la remoción de turbidez en aguas de río en una realidad existente; como el tratamiento de agua para la reducción del impacto ambiental. Por ende, considerando el aporte se va a determinar el tratamiento amigable de coagulación con semillas de *Moringa oleífera* mediante prueba de jarras y el efecto de las variables de dosis de semilla de *Moringa oleífera* con una concentración de 500 ppm y la velocidad de agitación a fin de minimizar la contaminación de dicha dosis. El uso de semilla de *Moringa oleífera* como coagulante natural ha demostrado alcanzar eficiencias de remoción de turbidez de hasta 97,77% (Díaz Pilco et al., 2024).

En cuanto a la **justificación práctica**, esta investigación permitirá tener en evidencia la viabilidad técnica del uso de las semillas de *Moringa oleífera* para el tratamiento de agua de los ríos cuyos puntos se encuentren en zonas rurales de escasos recursos, lugares que no cuentan con recursos como químicos especializados, entre otros. Asimismo, la *Moringa oleífera* requiere usar una dosis óptima para lograr una remoción significativa de turbidez, aun en condiciones de baja tecnología, lo que la hace adecuada para zonas rurales (Enríquez-Nateros et al., 2024).

Con relación a la **justificación ambiental**, la aplicación de semillas de *Moringa oleífera* como coagulante natural ofrece una solución ecológica para la mejora de la calidad del agua en el Río Lurín, al evitar el uso de productos químicos sintéticos y disminuir los residuos contaminantes que generan los coagulantes tradicionales. Estudios

recientes han mostrado que esta planta puede reducir significativamente la turbidez del agua, preservando el equilibrio del ecosistema acuático (Delelegn et al., 2018).

Respecto a la **justificación económica**, el uso de las semillas de *Moringa oleífera* como coagulante natural puede representar una opción más asequible frente a otros coagulantes convencionales y de costos más elevados. La presente investigación ofrecerá una alternativa económica y de sencilla aplicación para comunidades locales que estén interesadas en mejorar la calidad del agua de consumo o uso doméstico; ya que, revisiones y estudios comparativos internacionales señalan que los coagulantes naturales son, muchas veces, económicamente competitivos y eficientes para aplicaciones a escala comunitaria (Desta & Bote, 2021).

Con relación a la **justificación social**, el río de Lurín se encuentra en el distrito Pachacamac, en el departamento Lima, ese es el punto elegido como muestra para esta investigación, este estudio beneficia directamente a esa población, promoviendo el uso de soluciones sostenibles que contribuyan el acceso a agua con menos impurezas y más segura. Adicionalmente, fomenta la conciencia ambiental en la población, dándole más valor a los recursos naturales y fortaleciendo el compromiso con ellos. Asimismo, diversos estudios señalan que el empleo de *Moringa oleífera* como coagulante natural puede mejorar significativamente la calidad del agua destinada al consumo humano (Conde-Báez et al., 2023).

1.5. Formulación del problema

1.5.1. Problema General

¿La *Moringa oleífera* remueve la turbidez del agua del río Lurín, Lima, 2025?

1.5.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas del agua del río Lurín antes del tratamiento con la semilla de *Moringa oleífera*?
- ¿Cuáles son las dosis significativas de semilla de *Moringa oleífera* y pH que influyen en la remoción de turbidez del agua del río Lurín?
- ¿Cuál es la diferencia entre el pH y la turbidez obtenidos con el mejor tratamiento y los valores establecidos por el ECA-Agua para las subcategorías 1, 2, 3 y 4, ¿y en cuáles subcategorías el tratamiento cumple con dichos estándares?

1.6. Objetivos

1.6.1 Objetivos Generales

Evaluar la eficiencia de la semilla de *Moringa oleífera* en la remoción de turbidez del agua del río de Lurín, Lima, 2025.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del agua del río Lurín mediante análisis de laboratorio estandarizados antes del tratamiento de semilla de *Moringa oleífera*.
- Determinar las dosis significativas de semilla de *Moringa oleífera* y pH óptimo mediante un diseño experimental factorial que evalúe en la remoción de turbidez.
- Comparar el pH y turbidez del mejor tratamiento con el ECA agua para las distintas subcategorías 1,2,3 y 4.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

La semilla de *Moringa oleífera* influye considerablemente en la remoción de la turbidez del agua del río Lurín en Lima, 2025.

1.7.2. Hipótesis Específicas

- El agua del río Lurín presenta propiedades fisicoquímicas que demuestran niveles elevados de turbidez antes del tratamiento con la semilla de *Moringa oleífera*.
- Existen combinaciones importantes de dosis de semilla de *Moringa oleífera* y niveles de pH que permiten una remoción eficiente de la turbidez de agua el río Lurín.
- Se plantea que el mejor tratamiento reduce la turbidez y ajusta el pH hasta ubicarlos dentro de los límites establecidos por el ECA-Agua en las subcategorías 1, 2, 3 y 4, mostrando cumplimiento en todas las subcategorías evaluadas.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Enfoque

El presente estudio adoptó un enfoque **cuantitativo**. Según lo planteado por (Hernández Sampieri et al., 2014), los problemas de investigación que incluyen variables susceptibles de medición numérica pueden ser examinados mediante procedimientos estadísticos, lo que permite verificar la validez de las hipótesis formuladas. De igual manera, la investigación fue de carácter aplicativo, dado que produjo conocimiento basado en la experiencia empírica obtenida a través de ensayos realizados en laboratorio (Consejo Nacional de Ciencia, 2020).

Como indica (Quispe & Villalta, 2020), suma los paradigmas de los hechos, la estructura de la ciencia, la verificación de las hipótesis o hacer la investigación para cambiar un hecho; más aún, se considera, como una inferencia estadística del método científico. La importancia de la investigación del modelo cuantitativo radica en la aplicación de una postura divergente, manteniendo la objetividad en los fenómenos observados y traducidos en datos numéricos (Jimenez, 2025).

Por consiguiente, la presente investigación tiene el enfoque ya mencionado porque se centra en el análisis de la realidad de distintos tratamientos en la medición para la determinación de remoción de turbidez de las aguas de río mediante coagulación con semilla de *Moringa oleifera*, donde podría existir una mayor eficiencia que otros tipos de estudios, donde se realizará prueba de experimento y obtener resultados numéricos basados para comparar en la hipótesis.

2.2. Tipo

El tipo de investigación corresponde a una investigación aplicada, dado que los resultados obtenidos buscan contribuir a la solución de una problemática concreta

vinculada a la calidad del agua del río Lurín. En este sentido, se evaluó el uso de semillas de *Moringa oleífera* como coagulante natural, con el fin de analizar su viabilidad técnica como alternativa frente a métodos convencionales de tratamiento.

La investigación aplicada se caracteriza por emplear conocimientos existentes para proponer soluciones prácticas que puedan ser replicadas en contextos reales. En el ámbito del tratamiento de agua, este enfoque cobra relevancia al permitir evaluar tecnologías sostenibles y de bajo costo que pueden ser utilizadas en zonas con recursos limitados (Duoc, 2025).

2.3. Nivel

El presente estudio se desarrolló a un nivel explicativo, ya que buscó identificar y analizar la influencia de la semilla de *Moringa oleífera* sobre la remoción de turbidez en el agua del río Lurín. Este nivel permite establecer relaciones de causa–efecto entre las variables analizadas, explicando cómo los cambios en la variable independiente generan modificaciones en la variable dependiente (Cauas, 2015).

De acuerdo con lo señalado por (Cauas, 2015), este tipo de investigaciones intenta responder a los motivos o causas de los fenómenos observados, estableciendo relaciones de influencia entre las variables analizadas.

2.4. Alcance

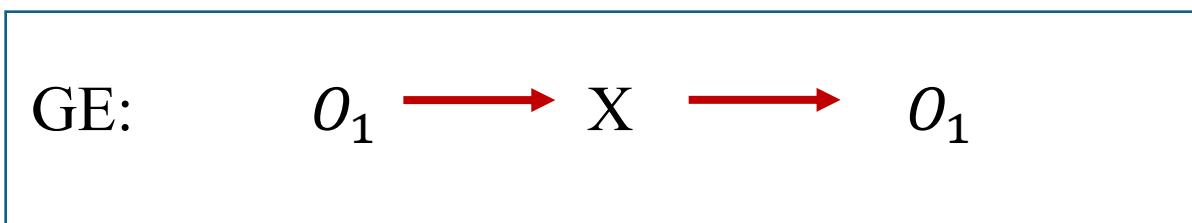
Asimismo, el diseño metodológico tuvo un alcance **transversal**, puesto que la recolección de datos se llevó a cabo en un solo momento, con el fin de describir la realidad del fenómeno estudiado dentro de un contexto temporal específico (Huairé Inacio et al., 2017).

2.5. Diseño

En cuanto al diseño de investigación, el presente estudio fue de **diseño experimental**, ya que se basó en la manipulación de una variable con el fin de analizar los efectos que dicha modificación genera sobre otra, dentro de un contexto controlado. De acuerdo con (Monroy Mejía, 2018), este tipo de diseño permite intervenir directamente en las condiciones del estudio para observar las variaciones que ocurren en la variable dependiente. Del mismo modo, (Castillo et al., 2014) sostienen que esta metodología facilita la comprensión del comportamiento de los fenómenos a partir de los cambios provocados en la variable independiente.

Por lo tanto, el diseño del presente trabajo fue experimental, en la que emplearon 3 variables, una independiente y las otras dos fue dependiente e interviniente. La variable independiente (causa) fue manipulada con el método de coagulación con semilla de *Moringa oleífera*, la segunda variable dependiente (efecto) que es la remoción de semilla de *Moringa oleífera* y la tercera variable es la interviniente se trata de la caracterización fisicoquímica, con el motivo de analizar y determinar los parámetros fisicoquímicos, en particular la turbidez, antes y después del tratamiento.

Figura 1: *Diseño experimental del estudio*



Donde:

- GE: Grupo experimental
- O1: Análisis de la muestra de agua pretratamiento
- X: Tratamiento

➤ O2: Análisis de la muestra de agua postratamiento

Por el motivo, en la presente investigación se realizó mediante pruebas de jarras con semilla de *Moringa oleifera* en el laboratorio de área ingeniería ambiental en la sede de la Universidad Privada del Norte-sede San Juan de Lurigancho, en la cual el tratamiento de las aguas de río se consideró en la realización de las actividades como recolección, transporte y análisis de las muestras, la aplicación del tratamiento de coagulación con semilla de *Moringa oleifera* con el propósito de evaluar la caracterización inicial de la muestra, determinar la dosis con mayor efectividad de coagulante y la velocidad de agitación del equipo para la remoción de turbidez de las aguas de río del distrito de Pachacamac. Considerando la influencia de sus variables y dimensiones de ellas.

2.6.Población y muestra

En la presente investigación, la población se refiere a la cantidad infinita debido a que se sabe que es caudal del río Lurín. Según (Ventura-León, 2017), la población, se define como un conjunto de elementos que comprenden ciertas características que se considerarían a estudiar. Asimismo, en la investigación, la población son las aguas de río generado por la unión de otros ríos.

La población del río Lurín aborda una extensión de 1642.52 km² según (Hídricos, 2019).

Tabla 1: Aspectos generales de la cuenca del río Lurín

CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN
Nombre de la cuenca	Lurín
Vertiente hidrográfica	Pacífico
Código	1375534
Jurisdicción (ALA)	Chillón-Rimac-Lurín
Superficie	1633.81 Km ²
Río Principal	Río Lurín
Tributarios principales	02: Ríos Sunicancha, Llacomayque
Principales usos	Poblacional, agrícola, industriales
Longitud del río principal	100 km

Fuente: Informe Técnico N° 036-2014-ANA-DGCRH-VIG

De acuerdo (Arrogante, 2021), considera que se debe de seleccionar una muestra que permita explorar y generalizar los resultados, esta debe ser representativa de dicha población para que los resultados de la presente investigación tenga validez, por otro lado de ser un tamaño considerado.

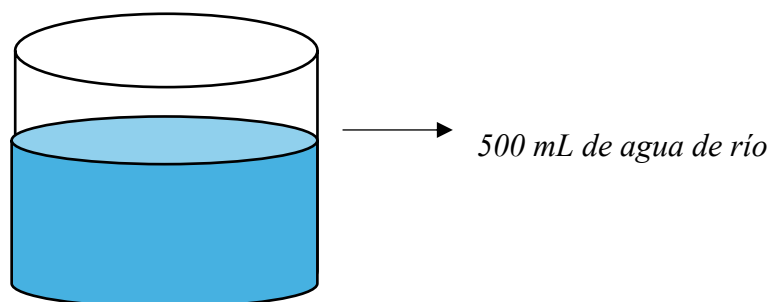
La muestra del cuerpo de agua, se considero precisamente del río Lurín de las siguientes coordenadas: X: -12.211838, -76.870875, como se observa en la Figura 2.

Figura 2: Punto de toma de muestra en el río Lurín



Para considerar la cantidad de muestra, se aplicó la técnica de tipo de muestreo puntual. Se tomó la muestra en el punto previamente asignado, una cantidad de 30L de agua en el cual 500ml se utilizó para la muestra de la investigación y el resto de agua para fines del experimento, para su almacenamiento será en recipiente de plástico (balde) de polietileno 3 litros y su respectivo transporte (Autoridad Nacional del Agua - ANA, 2016b).

Figura 3: Cantidad por evaluar para analizar del porcentaje de remoción de turbidez



2.6.1. Tipo de Muestreo

El presente trabajo de investigación tuvo un tipo de muestreo **no probabilístico** por conveniencia, donde selecciona el número de muestras acorde al criterio y necesidad del investigador. Se siguió el Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Según (*Tipos de muestreo, 2025*), este tipo de muestreo es muy útil ya que en las primeras etapas de la investigación, por el motivo que se puede aplicar técnicas de muestreo aleatorias.

2.7.Método

2.7.1. Proceso de experimentación

Determinación de tratamientos en función al diseño factorial combinado

En el presente trabajo de investigación se usó el diseño experimental de tipo factorial 4 x 4 con 3 repeticiones, en el que se el factor controlable fue la dosis de semilla de *Moringa oleifera* y la velocidad de agitación, evaluándose la influencia sobre el porcentaje de remoción de turbidez en agua río mediante tratamiento por coagulación.

Tabla 2: Niveles de las variables de estudio

Variable Independiente	Niveles de estudio
Factor A: Dosis de semilla de <i>Moringa oleífera</i>	4 mg/L
	6 mg/L
	8 mg/L
	10mg/L
	(a ₁ , a ₂ , a ₃ , a ₄)
Factor B: Tiempo	15 min
	30 min
	60 min
	90 min
	(b ₁ , b ₂ , b ₃ , b ₄)
Variable Dependiente	Porcentaje de remoción de turbidez (%)

Tabla 3: Matriz de diseño experimental para un diseño Factorial

		Factor B			
		b₁	b₂	b₃	b₄
Factor A	a₁	a ₁ b ₁	a ₁ b ₂	a ₁ b ₃	a ₁ b ₄
	a₂	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃	a ₂ b ₄
	a₃	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₃	a ₃ b ₄
	a₄	a ₄ b ₁	a ₄ b ₂	a ₄ b ₃	a ₄ b ₄

Nota. Se muestran los factores de la investigación y la interacción entre ellos.

N° de tratamientos = 16

Para la determinación de los experimentos totales que abarcara coagulación se tiene:

- Número de combinaciones = 16
- Número de replicas = 3

N° de tratamientos totales = 16 * 3 = 48

1.7.2. Metodología para la recolección de muestras de agua

En la investigación se requiere un diagnóstico de indicador químico-físico de la calidad de agua, estos resultados se obtienen a través de procedimientos que involucran la toma de muestras de agua. En la etapa ya mencionada permite garantizar información confiable para definir el control de calidad de agua (Autoridad Nacional del Agua - ANA, 2016a).

1.7.3. Metodología para la caracterización de turbidez u otros parámetros

En el laboratorio de la Universidad Privada del Norte se desarrollaron la toma de muestra pretratamiento y postratamiento, con el fin de determinar la concentración de turbidez y otros parámetros (pH).

1.7.4. Metodología para la determinación del porcentaje de remoción de turbidez

Para el cálculo del porcentaje de remoción de turbidez en las aguas analizadas. Se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 6: Formula para la determinar el porcentaje de remoción

$$\text{Eficiencia de Remoción (\%)} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100$$

Donde:

- C_i = Turbidez inicial
- C_f = Turbidez final

2.8 Materiales y equipos

2.8.1. Materiales de Campo

- Equipo de protección personal
- Celular
- Croquis del área
- Cooler

- Reloj
- Mandil o bata
- Lapiceros
- Guantes de látex

2.8.2. Materiales de Gabinete y Laboratorio

- Espátula
- Vasos precipitados
- Reloj de Cristal
- Agua destilada
- Mortero

2.8.3. Equipos

- Balanza analítica
- Floculador para pruebas de jarra
- pH metro
- Turbidímetro
- Agotador OS20-S
- Horno de laboratorio

2.8.4. Reactivos naturales

- Semilla de *Moringa oleifera*

2.9 Procedimientos

a. Ubicación del área de estudio y puntos de muestreo

Dicha zona de estudio del río Lurín está ubicada geográficamente entre 11°50' y 12°16' de latitud sur y entre 76°12' y 76°55' de longitud oeste (Hídricos, 2019), dicho río desemboca en el Océano Pacífico, se extiende a lo largo de 1642.52 Km² junto con un recorrido de 108,57 Km.

En la investigación, la población correspondió a las aguas del río Lurín, ubicado en el Distrito de Pachacamac-Lima, en la cual se reciben efluentes domésticos e industriales en su recorrido hacia el mar.

El área de estudio está ubicada geográficamente en las siguientes coordenadas:

Tabla 4: *Coordenadas del área de estudio.*

SUR	OESTE
12°12'40'' S	76°52'14'' W

Nota. Datos tomados de Google Earth.

Para la recolección de muestreo se seleccionó un lugar representativo del río Lurín del distrito de Pachacamac, con la cual se efectuaron la caracterización del agua y ensayos de remoción de turbidez.

b. Caracterización de las aguas del río Lurín

1. Fase de la toma de muestra

- Se elaboró un croquis del lugar de estudio para poder comprender el territorio.
- El punto de muestra en el cuerpo de agua que se obtuvo se rotulo como P-1.
- Se tomó la muestra en recipientes de 3L, hasta completar un volumen final de 30 L.
- Para recolectar la muestra de agua, se utilizó un recipiente conveniente para ello.
- Se tomó directamente en los baldes desde el cuello y se sumergió en dirección opuesta a la dirección del río.
- Por último, la muestra se conservó en un cooler bajo una temperatura adecuada.

c. Caracterización de la muestra de agua proveniente del río Lurín

Las muestras fueron tomadas del río Lurín y fueron caracterizadas en el laboratorio de la Universidad Privada del Norte, para el análisis de los siguientes parámetros.

Tabla 5: *Parámetros analizados en la investigación*

Parámetros	Método	Unidad de medida
Ph	Potenciometría	Rango en Ph
Turbidez	UNT	Mg/L
Conductividad	Conductimetría	$\mu\text{S/cm}$
Temperatura	Método convencional	$^{\circ}\text{C}$

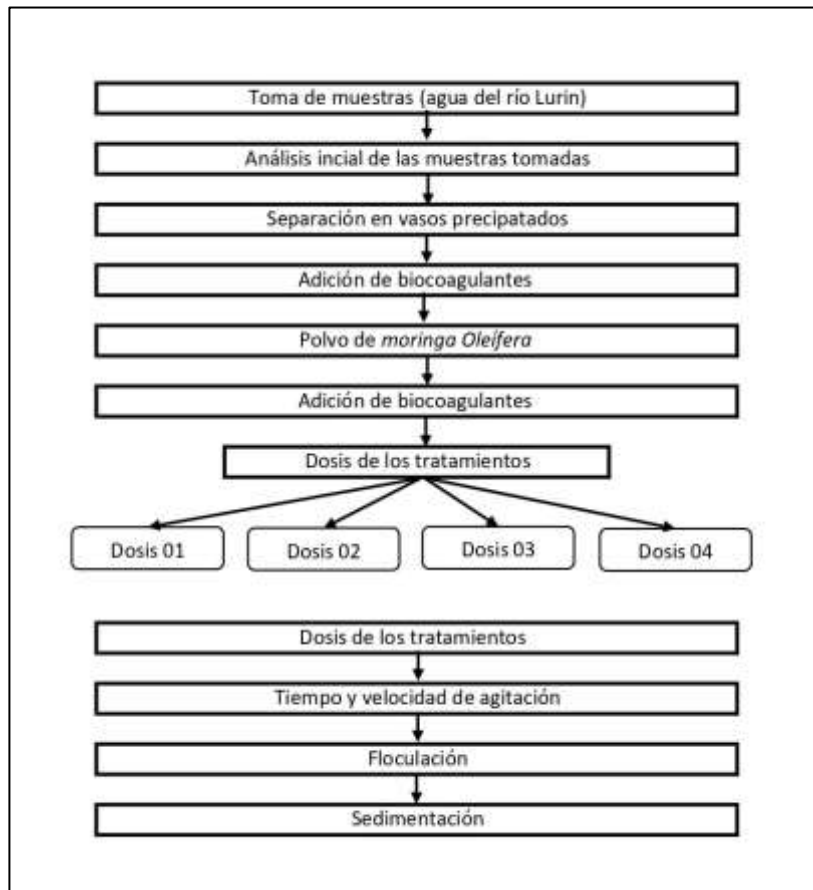
La preservación de las muestras se realizó de acuerdo con los procedimientos acreditados por el laboratorio de la universidad, juntamente con la conservación se realizó con hielo seco bajo una temperatura de 5°C .

d. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos del río Lurín

Para este objetivo se procedió a evaluar los análisis en el laboratorio de la universidad Privada del Norte.

Flujograma del procedimiento experimental

Figura 4: Procedimiento Experimental



Análisis de Ph

Para evaluar el pH durante la Prueba de Jarras, primero se midió el pH inicial de la muestra inicial usando un PH-metro previamente calibrado. Este valor sirvió como referencia para conocer en qué estado llegaba la muestra. Luego se prepararon los tratami03entos con 4 g, 6 g, 8 g y 10 g de *Moringa oleífera*, y cada uno pasó por las etapas de mezcla rápida, mezcla lenta y sedimentación. Al finalizar cada ensayo, se volvió a medir el pH con el mismo PH-metro para ver si la *Moringa oleífera* generaba algún cambio importante en la acidez del agua. Registrar este parámetro es útil porque

variaciones bruscas pueden afectar la formación de flóculos y, por lo tanto, la eficiencia del proceso. De acuerdo con estudios recientes, la *Moringa oleífera* suele producir cambios muy pequeños en el pH, por lo que generalmente no requiere ajustes adicionales (Semanka et al., 2022).

Análisis de Turbidez

Para este análisis, se aplicó el método nefelométrico, este método consiste en colocar la muestra de agua en un tubo para luego ser colocado en un equipo específico que mide la turbidez. Por otro lado, la medida de la turbidez es (UNT).

Análisis de Conductividad

Para medir la conductividad del agua se aplicó el método de conductimetría, que permitió obtener una lectura de 254 $\mu\text{S}/\text{cm}$ directamente de la muestra. Luego de preparar los tratamientos con *Moringa oleífera* y completar las etapas de mezcla y sedimentación, se volvió a medir la conductividad usando el mismo equipo, obteniendo un valor final de 1414 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este método se empleó porque permite identificar de manera rápida y directa la presencia de sales y compuestos ionizados que pueden variar durante el proceso de coagulación. Además, estudios recientes señalan que los coagulantes naturales como la *Moringa oleífera* pueden liberar iones al agua, lo cual puede detectarse fácilmente mediante conductimetría (Hassan et al., 2025).

Análisis de Temperatura

La temperatura de la muestra inicial se midió al inicio mediante el método convencional, obteniendo un valor de 5 °C. La muestra se mantuvo acondicionada a 8 °C

para evitar cambios en sus propiedades fisicoquímicas antes de los análisis. Esta práctica es recomendada ya que el almacenamiento en frío ayuda a mantener la estabilidad de los coagulantes naturales y reduce su degradación, lo cual se ha observado también en estudios recientes sobre el comportamiento de extractos de *Moringa oleífera* bajo distintas condiciones de conservación (Shah, Arjunan, et al., 2024)

Etapa de experimentación

- **Acondicionamiento de la *Moringa oleífera***

En primer lugar, las cascarras de las semillas de *Moringa oleífera* fueron quitadas de forma manual; luego fueron pesadas que el resultado fue de 500g.

En segundo lugar, se dejaron las semillas en el horno del laboratorio de la universidad a una temperatura de 25°C durante 48horas, posteriormente las semillas se trituraron en un mortero para luego ser tamizado obteniendo un polvo, este fue con un tamiz de número 50.

Figura 5: *Secuencia de secado y tamizado de la semilla de Moringa oleífera*



Etapa del laboratorio

- **Protocolo de análisis de laboratorio para las muestras iniciales**

Las muestras se conservaron bajo una temperatura de (8°C). Para ello se conservó

en envases de plástico que garantizan la integridad de la sustancia que será evaluada. Por otro lado, se mantuvo un registro detallado del número de muestras, asegurándose que este rotulado correctamente para así poder evitar errores al momento de realizar la experimentación.

Una vez que las muestras de agua fueron trasladados al laboratorio de la universidad, se procedió a realizar los análisis correspondientes para cada parámetro que se requiere, utilizando los equipos en instrumentos adecuados para la experimentación.

- **Preparación de la solución madre**

Se prepararon las muestras con el coagulante natural 100%, colocando un código M-01, M-02, M-03 y M-04. Solicitando 4gr, 6gr, 8gr y 10gr de harina de semilla de *Moringa oleifera* según el tratamiento establecido en esta investigación. Utilizando un vaso precipitado de 500ml. Estas soluciones se aplicaron en velocidad de 100ppm para poder determinar la concentración óptima para la remoción de turbidez

- **Pruebas de jarras**

Las pruebas de jarras se aplican para calcular las dosis más efectivas de coagulantes inorgánicos u orgánicos para un agua específica que puede ser (potable o residual) durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento. Por otro lado, también se puede determinar las velocidades de sedimentación y para conocer el diseño de tanques de sedimentación y conocer el potencial del agua cruda para la filtración directa (Perez, 2017).

Los siguientes pasos

- Primero, se llenan los recipientes (vasos de precipitados de 500mL) con la muestra de agua.
- Posteriormente en cada vaso se agrega el coagulante natural en diferentes concentraciones y se oscila a una velocidad correspondiente durante un breve tiempo.
- Luego poco a poco la agitación continua con una velocidad más baja, este evita el deslizamiento de las partículas, en la cual su formación de los flóculos es un poco grande.
- Después, se apagan el agitador y se deja reposar por 10 minutos adicionales.
- Finalmente, de la muestra se extrae 100ml para medir la turbidez final y así poder realizar las determinaciones programadas.

En este punto es muy importante establecer la dosis correcta, ya que la cantidad incorrecta este afectaría la formación de flóculos, mientras que el exceso de un coagulante no tendría un resultado deseable.

2.10. Aspectos éticos

La presente investigación se desarrolló respetando los principios éticos aplicables a la investigación científica y ambiental, tales como la responsabilidad, la integridad académica, la sostenibilidad ambiental y la transparencia en el manejo de la información, los cuales constituyen pilares fundamentales en estudios experimentales relacionados con recursos hídricos (Hernández Sampieri & Fernandez-Collado, 2014).

La recolección de muestras de agua del río Lurín se realizó de manera responsable, limitándose a los volúmenes estrictamente necesarios para el desarrollo experimental y evitando cualquier alteración significativa del ecosistema acuático. Dicho procedimiento se ejecutó conforme a los lineamientos establecidos en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, garantizando la protección del recurso hídrico y el respeto al entorno natural (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

CAPÍTULO III: RESULTADOS

El presente capítulo detalla los resultados obtenidos a partir de las observaciones experimentales realizadas, incluyendo las características iniciales del agua recolectada del Río Lurín antes del tratamiento. Se evaluaron cuarenta y ocho tratamientos basados en la aplicación de semillas de *Moringa oleífera*, lo que permitirá determinar la dosis óptima para la remoción de turbidez y posteriormente validar la confiabilidad de los resultados mediante un análisis estadístico ejecutado en el programa Minitab. Los hallazgos obtenidos ponen en evidencia la efectividad del uso de coagulantes naturales como la *Moringa oleífera* en la reducción de partículas suspendidas, destacando la importancia de implementar alternativas sostenibles para la mejora de la calidad del agua en el Río Lurín.

3.1. Análisis de las características fisicoquímicas iniciales del agua del río Lurín.

En la Tabla 5 se detallan las características fisicoquímicas iniciales registradas para la muestra M-0, la cual fue evaluada sin someterse a ningún método de tratamiento. Los parámetros obtenidos indican que el agua posee una turbidez de 79.3 UNT, con un pH ligeramente alcalino de 7.5. Además, se determinó una conductividad eléctrica de 254 $\mu\text{S}/\text{cm}$, asociada a la presencia de sales y partículas disueltas, y una temperatura de 5 °C, que sugiere condiciones frías en el punto de muestreo. Este conjunto de valores ofrece una visión clara del estado real del recurso hídrico previo a cualquier intervención, sirviendo como base comparativa para evaluar los cambios que se generen posteriormente durante el proceso de tratamiento.

Tabla 6: Caracterización inicial de las muestras

Código	Parámetro	Valor	Unidad
M-0	Turbidez	79.3	UNT
	pH	7.5	Unidad de pH
	Conductividad	254	(μ S/cm)
	Temperatura	5	$^{\circ}$ C

Nota. Parámetros fisicoquímicos obtenidos al analizar la muestra M-0.

3.2. Determinación de la cantidad óptima de *Moringa oleífera*.

En esta sección se evaluó la eficiencia de la *Moringa oleífera* como coagulante natural mediante la variación de la dosis aplicada y el tiempo de contacto, con el objetivo de identificar las condiciones que permiten una mayor remoción de la turbidez del agua del río Lurín.

3.2.1. Análisis de la turbidez en función de la dosis y el tiempo de aplicación

La tabla 6 expone los valores de turbidez obtenidos tras la aplicación de distintas dosis de *Moringa oleífera* y tiempos de contacto. Los datos evidencian que el desempeño del coagulante varía de manera conjunta con ambos factores operativos. En particular, se aprecia que las dosis intermedias producen reducciones de turbidez más consistentes que las dosis bajas o elevadas, mientras que los periodos de contacto prolongados tienden a favorecer la sedimentación efectiva de los sólidos. El tratamiento conformado por 6 g/L y un tiempo de 60 minutos registra la menor turbidez final dentro del conjunto evaluado, lo que indica condiciones óptimas de coagulación en ese punto. Por otro lado, la extensión del tiempo hasta 90 minutos no genera mejoras adicionales y, en ciertos casos, incrementa

los valores de turbidez, lo que sugiere posibles procesos de inestabilidad de flóculos. En conjunto, los resultados permiten identificar una zona operativa favorable donde la acción coagulante de *Moringa oleífera* se manifiesta con mayor eficiencia.

Tabla 7: Comparación de cantidad de *Moringa oleífera* vs tiempo de aplicación

Código	Dosis de <i>Moringa oleífera</i> (g/L)	Tiempo de contacto	Turbidez final (UNT)
		de la <i>Moringa oleífera</i> (min)	
M4-15	4	15	19.4
M4-30	4	30	16.5
M4-60	4	60	12.7
M4-90	4	90	16.0
M6-15	6	15	17.1
M6-30	6	30	14.2
M6-60	6	60	11.3
M6-90	6	90	14.4
M8-15	8	15	19.0
M8-30	8	30	16.3
M8-60	8	60	13.0
M8-90	8	90	15.9
M10-15	10	15	25.9
M10-30	10	30	21.6
M10-60	10	60	16.9
M10-90	10	90	21.1
M4-15	4	15	20.5

M4-30	4	30	16.2
M4-60	4	60	13.2
M4-90	4	90	16.6
M6-15	6	15	17.8
M6-30	6	30	15.3
M6-60	6	60	11.9
M6-90	6	90	14.4
M8-15	8	15	20.0
M8-30	8	30	16.5
M8-60	8	60	12.5
M8-90	8	90	16.6
M10-15	10	15	26.6
M10-30	10	30	21.4
M10-60	10	60	17.8
M10-90	10	90	22.4
M4-15	4	15	20.5
M4-30	4	30	16.5
M4-60	4	60	13.8
M4-90	4	90	16.3
M6-15	6	15	18.7
M6-30	6	30	15.5
M6-60	6	60	11.9
M6-90	6	90	14.3

M8-15	8	15	20.8
M8-30	8	30	16.8
M8-60	8	60	13.0
M8-90	8	90	16.7
M10-15	10	15	27.1
M10-30	10	30	22.3
M10-60	10	60	17.7
M10-90	10	90	22.1

Nota. Valores adquiridos luego de emplear los distintos tratamientos.

3.2.2. Análisis del porcentaje de remoción de turbidez

La tabla 7 muestra los porcentajes de remoción alcanzados con diferentes combinaciones de dosis y tiempos de contacto de *Moringa oleifera*. En general, los valores se mantienen dentro de un rango alto, entre aproximadamente 73 % y 86 %, lo que indica un buen desempeño del coagulante. Se observa que los porcentajes más elevados aparecen, de manera consistente, con tiempos de 60 minutos, destacando particularmente el tratamiento con 6 g/L, que alcanza alrededor de 85.8 %, el valor más alto registrado. Las dosis de 4 y 8 g/L también muestran resultados favorables, con eficiencias que suelen situarse entre 79 % y 84 %, dependiendo del tiempo. En cambio, la dosis de 10 g/L tiende a producir remociones más bajas, con varios tratamientos entre 65 % y 73 %, lo que sugiere que una dosis excesiva disminuye la eficiencia. En conjunto, los datos reflejan que el mejor desempeño ocurre con dosis intermedias y un tiempo de contacto de 60 minutos.

Tabla 8: Porcentaje en la eficiencia de remoción de la turbidez

Código	Dosis de <i>Moringa oleifera</i> (g/L)	Tiempo de contacto de la <i>Moringa oleifera</i>	Remoción de turbidez (%)
M4-15	4	15	75.5
M4-30	4	30	79.2
M4-60	4	60	84.0
M4-90	4	90	79.8
M6-15	6	15	78.4
M6-30	6	30	82.1
M6-60	6	60	85.8
M6-90	6	90	81.8
M8-15	8	15	76.0
M8-30	8	30	79.4
M8-60	8	60	83.6
M8-90	8	90	79.9
M10-15	10	15	67.3
M10-30	10	30	72.8
M10-60	10	60	78.7
M10-90	10	90	73.4
M4-15	4	15	74.1
M4-30	4	30	79.6
M4-60	4	60	83.4

M4-90	4	90	79.1
M6-15	6	15	77.6
M6-30	6	30	80.7
M6-60	6	60	85.0
M6-90	6	90	81.8
M8-15	8	15	74.8
M8-30	8	30	79.2
M8-60	8	60	84.2
M8-90	8	90	79.1
M10-15	10	15	66.5
M10-30	10	30	73.0
M10-60	10	60	77.6
M10-90	10	90	71.8
M4-15	4	15	74.1
M4-30	4	30	79.2
M4-60	4	60	82.6
M4-90	4	90	79.4
M6-15	6	15	76.4
M6-30	6	30	80.5
M6-60	6	60	85.0
M6-90	6	90	82.0
M8-15	8	15	73.8
M8-30	8	30	78.8

M8-60	8	60	83.6
M8-90	8	90	78.9
M10-15	10	15	65.8
M10-30	10	30	71.9
M10-60	10	60	77.7
M10-90	10	90	72.1

3.2.3. Definición de los factores y niveles del diseño experimental

El diseño experimental consideró como factores principales la dosis del biocoagulante y el tiempo de contacto, con diferentes niveles para cada uno, tal como se muestra en la Tabla 8. Esta configuración se apoyó en la evidencia reportada en estudios recientes, donde se ha demostrado que la *Moringa oleifera* actúa como un coagulante natural eficaz para disminuir la turbidez en distintos tipos de agua, logrando porcentajes de remoción elevados y comparables a coagulantes químicos tradicionales (Cobos et al., 2024a). De este modo, la matriz de combinaciones de dosis y tiempo aplicada en el río Lurín permitió evaluar el comportamiento del biocoagulante bajo diferentes condiciones operativas y seleccionar aquellas en las que se obtuvo una mayor eficiencia en la reducción de turbidez.

Tabla 9: Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Dosis_g/L	4	4; 6; 8; 10
Tiempo_min	4	15; 30; 60; 90

Nota. Niveles y concentraciones de factores.

3.2.4. Análisis de varianza (ANOVA) del diseño factorial

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 9 demuestra que tanto la dosis del coagulante natural como el tiempo de contacto tienen un efecto estadísticamente significativo sobre la remoción de turbidez en las muestras tratadas. El modelo global fue significativo ($F = 159,89$; $p = 0,000$), lo que indica que el tratamiento influye realmente en la respuesta. En particular, la dosis ($F = 412,38$; $p = 0,000$) y el tiempo ($F = 378,09$; $p = 0,000$) afectan de forma independiente, y la interacción dosis \times tiempo mostró también significancia ($F = 2,99$; $p = 0,011$), lo que sugiere que la eficiencia del tratamiento depende de la combinación de ambos factores. Con base en este diseño factorial, fue posible identificar las condiciones óptimas del experimento. Este enfoque experimental se sustenta en la literatura reciente que respalda la efectividad de *Moringa oleífera* como coagulante natural para reducir turbidez en aguas superficiales. Por ejemplo, un estudio realizado por B. (Dandesa et al., 2023), encontró que la semilla de *Moringa oleífera*, combinada con un medio de floculación y filtración, obtuvo una elevada eficiencia en la clarificación de agua, demostrando su viabilidad como alternativa sostenible a coagulantes químicos.

Tabla 10 : *Análisis de varianza del diseño factorial*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	15	678,526	45,235	159,89	0,000
Lineal	6	670,908	111,818	395,23	0,000
Dosis_g/L	3	350,004	116,668	412,38	0,000
Tiempo_min	3	320,904	106,968	378,09	0,000
Interacciones de 2 términos	9	7,618	0,846	2,99	0,011
Dosis_g/L*Tiempo_min	9	7,618	0,846	2,99	0,011
Error	32	9,053	0,283		
Total	47	687,579			

Nota. Datos estadísticos adquiridos.

3.2.5. Evaluación del ajuste y capacidad predictiva del modelo estadístico

El resumen del modelo estadístico en la tabla 10 muestra un R^2 de 98,68 %, con valores ajustado y predictivo también altos (98,07 % y 97,04 %), lo que confirma un ajuste sólido y buena capacidad de predicción del sistema. Estos resultados indican que la dosis y el tiempo explican casi toda la variabilidad en la remoción de turbidez. Estudios recientes coinciden con este comportamiento, señalando que *Moringa oleífera* puede alcanzar altos niveles de eficiencia bajo una adecuada combinación de parámetros operativos (Cobos et al., 2024b).

Tabla 11: *Resumen del modelo*

S	R-cuadrado	R-cuadrado (ajustado)	R-cuadrado (pred)
0,531899	98,68%	98,07%	97,04%

Nota. Resumen de modelo procesado

3.2.6. Análisis comparativo de dosis mediante la prueba de Tukey

Según la prueba de Tukey presentada en la Tabla 11, la dosis que se encuentran en el grupo B con mejores, por lo que la dosis de 6g es la que logra un mejor resultado en cuanto remoción de turbidez. Este comportamiento coincide con los resultados reportados por (Cobos et al., 2024c), quienes destacan que la variación de la dosis influye directamente en el rendimiento del biocoagulante.

Tabla 12: *Prueba de Tukey para el tiempo de contacto con confianza de 95%.*

Tiempo de Contacto (min)	Dosis g/L	N	Media	Agrupación
15 min	10	12	21,908	A
90 min	4	12	16,517	B
30 min	8	12	16,425	B
60 min	6	12	14,733	B

Nota. Resultados obtenidos con la Prueba de Tukey para la *Moringa oleifera*.

Tabla 13: Prueba de Tukey para la dosis con confianza de 95%.

Dosis g/L	N	Media	Agrupación
10	12	21,908	A
4	12	16,517	B
8	12	16,425	B
6	12	14,733	B

Nota. Resultados obtenidos con la Prueba de Tukey para la *Moringa oleífera*.

3.3.Comparación de Parámetros Físicoquímicos evaluados con los ECA para Agua

En esta sección se comparan los parámetros físicoquímicos obtenidos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, con la finalidad de evaluar el cumplimiento según las categorías establecidas.

3.3.1. Parámetros evaluados con ECA CAT 1

En la tabla 13 se puede evidenciar que la turbidez, con un valor de 11,3 UNT, excede el límite establecido para aguas que solo requieren desinfección (A1), lo que descarta esta opción de tratamiento. No obstante, dicho valor se mantiene dentro de los rangos admitidos para las categorías que consideran tratamiento convencional. El pH del agua fue de 7,2, ubicándose dentro del intervalo permisible, lo que indica condiciones químicas estables. La conductividad eléctrica registrada (254 μ S/cm), señala una baja presencia de sales disueltas, mientras que la temperatura medida se ajusta a la variación permitida. En conjunto, los resultados confirman que el parámetro crítico que condiciona la potabilización directa es la turbidez, siendo indispensable la aplicación de un tratamiento previo.

Tabla 14: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 1.

Parámetro	Unidades	Resultado	A1	A2	A3	B1	B2
		obtenido					
Turbidez	UNT	11.3	5	100	**	100	**
PH	Unidad de pH	7.2	6.5–8.5	5.5–9.0	**	6.0–9.0	**
Conductividad	(μ S/cm)	254	1500	1600	**	–	–
Temperatura	°C	5	Δ 3	Δ 3	**	–	–

Nota. A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección. A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado. B1: Contacto primario. B2: Contacto secundario. ** = No establecido. – = No aplica.

3.3.2. Parámetros evaluados con ECA CAT 2

En la tabla 14, al comparar los resultados con el ECA Categoría 2, se observa que el pH obtenido (7,2) se encuentra dentro de los rangos permitidos para todas las subcategorías (C1, C2, C3 y C4), lo que indica que el agua presenta condiciones adecuadas para actividades relacionadas con especies hidrobiológicas. La temperatura registrada (5 °C) también cumple con la variación máxima permitida (Δ 3 °C). En el caso de la turbidez y la conductividad, aunque no se especifican valores límite para esta categoría, los resultados obtenidos no muestran condiciones desfavorables. En general, los datos indican que el agua es compatible con los usos establecidos en la Categoría 2.

Tabla 15: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 2.

Parámetro	Unidades	Resultado	C1	C2	C3	C4
		obtenido				
Turbidez	UNT	11.3	-	-	-	-
pH	Unidad de PH	7.2	7-8,5	6,8-8,5	6,8-8,5	6,0-9,0
Conductividad	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	254	-	-	-	-
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	5	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$

Nota. C1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino-costeras. C2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino-costeras. C3: Actividades marino-portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino-costeras. C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas.

** = No establecido. – = No aplica.

3.3.3. Parámetros evaluados con ECA CAT 3

Al comparar los resultados con el ECA para la Categoría D presentados en la tabla 14, se observa que el pH obtenido (7,2) se encuentra dentro de los rangos permitidos tanto para el riego de vegetales (no restringido y restringido) como para la bebida de animales, por lo que no representa un problema para estos usos. La conductividad registrada (254 $\mu\text{S}/\text{cm}$) está muy por debajo de los valores máximos permitidos para riego (2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y para bebida de animales (5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que indica una baja cantidad de sales disueltas. La temperatura (5 $^{\circ}\text{C}$) también cumple con la variación permitida ($\Delta 3$ $^{\circ}\text{C}$). En el caso de la turbidez, aunque no se establece un valor límite en esta categoría, su valor

no impide el uso del agua para riego ni para los animales. En general, los resultados muestran que el agua es adecuada para los usos de la Categoría D.

Tabla 16: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 3.

Parámetro	Unidades	Resultado obtenido	D1: Agua para riego no restringido	D1: Agua para riego restringido	D2: Bebida de animales
Turbidez	UNT	11.3	-	-	-
pH	Unidad de PH	7.2	6,5-8,5		6,5-8,4
Conductividad	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	254	2500		5000
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	5	$\Delta 3$		$\Delta 3$

3.3.4. Parámetros evaluados con ECA CAT 4

En la tabla 16 se observa que el pH obtenido (7,2) se encuentra dentro de los rangos permitidos tanto para lagunas y lagos, como para ríos de costa, sierra y selva, así como para ecosistemas estuarinos y marinos, por lo que no representa una condición desfavorable. La conductividad eléctrica registrada (254 $\mu\text{S}/\text{cm}$) está por debajo del límite establecido para cuerpos de agua continentales (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que indica una baja concentración de sales disueltas. La temperatura (5 $^{\circ}\text{C}$) cumple con la variación permitida tanto para ríos y lagunas ($\Delta 3$ $^{\circ}\text{C}$) como para estuarios y marinos ($\Delta 2$ $^{\circ}\text{C}$). En el caso de la turbidez, aunque no se especifican valores límite para esta categoría, su valor no afecta directamente los usos establecidos. En general, los resultados indican que el agua presenta condiciones adecuadas para los ecosistemas acuáticos de esta categoría.

Tabla 17: Comparación de Parámetros evaluados con ECA CAT 4.

Parámetro	Unidades	Resultado obtenido	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos Costa y sierra	E2: Ríos Selva	E3: Estuarios	E3: Marinos
Turbidez	UNT	11.3	-	-	-	-	-
pH	Unidad de PH	7.2	6,5-9,0	6,5-9,0	6,5-9,0	6,8-8,5	6,8-8,5
Conductividad	(μ S/cm)	254	1000	1000	1000	*	*
T°	°C	5	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2

Nota. E1: Lagunas y lagos. E2: Ríos. E3: Ecosistemas costeros y marinos. ** = No establecido. – = No aplica.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

3.1. Discusión

Sobre el objetivo general, evaluar la eficiencia de la semilla de *Moringa oleifera* en la remoción de turbidez del agua del río de Lurín, en Lima, en el año 2025. Este estudio demostró que la semilla de *Moringa oleifera* tuvo un desempeño notable, alcanzando reducciones que superaron el 85 % cuando se trabajó con 6 g/L durante 60 minutos. Estos valores son consistentes con la literatura reciente, donde se reportan eficiencias similares o incluso superiores en distintos contextos y matrices de agua (Cobos et al., 2024c). Al comparar estos resultados, queda claro que la *Moringa oleifera* mantiene un comportamiento estable como coagulante natural, lo cual respalda su uso en tratamientos de clarificación en lugares donde los recursos son limitados o donde se busca disminuir el uso de sustancias químicas. De forma similar, los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con lo reportado por (F. P. Camacho et al., 2017b), quienes evaluaron el uso de semilla de *Moringa oleifera* en aguas superficiales con distintos niveles iniciales de turbidez. Dichos autores evidenciaron que la *Moringa oleifera* presenta una elevada capacidad coagulante, especialmente en aguas con turbidez media y alta, logrando reducciones significativas sin necesidad de procesos químicos adicionales.

En cuanto a una de las principales limitaciones del objetivo general, este estudio radica en que la evaluación de la eficiencia del coagulante natural se desarrolló bajo condiciones controladas de laboratorio, específicamente mediante pruebas de jarras, lo cual no reproduce completamente la dinámica real de un sistema de tratamiento a mayor escala.

De acuerdo con el primer objetivo específico, caracterizar las propiedades

físicoquímicas del agua del río Lurín mediante análisis de laboratorio estandarizados antes del tratamiento de semilla de *Moringa oleífera*; se permitió identificar una turbidez considerable (79.3 UNT) y un pH ligeramente alcalino. Estos valores concuerdan con lo documentado para ríos de la costa central, donde las lluvias, escorrentías y la actividad humana incrementan el arrastre de partículas en suspensión. Investigaciones recientes señalan que la turbidez actúa como un parámetro clave para evaluar la calidad del agua en ecosistemas acuáticos, ya que niveles altos de turbidez suelen asociarse con la presencia de partículas suspendidas que están vinculadas a perturbaciones ambientales y contaminación, afectando tanto procesos ecológicos como indicadores de salud del agua (Sahoo & Anandhi, 2023). La caracterización inicial permitió establecer una línea base clara para evaluar el impacto del tratamiento, y confirmó que la turbidez era el parámetro más crítico y el principal motivo para aplicar un proceso de coagulación con un coagulante natural como la *Moringa oleífera*. De manera comparable, los resultados de la caracterización inicial del agua del río Lurín presentan similitud con lo reportado por (Zacarías Tufino, 2019b), quien evaluó aguas superficiales andinas con altos niveles de turbidez antes de aplicar tratamientos con *Moringa oleífera*. En dicho estudio, se identificó que la turbidez inicial elevada constituye una condición frecuente en ríos expuestos a procesos de erosión natural y actividades humanas, mientras que el pH suele mantenerse dentro de rangos cercanos a la neutralidad. Esta coincidencia refuerza que la caracterización fisicoquímica previa es una etapa indispensable para definir la necesidad y el tipo de tratamiento a aplicar, ya que permite identificar a la turbidez como el parámetro prioritario de intervención, tal como ocurrió en el presente estudio.

La limitación con relación al primer objetivo específico establece que la caracterización fisicoquímica se efectuó en un solo punto del río, lo cual no permite

reflejar las variaciones temporales ni estacionales propias de un cuerpo de agua superficial. Además, los análisis se limitaron a parámetros básicos como turbidez, pH, conductividad y temperatura, dejando de lado otros indicadores relevantes de calidad del agua, tales como sólidos suspendidos totales, color aparente o parámetros microbiológicos, que habrían permitido una evaluación más amplia del estado del recurso hídrico.

De acuerdo con el segundo objetivo específico, determinar las dosis significativas de semilla de *Moringa oleífera* y pH óptimo mediante un diseño experimental factorial que evalúe la remoción de turbidez; el análisis factorial permitió observar un patrón claro: las dosis medias (principalmente 6 g/L) lograron mejores resultados que las dosis menores o excesivamente altas. Este comportamiento coincide con lo señalado por (Shah, Manning, et al., 2024), quienes advierten que una cantidad demasiado grande de coagulante puede generar flóculos inestables. También se confirmó que el tiempo de contacto de 60 minutos fue el más adecuado; extenderlo a 90 minutos no aportó mejoras, algo también descrito por (F. Camacho et al., 2017). La estabilidad del pH durante los ensayos coincide con lo observado por (Miranda-Jara et al., 2023), quienes indican que la acción coagulante de la *Moringa oleífera* no modifica en gran medida la acidez del agua. Todo esto respalda que la combinación óptima es un equilibrio entre la cantidad de coagulante y el tiempo requerido para que se formen flóculos sólidos y uniformes.

Una limitación importante de este segundo objetivo específico fue que el estudio se desarrolló sin modificar experimentalmente el pH de las muestras, trabajándose únicamente con el valor natural del agua del río Lurín.

En función al tercer objetivo específico, comparar el pH y turbidez del mejor tratamiento con el ECA agua para las distintas subcategorías 1, 2, 3 y 4; se demostró que

la turbidez final (11.3 UNT) no alcanza los límites más estrictos de la categoría A1, pero sí se ubica dentro de rangos compatibles con tratamientos convencionales, lo que permite su uso como etapa previa a la potabilización. El pH final (7.2) se mantuvo dentro de los valores aceptables para todas las categorías evaluadas, mientras que el incremento en la conductividad se mantuvo dentro de los límites permitidos para usos agrícolas y marinos, algo esperado según (Hassan et al., 2025) quienes mencionan que los coagulantes naturales pueden liberar pequeñas cantidades de iones. En conjunto, estos resultados muestran que el tratamiento con *Moringa oleífera* mejora sustancialmente la calidad del agua sin introducir alteraciones químicas que comprometan su estabilidad. De manera similar, los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por (Hidalgo del Castillo, 2020), quienes evaluaron el uso de *Moringa oleífera* en el tratamiento de aguas residuales domésticas y compararon los parámetros finales con estándares de calidad ambiental. En dicho estudio, se observó que la aplicación del coagulante natural permitió reducir la turbidez hasta niveles compatibles con tratamientos convencionales, mientras que el pH permaneció dentro de rangos aceptables para distintos usos del agua. Esta coincidencia sugiere que la *Moringa oleífera* resulta especialmente adecuada como etapa de pretratamiento, ya que mejora parámetros críticos sin comprometer la estabilidad química del agua, tal como se evidenció en el presente trabajo al contrastar los resultados con los ECA-Agua.

En este tercer objetivo específico se identifica como limitación que la comparación con los Estándares de Calidad Ambiental se realizó solo para los parámetros evaluados experimentalmente, principalmente turbidez y pH, sin incluir otros parámetros exigidos por la normativa nacional. Además, los valores comparados corresponden a muestras tratadas en laboratorio, por lo que su comportamiento podría diferir en

condiciones reales del río, donde influyen descargas externas, eventos de lluvia y actividades humanas a lo largo de la cuenca.

3.2. Conclusiones

Conforme al objetivo general, el tratamiento con semilla de *Moringa oleífera* redujo la turbidez del agua del río Lurín desde 79.3 UNT hasta 11.3 UNT, con una remoción máxima de 85.8% bajo la combinación 6 g/L y 60 minutos. Estos resultados sustentan el uso de la *Moringa oleífera* como coagulante natural para clarificación en condiciones controladas de laboratorio.

Según el primer objetivo específico, la caracterización inicial del agua registró turbidez 79.3 UNT, pH 7.5, conductividad 254 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y temperatura 5 °C. Estos valores establecieron la línea base y justificaron la aplicación del proceso de coagulación para reducir sólidos en suspensión.

En función al segundo objetivo específico, el diseño factorial identificó diferencias estadísticamente significativas en la remoción de turbidez por efecto de la dosis, el tiempo y su interacción. La mejor condición operativa fue 6 g/L durante 60 minutos, al alcanzar la mayor remoción registrada 85.8%. El estudio trabajó con el pH natural del río, sin manipulación experimental, por lo que no determina un pH óptimo.

En conformidad con el tercer objetivo específico, el mejor tratamiento dejó una turbidez de 11.3 UNT, valor que no cumple el límite de A1, pero se ubica dentro del límite de A2. El pH final 7.2 se mantuvo dentro de los rangos aceptables reportados para las categorías evaluadas, lo que respalda el uso del tratamiento como etapa de pretratamiento antes de procesos de potabilización posteriores.

REFERENCIAS

A review of methods and instruments to monitor turbidity and suspended sediment concentration. (2024). *Journal of Water Process Engineering*, 64, 105624. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105624>

Aboagye, G., Navele, M., & Essuman, E. (2021). Protocols for assessing antibacterial and water coagulation potential of *Moringa oleifera* seed powder. *MethodsX*, 8, 101283. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101283>

Adelodun, B., Ajibade, F. O., Ogunshina, M. S., & Choi, K.-S. (2019). Dosage and settling time course optimization of *Moringa oleifera* in municipal wastewater treatment using response surface methodology. *Desalination and Water Treatment*, 167, 45-56. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24616>

Anh, N. T., Can, L. D., Nhan, N. T., Schmalz, B., & Luu, T. L. (2023). Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100424. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100424>

Arango Ruiz, Á. (2013). Crisis mundial del agua. *Producción + Limpia*, 8(2), 7-8.

Arrogante, O. (2021). Técnicas de muestreo y cálculo del tamaño muestral: Cómo y cuántos participantes debo seleccionar para mi investigación. *Enfermería Intensiva*, 33(1), 44-47. <https://doi.org/10.1016/j.enfi.2021.03.004>

Autoridad Nacional del Agua. (2016). *PROTOCOLO NACIONAL PARA EL*

MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES | SINIA. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>

Autoridad Nacional del Agua - ANA. (2016a). *PROTOCOLO NACIONAL PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HIDRICOS SUPERFICIALES* | SINIA. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>

Autoridad Nacional del Agua - ANA. (2016b). *Resolución Jefatural N.º R.J. 010-2016-ANA*. <https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/538681-r-j-010-2016-ana>

Azanaw, J., Melese, M., & Worede, E. A. (2025). Predicting determinants of unimproved water supply in Ethiopia using machine learning analysis of EDHS-2019 data. *Scientific Reports*, *15*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96412-w>

Barreto Pardo, J. S., Vargas Moncada, D. K., Ruiz Martínez, L. E., & Gomez Ayala, S. L. (2019). Evaluación de coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, *11*(1), 105-116. <https://doi.org/10.22490/21456453.3081>

Camacho, F. P., Sousa, V. S., Bergamasco, R., & Ribau Teixeira, M. (2017a). The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, *313*, 226-237. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>

Camacho, F. P., Sousa, V. S., Bergamasco, R., & Ribau Teixeira, M. (2017b). The

use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 313, 226-237. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>

Camacho, F., Serrão Sousa, V., Bergamasco, R., & Teixeira, M. (2017). The use of *Moringa oleifera* as a natural coagulant in surface water treatment. *Chemical Engineering Journal*, 313, 226-237. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.031>

Castillo Cohaila, M. A., Avendaño Cáceres, E. Ó., Castillo Cohaila, M. A., & Avendaño Cáceres, E. Ó. (2020). Efecto de las semillas de moringa (*Moringa oleifera* lam.) en las condiciones para la clarificación del agua del río sama. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(1), 47-57. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i1.272>

Castillo, C. C. del, Orozco, S. O., & García, M. G. (2014). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.

Cauas, D. (2015). *Definición de las variables, enfoque y tipos de investigación*.

Chacon Ramos, I. M. (2019). *Optimización de parámetros para remoción de turbidez, DBO5 Y DQO mediante procesos de coagulación/floculación de aguas residuales domésticas empleando organoarcilla*.

Cirelli, A. F. (2012). *El agua: Un recurso esencial*.

Cobos, A. G. Z., Gutiérrez, J., Caballero, P., Cobos, A. G. Z., Gutiérrez, J., & Caballero, P. (2024a). Use of *Moringa Oleifera* as a Natural Coagulant in the Reduction of Water Turbidity in Mining Activities. *Water*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/w16162315>

Cobos, A. G. Z., Gutiérrez, J., Caballero, P., Cobos, A. G. Z., Gutiérrez, J., & Caballero, P. (2024b). Use of Moringa Oleifera as a Natural Coagulant in the Reduction of Water Turbidity in Mining Activities. *Water*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/w16162315>

Cobos, A. G. Z., Gutiérrez, J., Caballero, P., Cobos, A. G. Z., Gutiérrez, J., & Caballero, P. (2024c). Use of Moringa Oleifera as a Natural Coagulant in the Reduction of Water Turbidity in Mining Activities. *Water*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/w16162315>

Collazos, V., & Styb, B. (2023). Uso de semillas de moringa como floculante natural para la purificación de aguas crudas en el distrito de Mariscal Benavides, Región Amazonas, en el año 2021. *Universidad Privada del Norte*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9282196>

Conde-Báez, L., Jiménez-Pineda, Y., Sánchez-Muñoz, C. A., & Méndez-Bahena, A. (2023). *Valor biotecnológico de Moringa oleifera como mecanismo purificador en fuentes de agua de comunidades rurales*.

Consejo Nacional de Ciencia, T. e I. T. (2020). *Investigación aplicada – Base de Conocimiento*. <https://conocimiento.concytec.gob.pe/termino/investigacion-aplicada/>

Cordero-Lugo, H. D., Falcón-Petit, J.-C., Vásquez-Sánchez, V., Cordero-Lugo, H. D., Falcón-Petit, J.-C., & Vásquez-Sánchez, V. (2023). Uso y aprovechamiento de la Moringa Oleifera en espacios universitarios. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 5(9), 75-88. <https://doi.org/10.35381/a.g.v5i9.2596>

Dandesa, B., Akuma, D. A., & Alemayehu, E. (2023). Water purification improvement using moringa oleifera seed extract pastes for coagulation follow scoria filtration. *Heliyon*, 9(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17420>

Delelegn, A., Sahile, S., & Husen, A. (2018). Water purification and antibacterial efficacy of *Moringa oleifera* Lam. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0177-1>

Destá, W. M., & Bote, M. E. (2021). Wastewater treatment using a natural coagulant (*Moringa oleifera* seeds): Optimization through response surface methodology. *Heliyon*, 7(11), e08451. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08451>

Díaz, L., & Amanda, M. (2024). *Estudio fisicoquímico y ecotoxicológico de la calidad del agua en la cuenca baja del río Lurín*. <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/9336015>

Díaz Pilco, G., Estrada Cardenas, F., Díaz Pilco, G., & Estrada Cardenas, F. (2024a). EFECTO DE LA SEMILLA DE LA MORINGA OLEÍFERA EN POLVO COMO COAGULANTE NATURAL PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA DEL RÍO CAPLINA, PERÚ. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 90(1), 55-64. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v90i01.463>

Díaz Pilco, G., Estrada Cardenas, F., Díaz Pilco, G., & Estrada Cardenas, F. (2024b). EFECTO DE LA SEMILLA DE LA MORINGA OLEÍFERA EN POLVO COMO COAGULANTE NATURAL PARA LA REMOCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA DEL RÍO CAPLINA, PERÚ. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 90(1), 55-64. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v90i01.463>

Duoc, B. (2025). *Biblioteca: Investigación Aplicada, Innovación y Transferencia: Definición y propósito de la Investigación Aplicada*.
<https://bibliotecas.duoc.cl/investigacion-aplicada/definicion-proposito-investigacion-aplicada>

Enríquez-Nateros, N. A., Carrizales-Condori, R. L., Román, F. M. T., Gonzales, T., Contreras-López, E., & Yuli-Posadas, R. A. (2024). Evaluación de la *Moringa oleífera* como coagulante en el agua de una quebrada altoandina en la ciudad de Huancavelica, Perú. *Tecnología y ciencias del agua*, 15(6), 01-33. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2024-06-01>

Espinoza, P. C. (2025, febrero 13). *Sedapal no puede captar agua por turbiedad de río Rímac y prevé medidas para evitar desabastecimiento*. infobae. <https://www.infobae.com/peru/2025/02/13/sedapal-no-puede-captar-agua-por-turbiedad-de-rio-rimac-y-preve-medidas-para-evitar-desabatecimiento/>

FAO. (2020). *El 70% de la huella hídrica a nivel mundial está relacionada con los alimentos*. Agraria.pe Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/el-70-de-la-huella-hidrica-a-nivel-mundial-esta-relacionada--20835>

Feria Díaz, J. J., Bermúdez Roa, S., & Estrada Tordecilla, A. M. (2014). Eficiencia de la semilla *Moringa Oleífera* como coagulante natural para la remoción de la turbidez del río Sinú. *Producción + Limpia*, 9(1), 9-22.

GBM. (2025). *Agua: Panorama general* [Text/HTML]. World Bank. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>

Grobbelaar, J. U. (2009). Turbidity. En G. E. Likens (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters* (pp. 699-704). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00075-2>

Guerrero, B. S. (2023, octubre 17). Dr. Francisco Arteaga: “La crisis del agua la estamos viviendo desde ahora” » UDEP Hoy. *UDEP Hoy*. <https://www.udep.edu.pe/hoy/2023/10/dr-francisco-arteaga-la-crisis-del-agua-la-estamos-viviendo-desde-ahora/>

Gutierrez, A. (2025). ARTÍCULO CIENTÍFICO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA, LA PROBLEMÁTICA DE LA ESCASEZ DEL AGUA EN PERÚ/SCIENTIFIC ARTICLE OF FORMATIVE RESEARCH, THE PROBLEM OF WATER SHORTAGE IN PERU. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/370599996_ARTICULO_CIENTIFICO_DE_INVESTIGACION_FORMATIVA_LA_PROBLEMÁTICA_DE_LA_ESCASEZ_DEL_AGUA_EN_PERU SCIENTIFIC_ARTICLE_OF_FORMATIVE_RESEARCH_THE_PROBLEM_OF_WATER_SHORTAGE_IN_PERU

Hassan, A., Hasan, B., Shadhar, M., & Al-Kanany, N. (2025). *Natural Coagulant Efficiency of Moringa Oleifera Seeds in Raw Water Treatment | Journal of Engineering Sciences*. <https://jes.sumdu.edu.ua/natural-coagulant-efficiency-of-moringa-oleifera-seeds-in-raw-water-treatment/>

Hermoza, J. (2021). *Gobernanza del agua en territorios agrícolas—Estudio de caso en Perú. Cuenca del río Lurín*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb3756es>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014).

Remoción de turbidez del agua del río Lurín mediante el uso de semilla de *Moringa oleifera*, Lima, Perú, 2025.

Metodología de la investigación. McGraw Hill España.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

Hernández Sampieri, R., & Fernández-Collado, C. F. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.

Hidalgo del Castillo, W. F. (2020). *Eficiencia de la Moringa Oleifera para el tratamiento de agua residual doméstica con fines de recuperación y aprovechamiento en el riego de vegetales.*

Hidalgo del Castillo, W. F., & Cayao Villanueva, P. E. (2020). *Eficiencia de la Moringa Oleifera para el tratamiento de agua residual doméstica con fines de recuperación y aprovechamiento en el riego de vegetales.*
<http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3178>

Hídricos, A. N. del A. D. de C. y E. de R. (2019). Estudio hidrológico de la unidad hidrográfica Lurín. *Repositorio Institucional - ANA.*
<https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4707>

Houten, Arnold, C. V., Corey. (2023, marzo 21). *¿Se está acabando el agua? Lo que dice la ciencia.* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2023/03/se-esta-acabando-el-agua-lo-que-dice-la-ciencia>

Huairé Inacio, E. J., Salas Blas, E. S., Zevallos Choy, C. R., Ponce Díaz, C. R., Arteta Huerta, H. A., Salgado Lévano, A. C., & Alarco Ferraras, M. B. (2017). *Manual de metodología de la investigación.* Universidad San Ignacio de Loyola.
<https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/8e8bd3ff-27cb-4914-920c->

d21f9b43f597

Huayhua Laime, L., & Gutierrez Solis, E. K. (2024). *Remoción de contaminantes orgánicos DBO5 y DQO por coagulación natural empleando cáscara de papa y plátano de las aguas residuales vertidas en el Río Conde Pampa, Cusco.* <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/09decfc3-2be2-49aa-8038-f3405de70f87>

Jimenez. (2025). (PDF) IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA EN LA ACTUALIDAD. *ResearchGate.* <https://doi.org/10.53592/convtech.v4iIV.35>

Legua Laurencio, J. L. (2021). *Efectividad de la semilla moringa oleífera como biocoagulante para el pre-tratamiento de agua, provincia de Ilo, Moquegua.* <https://hdl.handle.net/20.500.14655/285>

Meza-Leones, M., Riaños-Donado, K., Mercado-Martínez, I., Olivero-Verbel, R., & Jurado-Eraso, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de *Moringa oleífera* en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo, Atlántico. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 95-103.

Miranda-Jara, A., Junco Palomino, F., & Hinostroza-Tejeda, J. (2023). *Efecto de pH, tiempo y dosis de Moringa oleífera en la remoción de nitratos en aguas del río Chillón – Lima.* <https://laccei.org/LEIRD2024-VirtualEdition/meta/FP427.html>

Monroy Mejía, M. de los Á. (2018). *Metodología de la investigación* /. Grupo Editorial Éxodo,.

Olson, M. E., & Fahey, J. W. (2011). *Moringa oleifera*: Un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(4), 1071-1082.

OMS. (2023). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

OMS Y UNICEF. (2025). *1 de cada 4 personas en el mundo aún carece de acceso a agua potable, según la OMS y UNICEF*. <https://www.unicef.org/press-releases/fast-facts-1-4-people-globally-still-lack-access-safe-drinking-water-who-unicef>

ONU-Habitat. (2021). *Comprender las dimensiones del problema del agua*. <https://onu-habitat.org/index.php/comprender-las-dimensiones-del-problema-del-agua>

Pacherres Pinto, M. L. (2019). *Determinación de la calidad de agua de las cuencas de los ríos Chillón, Rímac y Lurín mediante indicadores químicos y biológicos*. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2838>

Perez, L. (2017). *Reporte de laboratorio 7, prueba de jarra*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/slideshow/report-de-laboratorio-7-prueba-de-jarra/77621977>

Quispe, T. Y., & Villalta, L. Z. B. (2020). Epistemología e Investigación Cuantitativa. *IGOBERNANZA*, 3(12), 107-120. <https://doi.org/10.47865/igob.vol3.2020.88>

Sahoo, D., & Anandhi, A. (2023). Conceptualizing turbidity for aquatic ecosystems in the context of sustainable development goals. *Environmental Science: Advances*, 2(9), 1220-1234. <https://doi.org/10.1039/D2VA00327A>

Salehi, M. (2022). Global water shortage and potable water safety; Today's concern and tomorrow's crisis. *Environment International*, 158, 106936. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106936>

Semanka, T., Seifu, E., & Sekwati-Monang, B. (2022). Effects of *Moringa oleifera* seeds on the physicochemical properties and microbiological quality of borehole water from Botswana. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 12(9), 659-670. <https://doi.org/10.2166/washdev.2022.100>

Shah, A., Arjunan, A., Manning, G., Zakharova, J., Andraulaki, I., & Batool, M. (2024). The effect of dose, settling time, shelf life, storage temperature and extractant on *Moringa oleifera* Lam. Protein coagulation efficiency. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 21, 100919. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.100919>

Shah, A., Manning, G., Zakharova, J., Arjunan, A., Batool, M., & Hawkins, A. J. (2024). Particle size effect of *Moringa oleifera* Lam. Seeds on the turbidity removal and antibacterial activity for drinking water treatment. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 6, 370-379. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.07.008>

Thais, A. (2024, marzo 3). *Río Lurín: Contaminación, escasez de agua y lucha por la conservación* | *Info región*. <https://inforegion.pe/rio-lurin-contaminacion-escasez-de-agua-y-lucha-por-la-conservacion/>

Tipos de muestreo: Probabilístico y no probabilístico | *UE Perú*. (2025, octubre 31). Universidad Europea peru. <https://peru.universidadeuropea.com/blog/tipos-de-muestreo/>

UNESCO. (2025). *Un río sudafricano se convierte en un sistema comunitario de alerta*. <https://www.unesco.org/es/articulos/un-rio-sudafricano-se-convierte-en-un-sistema-comunitario-de-alerta-temprana-gracias-la-unesco-en-la>

Vélez-Azañero, A., Sandoval, N. L., & Aguilar, D. V. (2021). Residuos sólidos de la cuenca del río Lurín, Lima, Perú. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 9(2), 81-92. <https://doi.org/10.22386/ca.v9i2.342>

Ventura-León, J. L. (2017). ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública*, 43(4), 0-0.

Zacarías Tufino, J. D. (2019a). *Eficiencia de la semilla de moringa (Moringa oleifera) para el tratamiento de las aguas superficiales del río Shullcas durante el periodo 2018*. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/4162>

Zacarías Tufino, J. D. (2019b). *Eficiencia de la semilla de moringa (Moringa oleifera) para el tratamiento de las aguas superficiales del río Shullcas durante el periodo 2018*. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/4162>

Zea Cobos, A. G., Gutiérrez, J., & Caballero, P. (2024). Use of *Moringa Oleifera* as a Natural Coagulant in the Reduction of Water Turbidity in Mining Activities. *Water*, 16(16), 2315. <https://doi.org/10.3390/w16162315>

ANEXOS

