



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**Evaluación de biocoagulantes para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales
domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella, Huaral**

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores

Anthony William Morales Ramirez

Yonatan Jorge Ramos Azca

Asesora

Mg. Tania Ivette Mendez Izquierdo

**Huacho – Perú
2026**



TANIA IVETTE
MENDEZ IZQUIERDO
INGENIERA AMBIENTAL
Reg. CIP N° 185644



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales. **Sin Derivadas:** Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

METADATOS

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Anthony William Morales Ramirez	72414608	30/04/2026
Yonatan Jorge Ramos Azca	73005848	30/04/2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Mg. Tania Ivette Mendez Izquierdo	46925087	https://orcid.org/0000-0002-2473-4610
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Dr. Angel Pedro Campos Julca	15733670	https://orcid.org/0000-0002-1418-6104
M(o) Edson Max Caro Degollar	45593669	https://orcid.org/0000-0001-7156-6691
Dr. Alexander Jorge Torres Anaya	44613470	https://orcid.org/0009-0007-4146-8848

2025-101212 Anthony William Morales Ramirez 2025...

Evaluación de biocoagulantes para el tratamiento físicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de t...

 Quick Submit

 Quick Submit

 Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental 2025

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3434923636

109 páginas

19.992 palabras

111.667 caracteres

Fecha de entrega

5 dic 2025, 4:12 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

5 dic 2025, 4:25 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS-_MORALES_Y_RAMOS.pdf

Tamaño del archivo

7.6 MB



Página 2 de 116 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3434923636

19% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

18%  Fuentes de Internet

8%  Publicaciones

8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

A mis amados padres, Jorge Adalberto Ramos Barrón y Norma Sonia Azca Tarazona, por su denodado esfuerzo, amor incondicional y apoyo constante en cada etapa de mi vida profesional. Sin cuya dirección no hubiera sido posible la culminación de esta investigación. A ellos, mi eterno agradecimiento.

YONATAN

A mi familia, por ser el origen de mis fuerzas y el lugar donde siempre encuentro calma. Gracias por su apoyo que no conoce condiciones, por la confianza que me sostuvo incluso cuando dudé, y por cada gesto que alivió el camino y me permitió avanzar con firmeza.

ANTHONY

AGRADECIMIENTO

Agradecidos con Dios, con los docentes que conforman el jurado evaluador por brindarnos sus recomendaciones, con nuestra asesora Mg. Tania Ivette Mendez Izquierdo por creer en nosotros y aconsejarnos en toda esta experiencia académica.

Al personal del laboratorio de Aire y Ruido por capacitarnos en el manejo de los equipos y al personal de la PTAR Nueva Estrella por suministrarnos un espacio para nuestro muestreo.

ÍNDICE

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
ÍNDICE DE TABLAS	1
ÍNDICE DE FIGURAS	2
RESUMEN	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	8
1.2. Formulación del problema	9
1.2.1. Problema general	9
1.2.2. Problemas específicos.....	9
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivo general.....	10
1.3.2. Objetivos específicos	10
1.4. Justificación de la investigación	10
1.5. Delimitación del estudio	11
1.5.1. Delimitación temporal.	11
1.5.2. Delimitación geográfica.....	11
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Antecedentes de la investigación	12
2.1.1. Investigaciones internacionales.	12
2.1.2. Investigaciones nacionales.....	14
2.2. Bases teóricas.....	17

2.3. Bases filosóficas	25
2.4. Definición de términos básicos.....	25
2.5. Hipótesis de investigación	26
2.5.1. Hipótesis general.....	26
2.5.2. Hipótesis específicas.....	26
2.6. Operacionalización de las variables.....	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	29
3.1. Diseño metodológico	29
3.1.1. Características de la investigación.....	29
3.1.2. Tratamientos	29
3.1.3. Conducción del experimento.	30
3.2. Población y muestra.....	46
3.2.1. Población	46
3.2.2. Muestra	46
3.3. Técnicas de recolección de datos.....	46
3.4. Técnicas para el procesamiento de la información	47
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	48
4.1. Análisis de resultados	48
4.2. Contrastación de hipótesis	50
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	67
5.1. Discusión de resultados	67
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1. Conclusiones.....	70
6.2. Recomendaciones	70
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

ANEXOS	79
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo de sedimentación aproximado de los coloides en un reactor de un metro	17
Tabla 2. Componentes típicos de los efluentes domésticos.....	19
Tabla 3. Operacionalización de variables estadísticas.....	28
Tabla 4. Detalles de los experimentos a realizarse con los 3 coagulantes naturales	30
Tabla 5. Propiedades de los efluentes provenientes de la PTAR Nueva Estrella.....	48
Tabla 6. Indicadores del agua post coagulación con los tres agentes naturales.....	49
Tabla 7. Ensayos de normalidad para las variables respuesta	50
Tabla 8. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y turbiedad	50
Tabla 9. Comparación de medias de turbiedad logradas con el biocoagulante de moringa .	51
Tabla 10. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y pH	52
Tabla 11. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y la conductividad.....	54
Tabla 12. Comparación de medias de conductividad logradas con el biocoagulante de moringa.....	54
Tabla 13. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y turbiedad	56
Tabla 14. Comparación de medias de turbiedad logradas con el biocoagulante de tamarindo	56
Tabla 15. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y pH	57
Tabla 16. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y conductividad.....	59
Tabla 17. Comparación de medias de conductividades logradas con el tamarindo	59
Tabla 18. ANOVA entre el biocoagulante de almidón de yuca y turbiedad	61
Tabla 19. Comparación de medias de turbiedad logradas con el almidón de yuca	61
Tabla 20. Kruskal-Wallis entre el biocoagulante de semilla de yuca y pH	62
Tabla 21. ANOVA entre el biocoagulante de almidón de yuca y los niveles de conductividad	64
Tabla 22. Comparación de conductividades logradas con el biocoagulante de almidón de yuca.....	64
Tabla 23. Concentraciones eficaces de los biocoagulantes	66
Tabla 24. Matriz de consistencia del proyecto	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de contracción de doble envoltura coloidal. Obtenido de Díaz (2019)...	18
Figura 2. Génesis de flóculos por acción de polímeros. Obtenido de Jiménez (2001)	18
Figura 3. Morfología del tamarindo. Obtenido de Ponce Salinas (2022)	21
Figura 4. Utilidades de la moringa en el mundo. Obtenido de Liñán Tobías (2010).....	21
Figura 5. Morfología de la moringa. Obtenido de Bernabé Limones (2021).	23
Figura 6. Morfología de la yuca. Obtenido de Montaldo (2007).	24
Figura 7. Equipos de monitoreo. Fuente: Propia.....	30
Figura 8. Recojo de las muestras. Fuente: Propia.	31
Figura 9. Guardando las muestras en el cooler. Fuente: Propia.	31
Figura 10. Extracción de las semillas de tamarindo. Fuente: Propia.	32
Figura 11. Enjuagando las semillas de tamarindo. Fuente: Propia.	32
Figura 12. Secado de las semillas con luz solar. Fuente: Propia.....	33
Figura 13. Ingreso de las semillas en el horno. Fuente: Propia.....	33
Figura 14. Molido de las semillas de tamarindo. Fuente: Propia.....	34
Figura 15. Tamizado del polvo de tamarindo. Fuente: Propia.	34
Figura 16. Flujograma de obtención de coagulante de tamarindo. Fuente: Propia.....	35
Figura 17. Pelado de las yucas. Fuente: Propia.....	35
Figura 18. Trozado de las yucas. Fuente: Propia.	36
Figura 19. Mezcla de la yuca con agua caliente. Fuente: Propia.	36
Figura 20. Licuado de la yuca. Fuente: Propia.....	37
Figura 21. Tamizado del líquido. Fuente: Propia.....	37
Figura 22. Uso de la centrifuga. Fuente: Propia.....	38
Figura 23. Calentamiento en la estufa. Fuente: Propia.	38
Figura 24. Flujograma de obtención de coagulante de yuca. Fuente: Propia.	39
Figura 25. Cortado de las semillas de moringa. Fuente: Propia.....	39
Figura 26. Horneado de las semillas trituradas. Fuente: Propia.....	40
Figura 27. Extracción manual de aceites. Fuente: Propia.	40
Figura 28. Tamizado del polvo de moringa. Fuente: Propia.....	41
Figura 29. Flujograma de obtención de coagulante de moringa. Fuente: Propia.....	41
Figura 30. Pesado de los tres polvos en la balanza analítica. Fuente: Propia.	42

<i>Figura 31. Soluciones madre del coagulante de tamarindo. Fuente: Propia.</i>	42
<i>Figura 32. Soluciones madre del coagulante de yuca. Fuente: Propia.</i>	43
<i>Figura 33. Soluciones madre del coagulante de moringa. Fuente: Propia.</i>	43
<i>Figura 34. Comienzo de los experimentos. Fuente: Propia.</i>	44
<i>Figura 35. Uso del multiparámetro. Fuente: Propia.</i>	44
<i>Figura 36. Sensor de turbidez y conductividad en el multiparámetro Fuente: Propia.</i>	45
<i>Figura 37. Sensor de pH en el multiparámetro (color amarillo y rojo). Fuente: Propia.</i>	46
<i>Figura 38. Cantidades de turbiedad alcanzada con el biocoagulante de semilla de moringa.</i>	52
<i>Figura 39. Cantidades de pH alcanzada con el biocoagulante de semilla de moringa.</i>	53
<i>Figura 40. Cantidades de conductividades alcanzadas con el biocoagulante de semilla de moringa.</i>	55
<i>Figura 41. Cantidades de turbiedad alcanzada con el biocoagulante de semilla de tamarindo.</i>	57
<i>Figura 42. Cantidades de pH alcanzada con el biocoagulante de semilla de tamarindo.</i>	58
<i>Figura 43. Cantidades de conductividades alcanzadas con el biocoagulante de semilla de tamarindo.</i>	60
<i>Figura 44. Cantidades de turbiedad alcanzada con el biocoagulante de almidón de yuca.</i>	62
<i>Figura 45. Cantidades de pH alcanzada con el biocoagulante del almidón de yuca.</i>	63
<i>Figura 46. Cantidades de conductividades alcanzadas con el biocoagulante de almidón de yuca.</i>	65
<i>Figura 47. Cadena de custodia</i>	81
<i>Figura 48. Registro de la efectividad del coagulante de semilla de moringa</i>	82
<i>Figura 49. Registro de la efectividad del coagulante de semilla de tamarindo</i>	83
<i>Figura 50. Registro de la efectividad del coagulante de yuca.</i>	84
<i>Figura 51. Mapa georreferenciado con la ubicación de los puntos de muestreo del agua residual doméstica.</i>	85
<i>Figura 52. Evaluación del primer experto sobre el primer instrumento.</i>	86
<i>Figura 53. Evaluación del primer experto sobre el segundo instrumento.</i>	87
<i>Figura 54. Evaluación del primer experto sobre el tercer instrumento.</i>	88
<i>Figura 55. Evaluación del primer experto sobre el cuarto instrumento.</i>	89

Figura 56. Evaluación del segundo experto sobre el primer instrumento.	90
Figura 57. Evaluación del segundo experto sobre el segundo instrumento.....	91
Figura 58. Evaluación del segundo experto sobre el tercer instrumento.	92
Figura 59. Evaluación del segundo experto sobre el cuarto instrumento.	93
Figura 60. Evaluación del tercer experto sobre el primer instrumento.....	94
Figura 61. Evaluación del tercer experto sobre el segundo instrumento.	95
Figura 62. Evaluación del tercer experto sobre el tercer instrumento.	96
Figura 63. Evaluación del tercer experto sobre el cuarto instrumento.	97
<i>Figura 64. Permiso para ingresar a la PTAR Nueva Estrella.</i>	<i>98</i>
Figura 65. Resultados de los 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L de coagulante de moringa.	99
Figura 66. Resultados de los 200 mg/L, 250 mg/L y 300 mg/L de coagulante de moringa.	99
Figura 67. Resultados de los 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L de coagulante de tamarindo.	99
Figura 68. Resultados de los 200 mg/L, 250 mg/L y 300 mg/L de coagulante de tamarindo.	100
Figura 69. Resultados de los 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L de coagulante de yuca.....	100
Figura 70. Resultados de los 200 mg/L, 250 mg/L y 300 mg/L de coagulante de yuca....	100
Figura 71. Resultados de la muestra.	101

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la eficacia de biocoagulantes en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025. **Metodología:** Se han muestreado 20 litros de efluentes dentro de la PTAR Nueva Estrella. Se preparó el polvo de tamarindo mediante la adquisición de dos kilogramos del fruto, la remoción de semillas, secado a 70 °C, pulverizado y tamizado. El almidón de yuca se obtuvo por medio de la compra de 1.5 kilogramos de yuca, pelado, fragmentación en trozos, calentamiento a 65 °C, licuado, centrifugación, secado a 60 °C y triturado. Se compraron dos kilogramos de semilla de moringa, se limpiaron con agua destilada, se secaron en el sol, se han extraído sus aceites y se tamizó el polvo. De las disoluciones madre de cada biocoagulante se pipetearon 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 y 15 mL y se incorporaron a vasos llenos con un litro de efluente. Se agitaron los vasos a 100 rpm por dos minutos y luego cambiamos la velocidad a 30 rpm por veinte minutos. **Resultados:** Las muestras de agua residual presentaban una turbidez de 1000 UNT, 7.18 de pH y 6312 uS/cm de conductividad. Además, 300 mg/L del coagulante de moringa dieron un efluente con turbidez de 25 UNT, conductividad de 2241 uS/cm y pH de 7.27. También, 300 mg/L del coagulante de tamarindo dieron un efluente con turbidez de 124 UNT, conductividad de 2343 uS/cm y pH de 7.23. La concentración de 300 mg/L del coagulante de almidón de yuca dieron un efluente con una turbidez de 40.7 UNT, conductividad de 2145 uS/cm y pH de 7.35. **Conclusiones:** Los biocoagulantes fueron eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la PTAR Nueva Estrella de Huaral permitiendo su disposición para actividades de riego de cultivos.

Palabras clave: Biocoagulante, efluente doméstico, prueba de jarras, almidón.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the efficacy of biocoagulants in the physicochemical treatment of domestic wastewater at the Nueva Estrella wastewater treatment plant in Huaral during the year 2025. **Methodology:** Twenty liters of effluent were sampled from the Nueva Estrella WWTP. Tamarind powder was prepared by purchasing two kilograms of the fruit, removing the seeds, drying it at 70 °C, pulverizing it, and sieving it. Cassava starch was obtained by purchasing 1.5 kilograms of cassava, peeling it, breaking it into pieces, heating it to 65 °C, liquefying it, centrifuging it, drying it at 60 °C, and grinding it. Two kilograms of moringa seeds were purchased, cleaned with distilled water, sun-dried, their oils were extracted, and the powder was sieved. From the stock solutions of each biocoagulant, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, and 15 mL were pipetted and incorporated into beakers filled with one liter of effluent. The beakers were shaken at 100 rpm for two minutes and then the speed was changed to 30 rpm for twenty minutes. **Results:** The samples presented a turbidity of 1000 NTU, 7.18 pH, and 6312 uS/cm conductivity. In addition, 300 mg/L of the moringa coagulant gave an effluent with turbidity of 25 NTU, conductivity of 2241 uS/cm, and pH of 7.27. Also, 300 mg/L of the tamarind coagulant gave an effluent with turbidity of 124 NTU, conductivity of 2343 uS/cm, and pH of 7.23. A concentration of 300 mg/L of cassava starch coagulant gave an effluent with a turbidity of 40.7 NTU, conductivity of 2145 uS/cm, and pH of 7.35. **Conclusions:** The biocoagulants were effective for the physicochemical treatment of domestic wastewater at the Nueva Estrella de Huaral WWTP, allowing its disposal for crop irrigation activities.

Keywords: Biocoagulant, domestic effluent, jar test, starch.

INTRODUCCIÓN

Vargas et al. (2024) manifiesta que el utilizar efluentes crudos para el riego de cultivos dentro de regiones con tendencia constante de sequías o donde persistan muchos conflictos entre varios sectores de la economía por falta de acceso a agua limpia se ha vuelto un factor de riesgo que ocasiona la polución de los ecosistemas y compartimentos medioambientales. Mediante el regado con esos efluentes se entrega materiales orgánicos tóxicos para la microfauna edáfica, se liberan trazas de elementos metálicos bioacumulables y menora la calidad de los beneficios brindados por los suelos principalmente el desarrollo de alimentos de forma segura pues la probabilidad de que las plantas hayan almacenado contaminantes y los mismos se depositen en el organismo humano es elevada.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

De acuerdo a Aqua Systems (2024) a nivel mundial cada uno de nosotros en nuestros domicilios hacemos uso del agua ya sea para la limpieza de la comida, el lavado de los utensilios de cocina, el lavado de la vestimenta, aseo del piso, en las bañeras, en inodoros, etc. Las consecuencias de dicho uso son la formación de aguas servidas domiciliarias. En promedio, un ciudadano requiere poco más de 130 litros al día de agua en su vivienda y si multiplicamos esa cantidad por el número de pobladores de una gran zona urbanizada las cifras de aguas residuales que se obtienen son preocupantes, pero si también añadimos que el 70% de esa categoría de residuo líquido a nivel mundial no es tratado eficientemente el riesgo ambiental en ecosistemas terrestres y marinos se vuelve significativo.

Dentro de Latinoamérica, Cardona *et al.* (2024, p. 154) asegura que el 53% de volumen de efluentes generados por los domicilios terminan reciclados dentro del ámbito agrícola trayendo consigo una mejora en la salud antrópica, en la conservación ecológica y en el apartado monetario. Esta opción se ha transformado en una serie de oportunidades para aquellas zonas donde la presencia de agua dulce tanto en ríos como en lagos va decayendo periódicamente ya sea por el abrupto cambio del clima o porque las fuentes están totalmente polucionadas. Al ser la agricultura el sector que consume más de la mitad del agua dulce disponible en el territorio, la carga nutricional con la que cuentan los efluentes domiciliarios permitirían un incremento en la producción de frutos y verduras prescindiendo de los sistemas de fertilización tradicional.

En el contexto nacional, el INEI (2022, p. 394) declaró que la liberación de aguas servidas domiciliarias sin depurarse mediante uso de microorganismos, acciones químicas e incorporación de productos químicos durante el año 2021 sufrió un aumento del 60% debido a la mayor presencia de población en ciudades como Lima, Arequipa, Junín, Cajamarca y La Libertad.

La PTAR Nueva Estrella ubicada en Huaral apareció con la misión de remediar la carga contaminante presente en los efluentes domiciliarios de los pobladores y ofrecer agua con una composición tal que no comprometerá el equilibrio del cuerpo de agua donde se hace la descarga ni las labores agrícolas de las zonas circundantes. Sin embargo, en los últimos años dicha instalación está presentando problemas para mantener el servicio debido a los costos que

se requieren para la adquisición de grandes cantidades de coagulantes como el sulfato de aluminio o el cloruro férrico vitales para ejecutar un correcto tratamiento primario. (Plataforma del Estado Peruano, 2025)

Asimismo, Ojeda Guzzini (2015, p. 376) especifica que los coagulantes tradicionales añadidos en la depuración primaria no son del todo ventajosos puesto que los lodos producidos presenten problemas para depositarse en la parte más baja del reactor, requieren combinarse con carbón activado o cal para mejorar la efectividad y los restos de los precipitados de aluminio disuelto que ingieren los consumidores constituyen un factor de riesgo para el desarrollo de alzheimer.

En consecuencia de lo descrito previamente, a través de este estudio tenemos la intención de examinar el comportamiento de las semillas de moringa, las semillas de tamarindo y la yuca como potenciales agentes coagulantes de las aguas residuales domésticas presentes en el reactor primario de la PTAR Nueva Estrella. Para ello, serán monitoreados los parámetros de turbidez, pH y conductividad eléctrica del agua.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Los biocoagulantes son eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo influye la concentración del coagulante de semilla de moringa en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?

¿Cómo influye la concentración del coagulante de semilla de tamarindo en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?

¿Cómo influye la concentración del coagulante de yuca en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la eficacia de los biocoagulantes en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

1.3.2. Objetivos específicos

Verificar la influencia de la concentración del coagulante de semilla de moringa en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

Verificar la influencia de la concentración del coagulante de semilla de tamarindo en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

Verificar la influencia de la concentración del coagulante de yuca en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

1.4. Justificación de la investigación

En los años 2017 a 2021, el tratamiento de desechos orgánicos mediante compostaje hecho por 742 municipios del Perú permitió minimizar la formación de 24000 toneladas de compuestos gaseosos asociados al agravamiento del cambio climático. Todo ello con el propósito de lograr un cumplimiento del tercer compromiso del Programa de Incentivación al Mejoramiento de la Gestión Pública Municipal. Entre los desechos valorizados se encuentran las cáscaras de papa, cáscaras de yuca, comida sobrante, verduras en putrefacción, cáscaras de huevo, etc. Por ello, lo deseable para nuestro gobierno es que se evite disponer los desechos orgánicos en las infraestructuras sanitarias autorizadas y se dé paso a la búsqueda de nuevas maneras para reciclarlos. (MINAM, 2024)

La aminoración de la turbidez contenida en los afluentes de la PTAR Nueva Estrella a través de coagulantes que provienen de desechos orgánicos como las semillas de moringa, semillas de tamarindo o yuca que no llegaron a consumirse favorecerá a los pobladores y agricultores de las zonas periféricas al brindarles un agua de mayor calidad, limpieza y sin la presencia de trazas de aluminio potencialmente dañinas para la cognición.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación temporal.

La investigación titulada "Evaluación de biocoagulantes para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella, Huaral" se extendió desde junio del año 2025 hasta octubre del año 2025.

1.5.2. Delimitación geográfica.

La presente investigación se ejecutó dentro de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Nueva Estrella cuyas coordenadas UTM son: 254237.77 Este y 8727009.57 Norte. Presentando una altitud de 348 m.s.n.m. El mapa se muestra en la figura 49.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales.

Ormaza et al. (2025) en su trabajo realizado en Ecuador, tuvieron como objetivo comparar la eficacia de un coagulante entre la yuca y el cloruro de hierro sobre la turbiedad de aguas residuales industriales. En primer lugar, se tomaron 35 litros de muestras en la entrada de unas lagunas de maduración de la empresa Portland. En segundo lugar, se elaboró el coagulante a partir de yucas en las mejores condiciones las cuales se lavaron, calentaron a 45 °C por 30 horas y se trituraron manualmente. En tercer lugar, el cloruro férrico con un alto grado de pureza se adquirió en una ferretería. En cuarto lugar, unos vasos de precipitado con 500 mL de muestra recibieron dosis de coagulante desde las 100 hasta los 2000 mg/L. Las condiciones de mezcla rápida han sido de 200 rpm por 10 minutos y para el caso del movimiento lento se usaron 30 rpm durante 5 minutos. Como resultados, la muestra tenía 189 NTU de turbidez, Mientras que las dosis de 100, 200, 500, 800, 900, 1000, 1500 y 2000 mg/L de cloruro férrico alcanzaron una turbiedad de 30, 15.5, 6.2, 11.9, 27.1, 3, 51.8 y 50.5 UNT. Además, las dosis de 100, 200, 500, 800, 900, 1000, 1500 y 2000 mg/L de coagulante de yuca alcanzaron una turbiedad de 7.4, 5.5, 8, 6.1, 7.6, 4.8, 4.8 y 4.6 UNT. Como conclusión, el coagulante natural demostró una mayor capacidad para mejorar la calidad del agua turbia presente en la laguna.

Poveda Ocaña (2024) en su tesis elaborada en Ecuador, tuvo como objetivo identificar las propiedades coagulantes de la moringa sobre efluentes de la empresa Marianita. En esta investigación primero se recolectaron seis litros de muestras de agua residual dentro de un tacho del mismo volumen. Luego, se preparó el coagulante de moringa mediante las fases de pelado de fruta, extracción de semillas, calentamiento de las semillas a 80 °C, triturado manual y tamizaje del polvo conseguido. Después, se hizo el ensayo de jarras donde se introdujeron dosis de 20, 25, 30, 35, 40 y 45 mg/L de coagulante natural en la parte superior de vasos de precipitado que contenían 500 mL de muestra y se consideró en cuenta una velocidad de agitación de 40 rpm por 15 minutos. Como resultados, la cantidad inicial de turbidez del efluente fue 50 NTU. Además, la aplicación de las dosis de 20, 25, 30, 35, 40 y 45 mg/L del producto natural redujeron la turbidez a 7.1, 6.87, 5.3, 5.02, 4.67 y 4.1 NTU. Como

conclusión, los tratamientos con el coagulante han disminuido la carga contaminante del agua a niveles aceptables por la norma 1108:2011.

Vargas et al. (2024) en su tesis ejecutada en México, tuvieron como objetivo analizar la eficiencia floculante del tamarindo sobre agua turbia creada artificialmente. La metodología comenzó preparando el coagulante mediante el quitado de las cáscaras al tamarindo, desinfección de las semillas, enjuague en agua destilada por un día, secado en estufa a 80 °C por 8 horas, molienda y trituración. Luego, se sintetizó el agua turbia mediante la disolución de 10 gramos de arcilla en un litro y se homogeneizó la mezcla. Para finalizar, se incorporaron las dosis de 30, 50 y 80 mg/L del coagulante de tamarindo dentro de 3 vasos de precipitado con un litro de muestra y fueron realizadas: Un mezclado rápido de 100 rpm por 60 segundos, una agitación pausada de 40 rpm por 20 minutos y media hora de sedimentación. Como resultados, la muestra preparada presentaba una turbidez de 266.67 UNT y un pH de 8.18. La dosis de 30 mg/L del coagulante hizo que la turbidez del agua bajara hasta 59.5 UNT y tuvo un pH de 8.34. Además, la dosis de 50 mg/L del coagulante hizo que la turbidez del agua se redujera hasta 60.43 UNT y tuvo un pH de 8.42. Mientras que la dosis de 80 mg/L de coagulante hizo que la turbidez del agua baje hasta 73.43 UNT y tuvo un pH de 8.41. Como conclusión, la dosis más pequeña empleada fue efectiva para quitar de manera considerable la turbidez del fluido sintético.

Cruz Ventura (2020) en su tesis elaborada en Colombia, tuvo como objetivo aplicar un coagulante de tamarindo sobre aguas servidas domiciliarias del centro poblado Soritor. En primer lugar, se han recogido 50 litros de muestra y se analizaron sus parámetros más complejos en un laboratorio. En segundo lugar, fueron adquiridas las frutas en un mercado cercano, se extrajeron las semillas, se trituraron dichas semillas y atravesaron un filtro pequeño. Por último, se hizo la técnica de jarras vertiendo 1, 2, 3, 4, 5 y 6 mg/L del coagulante a vasos de precipitado llenos con 2 litros muestra. Se hizo una mezcla rápida de 100 rpm durante 60 segundos, luego se disminuyó la velocidad a 30 rpm por 10 minutos. Como resultados, se mencionó que los efluentes domiciliarios contenían: 300 NTU de turbidez, 33 mg/L de DQO y 7.8 de pH. Mientras que las dosis de 1, 2, 3, 4, 5 y 6 mg/L de coagulante minimizaron la turbiedad hasta valores de 149.6, 156.9, 165.9, 165.9, 134.7 y 168.9 UNT. Se concluyó que el producto disminuyó considerablemente la turbidez del efluente doméstico.

Fernández y Ruiz (2020) en su tesis elaborada en Colombia, tuvieron como objetivo hallar la dosis adecuada de un coagulante a base de tamarindo y de alumbre necesaria para mitigar la turbidez de aguas servidas. En primer lugar, el recojo de las muestras se llevó a cabo respetando las indicaciones del manual de monitoreo de estaciones depuradoras de aguas residuales. En segundo lugar, para elaborar el coagulante de tamarindo fue necesario dejar remojar las semillas durante 5 días, secar las semillas húmedas en una estufa a 80 °C por 15 horas y fragmentar las semillas con un mortero. En tercer lugar, fue realizada la operación de jarras donde se combinaron las aguas servidas presentes en vasos de precipitado de un litro con las dosis de 5, 10 y 15 mg/L del producto. Las condiciones tomadas en cuenta para el mezclado fueron: 100 rpm por 2 minutos y 30 rpm por 20 minutos. Como resultados, el agua servida al inicio tenía una turbidez de 226 UNT, 26.3 °C de temperatura y 6.8 de pH. Asimismo, las dosis de 5, 10 y 15 mg/L de coagulante natural permitieron que la opacidad del agua baje hasta 136.67, 130.33 y 172 UNT. Por otro lado, las dosis de 5, 10 y 15 mg/L del alumbre permitieron que la opacidad del agua baje hasta 48.47, 57.43 y 39.87 UNT. Como conclusión, las dosis de 10 mg/L del coagulante de tamarindo y 15 mg/L del alumbre fueron las más eficaces para disminuir la turbiedad de las muestras.

2.1.2. Investigaciones nacionales.

Gomez y Marin (2024) en su tesis elaborada en Lima, tuvieron como objetivo determinar la eliminación de turbidez de los efluentes domésticos de la PTAR Huachog mediante la ayuda de un coagulantes de moringa. Inicialmente, se preparó el coagulante mediante el lavado de las semillas con agua, su quebrado con un mortero, su tamizado, su mezclado con alcohol, su secado a 110 °C por 1 día. Mientras que para el coagulante de tuna fue necesario pelar la penca, cortarla y secarla a 120 °C por 1 día. Después, durante el método de jarras se añadieron dosis de 10, 20 y 30 mg/L del coagulante dentro de los vasos de precipitado llenos con 1 litro de muestra. La rapidez de mezclado rápido fue de 200 rpm por 60 segundos y la ralentizada fue de 60 rpm por 10 minutos. Los resultados indicaron que la turbiedad del efluente al principio era de 60 UNT. Las dosis de 10, 20 y 30 mg/L del coagulante de moringa hicieron que el agua obtenga una turbidez de 6.17, 4.36 y 4.26 UNT. También, las dosis de 10, 20 y 30 mg/L del coagulante de tuna hicieron que el agua obtenga una turbidez de 8.68, 6.89 y 6.76 UNT. En conclusión, la semilla de moringa demostró una capacidad más efectiva para reducir la turbidez de los efluentes domiciliarios.

León Palacios (2024) en su tesis elaborada en Huamanga, tuvo como objetivo analizar la aplicación de un coagulante de moringa sobre aguas de lluvia para volverlas adecuadas para consumo humano. En primer lugar, se recopilaron 92 litros de agua pluvial en un recipiente de plástico en una zona donde las precipitaciones son muy frecuentes. En segundo lugar, se preparó el coagulante de moringa del siguiente modo: Limpieza, pelado de la semilla, tritución en mortero, extracción del aceite con prensa mecánica, calentamiento en horno a 55 °C, tamizaje y dilución de 1 gramo de polvo dentro de 0.1 L de agua destilada. En tercer lugar, diez vasos de precipitado de un litro se llenaron con la muestra y se les agregaron dosis de coagulante de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 mg/L. En cuarto lugar, se programó una velocidad de agitado turbulento de 200 rpm por 2 minutos y pasado ese periodo se bajó la velocidad a 40 rpm por 20 minutos. Los resultados del laboratorio sobre la calidad inicial de las muestras indican: Turbidez de 7.6 NTU, pH de 6 y 24 uS/cm de conductividad eléctrica. Mientras que las dosis de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 mg/L eliminaron la turbidez hasta las concentraciones de 6.42, 5.4, 4.94, 5.01, 5.08, 5.12, 5.18, 5.28, 5.36 y 5.42 UNT respectivamente. Se concluyó que la tercera dosis obtuvo los resultados más bajos de turbidez alcanzando un 56.13% de remoción.

Padilla y Velarde (2023) en su tesis elaborada en Huacho, tuvieron como objetivo conocer el impacto de un coagulante a base de yuca y otro a base de moringa para la remoción de turbidez de aguas servidas domésticas. En esta investigación primero se recopilaron diez litros de muestras de agua residual dentro de una vivienda perteneciente al sector conocido como Sevilla en la campiña de Huacho. Luego, se ha elaborado el coagulante yuca mediante el quitado de la cáscara, cortado en trozos, reposo en agua caliente, triturado, filtrado, centrifugación a 3000 rpm por veinte minutos y aplastamiento con mortero. Después, se preparó el coagulante de moringa mediante la compra de las semillas, descascarado de las semillas, ruptura con mortero y filtrado en tamiz malla 50. Por último, en unos vasos de precipitado llenos con 0.25 litros de muestra se utilizó una única concentración de 800 mg/L con el coagulante de moringa y 750 mg/L para el caso del coagulante de yuca. Como resultados, las propiedades del agua residual fueron las siguientes: pH de 7.83, conductividad eléctrica de 196 uS/cm y turbidez de 68.9 UNT. Además, la aplicación de los 800 mg/L del coagulante de moringa disminuyeron la turbidez hasta las 2 UNT. Mientras que los 750 mg/L del coagulante de yuca redujeron la turbidez hasta las 62 UNT. Como conclusión, el

coagulante de moringa logró una eliminación de turbidez muy superior a la del coagulante de yuca teniendo sus resultados una conformidad con las normativas de calidad ambiental.

Prieto y Salvador (2021) en su tesis ejecutada en Jaén, tuvieron como objetivo eliminar la turbiedad del agua del canal Progreso a través de su coagulación con almidón de yuca y plátano. La metodología al inicio consistió en la recolección de treinta litros de muestra cerca de la entrada del canal. Continuando, se produjo el coagulante de yuca mediante los pasos: Quitado de la cáscara, lavado, cortado, licuado, tamizado, centrifugación, refrigerado y secado a 184 °C por 24 horas. Luego, también se obtuvo el coagulante de plátano mediante la secuencia: Remoción de cáscara, enjuagado con agua destilada, triturado, tamizaje, congelado por 12 horas, centrifugado a 900 rpm por 20 minutos y secado a 200 °C. Después, se agregaron las dosis de 20, 40, 60 y 80 mg/L de coagulante de yuca a los vasos de precipitado de un litro y se agitó a 25 rpm por 15 minutos. Un proceso parecido se ejecutó con el coagulante de plátano. Como resultados, el agua del canal presentaba: pH de 6.94, 185.1 uS/cm de conductividad eléctrica y una turbidez de 568.5 NTU. Por otro lado, el coagulante de yuca con 40 mg/L hizo que el agua obtenga una turbidez de 2.98 UNT y el coagulante de plátano con 40 mg/L hizo que el agua obtenga una turbidez de 1.47 UNT. Como conclusión, con ambos coagulantes hubo una disminución eficaz de turbiedad del agua y los resultados cumplen con el estándar para calidad de agua (D.S. N° 014-2017-MINAM).

Irigoin y Monteza (2020) en su tesis llevada a cabo en Lambayeque tuvieron como objetivo quitar la turbidez del efluente del canal Ortiz a través del uso de un coagulante de tamarindo. La metodología de este estudio experimental al comienzo consistió en preparar el coagulante y para ello fue necesario remover cuidadosamente las semillas de tamarindo, remojarlas en agua durante seis días para debilitar la membrana café que cubre la semilla, exposición a luz solar por 24 horas, calentamiento en estufa a 70 °C durante 10 horas, ruptura dentro de pulverizador manual y filtrado del polvo blanco. Luego, se han captado 12 litros de efluente del canal dentro de un envase plastificado y se llevaron al laboratorio de química de la Universidad Pedro Ruiz Gallo. Después, cada vaso de precipitado ha sido llenado con un litro de muestra y se procedió a añadirles las dosis de 200, 400 y 600 mg/L del coagulante. Se utilizaron las siguientes condiciones: 100 rpm de velocidad rápida por 2 minutos y 30 rpm de mezclado lento por 20 minutos. Como resultados, la muestra del canal presentaba una turbidez inicial de 223 UNT, 3.37 uS/cm de conductividad y un pH de 7.4. Las dosis de 200, 400 y 600 mg/L del

producto alcanzaron un nivel de turbidez de 193, 178 y 162 UNT respectivamente. En conclusión, la concentración más alta de coagulante natural logró la mejor remoción de turbidez.

2.2. Bases teóricas

Coloides

De acuerdo a Marín Galvín (2019, p. 180), los coloides son materiales caracterizados por su configuración estructural complicada y diminuto tamaño que abarca entre los 0.001 a 1 μm , con cargas de signo negativo dispuesta por toda su envoltura superficial, de actividad errática y con una marcada tendencia por reaccionar reversiblemente con compuestos de carga opuesta a la suya. Su presencia en cantidades elevadas es la que le imparte una notoria turbidez a un cuerpo de agua.

Tabla 1. Tiempo de sedimentación aproximado de los coloides en un reactor de un metro

Tiempo de sedimentación aproximado de los coloides en un reactor de un metro

Tamaño del coloide (μm)	Rapidez de decantación
10 a 1	1 milímetro por hora
1 a 0.1	1 milímetro al día
0.1 a 0.001	1 milímetro al año

Nota. Obtenido de Ojeda Guzzini (2015, p. 358).

Mecanismos de coagulación de los coagulantes naturales

Contracción de la doble envoltura eléctrica

Arboleda *et al.* (2023, p. 42) comenta que una partícula coloidal con carga negativa al encontrarse suspendida dentro del medio acuático se encuentra acorralada por elementos catiónicos disueltos en el agua, creando así una estructura compleja equilibrada y estable que consiste en una envoltura catiónica en la parte exterior y una envoltura negativa en la cubierta del coloide. Debido a esto, para destruir esa armonía se incorporan moléculas con grupos funcionales químicos de una carga antagónica al de la partícula coloidal y con ello se puede atenuar la potencia de alejamiento que ejercen 2 partículas con doble envoltura cercanas. Al final, cuando se vayan aproximando más ambas lograrán aglomerarse.

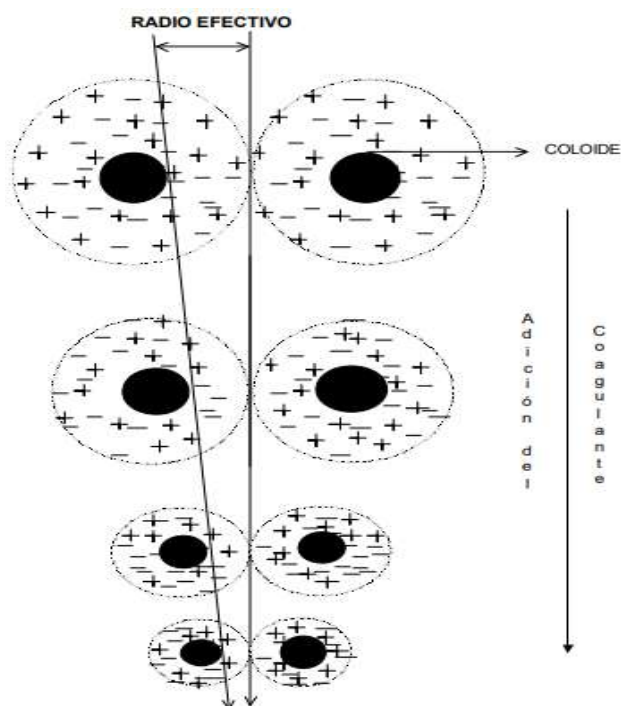


Figura 1. Modelo de contracción de doble envoltura coloidal. Obtenido de Díaz (2019)

Formación de puentes poliméricos

Gennaro (2003, p. 369) considera que la efectividad de una molécula polimérica como agente de coagulación está en función de factores como: Atracción electroquímica con la partícula coloidal, peso molecular, múltiples sitios activados, tipo y cantidad de carga. Una vez incorporadas en el líquido, los sitios activos presentes en las ramificaciones de las moléculas poliméricas se engancharán a la envoltura exterior de las partículas coloidales estableciendo conexiones de tipo reversibles.

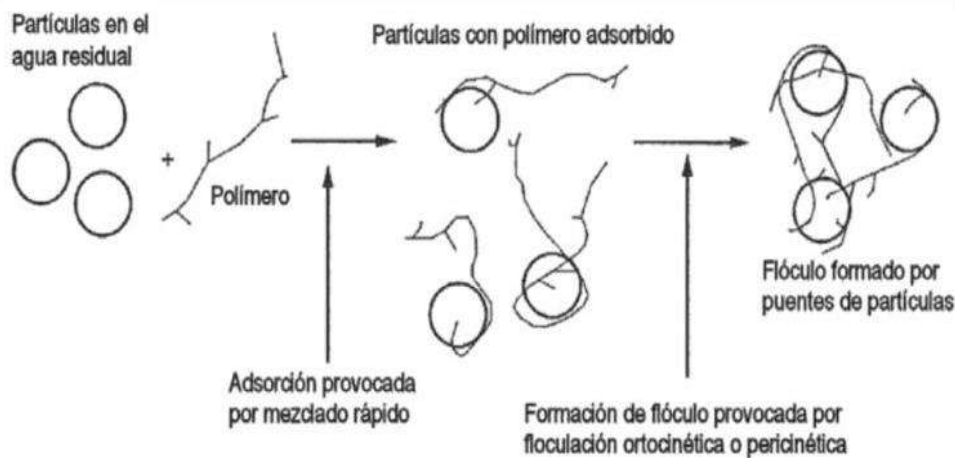


Figura 2. Génesis de flóculos por acción de polímeros. Obtenido de Jiménez (2001)

Tipos de floculación

Floculación pericinética: Para López y Calderón (2017, p. 215), la floculación pericinética surge cuando un coloide cuya carga fue nulificada por un coagulante choca con las moléculas de agua como si se tratase de un pinball en miniatura. Durante esos choques, la partícula cambia su dirección de desplazamiento y en algún punto es probable que interactúe con otra partícula neutra aglomerándose en el proceso. Este tipo de floculación tiene una pésima eficiencia.

Floculación ortocinética: López y Calderón (2017, p. 215) comentan que a diferencia de la floculación pericinética muy dependiente del azar y cuyo rendimiento es bajo, la floculación ortocinética se logra con la contribución de un agitado intenso del fluido gracias a equipos tecnológicos conocidos como agitadores.

Aguas residuales domésticas

De acuerdo a Jiménez (2001, p. 163), el agua servida doméstica es un residuo líquido que aparece como resultado de las labores diarias en un domicilio. Sus propiedades son muy fluctuantes debido a los patrones de consumo de cada persona en particular. Su color característico es grisáceo.

Tabla 2. Componentes típicos de los efluentes domésticos

Componentes típicos de los efluentes domésticos

Componente	Cantidad
Sólido total (mg/L)	720
Sólido disuelto (mg/L)	500
Turbidez (UNT)	220
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	220
Demanda química de oxígeno (mg/L)	500
Carbono orgánico total (mg/L)	160
Nitrógeno total (mg/L)	40
Nitrógeno orgánico (mg/L)	15
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	25
Fósforo total (mg/L)	8
Aceites (mg/L)	100

Nota. Obtenido de Jiménez (2001, p. 163).

Tamarindo

Origen del tamarindo

Díaz Robledo (2004, p. 210) asegura que el tamarindo es un árbol de grandes dimensiones cuyo origen se ha determinado que fue dentro del continente africano. Comenzó a extenderse por varias regiones tropicales hasta llegar a la India donde gran parte de sus suelos estaban cultivados con la planta desde la prehistoria. A inicios del siglo XIV se comercializó por el continente europeo y asiático para tres siglos más adelante se popularizarse por todo el territorio americano.

Características botánicas del tamarindo

Raíz: Según Becerra Chavoya (2016, p. 16) el conjunto de raíces del árbol del tamarindo que se desarrollan horizontalmente y también llegan a capas del suelo muy profundas. Con el pasar de los años, las puntas de las raíces se van degradando por la escasa aireación que llega hasta esa sección del suelo.

Tallo: Para Ponce Salinas (2022, p. 6), el tallo de coloración gris tiene una altura comprendida entre los ocho a quince metros dependiendo de la edad y goza de ramificaciones muy duras de cortar. Su tronco tiene un radio que llega hasta los 0.8 metros y al ser talados liberan una sustancia viscosa y rojiza similar a la sangre.

Hoja: De acuerdo Ponce Salinas (2022, p. 5), las hojas son muy pequeñas pero se agrupan hasta alcanzar longitudes comprendidas entre seis a trece centímetros. Tienen un tono verdoso claro en su centro y se va oscureciendo mientras más llega a sus bordes.

Flor: Para Becerra Chavoya (2016, p. 16), las floraciones surgen de las ramas. Su anchura es de dos centímetros y su radio es de 2.2 centímetros. Se presentan en coloraciones amarillentas o rosadas.

Fruto: Saavedra Montenegro (2016, p. 11) afirma que los frutos empiezan a aparecer a partir de los ocho años de haber sido sembrada la semilla. Tienen forma curvilínea, presentan notables bultos en su superficie que son donde están guardadas las semillas. La extensión horizontal que alcanza se ubica entre los ocho a veinte centímetros y su anchura es generalmente de dos centímetros. Externamente cuenta con una cáscara de coloración marrón.

Semilla: Ponce Salinas (2022, p. 6) declara que dentro del fruto la semilla de coloración rojiza se mantiene rodeada por un fluido grasoso, viscoso y de color café. Se han llegado a encontrar

frutos de tamarindo con un máximo de doce semillas en su interior. En promedio, cada semilla tiene un radio de un centímetro y su textura es demasiado gruesa.



Figura 3. Morfología del tamarindo. Obtenido de Ponce Salinas (2022)

Moringa

Origen de la moringa

Mora y Gacharná (2015, p. 50) indican que la moringa es una planta proveniente de las montañas himalayas dentro del continente de Asia. En los años 2200 antes de Cristo llegó al continente americano a través de trueques entre comerciantes de España con pobladores filipinos. En el siglo XVIII ya habían plantaciones en territorio cubano y recién llegó al Perú a finales del siglo XX.

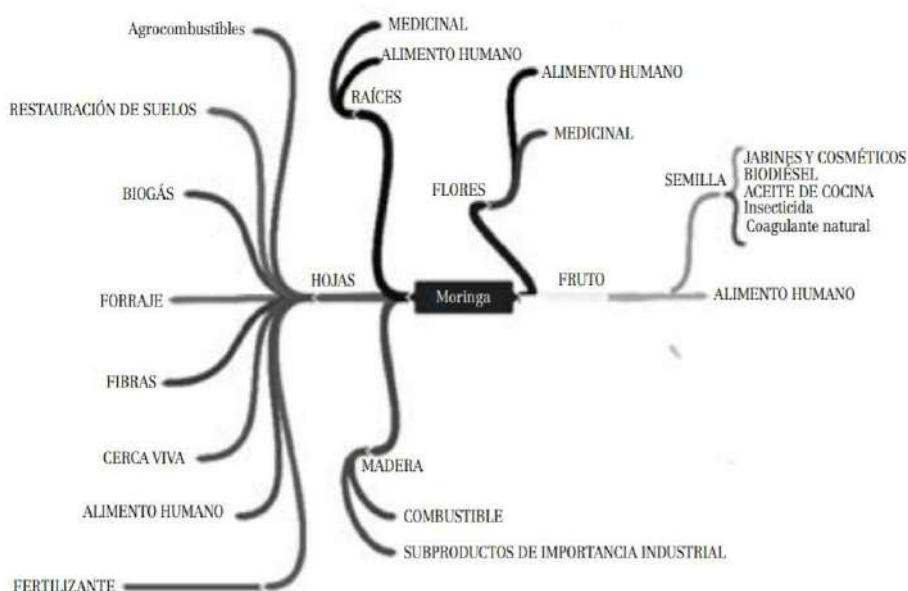


Figura 4. Utilidades de la moringa en el mundo. Obtenido de Liñán Tobias (2010).

Características botánicas de la moringa

Raíz: Mora y Gacharná (2015, p. 52) señala que las raíces tienen un importante rol culinario en muchos países. Sus ramificaciones son gruesas y alcanzan una profundidad considerable hacia zonas con excesiva agua, esa última característica sirve para que la planta soporte periodos de ausencia de precipitaciones.

Tallo: Liñán Tobias (2010, p. 132) afirma que los tallos tienen una altura considerable que se sitúa entre los siete a doce centímetros y el tronco cuenta con un radio de quince centímetros. Su tiempo de vida es bajo, siendo capaz de llegar hasta los veinte años.

Hoja: Bernabé Limones (2021, p. 5) manifiesta que cerca del 45% de la masa de las hojas de la moringa está constituida por proteínas. Su tonalidad es verdosa clara y son pequeñas pues solamente abarcan una extensión de entre treinta a sesenta centímetros.

Flor: Según Liñán Tobias (2010, p. 132), las flores que nacen del árbol de moringa presentan una coloración blanquecina y su centro es de color amarillo. Anualmente, es capaz de florecer en 2 ocasiones. Sus dimensiones son: Uno a tres centímetros de largo y un centímetro de ancho.

Fruta: Bernabé Limones (2021, p. 5) manifiesta que los frutos de color castaño son demasiados alargados llegando a longitudes entre veinte y cuarenta centímetros. La fruta se comienza a abrir más conforme va madurando.

Semilla: De acuerdo a López Córdova (2018, p. 18), las semillas son de color marrón, con forma similar a la de un globo y una masa individual aproximado de 0.3 gramos. Las semillas son reconocidas por el elevado contenido proteico que le otorga la facultad de reducir las partículas con cargas negativas al disolverse en una muestra de agua turbia. A ello se le suman sus efectos antibacterianos que le permiten mejorar todavía más la calidad del agua.



Figura 5. Morfología de la moringa. Obtenido de Bernabé Limones (2021).

Yuca

Origen de la yuca

Seminario (2004, p. 13) menciona que al momento de que los viajeros de Europa ingresaron al continente americano contemplaron plantaciones de yuca. Hay hipótesis de que el origen de la planta fue en Brasil pues la mayoría de variaciones ha sido encontrada ahí y luego empezó a distribuirse por todo el continente. Otras opiniones señalan a Venezuela como su sitio de proveniencia porque pudo ser transportada por los ríos del país hacia otras áreas de sudamérica.

Características botánicas de la yuca

Raíz: Montaldo (2007, p. 54) afirma que las gruesas raíces horizontalmente se extienden entre veinte a cuarenta centímetros y presentan un radio entre cuatro a ocho centímetros.

Tallo: Ospina (2002, p. 17) comenta que gracias al tallo es posible que la planta logre su reproducción. Una vez llegado a la madurez, su forma es completamente cilíndrica y el radio que presenta se ubica entre el rango de dos a seis centímetros. Puede presentarse en 3 colores diferentes que son: Grisáceo, púrpura y amarillento. Las ramas que brotan del tallo pueden ramificarse múltiples veces.

Hoja: Para Montaldo (2007, p. 54) las hojas presentan una morfología similar a la de una elipse contrayéndose en los extremos y contiene alrededor de 3 lóbulos. Pueden hallarse hojas con coloraciones verdosas.

Flor: Las flores son hermafroditas. Se presentan en coloraciones amarillentas. El tamaño de las flores femeninas es el doble que las masculinas. Las flores masculinas al momento de polinizarse caen al suelo y las femeninas continúan desarrollándose hasta transformarse en nuevos frutos. (Hinostroza y Cobefia, 2005, p. 9)

Fruto: Cuando la flor acaba de polinizarse el fruto tarda aproximadamente entre tres y cinco meses para desarrollarse plenamente. Su morfología es semejante al de un globo alargado con 0.5 a 1 centímetro de radio. Los tejidos externos e internos que la componen son muy rígidos. (Hinostroza y Cobefia, 2005, p. 9)

Semilla: Las semillas de la yuca tienen una figura semejante al de un huevo, su longitud ronda los diez milímetros, su anchura es de seis milímetros y su grosor es de cuatro milímetros. Su coloración es marrón con ligeras manchas grises. (Hinostroza y Cobefia, 2005, p. 9)

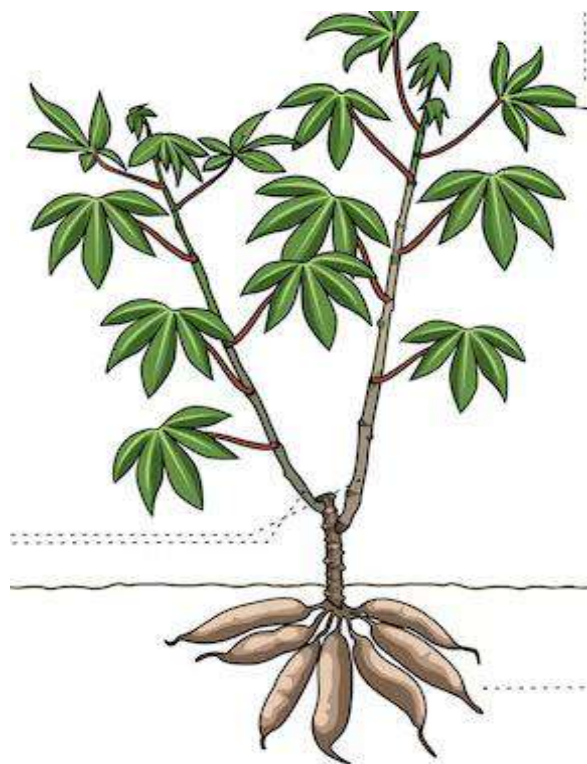


Figura 6. Morfología de la yuca. Obtenido de Montaldo (2007).

Almidón

Koolman y Heinrich (2004) aseguran que el almidón es un carbohidrato granulado de almacenamiento con amplia presencia en los cloroplastos, frutos, semillas y tallos de muchas plantas. El almidón puede llegar a representar hasta el 70% de masa de una papa y puede volverse soluble en el agua al someterse a un proceso de calentamiento. Las 2 fracciones que posee el almidón son la amilosa y la amilopectina donde la primera consiste en la unión de varias moléculas de glucosa en una estructura lineal y la segunda tiene menos glucosas unidas que la amilosa pero sí presenta una forma ramificada.

2.3. Bases filosóficas

De acuerdo a Moreno (1999, p. 111), el empirismo es una base filosófica que asegura que algunos conocimientos surgen por previas experiencias o vivencias acontecidas. Así, para la presente investigación se han planteado trabajar con seis dosis para cada coagulante natural, ya que en este tipo de experimentos más no siempre significa mejor y hay ocasiones en las que se puede lograr una remoción significativa de turbidez con únicamente pequeñas cantidades del producto.

2.4. Definición de términos básicos

Coagulación

“La coagulación es empleada para el retirado de aquellas partículas coloidales que se mantienen firmes dentro de un líquido y no sedimentarán en un plazo viable en las estaciones de depuración de efluentes” (Marín Galvín, 2019, p. 160).

Lodos

Orozco Jaramillo (2005, p. 318) señala que los lodos representan la parte sólida que estaba inicialmente suspendida en el agua servida y se pueden generar gracias a la aplicación de las técnicas de decantación, flotación o floculación. Los lodos deben someterse a un acondicionamiento previo antes de ser dispuestos en algún vertedero o también pueden reciclarse como abono dependiendo de su composición.

Polímeros

De acuerdo a Bailey (2001, p. 129), los polímeros son una mezcla de bastantes unidades conocidas como monómeros que se repiten en órdenes de centenas e incluso milésimas de veces y tienen una importancia relevante en múltiples actividades industriales.

Residuos sólidos

Ramírez Aza (2006, p. 275) comenta que los residuos en estado sólido son materiales generados por toda actividad humana cuyas características y funcionalidad se han degradado respecto a su utilidad original. Algunos pueden reintroducirse a la cadena de valor debido a su composición, mientras que otros deben ser dispuestos en terrenos baldíos e incluso ser incinerados cuando los métodos para recuperarlos sean inexistentes.

Sedimentación

Para Sette Ramalho (2021, p. 92), la sedimentación se practica en el ámbito de la depuración de aguas servidas para aclarar una muestra de agua. Esta técnica se vale de las diferencias entre las densidades de los materiales suspendidos y la densidad del fluido donde están contenidas esos materiales.

2.5. Hipótesis de investigación

2.5.1. Hipótesis general.

Ho: Los biocoagulantes no fueron eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

H1: Los biocoagulantes fueron eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

2.5.2. Hipótesis específicas.

Ho: La concentración del coagulante de semilla de moringa no influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

H1: La concentración del coagulante de semilla de moringa influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

Ho: La concentración del coagulante de semilla de tamarindo no influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

H1: La concentración del coagulante de semilla de tamarindo influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

Ho: La concentración del coagulante de yuca no influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

H1: La concentración del coagulante de yuca influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.

2.6. Operacionalización de las variables

Tabla 3. Operacionalización de variables estadísticas

Operacionalización de variables estadísticas

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Variables de estudio	Indicadores
V.I: Biocoagulantes	“Son productos provenientes de tejidos animales o de plantas con un potencial de carga mayor al de los agentes tradicionales que les sirve para nulificar la carga negativa de los coloides e insolubilizarlos” (Díaz Fernández, 2019, p. 105).	Seis dosis de los coagulantes a base de semilla de moringa, semilla de tamarindo y yuca serán disueltos en las muestras de agua residual doméstica.	Coagulantes hechos de semillas	Dosis de coagulante de moringa	mg/L
				Masa de polvo de semilla de moringa	g
				Dosis de coagulante de tamarindo	mg/L
				Masa de polvo de semilla de tamarindo	g
			Coagulante hecho de tubérculo	Dosis de coagulante de yuca	mg/L
				Masa de almidón de yuca	g
V.D: Aguas residuales domésticas	“Son residuos líquidos que aparecen como resultado de las labores diarias en un domicilio. Sus propiedades son muy fluctuantes debido a los patrones de consumo de cada persona en particular. Su color característico es grisáceo” (Jiménez, 2001, p. 163).	La turbidez, conductividad eléctrica y pH se medirán antes y después de los tratamientos con los tres coagulantes durante el ensayo de jarras.	Propiedades fisicoquímicas del agua	Turbidez	UNT
				Eficiencia de remoción de turbidez	%
				Conductividad eléctrica	uS/cm
				pH	Adimensional
			Prueba de jarras	Velocidad de mezclado rápido	Rpm
				Velocidad de mezclado lento	
				Periodo de sedimentación	Min

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Características de la investigación

Tipo de investigación: La investigación fue de tipo aplicada, puesto que se aprovecharon las propiedades de las semillas escogidas registradas en la literatura científica para impulsar un tratamiento fisicoquímico más óptimo dentro de la PTAR Nueva Estrella.

Nivel de investigación: Esta investigación fue explicativa, ya que se buscó conocer cómo repercuten los coagulantes sobre las propiedades del agua residual muestreada dentro de la PTAR Nueva Estrella.

Método de investigación: Fue una investigación inductiva debido a que se evaluaron los particulares con cada dosis del producto añadida a las muestras hasta llegar a una conclusión general.

Diseño de investigación: Para esta investigación se realizó un diseño experimental, porque se modificarán tres parámetros fisicoquímicos de las muestras.

Enfoque de investigación: Cuantitativo, al trabajarse con parámetros del agua cuyos resultados se expresan en valores numéricos.

3.1.2. Tratamientos

Se tuvo lugar 6 tratamientos y un control por cada coagulante. Las condiciones de turbiedad, conductividad y pH que presentaba la muestra fueron medidas antes y al final de los ensayos experimentales a través de la introducción de un multiparámetro calibrado en la parte media de los vasos de precipitado. Los experimentos que se desarrollaron se encuentran expuestos en la tabla 4.

Tabla 4. Detalles de los experimentos a realizarse con los 3 coagulantes naturales

Detalles de los experimentos a realizarse con los 3 coagulantes naturales

Número de tratamiento	Abreviatura	Descripción
0	T0	Muestra de agua residual (Control)
1	T1	1 L de muestra + 50 mg/L de coagulante
2	T2	1 L de muestra + 100 mg/L de coagulante
3	T3	1 L de muestra + 150 mg/L de coagulante
4	T4	1 L de muestra + 200 mg/L de coagulante
5	T5	1 L de muestra + 250 mg/L de coagulante
6	T6	1 L de muestra + 300 mg/L de coagulante

Nota. Elaboración propia.

3.1.3. Conducción del experimento.

Metodología para la obtención de las muestras

Se ingresó a la PTAR Nueva Estrella con todos los equipos necesarios para el muestreo, se averiguó las coordenadas del reactor de decantación primaria con un GPS, se abrieron los recipientes de un litro, fueron enjuagados los recipientes en tres ocasiones con un poco de agua residual y posteriormente fue completada su capacidad.



Figura 7. Equipos de monitoreo. Fuente: Propia.



Figura 8. Recojo de las muestras. Fuente: Propia.

Finalmente, se han colocado las etiquetas a cada recipiente, se guardaron en el cooler con hielo para su preservación más eficaz y se transportaron las muestras hasta el laboratorio de Aire y Ruido (Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión) para analizar sus características fisicoquímicas.



Figura 9. Guardando las muestras en el cooler. Fuente: Propia.

Preparación del coagulante de tamarindo

Para comenzar, se compraron dos kilogramos de tamarindo en el mercado modelo de Barranca y fueron llevadas al laboratorio de Aire y Ruido.

Se han extraído las semillas de la fruta, se golpeó ligeramente sus cascarillas y fueron enjuagadas las semillas en agua destilada por cinco días.



Figura 10. Extracción de las semillas de tamarindo. Fuente: Propia.



Figura 11. Enjuagando las semillas de tamarindo. Fuente: Propia.

Se retiraron las membranas que envolvían las semillas, tales semillas descascaradas tuvieron que secarse con la ayuda de luz solar por un día y luego en un horno configurado a 70 °C por doce horas.



Figura 12. Secado de las semillas con luz solar. Fuente: Propia.



Figura 13. Ingreso de las semillas en el horno. Fuente: Propia.

Las semillas secas fueron sometidas a un proceso de pulverización manual con ayuda de un pilón. El polvo blanco conseguido se filtró por un tamiz malla 60 para que los granos sean más homogéneos.

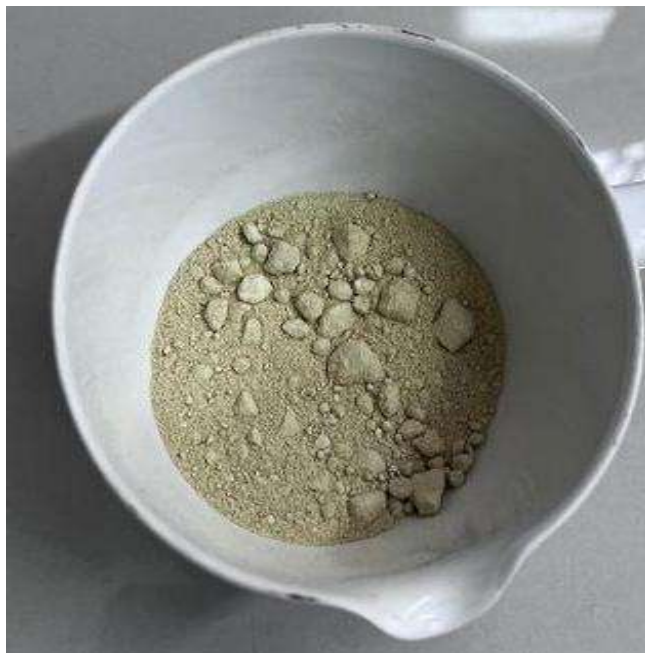


Figura 14. Molido de las semillas de tamarindo. Fuente: Propia.



Figura 15. Tamizado del polvo de tamarindo. Fuente: Propia.

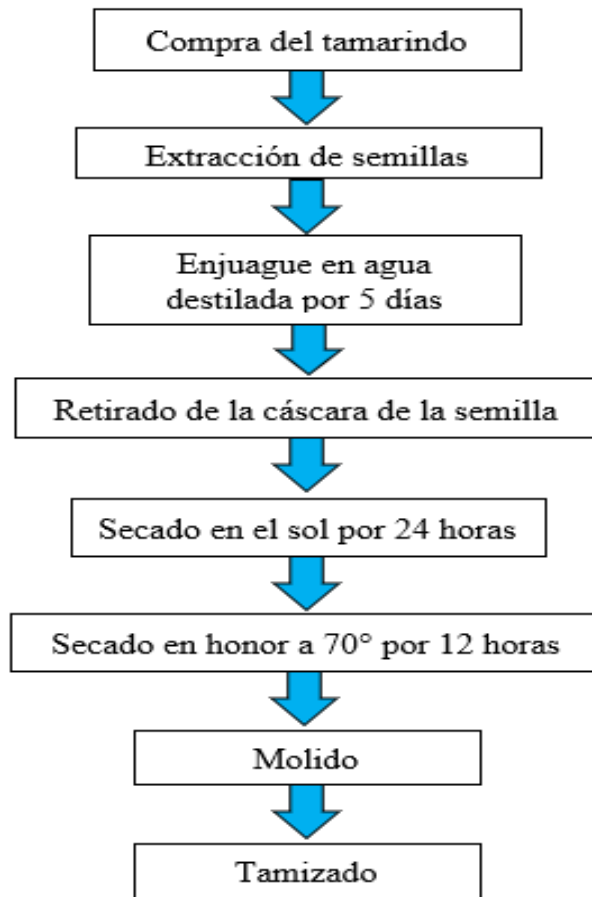


Figura 16. Flujograma de obtención de coagulante de tamarindo. Fuente: Propia.

Preparación del coagulante de yuca

Se comenzó con la adquisición de 1.5 kilogramos de yuca en el mercado Centenario de Huacho. Luego, retiramos las cáscaras, cortamos las yucas en fragmentos rectangulares y las añadimos dentro de una olla llena con agua a 65 °C. La proporción en volumen yuca/agua fue de 1 a 6.



Figura 17. Pelado de las yucas. Fuente: Propia.



Figura 18. Trozado de las yucas. Fuente: Propia.



Figura 19. Mezcla de la yuca con agua caliente. Fuente: Propia.

Cuando la yuca sumergida en el agua ha terminado de sancochar se vertió la mezcla dentro de una licuadora hasta apreciarse una considerable homogeneidad.



Figura 20. Licuado de la yuca. Fuente: Propia.

Culminado el licuado, el fluido obtenido fue filtrado en un tamiz de cocina y el líquido permaneció en reposo durante 4 horas. Pasado el periodo de reposo, se tuvo que extraer el sobrenadante y refrigerar el precipitado una noche entera.



Figura 21. Tamizado del líquido. Fuente: Propia.

Los sedimentos tuvieron que ser centrifugados a 3000 rpm por un cuarto de hora. Fue secado el almidón dentro de una estufa a 60 °C por un día entero. Finalmente, se aplastó el almidón con un mortero hasta volverlo polvo.



Figura 22. Uso de la centrifuga. Fuente: Propia.



Figura 23. Calentamiento en la estufa. Fuente: Propia.

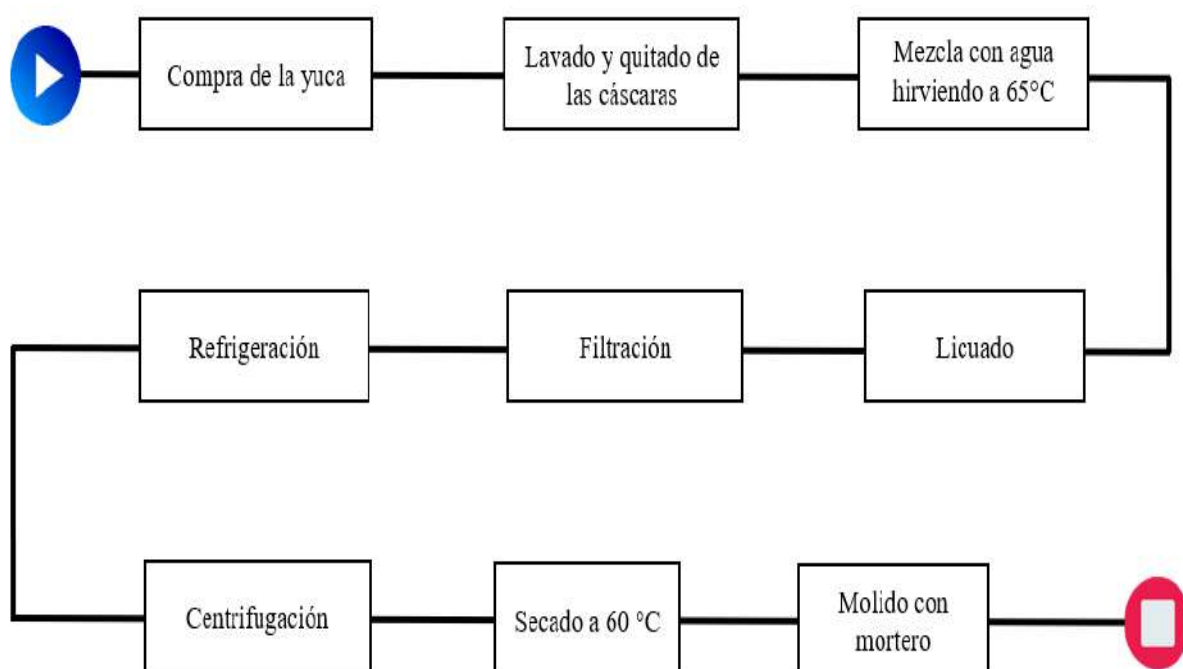


Figura 24. Flujograma de obtención de coagulante de yuca. Fuente: Propia.

Preparación del coagulante de moringa

Se inició con la adquisición de dos kilogramos de semillas de moringa dentro de un establecimiento perteneciente al mercado Centenario de Huacho.

En el taller de Aire y Ruido, se pelaron con un cuchillo las semillas, se dejaron las semillas húmedas expuestas al sol para secarlas y se quitaron sus cascarillas.



Figura 25. Cortado de las semillas de moringa. Fuente: Propia.

Las semillas sin cáscara fueron trituradas con un pilón. La harina obtenida se horneó a 65 °C por 6 horas. El polvo se envolvió en un paño de gasa donde fue aplastado manualmente hasta apreciar la liberación de una cantidad considerable de grasas.



Figura 26. Horneado de las semillas. Fuente: Propia.

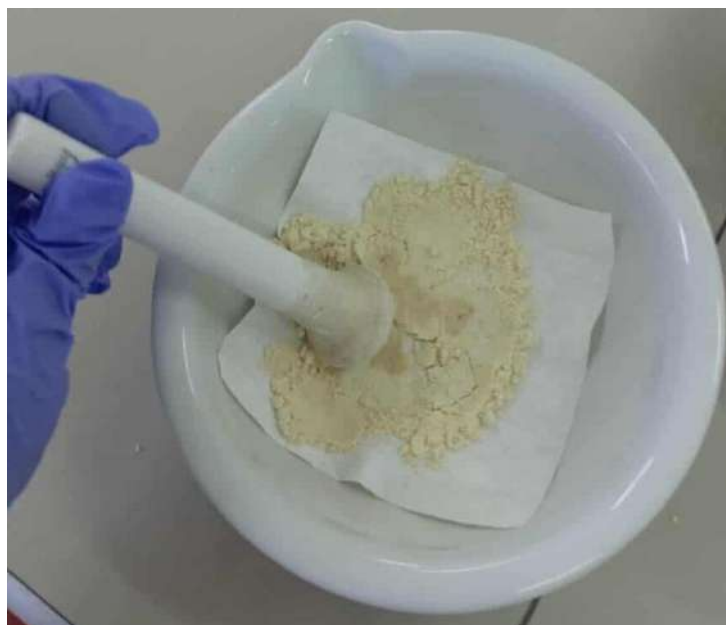


Figura 27. Extracción manual de aceites. Fuente: Propia.

El sólido aplastado pasó a través de un tamiz malla 60 con el propósito de uniformizar las partículas.



Figura 28. Tamizado del polvo de moringa. Fuente: Propia.

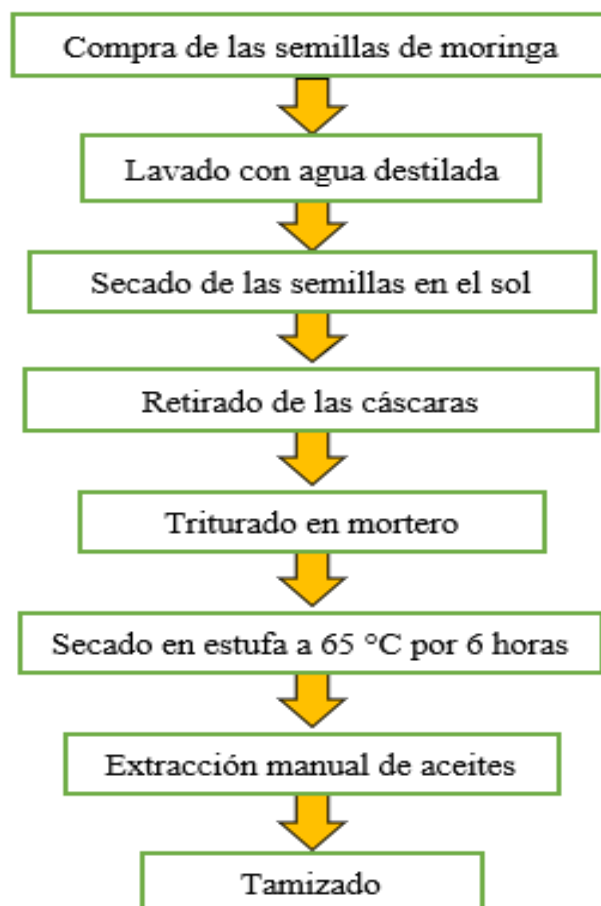


Figura 29. Flujograma de obtención de coagulante de moringa. Fuente: Propia.

Preparación de las soluciones madre de cada coagulante.

A través de una balanza de precisión, se pesaron cinco gramos de los tres polvos biocoagulantes. Cada polvo fue colocado en un matraz de 250 mililitros y se ocupó toda su capacidad con agua desionizada. Se agitó por cinco minutos cada matraz con una bagueta.



Figura 30. Pesado de los tres polvos en la balanza analítica. Fuente: Propia.



Figura 31. Soluciones madre del coagulante de tamarindo. Fuente: Propia.



Figura 32. Soluciones madre del coagulante de yuca. Fuente: Propia.



Figura 33. Soluciones madre del coagulante de moringa. Fuente: Propia.

Luego, para determinar la cantidad de solución madre que debía extraerse con una pipeta de vidrio para conseguir las concentraciones de 50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L tuvo que recurrirse a la fórmula $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$. Donde M_1 y M_2 representan las concentraciones del coagulante en el matraz y beaker respectivamente, mientras que V_1 y V_2 representan el volumen de la solución madre a extraer y el volumen de la muestra respectivamente. Entonces, fue necesario sacar con la pipeta 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 y 15 mL del líquido madre y añadirlo en los vasos de precipitado que contienen las muestras.

Aplicación de la prueba de jarras

El vaso de un litro lleno con la muestra tuvo que ser colocado arriba de un mezclador magnético, se configuró el equipo para que su velocidad de agitado sea de 100 rpm por 2 minutos y se añadieron las dosis de los coagulantes pre establecidas. Culminados los dos minutos, se modificó la velocidad a 30 rpm y giró así durante 20 minutos. Se dejó que los lodos sean depositados en la zona más baja del vaso de precipitado.



Figura 34. Comienzo de los experimentos. Fuente: Propia.

Se colocó la sonda del multiparámetro HI 7609829-4 en la parte media de cada vaso de precipitado evitando chocar con los sedimentos del fondo.



Figura 35. Uso del multiparámetro. Fuente: Propia.

Para el caso de la turbidez, el sensor negro del multiparámetro (figura 36) irradió luz LED infrarroja hacia el agua circundante y como existieron coloides hubo una dispersión de esa luz en varias direcciones. Un agujero situado en el sensor (fotodetector) registró la luz residual dispersada que llegó en un ángulo de 90° . Luego, el multiparámetro expresó la luz dispersada en lecturas de turbiedad. Ese mismo sensor negro también contó con un par de electrodos que aplicaron corriente eléctrica alterna entre ellos y esa corriente pasó rápidamente entre ellos indicando que había iones disueltos que actuaron como “puentes”. Entonces, el sensor evaluó la resistencia eléctrica entre la distancia y área de cada uno de esos dos electrodos para luego expresar los resultados en términos de conductividad a una temperatura estándar de 25°C .



Figura 36. Sensor de turbidez y conductividad en el multiparámetro Fuente: Propia.

Respecto al pH, otro sensor del multiparámetro (figura 37) presentó una membrana de vidrio con alta sensibilidad a los iones H^+ y cuando los iones H^+ del efluente tuvieron contacto con la capa de vidrio se formó un gradiente de potencial eléctrico. Luego, otra membrana de referencia (plata – cloruro de plata) llena con una dilución de cloruro de potasio ha dado un potencial eléctrico conocido sin importar las condiciones del medio. Entonces, el sensor midió el gradiente entre el potencial de la membrana de vidrio y el potencial de la membrana de referencia para así traducirla en lecturas de pH con apoyo de la ecuación de nernst.



Figura 37. Sensor de pH en el multiparámetro (color amarillo y rojo). Fuente: Propia.

Al finalizar la lectura de todos los resultados, tuvieron que bañarse los sensores del multiparámetro con agua desionizada y secarse con papel tisú.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población del presente estudio fue todo el volumen de aguas residuales domésticas que se encuentran en el reactor primario de decantación dentro de la PTAR Nueva Estrella.

3.2.2. Muestra

La muestra requerida para llevar a cabo los 18 experimentos con los tres coagulantes naturales junto al control fue de 20 litros de aguas residuales domésticas que se encuentran en el reactor primario de decantación dentro de la PTAR Nueva Estrella.

3.3. Técnicas de recolección de datos

La única técnica usada en el presente estudio para la recopilación de los datos fue la observación. Para la aplicación de esa técnica se han formulado 4 instrumentos: Ficha de cadena de custodia, registro de la efectividad del coagulante de yuca, registro de la efectividad del coagulante de semilla de moringa y registro de la efectividad del coagulante de semilla de tamarindo. Los 4 instrumentos fueron revisados, corregidos y aprobados por tres docentes conocedores y con experiencia en el tema tratado.

Para resguardar los datos conseguidos luego de los monitoreos del agua residual doméstica se recurrió a las herramientas del programa Microsoft Excel 2019.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información

Se examinó el decrecimiento de turbiedad, conductividad y pH inducido por los agentes coagulantes de moringa, yuca y tamarindo mediante un diseño de clase experimental enteramente al azar (DCA), cuyas propiedades permitieron contrastar el efecto de los tratamientos aplicados al agua residual proveniente de un mismo origen. Se consideró sólo un factor de variabilidad en esta investigación que fue la concentración de biocoagulante suministrado a los efluentes y el mismo contó con seis niveles: 50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

Características fisicoquímicas de la muestra de efluentes domiciliarios

La evaluación de las muestras de efluentes domiciliarios recolectados dentro de la PTAR Nueva Estrella ha dado como resultado una turbidez inicial de 1000 NTU, un pH de 7.18 y una conductividad eléctrica de 6312 uS/cm. Al pretenderse lograr que el agua coagulada con las semillas de moringa, semillas de tamarindo y almidones de yuca pueda disponerse sobre los campos agrícolas cercanos a la infraestructura, dentro de la tabla 5 se hizo una comparativa entre la caracterización del efluente y la tercera categoría de los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA Agua). En el caso de la turbidez, no se pudo hacer una comparativa debido a que el parámetro no está considerado en los ECA Agua, pero se optará por los valores más bajos de cada tratamiento. El potencial de hidrógeno de la muestra (7.18) permanece en el rango 6.5-8.5 del ECA Agua. La conductividad eléctrica de la muestra (6312 uS/cm) excede el límite de 2500 uS/cm del ECA Agua.

Tabla 5. Propiedades de los efluentes provenientes de la PTAR Nueva Estrella

Propiedades de los efluentes provenientes de la PTAR Nueva Estrella

Parámetro	Unidad	Valor medido	Valor máximo del ECA Agua Categoría 3 (D.S N° 004- 2017-MINAM)
Turbidez	UNT	1000 NTU	No especificado
pH	Ninguna	7.18	6.5-8.5
Conductividad eléctrica	uS/cm	6312	< 2500

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Resultados de los ensayos con los tres coagulantes utilizados

Dentro de la tabla 6 se ha resumido la nueva caracterización fisicoquímica de las aguas residuales provenientes de la PTAR Nueva Estrella posterior a su tratamiento con los biocoagulantes.

Tabla 6. Indicadores del agua post coagulación con los tres agentes naturales

Indicadores del agua post coagulación con los tres agentes naturales

Tratamiento	Dosis (mg/L)	Turbiedad (UNT)		Potencial de hidrógeno (pH)	Conductividad eléctrica (uS/cm)
		Valor medio	% Eliminación	Valor medio	Valor medio
T1 – Tamarindo	50	968	3,2	7,08	5253
T2 – Tamarindo	100	760	24	7,2	4832
T3 – Tamarindo	150	640	36	7,43	4049
T4 – Tamarindo	200	480	52	7,01	3309
T5 – Tamarindo	250	270	73	7,18	2758
T6 – Tamarindo	300	124	87,6	7,23	2343
T1 – Moringa	50	810	19	7,09	5687
T2 – Moringa	100	625	37,5	7,29	4596
T3 – Moringa	150	462	53,8	7,14	3903
T4 – Moringa	200	220	78	7,2	3574
T5 – Moringa	250	90	91	7,07	2834
T6 – Moringa	300	25	97,5	7,27	2241
T1 – Yuca	50	930	7	7,07	5443
T2 – Yuca	100	697	30,3	7,08	4458
T3 – Yuca	150	464,8	53,52	7,05	3717
T4 – Yuca	200	232,5	76,75	7,03	3062
T5 – Yuca	250	103	89,7	7,08	2630
T6 – Yuca	300	40,7	95,93	7,35	2145

Nota. Elaboración propia.

Ensayos de normalidad

Al aplicarse un rango de confianza de 95% se ha contemplado dos opciones: Si el p-valor excede o iguala a 0.05 existe distribución normal de los indicadores fisicoquímicos modificados con los biocoagulantes de moringa, yuca y tamarindo o si el p-valor es menor que 0.05 no existe distribución normal en los indicadores fisicoquímicos modificados con los coagulantes de moringa, yuca y tamarindo. En base a ello, las cifras contenidas en la tabla 7 proporcionadas por el estadístico Shapiro Wilk indican que en el caso del biocoagulante de moringa las significancias de las subvariables turbiedad (0,652), conductividad (0,395) y pH (0,501) fueron mayores a 0.05, por lo que a futuro deberá complementarse el análisis con una prueba de ANOVA paramétrica. En el caso del biocoagulante de yuca, las significancias de las subvariables turbiedad (0,599) y conductividad (0,948) superaron a 0.05 por lo que se ejecutará una prueba ANOVA, mientras que para el pH (0,002) se usará el test de Kruskal Wallis al contar con una distribución no normal. Por último, para el biocoagulante de tamarindo las significancias de las subvariables turbiedad (0,959), conductividad (0,773) y pH

(0,729) fueron mayores a 0.05, por lo que a futuro deberá complementarse el análisis con una prueba de ANOVA paramétrica

Tabla 7. Ensayos de normalidad para las variables respuesta

Ensayos de normalidad para las variables respuesta

Variable	Tipo de coagulante	Estadístico	gI	Significancia (p-valor)
Turbiedad	Moringa	0,939	6	0,652
pH		0,919	6	0,501
Conductividad eléctrica		0,903	6	0,395
Turbiedad	Yuca	0,932	6	0,599
pH		0,651	6	0,002
Conductividad eléctrica		0,979	6	0,948
Turbiedad	Tamarindo	0,982	6	0,959
pH		0,949	6	0,729
Conductividad eléctrica		0,954	6	0,773

Nota. Elaboración propia.

4.2. Contrastación de hipótesis

Contrastación de la hipótesis específica 1

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de semilla de moringa sobre la turbiedad del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de semilla de moringa (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable turbiedad del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 8, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0 y ante ello tuvimos que asumir que sí predomina una influencia considerable por parte del factor biocoagulante.

Tabla 8. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y turbiedad

ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y turbiedad

	Diferencias	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Turbiedad	Entre grupos	973980,000	5	194796,000	389592,000	0,000
	Dentro de grupos	3,000	6	0,500		
	Total	973983,000	11			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 9, al compararse los niveles medios del parámetro turbiedad del efluente domiciliario coagulados con las semillas de moringa mediante la prueba complementaria de Tukey se evidenció que la dosis de 300 mg/L modificó ese parámetro hasta las 25 UNT, siendo la turbiedad más baja y se halló en el bloque I.

Tabla 9. Comparación de medias de turbiedad logradas con el biocoagulante de moringa

Comparación de medias de turbiedad logradas con el biocoagulante de moringa

Dosis de biocoagulante de moringa (mg/L)	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		I	II	III	IV	V	VI
300	2	25					
250	2		90				
200	2			220			
150	2				462		
100	2					625	
50	2						810

Nota. Elaboración propia.

La figura 38 ha mostrado que al aplicarle una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de semilla de moringa se ha logrado reducir la turbiedad a 810 UNT en comparación a su nivel original que fue 1000 UNT. Además, al aplicar 100 mg/L del biocoagulante la turbiedad bajó a 625 UNT. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de semilla de moringa hasta 150 mg/L la turbiedad se eliminó hasta 462 UNT. Igualmente, 200 mg/L del polvo vertidos al efluente quitaron un 78% de turbiedad (220 UNT). El efluente tratado con los 250 mg/L del polvo de semilla de moringa alcanzó una turbiedad de 90 UNT respectivamente. Mientras que, la dosis máxima de 300 mg/L ha dado la turbiedad más baja con 25 UNT.

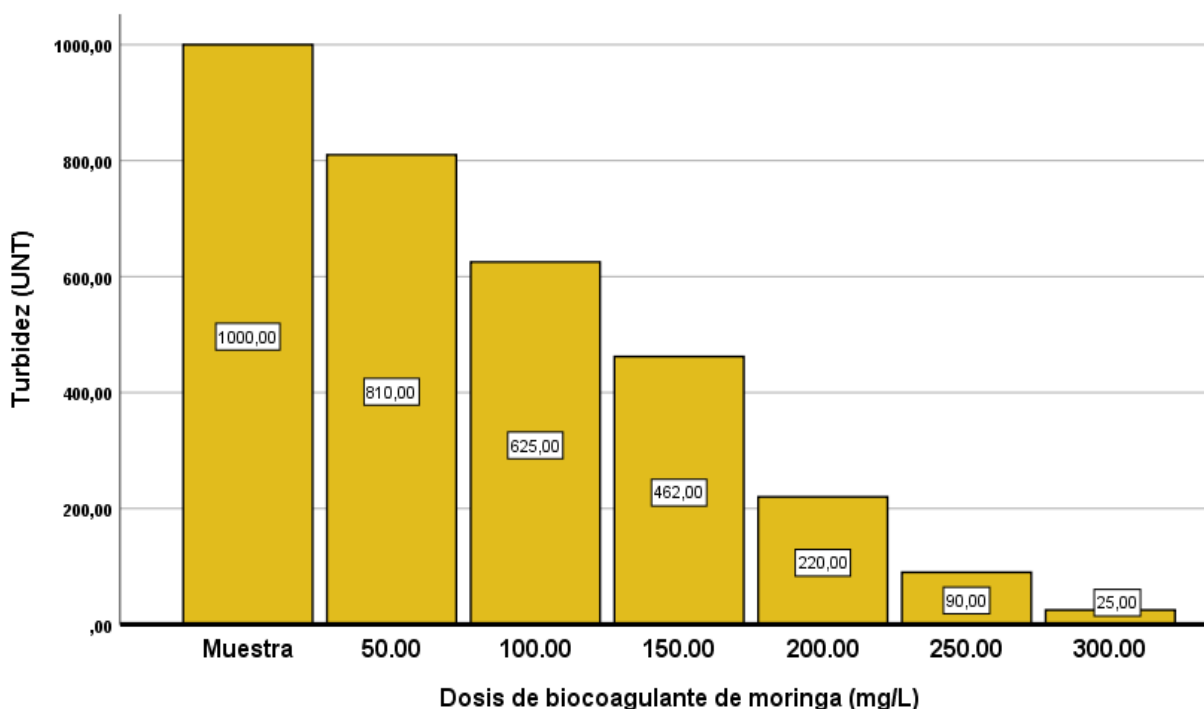


Figura 38. Cantidades de turbiedad alcanzada con el biocoagulante de semilla de moringa.

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de semilla de moringa sobre el pH del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de semilla de moringa (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable pH del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 10, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0.999 y ante ello tuvimos que asumir que no predomina una influencia considerable por parte del biocoagulante.

Tabla 10. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y pH

ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y pH

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	0,085	5	0,017	0,034	0,999
	Dentro de grupos	3,000	6	0,500		
	Total	3,085	11			

Nota. Elaboración propia.

La figura 39 ha mostrado que al aplicarle una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de semilla de moringa se ha podido reducir el pH del efluente a 7.09 en comparación a su nivel original que fue 7.18. Además, al aplicarle al efluente 100 mg/L del biocoagulante el pH subió a 7.29. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de semilla de moringa hasta 150 mg/L el pH volvió a disminuir, pero a 7.14. Igualmente, 200 mg/L del polvo de moringa modificaron el pH hasta 7.2. Los 250 mg/L y 300 mg/L del polvo de semilla de moringa hicieron que el pH del efluente de la PTAR Nueva Estrella variara hasta 7.07 y 7.27 respectivamente.

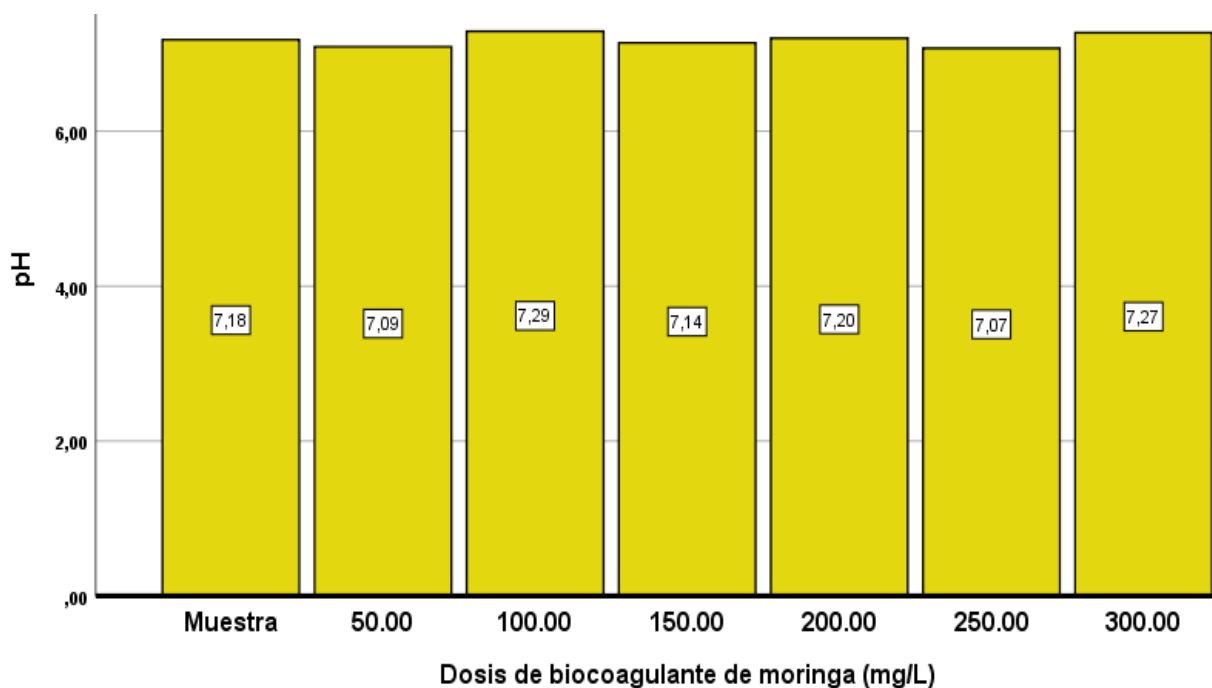


Figura 39. Cantidades de pH alcanzada con el biocoagulante de semilla de moringa.

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de semilla de moringa sobre la conductividad del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de semilla de moringa (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable conductividad eléctrica del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 11, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0 y ante ello tuvimos que asumir que sí predomina una influencia considerable por parte del biocoagulante.

Tabla 11. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y la conductividad

ANOVA entre el biocoagulante de semilla de moringa y la conductividad

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conductividad	Entre grupos	15239005,667	5	3047801,133	6095602,267	0,000
	Dentro de grupos	3,000	6	0,500		
	Total	15239008,667	11			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 12, al compararse los niveles medios del parámetro conductividad del efluente domiciliario coagulados con las semillas de moringa mediante la prueba complementaria de Tukey se evidenció que la dosis de 300 mg/L modificó ese parámetro hasta las 2241 uS/cm, siendo la conductividad más baja y se halló en el bloque I.

Tabla 12. Comparación de medias de conductividad logradas con el biocoagulante de moringa

Comparación de medias de conductividad logradas con el biocoagulante de moringa

Dosis de biocoagulante de moringa (mg/L)	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		I	II	III	IV	V	VI
300	2	2241					
250	2		2834				
200	2			3574			
150	2				3903		
100	2					4596	
50	2						5687

Nota. Elaboración propia.

La figura 40 ha mostrado que al aplicar una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de semilla de moringa se ha podido atenuar la conductividad a 5687 uS/cm a comparación a su nivel original que fue 6312 uS/cm. Además, al aplicarle al efluente 100 mg/L del biocoagulante de moringa la conductividad bajó a 4596 uS/cm. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de semilla de moringa hasta 150 mg/L la conductividad se eliminó hasta los 3903 uS/cm. Igualmente, 200 mg/L del polvo de moringa modificaron la conductividad del efluente de la PTAR Nueva Estrella hasta un nivel de 3574 uS/cm. La penúltima dosis usada del polvo de semilla de moringa (250 mg/L) disminuyó levemente la conductividad hasta 2834 uS/cm. Mientras que, la dosis de 300 mg/L del biocoagulante obtuvo la menor conductividad hasta ahora con 2241 uS/cm.

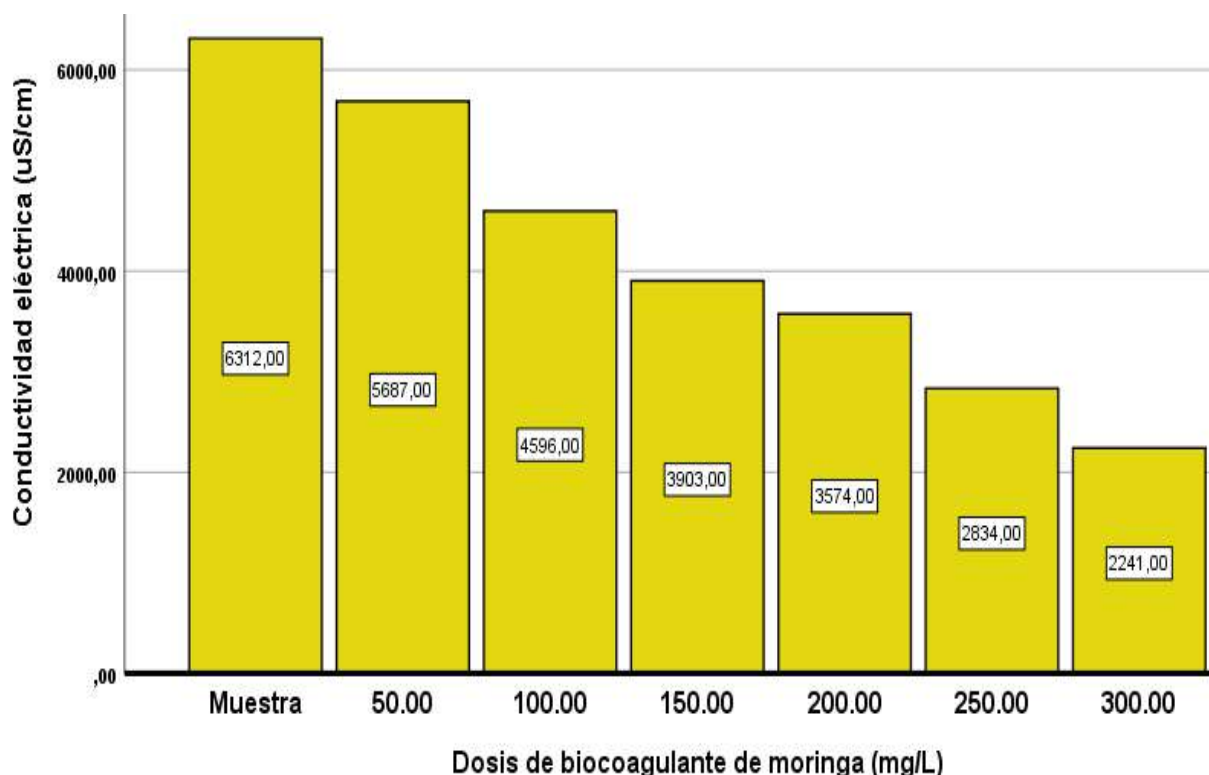


Figura 40. Cantidades de conductividades alcanzadas con el biocoagulante de semilla de moringa.

En resumen, las concentraciones del coagulante de semilla de moringa han influido de manera significativa sobre la turbidez y conductividad eléctrica del efluente proveniente de la PTAR Nueva Estrella, mientras que en el caso del pH el análisis estadístico confirmó que no hubo modificaciones significativas en su valor luego de aplicarles el producto. Por ende, se considera aprobada la primera hipótesis específica alterna (H1) ya que existió una influencia en 2 de los 3 parámetros fisicoquímicos.

Contrastación de la hipótesis específica 2

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de semilla de tamarindo sobre la turbiedad del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de semilla de tamarindo (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable turbiedad del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 13, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0 y ante ello tuvimos que asumir que sí predomina una influencia considerable por parte del factor biocoagulante.

Tabla 13. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y turbiedad

ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y turbiedad

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbiedad	Entre grupos	982278,667	5	196455,733	392911,467	0,000
	Dentro de grupos	3,000	6	0,500		
	Total	982281,667	11			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 14, al compararse los niveles medios del parámetro turbiedad del efluente domiciliario coagulados con las semillas de tamarindo mediante la prueba complementaria de Tukey se evidenció que la dosis de 300 mg/L modificó ese parámetro hasta las 124 UNT, siendo la turbiedad más baja y se halló en el bloque I.

Tabla 14. Comparación de medias de turbiedad logradas con el biocoagulante de tamarindo

Comparación de medias de turbiedad logradas con el biocoagulante de tamarindo

Dosis de biocoagulante de tamarindo (mg/L)	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		I	II	III	IV	V	VI
300	2	124					
250	2		270				
200	2			480			
150	2				640		
100	2					760	
50	2						968

Nota. Elaboración propia.

La figura 41 ha mostrado que al aplicarle una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de semilla de tamarindo se ha logrado reducir la turbiedad a 968 UNT en comparación a su nivel original que fue 1000 UNT. Además, al aplicar al efluente los 100 mg/L del biocoagulante la turbiedad bajó a 760 UNT. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de semilla de tamarindo hasta 150 mg/L la turbiedad se eliminó hasta las 640 UNT. Igualmente, 200 mg/L del polvo de tamarindo vertido al efluente quitó un 52% de turbiedad (480 UNT). El efluente tratado con los 250 mg/L del polvo de semilla de tamarindo alcanzó una turbiedad de 270 UNT. Mientras que, la dosis máxima de 300 mg/L ha dado la turbiedad más baja con 124 UNT.

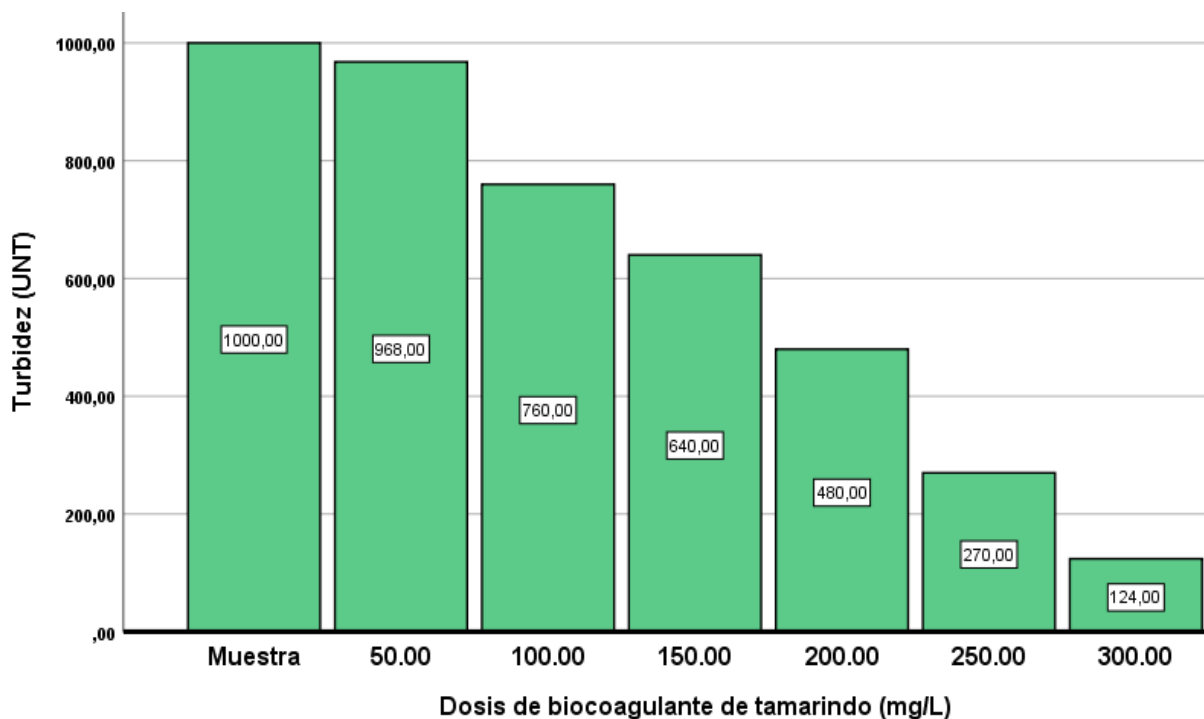


Figura 41. Cantidades de turbiedad alcanzada con el biocoagulante de semilla de tamarindo.

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de semilla de tamarindo sobre el pH del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de semilla de tamarindo (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable pH del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 15, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0.992 y ante ello tuvimos que asumir que no predomina una influencia considerable por parte del factor biocoagulante.

Tabla 15. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y pH

ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y pH

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	0,208	5	0,042	0,083	0,992
	Dentro de grupos	3,000	6	0,500		
	Total	3,208	11			

Nota. Elaboración propia.

La figura 42 ha mostrado que al aplicarle una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de semilla de tamarindo se ha podido reducir el pH del efluente a 7.08 en comparación a su nivel original que fue 7.18. Además, al aplicarle al efluente 100 mg/L del biocoagulante el pH subió a 7.2. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de semilla de tamarindo hasta 150 mg/L el pH volvió a subir, pero hasta 7.43. Igualmente, 200 mg/L del polvo de tamarindo disminuyeron el pH hasta 7.01. Los 250 mg/L y 300 mg/L del polvo de semilla de tamarindo hicieron que el pH del efluente de la PTAR Nueva Estrella variara hasta 7.18 y 7.23 respectivamente.

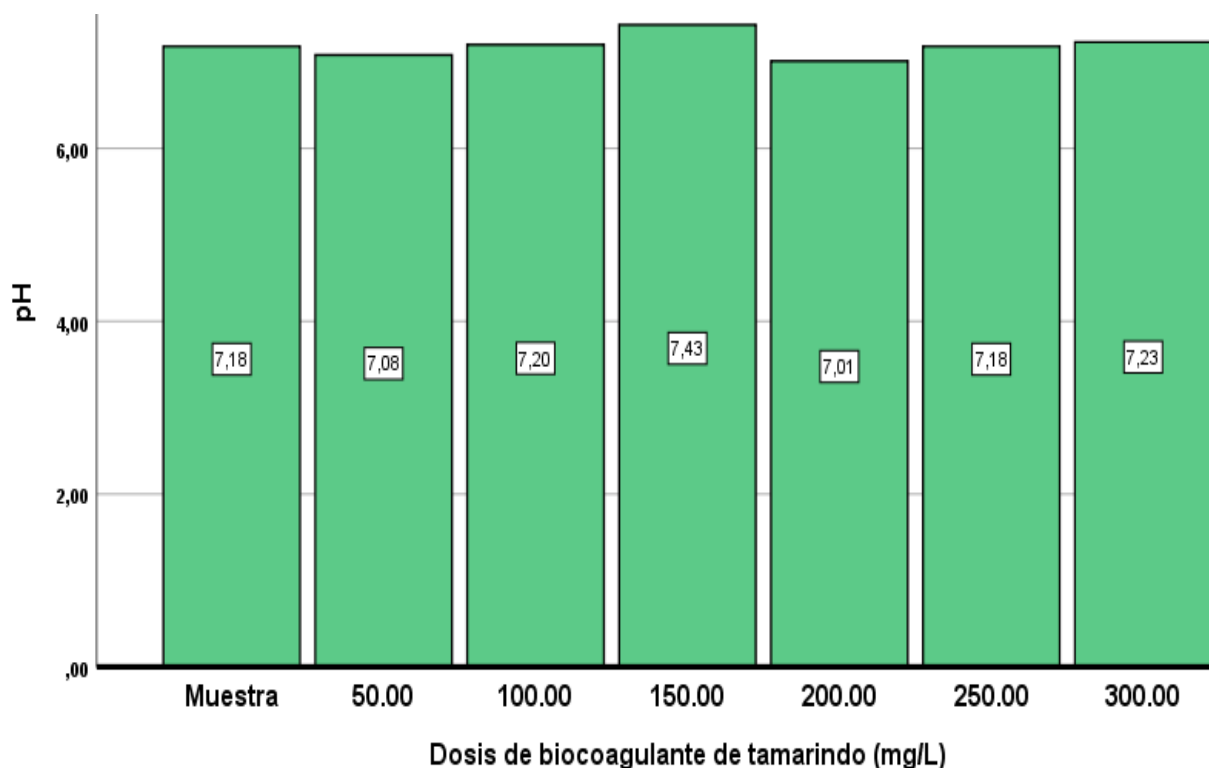


Figura 42. Cantidades de pH alcanzada con el biocoagulante de semilla de tamarindo.

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de semilla de tamarindo sobre la conductividad del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de semilla de tamarindo (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable conductividad eléctrica del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 16, donde se muestra que

la significancia presentó un valor de 0 y ante ello tuvimos que asumir que sí predomina una influencia considerable por parte del factor biocoagulante.

Tabla 16. ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y conductividad

ANOVA entre el biocoagulante de semilla de tamarindo y conductividad

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conductividad eléctrica	Entre grupos	13354010,667	5	2670802,133	5341604,267	0,000
	Dentro de grupos	3,000	6	0,500		
	Total	13354013,667	11			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 17, al compararse los niveles medios del parámetro conductividad del efluente domiciliario coagulado con las semillas de tamarindo mediante la prueba complementaria de Tukey se evidenció que la dosis de 300 mg/L modificó ese parámetro a 2343 uS/cm, siendo la cantidad de conductividad más baja y se halla en el bloque I.

Tabla 17. Comparación de medias de conductividades logradas con el tamarindo

Comparación de medias de conductividades logradas con el tamarindo

Dosis de biocoagulante de tamarindo (mg/L)	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		I	II	III	IV	V	VI
300	2	2343					
250	2		2758				
200	2			3309			
150	2				4049		
100	2					4832	
50	2						5253

Nota. Elaboración propia.

La figura 43 ha mostrado que al aplicar una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de semilla de tamarindo se ha reducido la conductividad a 5253 uS/cm a comparación a su nivel original que fue 6312 uS/cm. Además, al aplicarle al efluente 100 mg/L del biocoagulante de tamarindo la conductividad bajó a 4832 uS/cm. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de semilla de tamarindo hasta 150 mg/L la conductividad se eliminó hasta los 4049 uS/cm. Igualmente, 200 mg/L del polvo de tamarindo modificaron la conductividad del efluente de la

PTAR Nueva Estrella hasta un nivel de 3309 uS/cm. La penúltima dosis usada del polvo de semilla de tamarindo (250 mg/L) disminuyó levemente la conductividad hasta 2758 uS/cm. Mientras que, la dosis de 300 mg/L del biocoagulante obtuvo la menor conductividad hasta ahora con 2343 uS/cm.

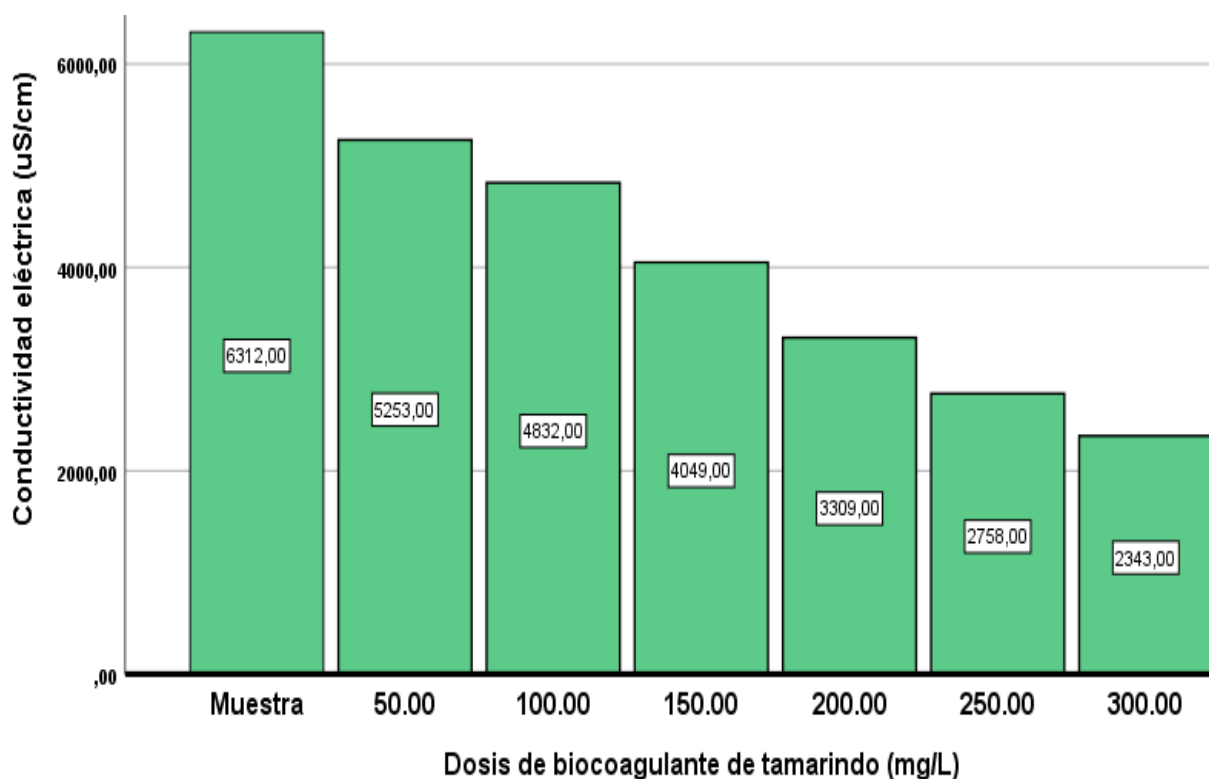


Figura 43. Cantidades de conductividades alcanzadas con el biocoagulante de semilla de tamarindo.

En resumen, las concentraciones del coagulante de semilla de tamarindo han influido de manera significativa sobre la turbidez y conductividad eléctrica del efluente proveniente de la PTAR Nueva Estrella, mientras que en el caso del pH el análisis estadístico confirmó que no hubo modificaciones significativas en su valor luego de aplicarles el producto. Por ende, se considera aprobada la segunda hipótesis específica alterna (H1) ya que existió una influencia en 2 de los 3 parámetros fisicoquímicos.

Contrastación de la hipótesis específica 3

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de almidón de yuca sobre la turbiedad del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de almidón de yuca (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable turbiedad del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba

ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 18, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0.00 y ante ello tuvimos que asumir que sí predomina una influencia considerable por parte del factor biocoagulante.

Tabla 18. ANOVA entre el biocoagulante de almidón de yuca y turbiedad

ANOVA entre el biocoagulante de almidón de yuca y turbiedad

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbiedad	Entre grupos	1235798,227	5	247159,645	494319,291	0,000
	Dentro de grupos	3,000	6	,500		
	Total	1235801,227	11			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 19, al compararse los niveles medios del parámetro turbiedad del efluente domiciliario coagulados con el almidón de yuca mediante la prueba complementaria de Tukey se evidenció que la dosis de 300 mg/L modificó ese parámetro hasta 40.7 UNT, siendo la cantidad de turbiedad más baja y se halla en el bloque I.

Tabla 19. Comparación de medias de turbiedad logradas con el almidón de yuca

Comparación de medias de turbiedad logradas con el almidón de yuca

Dosis de biocoagulante de yuca (mg/L)	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		I	II	III	IV	V	VI
300	2	40,7					
250	2		103				
200	2			232,5			
150	2				464,8		
100	2					697	
50	2						930

Nota. Elaboración propia.

La figura 44 ha mostrado que al aplicarle una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de almidón de yuca se ha logrado reducir la turbiedad a 930 UNT en comparación a su nivel original que fue 1000 UNT. Además, al aplicar al efluente los 100 mg/L del biocoagulante la turbiedad bajó a 697 UNT. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de almidón de yuca hasta 150 mg/L la turbiedad se eliminó hasta las 464.8 UNT. Igualmente, 200 mg/L del polvo de yuca vertido al efluente quitó un 76.75% de turbiedad (232.5 UNT). El efluente tratado con

los 250 mg/L del polvo de yuca alcanzó una turbiedad de 103 UNT. Mientras que, la dosis máxima de 300 mg/L ha dado la turbiedad más baja de 40.7 UNT.

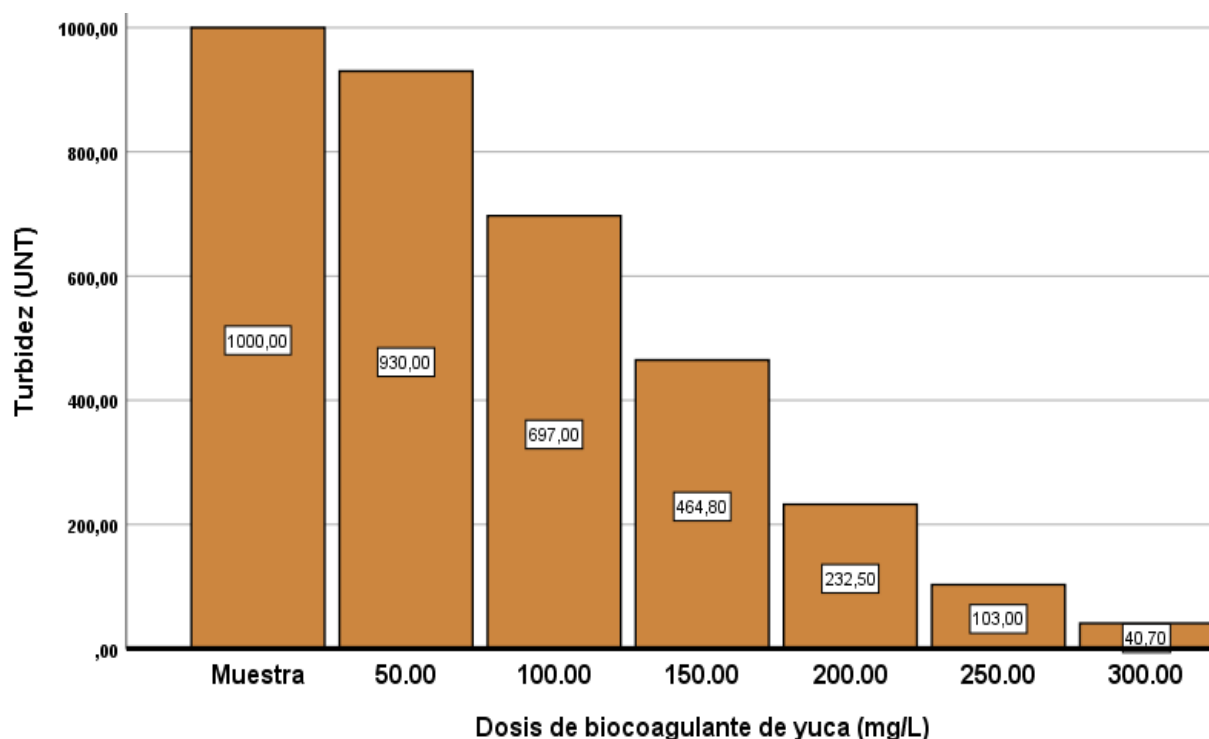


Figura 44. Cantidades de turbiedad alcanzada con el biocoagulante de almidón de yuca.

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de almidón de yuca sobre el pH del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de almidón de yuca (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable pH del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba Kruskal-Wallis a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 20, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0.756 y ante ello tuvimos que asumir que no predomina una influencia considerable por parte del factor biocoagulante.

Tabla 20. Kruskal-Wallis entre el biocoagulante de semilla de yuca y pH

Kruskal-Wallis entre el biocoagulante de semilla de yuca y pH

pH	N total	Estadístico de prueba	Grados de libertad	Sig.
	12	2,634	5	0,756

Nota. Elaboración propia.

La figura 45 ha mostrado que al aplicarle una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de almidón de yuca se ha podido reducir el pH del efluente a 7.07 en comparación a su nivel original que fue 7.18. Además, al aplicarle al efluente 100 mg/L del biocoagulante el pH cambió a 7.08. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de almidón de yuca hasta 150 mg/L el pH volvió a bajar, pero hasta 7.05. Igualmente, 200 mg/L del polvo de yuca disminuyeron el pH hasta 7.03. Los 250 mg/L y 300 mg/L del polvo de yuca hicieron que el pH del efluente de la PTAR Nueva Estrella variara hasta 7.08 y 7.35 respectivamente.

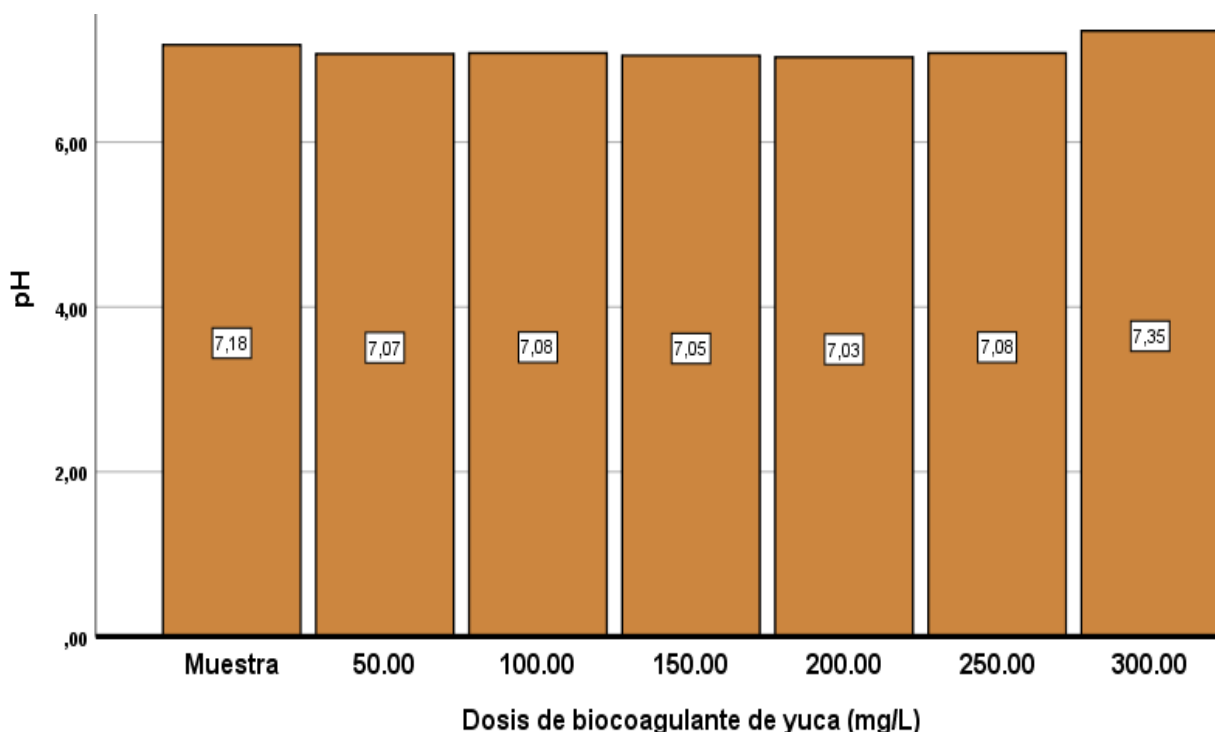


Figura 45. Cantidades de pH alcanzada con el biocoagulante del almidón de yuca.

Análisis de la influencia de las dosis del biocoagulante de almidón de yuca sobre la conductividad del efluente domiciliario

Para examinar la existencia de diferencias significativas entre la variable dosis de biocoagulante de almidón de yuca (50, 100, 150, 200, 250 y 300 mg/L) y la subvariable conductividad eléctrica del efluente de la PTAR Nueva Estrella, se ha recurrido a la ejecución de la prueba ANOVA a través del software SPSS imponiéndose un 95% como nivel de confianza. Los resultados del programa se han plasmado en la tabla 21, donde se muestra que la significancia presentó un valor de 0 y ante ello tuvimos que asumir que sí predomina una influencia considerable por parte del factor biocoagulante.

Tabla 21. ANOVA entre el biocoagulante de almidón de yuca y los niveles de conductividad
ANOVA entre el biocoagulante de almidón de yuca y los niveles de conductividad

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conductividad eléctrica	Entre grupos	14980733,667	5	2996146,733	5992293,467	0,000
	Dentro de grupos	3,000	6	0,500		
	Total	14980736,667	11			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a lo mostrado en la tabla 22, al compararse los niveles medios del parámetro conductividad del efluente domiciliario coagulado con el almidón de yuca mediante la prueba complementaria de Tukey se evidenció que la dosis de 300 mg/L modificó ese parámetro a 2145 uS/cm, siendo la cantidad de conductividad más baja y se halla en el bloque I.

Tabla 22. Comparación de conductividades logradas con el biocoagulante de almidón de yuca
Comparación de conductividades logradas con el biocoagulante de almidón de yuca

Dosis de biocoagulante de yuca (mg/L)	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		I	II	III	IV	V	VI
300	2	2145					
250	2		2630				
200	2			3062			
150	2				3717		
100	2					4458	
50	2						5443

Nota. Elaboración propia.

La figura 46 ha mostrado que al aplicar una dosis de 50 mg/L del biocoagulante de almidón de yuca fue disminuida la conductividad a 5443 uS/cm a comparación a su nivel original que fue 6312 uS/cm. Pero, al aplicarle al efluente 100 mg/L del biocoagulante de almidón de yuca la conductividad bajó a 4458 uS/cm. Por otro lado, al incrementar la dosis del biocoagulante de yuca hasta 150 mg/L la conductividad se eliminó hasta los 3717 uS/cm. Igualmente, 200 mg/L del polvo de tamarindo modificaron la conductividad del efluente de la PTAR Nueva Estrella hasta un nivel de 3062 uS/cm. La penúltima dosis usada del polvo de yuca (250 mg/L) disminuyó levemente la conductividad hasta 2630 uS/cm. Mientras que, la dosis de 300 mg/L del biocoagulante obtuvo la menor conductividad hasta ahora con 2145 uS/cm

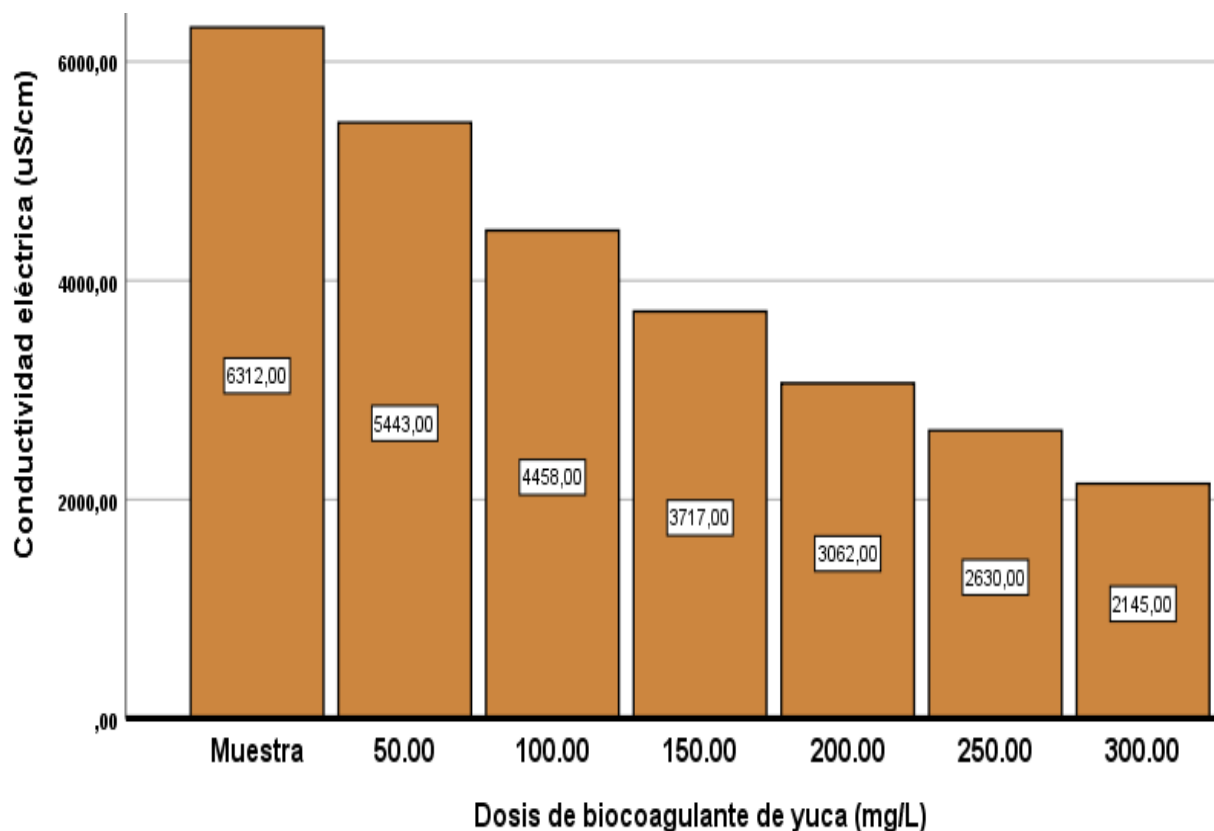


Figura 46. Cantidades de conductividades alcanzadas con el biocoagulante de almidón de yuca.

En resumen, las concentraciones del coagulante de almidón de yuca han influido de manera significativa sobre la turbidez y conductividad eléctrica del efluente proveniente de la PTAR Nueva Estrella, mientras que en el caso del pH el análisis estadístico confirmó que no hubo modificaciones significativas en su valor luego de aplicarles el producto. Por ende, se considera aprobada la tercera hipótesis específica alterna (H1) ya que existió una influencia en 2 de los 3 parámetros fisicoquímicos.

Contrastación de la hipótesis general

Para conocer si los biocoagulantes de semilla de moringa, semilla de tamarindo y almidón de yuca han sido eficaces para el tratamiento fisicoquímico de las aguas servidas de la PTAR Nueva Estrella se han resumido dentro de la tabla 23 las concentraciones óptimas de los 3 productos identificadas durante la revisión de los gráficos y test de Tukey.

Tabla 23. Concentraciones eficaces de los biocoagulantes

Concentraciones eficaces de los biocoagulantes

Concentración coagulante (mg/L)	Tipo	Turbidez (UNT)	Turbidez en ECA Agua (UNT)	pH	pH en ECA Agua	C. E. (uS/cm)	C. E. en ECA Agua (uS/cm)
		Valor medio	Valor	Valor medio	Valor	Valor medio	Valor
300	Semilla de moringa	25	No especificado	7.27	6.5 a 8.5	2241	< 2500
300	Semilla de tamarindo	124		7.23	6.5 a 8.5	2343	< 2500
300	Almidón de yuca	40.7		7.35	6.5 a 8.5	2145	< 2500

Nota. Elaboración propia.

Se visualiza dentro de la tabla 23 que los 300 mg/L del coagulante de semilla de moringa dieron un efluente con una turbidez de 25 UNT, conductividad de 2241 uS/cm y pH de 7.27, siendo condiciones que cumplen la normativa ECA Agua Categoría 3.

En el caso de los 300 mg/L del coagulante de semilla de tamarindo, dieron un efluente con una turbidez de 124 UNT, conductividad de 2343 uS/cm y pH de 7.23, cumpliendo la normativa ECA Agua Categoría 3. Asimismo, la concentración de 300 mg/L del coagulante de almidón de yuca dio un efluente con una turbidez de 40.7 UNT, conductividad de 2145 uS/cm y pH de 7.35, cumpliendo la normativa ECA Agua Categoría 3.

Puede validarse entonces la hipótesis general alterna, ya que los tratamientos con las concentraciones más elevadas (300 mg/L) de los polvos de moringa, yuca y tamarindo optimizaron eficazmente la calidad del agua residual de la PTAR Nueva Estrella tomando como base los 3 parámetros fisicoquímicos evaluados.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1. Discusión de resultados

Coagulante de tamarindo

Al aplicarle al efluente de la PTAR Nueva Estrella de turbidez inicial 1000 UNT una dosis de 50 mg/L del coagulante de tamarindo se pudo disminuir su turbidez hasta 968 UNT (3.2% de eliminación), pero en el caso de Vargas et al. (2024), quienes aplicaron una dosis igual a su muestra con turbidez inicial de 266.67 UNT, pudieron reducirla en un 77.34%.

Cruz Ventura (2020) en su estudio alcanzó la máxima reducción (55.1%) de la turbidez de su muestra (300 NTU iniciales) tras aplicar una dosis de 5 mg/L de su coagulante de tamarindo, mientras que en nuestro caso la máxima remoción de turbidez que fue 87.6% se logró cuando se añadieron 300 mg/L del coagulante al efluente de la PTAR Nueva Estrella (1000 UNT iniciales). A su vez, Fernández y Ruiz (2020) en su investigación obtuvo la máxima eliminación (42.33%) de la turbidez de su muestra (226 NTU iniciales) luego de usar una dosis de 10 mg/L de su coagulante de tamarindo.

Cuando Vargas et al. (2024) añadió una dosis de 50 mg/L de su coagulante de tamarindo pudo incrementar el pH que inicialmente fue 8.18 a un nuevo nivel de 8.42. En nuestro trabajo se presentó un efecto contrario ya que al añadirle al efluente de la PTAR Nueva Estrella una dosis de 50 mg/L del polvo de tamarindo se disminuyó el pH a 7.08 considerando que la muestra inicialmente presentaba un pH de 7.18.

Los 200 mg/L del polvo de tamarindo que se añadieron a los efluentes de la PTAR Nueva Estrella dieron como resultado una remoción del 52% de turbidez, siendo superior al 13.45% que consiguieron los autores Irigoín y Monteza (2020) al trabajar también con una dosis de 200 mg/L de su coagulante de tamarindo.

Coagulante de moringa

Durante el tratamiento del efluente de la PTAR Nueva Estrella con el coagulante de moringa se ha registrado una reducción progresiva de conductividad eléctrica mientras iba aumentando la dosis agregada ya que 50 mg/L dieron una conductividad de 5687 uS/cm mientras que 300 mg/L brindaron una conductividad de 2241 uS/cm. Un comportamiento opuesto, fue encontrado en el estudio de León Palacios (2024), quien al añadirle 10, 30 y 50 mg/L de dosis de polvo de moringa a su efluente consiguió modificar la conductividad a 395 uS/cm, 413 uS/cm y 422 uS/cm respectivamente.

Posterior a aplicarle al efluente de la PTAR Nueva Estrella de turbidez inicial 1000 UNT una dosis de 50 mg/L del coagulante de moringa se pudo bajar su turbidez hasta 810 UNT (19% de reducción), siendo un porcentaje inferior a lo obtenido por el autor Poveda Ocaña (2024) quien con 45 mg/L de polvo de semilla de moringa ha reducido en un 91.8% la turbiedad de su muestra (50 NTU iniciales).

La remoción de turbidez del efluente proveniente de la PTAR Nueva Estrella fue directamente proporcional con nuestras dosis de polvo de moringa aplicadas y un efecto similar ha sido notificado por Gomez y Marin (2024) quienes al usar dosis de 10, 20 y 30 mg/L de su coagulante de moringa pudieron eliminar la turbidez de su muestra en un 89.71%, 92.73% y 92.9% respectivamente.

Cuando León Palacios (2024) añadió una dosis de 50 mg/L de su coagulante de moringa pudo disminuir el pH que inicialmente era de 6 a un nuevo valor de 5.76. En nuestro estudio se presentó un efecto parecido ya que al añadirle al efluente de la PTAR Nueva Estrella una dosis de 50 mg/L del polvo de moringa se disminuyó el pH a 7.09 considerando que la muestra presentaba un pH inicial de 7.18.

Coagulante de yuca

La dosis de 100 mg/L de almidón de yuca que se aplicó sobre el efluente de la PTAR Nueva Estrella logró una turbidez de 697 UNT representando un 30.3% de remoción mientras que los autores Ormaza et al. (2025) con una misma dosis añadida a su efluente lograron una turbidez de 7.4 UNT siendo un 96.08% de remoción respecto a su nivel original (189 UNT). De igual forma, continuando con las comparativas, nuestra dosis de 200 mg/L del coagulante de yuca que se ha vertido sobre el efluente de la PTAR Nueva Estrella dió una turbidez de 232.5 UNT representando un 76.75% de remoción mientras que los autores Ormaza et al. (2025) con una dosis igual lograron una turbidez de 5.5 UNT siendo un 97.09%.

Cuando Padilla y Velarde (2023) añadieron la dosis de 750 mg/L de su coagulante de almidón de yuca pudieron disminuir el pH (inicialmente 7.83) a un nuevo valor de 7.3. En nuestro estudio se presentó un efecto semejante ya que al añadirle al efluente de la PTAR Nueva Estrella las seis dosis del coagulante de yuca se evidenció una reducción de pH considerando que la muestra inicialmente presentaba pH de 7.18.

La dosis de 50 mg/L de nuestro almidón de yuca disminuyó en un 7% la turbidez inicial (1000 NTU) del efluente de la PTAR Nueva Estrella, siendo una remoción muy inferior a la

conseguida por Prieto y Salvador (2021) quienes mediante el uso de una dosis de 40 mg/L de coagulante de yuca eliminaron un 99.47% (2.98 UNT) de turbidez de su muestra que al comienzo contenía 568.5 UNT.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Los biocoagulantes de moringa, tamarindo y yuca demostraron ser eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral ya que sus características han sido modificadas hasta adecuarse a la categoría 3 de los Estándares de Calidad Ambiental para el Agua (ECA Agua) permitiendo su disposición para actividades ligadas al riego de cultivos.
- Las seis concentraciones del coagulante de semilla de moringa influyeron de forma significativa sobre los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas provenientes de la PTAR Nueva Estrella.
- Las seis concentraciones del coagulante de semilla de tamarindo influyeron de forma significativa sobre los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas provenientes de la PTAR Nueva Estrella.
- Las seis concentraciones del coagulante de almidón de yuca influyeron de forma significativa sobre los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas provenientes de la PTAR Nueva Estrella.

6.2. Recomendaciones

- Es recomendable corroborar el efecto en la eliminación de turbiedad de dosis de coagulantes de yuca, moringa y tamarindo que se encuentren en intervalos distintos a los que nosotros aplicamos en este estudio.
- Es pertinente practicar la técnica de coagulación con los tres productos naturales sobre otra clase de efluentes diferentes a los formados en viviendas, siempre y cuando contengan niveles de turbidez apreciables.
- Proponerle al personal responsable de las operaciones dentro de la estación depuradora Nueva Estrella la realización del proceso de coagulación durante las pruebas de jarras que hacen de manera rutinaria.
- Sería interesante que se mezclen en forma proporcional diversas masas de polvos coagulantes junto a otros químicos derivados del hierro o aluminio y se compruebe su capacidad clarificadora de efluentes domiciliarios o de otros ámbitos.

- De contar con los recursos tecnológicos necesarios, al finalizar la etapa de coagulación con cualquiera de los tres agentes naturales se podrían evaluar parámetros de los efluentes adicionales a los monitoreados por nosotros como los inorgánicos (elementos metálicos), demanda química de oxígeno (DQO) y microbiológicos.
- En caso de existir demanda por los polvos de moringa, tamarindo o almidones de yuca, se podría fomentar la creación de más empresas ligadas a su preparación y con ello permitir que haya una oferta constante.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aqua Systems. (27 de Abril de 2024). *Aguas residuales domésticas: Un recurso que no tenemos que desperdiciarlo*. Obtenido de Aqua Systems: <https://www.aqua.com.mx/blog/aguas-residuales-domesticas-de-donde-proviene-y-como-tratarlas>
- Arboleda Valencia, J., Buitrago León, I. A., & Jaramillo Gómez, L. A. (2023). *Teoría y práctica de la purificación del agua potable. Tomo 1, Volumen1*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=4wziEAAQBAJ&pg=PA42&dq=doble+capa+el%C3%A9ctrica+compresion&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjx2OUE29yMAxXkCbKGHdGLGys4FBD0AXoECAkQAw#v=onepage&q=doble%20capa%20el%C3%A
- Bailey, P. (2001). *Química orgánica: Conceptos y aplicaciones*. Madrid: Pearson Educación. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=rXvW2Y2130wC&pg=PA130&dq=polimeros&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwihw_zCxM6MAxWEIzUCHXY1K4gQ6AF6BAgGEAM#v=onepage&q=polimeros&f=false
- Becerra Chavoya, M. F. (2016). *OPTIMIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE UNA TECNOLOGIA PARA LA ELABORACIÓN DE BANDERILLAS DE TAMARINDO (Tamarindus indica) ENCHILADAS [Tesis para optar título, Instituto Tecnológico]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/3275>
- Bernabé Limones, E. J. (2021). *Características morfológicas de la Moringa oleifera Lam en la fase de prendimiento post trasplante en Río Verde, Santa Elena [Tesis para optar título, Universidad Estatal Península de Santa Elena]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6383>
- Cardona Zea, D. A., Toro Vélez, A. F., & Sánchez Torres, L. D. (2024). *Desafíos en la gestión integral del agua: Ahorro, uso eficiente y microcontaminantes*. Madrid: Universidad

- del Valle. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=xVMZEQAQBAJ&pg=PA154&dq=agua+residual+en+agricultura&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwitiLeJ0NOMAxW_I7kGHS5ePasQ6AF6BAgLEAM#v=onepage&q=agua%20residual%20en%20agricultu
- Cruz Ventura, E. J. (2020). *Evaluación de la semilla Tamarindus indica “tamarindo”, como coagulante natural, en el tratamiento fisicoquímico, en las aguas residuales domésticas, en el distrito de Soritor, 2019 [Tesis para optar título, Universidad Nacional de San Martín]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11458/3951>
- Díaz Fernández, J. M. (2019). *Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=WUaCDwAAQBAJ&pg=PA105&dq=coagulan+org%C3%A1nicos&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjOj8GVxt-MAxV4HbkGHTVuGhcQ6AF6BAgJEAM#v=onepage&q=coagulantes%20org%C3%A1nicos&f=fal
- Díaz Robledo, J. (2004). *Descubre los frutos exóticos*. Madrid: Capitel Editores. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=DFI1ZhGk614C&pg=PA202&dq=origen+tamarindo&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiHkIfs8mMAxVyupUCHY74B_8Q6AF6BAgHEAM#v=onepage&q=origen%20tamarindo&f=false
- FAO. (2022). *Guía para la gestión de los bosques y el agua*. Bogotá: Food & Agriculture Org. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=sR5_EAAAQBAJ&pg=PA146&dq=aguas+residuales+domesticas+consecuencias&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved

=2ahUKEwijuIyXg_yNAXX_GbkGHc8OIJA4ChDoAXoECAQQAww#v=onepage&q=aguas%20residual

- Fernández Gutiérrez, Y., & Ruiz Huamán, C. (2020). Tratamiento de agua residual mediante aplicación de sultafo de aluminio y biopolímero natural de tamarindo (*Tamarindus indica*). *Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(2), 28-34. Obtenido de https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_ctd/index
- Gennaro, A. (2003). *Remington Farmacia*. Barcelona: Ed. Médica Panamericana. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=Av4IIsyH-qcC&pg=PA370&dq=floculaci%C3%B3n&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjZr_rN19yMAxXIqZUCHcO7M_o4ChDoAXoECAMQAww#v=onepage&q=floculaci%C3%B3n&f=false
- Gomez Timoteo, L., & Marin Marquez, E. E. (2024). *Reducción de la turbiedad con coagulantes orgánicos utilizando semillas de Moringa oleífera y mucilago foliar de Opuntia ficus-indica en muestras de agua del sedimentador de la planta de tratamiento de agua potable Huachog, Huánuco*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/683575>
- Hinostroza, F., & Cobefia, G. (2005). *Manual de la Yuca*. Madrid: INIAP Archivo Histórico. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=AYIzAQAAMAAJ&pg=PA7&dq=yuca+morfologia&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiPrdnPqsmMAxV1qZUCHddfdIAQ6AF6BAglEAM#v=onepage&q=yuca%20morfologia&f=false
- INEI. (16 de Mayo de 2022). *Producción de residuos sólidos y aguas residuales*. Obtenido de Plataforma Estatal Peruana: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1469/cap03.pdf
- Irigoin Sánchez, A. L., & Monteza Chamaya, P. E. (2020). *Remoción de la concentración de materia orgánica en aguas residuales del camal de José Leonardo Ortiz usando semillas de tamarindo (Tamarindus indica) [Tesis para optar título, Universidad*

- Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8903>
- León Palacios, E. (2024). Tratamiento de aguas meteóricas con coagulantes orgánicos y calidad del agua para consumo humano, Provincia de Huamanga, 2023. *Alpha Centauri*, 5(4), 44-52. doi:<https://doi.org/10.47422/ac.v5i4.183>
- Liñán Tobias, F. (2010). Moringa oleifera el árbol de la nutrición. *Ciencia y Salud Virtual*, 2(1), 130-138. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6635304>
- López Córdova, M. J. (2018). *Evaluación de las semillas de moringa oleifera para la remoción de fluoruros en aguas de consumo humano [Tesis para optar título, Escuela Politécnica Nacional]*. Repositorio institucional. Obtenido de https://1library.co/document/y968p8dy-evaluacion-semillas-moringa-oleifera-remocion-fluoruros-consumo-humano.html#google_vignette
- López del Pino, S. J., & Calderón, S. M. (2017). *UF1666 - Depuración de aguas residuales*. Madrid: Editorial Elearning, S.L.,. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=9cJWDwAAQBAJ&pg=PA207&dq=factores+que+influyen+en+coagulaci%C3%B3n+agua&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjiqNrK7vWJAxVIqJUCHVC5JekQ6AF6BAgIEAM#v=onepage&q=factor es%20que
- Marín Galván, R. (2019). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=jmzWDwAAQBAJ&pg=PA184&dq=floculaci%C3%B3n&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiS2Mvv1dyMAxWnrZUCHR_7LC4Q6AF6BAgIEAM#v=onepage&q=floculaci%C3%B3n&f=false
- MINAM. (15 de Febrero de 2024). *Perú: valorización de residuos orgánicos contribuye a la reducción de aproximadamente 25 000 toneladas de gases de efecto invernadero*. Obtenido de Estado Peruano Digital: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/906410-peru-valorizacion-de-residuos->

organicos-contribuye-a-la-reduccion-de-aproximadamente-25-000-toneladas-de-gases-de-efecto-invernadero

- Montaldo, Á. (2007). *Cultivo de Raices y Tuberculos Tropicales*. Lima: IICA Biblioteca Venezuela. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=GaQgAQAIAAJ&pg=PA54&dq=manihot+hojas&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwj99vusrMmMAxUApZUCHVliCBYQ6AF6BAgFEAM#v=onepage&q=manihot%20hojas&f=false
- Mora, J. S., & Gacharná, N. (2015). El árbol milagroso: La moringa oleifera. *Biodiversidad Colombia*, 1(5), 50-57. Obtenido de <https://revistas.lasalle.edu.co/files-articles/bi/vol1/iss5/6/fulltext.pdf>
- Moreno Villa, M. (1999). *Filosofía: Historia de la Filosofía Moderna y Contemporánea. Profesores de Enseñanza Secundaria. Temario para la Preparación de Oposiciones*. Madrid: MAD-Eduforma. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=hunNzuMIVZAC&pg=PA111&dq=empirismo&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiho9nTvLyLAxUJppUCHaxQDuQQ6AF6BAgNEAM#v=onepage&q=empirismo&f=false
- Ormaza, J., Vélez, M., & Banchón, C. (2025). Coagulante natural de cáscara de yuca (Manihot esculenta) para agua residual doméstica. *Research, Society and Development*, 14(2), 1-13. doi:<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v14i2.48161>
- Orozco Jaramillo, Á. (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales*. San José: Acodal. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=t5w5EZf1VhMC&pg=PA318&dq=lodos+agua+residual&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjIocD85c6MAxXCILkGHQXyO7w4ChDoAXoECAMQAw#v=onepage&q=lodos%20agua%20residual&f=false

- Ospina, B. (2002). *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*. Cali: CIAT. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=I18Dz9sYZO8C&pg=PA17&dq=yuca+morfologia&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiPrdnPqsmMAxV1qZUCHddfDlAQ6AF6BAgEEAM#v=onepage&q=yuca%20morfologia&f=false
- Padilla Ramírez, J. C., & Velarde Condori, M. M. (2023). *Efecto de floculantes alternativos en la mejora de la calidad del agua de potencial consumo humano en Santa María, Huaura [Tesis para optar título, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7620>
- Plataforma del Estado Peruano. (19 de Marzo de 2025). *EMAPA Huaral y la Municipalidad Provincial se reúnen con consultores para avanzar en la ejecución del proyecto de la PTAR*. Obtenido de Gobierno del Perú: <https://www.gob.pe/institucion/emapahuaral/noticias/1128641-emapa-huaral-y-la-municipalidad-provincial-se-reunen-con-consultores-para-avanzar-en-la-ejecucion-del-proyecto-de-la-ptar>
- Ponce Salinas, J. D. (2022). *Evaluación de métodos de escarificación química en semillas de tamarindo, Tamarindus indica L., en el cantón Salinas, provincia de Santa Elena [Tesis para optar título, Universidad Estatal Península de Santa Elena]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/7563>
- Poveda Ocaña, R. A. (2024). Evaluación de la capacidad coagulante de semillas de Linum usitatissimum, Salvia hispánica y Moringa oleifera como coadyuvantes para el tratamiento de agua. *Recursos Naturales, Producción y Sostenibilidad*, 3(2), 65-85.
- Prieto Abad , L., & Salvador Sampertegui, W. (2021). *Eficiencia de Remoción de Turbidez del Agua del Canal El Progreso Mediante Coagulación-Floculación del Almidón de Plátano y Yuca, Jaén, 2019 [Tesis para optar título, Universidad Nacional de Jaén]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/187>
- Ramírez Aza, M. (2006). *Manual abecedario ecológico: La más completa guía de términos ambientales*. Bogotá: Editorial San Pablo. Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=rrGMx_DpbfAC&pg=PA275&dq=residuo&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjks760ys6MAxV5p5UCHaWjKIk4ChDoAXoECAMQAw#v=onepage&q=residuo&f=false

Saavedra Montenegro, M. L. (2016). *Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de Tamarindo (Tamarindus indica), Lambayeque – 2014 [Tesis para optar título, Universidad Señor de Sipán]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/845>

Seminario, J. (2004). *Raíces andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación*. Barcelona: International Potato Center. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=L-sz8Eir9IIC&pg=PA14&dq=yuca+raices&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjPwNbWq8mMAxWgrJUCHXHvJac4ChDoAXoECAUQAw#v=onepage&q=yuca%20raices&f=false

Sette Ramalho, R. (2021). *Tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverte. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=T9MfEAAQBAJ&pg=PA93&dq=sedimentaci%C3%B3n&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjuyey7yM6MAxXWrZUCHW_KI7kQ6AF6BAgLEAM#v=onepage&q=sedimentaci%C3%B3n&f=false

Urbano Borja, M. R., Silvia Eugenia, U. G., Quiñonez Alvarado, M. P., & Cevallos García, K. F. (2022). Evaluación de semillas de tamarindo como coagulante para disminuir la carga contaminante en el tratamiento de aguas, en relación a un coagulante comercial. *Revista Multidisciplinar Ciencia Latina*, 6(2), 577. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1908

Vargas Ruiz, A. I., Rosas Aguirre, A. A., Luna García, D. I., & Ramírez Mendoza, D. G. (2024). Extracto de semillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) como coagulante natural en la potabilización de aguas. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 28(2), 1-6. doi:<https://doi.org/10.15174/jc.2024.4429>

ANEXOS

Tabla 24. Matriz de consistencia del proyecto

Matriz de consistencia del proyecto

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensión	Variables	Unidad	Metodología
¿Los biocoagulantes son eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?	Evaluar la eficacia de los biocoagulantes en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.	Ho: Los biocoagulantes no fueron eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025. H1: Los biocoagulantes fueron eficaces para el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.	V.I.: Biocoagulantes	Coagulantes hechos de semillas	Dosis de coagulante de moringa Masa de polvo de semilla de moringa Dosis de coagulante de tamarindo Masa de polvo de semilla de tamarindo	mg/L g mg/L g	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo Diseño: Experimental Enfoque de la investigación: Cuantitativo Población: Todo el caudal de efluentes dentro de la PTAR Nueva Estrella. Muestra: 20 litros de efluentes. Técnicas de recolección de datos: Observación mediante los instrumentos mostrados en ANEXOS. Técnicas para procesamiento de información: -Test de Shapiro Wilk en SPSS. -Test de ANOVA y Tukey para datos normales -Test de Kruskal Wallis para datos no normales. Presupuesto: S/ 2114.00
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas					
-¿Cómo influye la concentración del coagulante de semilla de moringa en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?	-Verificar la influencia de la concentración del coagulante de semilla de moringa en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.	Ho: La concentración del coagulante de semilla de moringa no influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025. H1: La concentración del coagulante de semilla de moringa influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.	V.D.: Aguas residuales domésticas	Coagulante hecho de tubérculo	Dosis de coagulante de yuca Masa de almidón de yuca	mg/L g	
-¿Cómo influye la concentración del coagulante de semilla de tamarindo en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?	-Verificar la influencia de la concentración del coagulante de semilla de tamarindo en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.	Ho: La concentración del coagulante de semilla de tamarindo no influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025. H1: La concentración del coagulante de semilla de tamarindo influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.		Propiedades fisicoquímicas del agua	Turbidez Eficiencia de remoción de turbidez Conductividad eléctrica pH	UNT % uS/cm Ninguna	
¿Cómo influye la concentración del coagulante de yuca en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025?	-Verificar la influencia de la concentración del coagulante de yuca en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.	Ho: La concentración del coagulante de yuca no influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025. H1: La concentración del coagulante de yuca influye significativamente en los parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella de Huaral durante el año 2025.		Prueba de jarras	Velocidad de mezclado rápido Velocidad de mezclado lento Periodo de sedimentación	de de Min	

Nota. Elaboración propia.

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN			CADENA DE CUSTODIA				Código: UNJFSC-FCC-001		
							Versión: 001		
Provincia:		Huaral		Distrito:		Huaral		DNI:	72414608
Encargado del muestreo:			Morales Ramirez, Anthony William				Fecha:	15/09/2025	
Tipo de agua:			Agua residual doméstica (PTAR)						
Número de muestra:	Horario de muestreo:	Material del frasco:	Volumen de muestra recolectada:	Turbidez (UNT)	pH	Conductividad eléctrica (uS/cm)	Coordenadas UTM:		
							Zona:	18 S	
							Este	Norte	
1	9:00 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
2	9:05 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
3	9:10 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
4	9:15 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
5	9:20 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
6	9:25 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
7	9:30 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
8	9:35 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
9	9:40 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
10	9:45 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
11	9:50 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
12	9:55 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
13	10:00 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
14	10:05 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
15	10:10 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
16	10:15 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
17	10:20 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
18	10:25 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
19	10:30 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
20	10:35 am	Vidrio	1L	1000	7.18	6312	254237.77	8727009.57	
Descripción de las principales características de la zona de muestreo:				El afluente se muestra turbio, de tonalidad grisacea por materia en suspensión					

Nota. Elaboración propia.

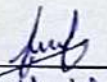

Responsable del muestreo

Figura 47. Cadena de custodia

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN				REGISTRO DE LA EFECTIVIDAD DEL COAGULANTE DE SEMILLA DE MORINGA					Código: UNJFSC-TJP-001		
									Versión: 001		
Ejecutor del ensayo: <i>Ramos Azca, Yonatan Jorge</i>				Coordenadas UTM:					Este	<i>254237.77</i>	
									Norte	<i>8727009.57</i>	
Fecha:		<i>16/09/2025</i>		Hora de inicio:		<i>8:00 am</i>		Hora de culminación:		<i>12:00 pm</i>	
N° de jarra	Turbidez inicial (UNT)	pH	Conductividad eléctrica inicial (uS/cm)	Coagulación			Floculación		Turbidez final (UNT)	pH	Conductividad eléctrica final (uS/cm)
				Agitación rápida			Agitación lenta				
				Dosis usada (mg/L)	Rapidez (rpm)	Tiempo (min)	Rapidez (rpm)	Tiempo (min)			
1	1000	7.18	6312	50	100	2	30	20	810	7.09	5687
2	1000	7.18	6312	100	100	2	30	20	625	7.29	4596
3	1000	7.18	6312	150	100	2	30	20	462	7.14	3903
4	1000	7.18	6312	200	100	2	30	20	220	7.2	3574
5	1000	7.18	6312	250	100	2	30	20	90	7.07	2834
6	1000	7.18	6312	300	100	2	30	20	25	7.27	2241
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Nota. Elaboración propia.

Figura 48. Registro de la efectividad del coagulante de semilla de moringa

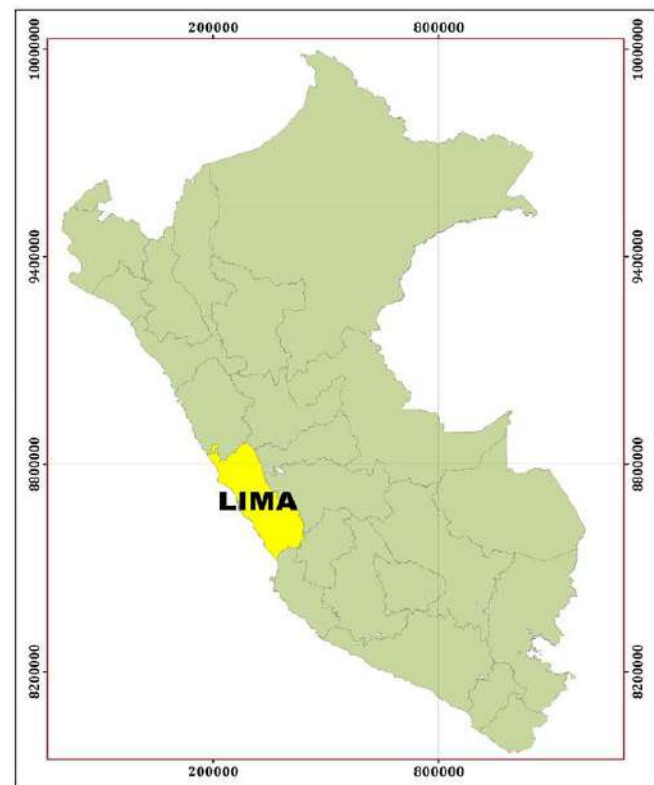
 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN				REGISTRO DE LA EFECTIVIDAD DEL COAGULANTE DE SEMILLA DE TAMARINDO					Código: UNJFSC-TJP-001		
									Versión: 001		
Ejecutor del ensayo:				<i>Herales Ramirez, Anthony William</i>					Coordenadas UTM:		
									Este	<i>254237.77</i>	
									Norte	<i>8727009.57</i>	
Fecha:		<i>15/04/2025</i>		Hora de inicio:		<i>12:00 pm</i>		Hora de culminación:		<i>4:00 pm</i>	
N° de jarra	Turbidez inicial (UNT)	pH	Conductividad eléctrica inicial (uS/cm)	Coagulación			Floculación		Turbidez final (UNT)	pH	Conductividad eléctrica final (uS/cm)
				Agitación rápida			Agitación lenta				
				Dosis usada (mg/L)	Rapidez (rpm)	Tiempo (min)	Rapidez (rpm)	Tiempo (min)			
1	1000	7.18	6312	50	100	2	30	20	968	7.08	5253
2	1000	7.18	6312	100	100	2	30	20	760	7.2	4832
3	1000	7.18	6312	150	100	2	30	20	640	7.43	4049
4	1000	7.18	6312	200	100	2	30	20	480	7.01	3309
5	1000	7.18	6312	250	100	2	30	20	270	7.18	2758
6	1000	7.18	6312	300	100	2	30	20	124	7.23	2343
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

Nota. Elaboración propia.

Figura 49. Registro de la efectividad del coagulante de semilla de tamarindo

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN				REGISTRO DE LA EFECTIVIDAD DEL COAGULANTE DE YUCA					Código: UNJFSC-TJP-001			
Versión: 001												
Ejecutor del ensayo:				Morales Ramirez, Anthony William					Coordenadas UTM:		Este	254237.77
											Norte	8727009.57
Fecha:		17/09/2025		Hora de inicio:		8:00 am		Hora de culminación:		12:00 pm		
N° de jarra	Turbidez inicial (UNT)	pH	Conductividad eléctrica inicial (uS/cm)	Coagulación			Floculación		Turbidez final (UNT)	pH	Conductividad eléctrica final (uS/cm)	
				Agitación rápida			Agitación lenta					
				Dosis usada (mg/L)	Rapidez (rpm)	Tiempo (min)	Rapidez (rpm)	Tiempo (min)				
1	1000	7.18	6312	50	100	2	30	20	930	7.07	5443	
2	1000	7.18	6312	100	100	2	30	20	697	7.08	4458	
3	1000	7.18	6312	150	100	2	30	20	464.8	7.05	3717	
4	1000	7.18	6312	200	100	2	30	20	232.5	7.03	3062	
5	1000	7.18	6312	250	100	2	30	20	103	7.08	2630	
6	1000	7.18	6312	300	100	2	30	20	40.7	7.35	2145	
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

Figura 50. Registro de la efectividad del coagulante de yuca.



	UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN		
	TÍTULO: MAPA GEORREFERENCIADO CON EL PUNTO DE MUESTREO DEL AGUA RESIDUAL		
	DOCENTE: Ing. Tania Ivette Méndez Izquierdo		
	ELABORADO POR: Morales Ramirez, Anthony William Ramos Azca, Yonatan Jorge	SRO: UTM Zona 18S WGS 1984	FUENTE: ASTER - MINAM AÑO DE IMPRESIÓN: 2025
ESCALA DE TRABAJO: 1:10000			

Figura 51. Mapa georreferenciado con la ubicación de los puntos de muestreo del agua residual doméstica.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Yennifeer Yuliana Arévalo Villafuerte

2.2. Nombre del instrumento: Cadena de custodia

2.3. DNI: 72664499

2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.				X	
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 98 %



YENNIFEER YULIANA
AREVALO VILLAFUERTE
Ingeniera Ambiental
CIP N° 236411

Firma del experto

Figura 52. Evaluación del primer experto sobre el primer instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.
 1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

- 2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Yennifeer Yuliana Arévalo Villafuerte
 2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de semilla de moringa
 2.3. DNI: 72664499
 2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 100 %



YENNIFEER YULIANA
AREVALO VILLAFUERTE
Ingeniera Ambiental
CIP N° 238411

Firma del experto

Figura 53. Evaluación del primer experto sobre el segundo instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Yennifeer Yuliana Arévalo Villafuerte

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de semilla de tamarindo

2.3. DNI: 72664499

2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 100



YENNIFEER YULIANA
AREVALO VILLAFUERTE
Ingeniera Ambiental
CIP N° 238411

Firma del experto

Figura 54. Evaluación del primer experto sobre el tercer instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Yennifeer Yuliana Arévalo Villafuerte

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de yuca

2.3. DNI: 72664499

2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 100 %



YENNIFEER YULIANA
AREVALO VILLAFUERTE
Ingeniera Ambiental
CIP N° 236411

Firma del experto

Figura 55. Evaluación del primer experto sobre el cuarto instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Carlos Alfonso Maldonado Vásquez

2.2. Nombre del instrumento: Cadena de custodia

2.3. DNI: 08858146

2.4. Grado académico del experto: Doctor

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.				X	
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.				X	
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.				X	
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 94 %


 CARLOS ALFONSO
 MALDONADO VÁSQUEZ
 Ingeniero Ambiental
 CIP Nº 240892

Firma del experto

Figura 56. Evaluación del segundo experto sobre el primer instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Carlos Alfonso Maldonado Vásquez

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de semilla de moringa

2.3. DNI: 08858146

2.4. Grado académico del experto: Doctor

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.				X	
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 98 %



 CARLOS ALFONSO
 MALDONADO VÁSQUEZ
 Ingeniero Ambiental
 CIP Nº 240892

Firma del experto

Figura 57. Evaluación del segundo experto sobre el segundo instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Carlos Alfonso Maldonado Vásquez

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de semilla de tamarindo

2.3. DNI: 08858146

2.4. Grado académico del experto: Doctor

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.				X	
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse

IV. Promedio de valoración: 98 %



CARLOS ALFONSO
MALDONADO VÁSQUEZ
Ingeniero Ambiental
CIP Nº 240892

Firma del experto

Figura 58. Evaluación del segundo experto sobre el tercer instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Carlos Alfonso Maldonado Vásquez

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de yuca

2.3. DNI: 08858146

2.4. Grado académico del experto: Doctor

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.				X	
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 98 %



CARLOS ALFONSO
MALDONADO VÁSQUEZ
Ingeniero Ambiental
CIP Nº 240892

Firma del experto

Figura 59. Evaluación del segundo experto sobre el cuarto instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Kevin Brando Honores Pitman

2.2. Nombre del instrumento: Cadena de custodia

2.3. DNI: 15855605

2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

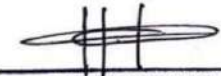
Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.				X	
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.				X	

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 96 %


KEVIN BRANDO
HONORES PITMAN
 Ingeniero Ambiental
 CIP N° 257023

Firma del experto

Figura 60. Evaluación del tercer experto sobre el primer instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Kevin Brando Honores Pitman

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de semilla de moringa

2.3. DNI: 15855605

2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 100 %


KEVIN BRANDO
HONORES PITMAN
Ingeniero Ambiental
CIP N° 257023

Firma del experto

Figura 61. Evaluación del tercer experto sobre el segundo instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Kevin Brando Honores Pitman

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de semilla de tamarindo

2.3. DNI: 15855605

2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 10


**KEVIN BRANDO
HONORES PITMAN**
Ingeniero Ambiental
CIP N° 257023

Firma del experto

Figura 62. Evaluación del tercer experto sobre el tercer instrumento.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR MODALIDAD JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

1.1. Tache con una X dentro de los cuadros de valoración.

1.2. Nivel de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos del experto:

2.1. Nombres y apellidos del juez experto: Kevin Brando Honores Pitman

2.2. Nombre del instrumento: Registro de la efectividad del coagulante de yuca

2.3. DNI: 15855605

2.4. Grado académico del experto: Maestro

Tabla

Requisitos de validación

Nº	Requisitos	Descripción	Valoración				
			1	2	3	4	5
1	Claridad	El instrumento está formulado con un lenguaje apropiado.					X
2	Objetividad	El instrumento permite medir hechos observables.					X
3	Actualidad	El instrumento es adecuado para el avance de la ciencia y de la tecnología.					X
4	Orden	El instrumento está presentado de manera ordenada.					X
5	Suficiencia	El instrumento comprende aspectos en cantidad y claridad.					X
6	Pertinencia	El instrumento permite lograr objetivos de la investigación.					X
7	Consistencia	El instrumento permite conseguir datos basados en modelos teóricos.					X
8	Coherencia	Existe coherencia entre las variables, indicadores e ítems.					X
9	Metodología	La estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10	Aplicación	Los datos permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X

III. Opinión de aplicabilidad:

- El instrumento puede aplicarse (X)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: 100 %


KEVIN BRANDO
HONORES PITMAN
Ingeniero Ambiental
CIP N° 257023

Firma del experto

Figura 63. Evaluación del tercer experto sobre el cuarto instrumento.

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Huaral, Agosto del 2025

SEÑOR:

Alberto Teodoro Ramirez Romero

Presidente del JASS del Centro Poblado Nueva Estrella

PRESENTE.-

ASUNTO: SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA INGRESO Y TOMA DE MUESTRAS
EN PTAR

De mi consideración:

Yo, Ramos Azca, Yonatan Jorge; identificado con DNI N.º 73005848 y Morales Ramírez, Anthony William; identificado con DNI N.º 72414608, egresados de la Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrión, nos encontramos desarrollando la tesis titulada "Evaluación de biocoagulantes para el tratamiento físicoquímico de aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento Nueva Estrella, Huaral", como requisito para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental.

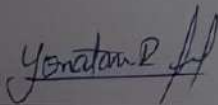
En tal sentido, nos dirigimos a usted para solicitarle muy respetuosamente la autorización para ingresar a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Centro Poblado Nueva Estrella y extraer muestras de agua residual, las cuales serán utilizadas exclusivamente con fines académicos y de investigación.

Nos comprometemos a cumplir con las normas de bioseguridad y protocolos establecidos por el JASS, garantizando que la actividad no afectará el funcionamiento de la PTAR ni pondrá en riesgo la salud o seguridad de las personas.

Agradecemos de antemano su atención y colaboración con esta solicitud, la cual contribuirá al desarrollo de un estudio que busca generar información relevante para la gestión adecuada de las aguas residuales.

Sin otro particular, quedamos atento a su respuesta.

Atentamente,



Ramos Azca, Yonatan Jorge
DNI: 73005848



Morales Ramirez, Anthony William
DNI: 72414608

Figura 64. Permiso para ingresar a la PTAR Nueva Estrella.

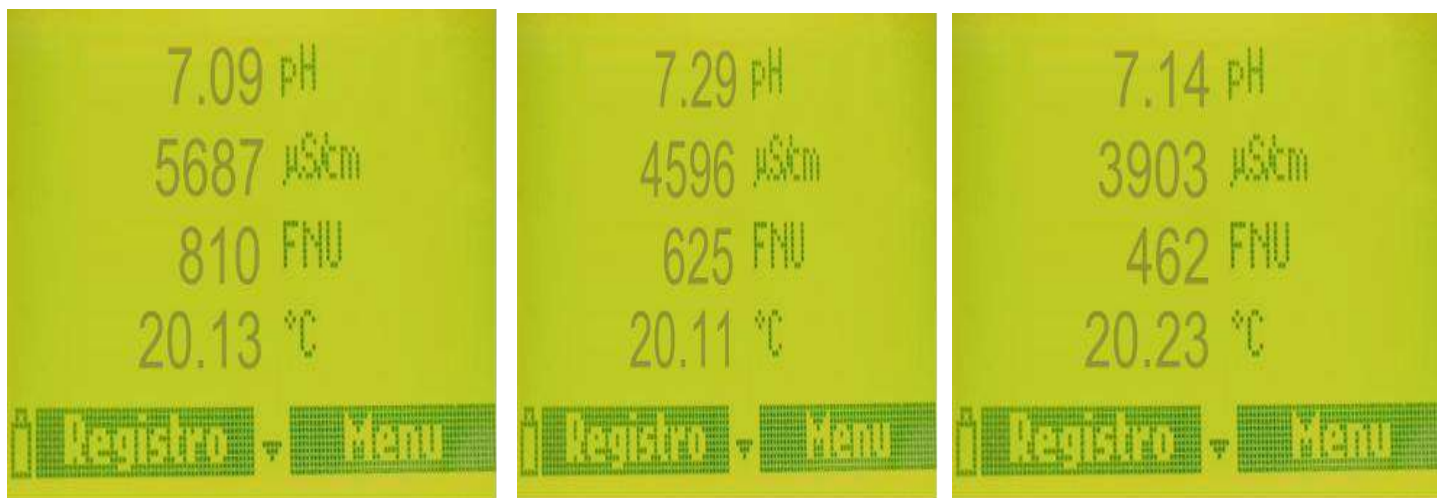


Figura 65. Resultados de los 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L de coagulante de moringa.



Figura 66. Resultados de los 200 mg/L, 250 mg/L y 300 mg/L de coagulante de moringa.



Figura 67. Resultados de los 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L de coagulante de tamarindo.



Figura 68. Resultados de los 200 mg/L, 250 mg/L y 300 mg/L de coagulante de tamarindo.



Figura 69. Resultados de los 50 mg/L, 100 mg/L y 150 mg/L de coagulante de yuca.



Figura 70. Resultados de los 200 mg/L, 250 mg/L y 300 mg/L de coagulante de yuca.



Figura 71. Resultados de la muestra.