



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

**Uso de coagulantes naturales de tuna y plátano para potabilizar las aguas del Río
Huaura en el año 2024**

Tesis
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores
Eros Antonio Campos Alfaro
Angel Alexander Ferrer Walde

Asesora
Mtra. María del Rosario Grados Olivera

Huacho – Perú
2024



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.



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
Angel Alexander Ferrer Walde	70987037	07/11/2024
Eros Antonio Campos Alfaro	74999727	07/11/2024
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Mstra. María del Rosario Grados Olivera	15736587	0000-0002-3004-0252
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS – PREGRADO/POSGRADO-MAESTRÍA-DOCTORADO:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Mstro. Luis Miguel Chávez Barbery	15759159	0000-0001-7816-1582
Mstra. Lucero Katherine Castro Tena	70837735	0000-0002-6770-8615
Mstra. Hellen Yahaira Huertas Pomasoncco	46741141	0000-0002-4204-7320

2024-070146 Ferrer Walde Angel Alexander 2024-07...

Uso de Coagulantes Naturales de Tuna y Plátano para Potabilizar las Aguas del Río Huaura en el Año 2024

 Quick Submit

 Quick Submit

 Facultad de Ingeniería Agrarias, Industrias Alimentarias y Ambiental

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3020356948

Fecha de entrega

25 sep 2024, 12:40 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

25 sep 2024, 12:46 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

TESIS_COMPLETA-COAGULANTE_DE_TUNA_Y_PL_TANO-FERRER_Y_CAMPOS.pdf

Tamaño de archivo

2.8 MB

143 Páginas

28,864 Palabras

157,124 Caracteres



Página 2 of 155 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega trn:oid::1:3020356948

20% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

19%  Fuentes de Internet

8%  Publicaciones

13%  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

Este trabajo va dedicado a mi madre, Yanet Rocío Walde Sánchez, pues los valores que me inculcó, el amor que me da y el esfuerzo que realiza por sacarme adelante hasta ahora hizo posible que llegara a ser un profesional.

A. ALEXANDER

A mis padres, Marco Antonio Campos Arellano y Carmen Rosa Alfaro Centeno, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido el pilar con el que pude hacer realidad este trabajo. Su sabiduría y aliento me han llevado a alcanzar este importante logro académico, y por ello, les dedico esta tesis con el más profundo agradecimiento.

E. ANTONIO

AGRADECIMIENTO

A los miembros del jurado evaluador por otorgarnos su tiempo y ayudarnos en la mejora continua de esta investigación; a nuestra asesora Mg. Grados Olivera María del Rosario por creer en nuestra capacidad y apoyarnos en todo este proceso.

A los técnicos del laboratorio de Aire y Ruido por facilitarnos un espacio para trabajar y capacitarnos en el manejo de los equipos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
Capítulo I. Planteamiento del problema	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Delimitación del estudio	4
1.5.1. Delimitación temporal.	4
1.5.2. Delimitación geográfica.....	4
1.5.3. Delimitación conceptual.	5
1.6. Viabilidad del estudio	5
1.6.1. Viabilidad técnica.	5
1.6.2. Viabilidad social	5
1.6.3. Viabilidad ambiental.....	6
1.6.4. Viabilidad financiera.....	6
Capítulo II. Marco Teórico	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.	8

2.2. Marco teórico.....	10
2.3. Definición de términos básicos.....	31
2.4. Hipótesis de investigación.....	32
2.4.1. Hipótesis general.....	32
2.4.2. Hipótesis específicas.....	32
2.5. Operacionalización de las variables.....	34
Capítulo III. Metodología.....	35
3.1. Gestión del experimento.....	35
3.1.1. Ubicación.....	35
3.1.2. Diseño metodológico.....	37
3.1.3. Población y muestra.....	37
3.1.4. Características del área experimental.....	37
3.1.5. Tratamientos.....	38
3.1.6. Diseño experimental.....	39
3.1.7. Variables a evaluar.....	39
3.1.8. Conducción del experimento.....	40
3.2. Técnicas para el procesamiento de la información.....	58
Capítulo IV. Resultados.....	59
Capítulo V. Discusión.....	82
Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones.....	84
6.1. Conclusiones.....	84
6.2. Recomendaciones.....	84
Capítulo VII. Referencias Bibliográficas.....	86
ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tiempos de decantación no forzada (profundidad 1 m) para diferentes partículas en función de su tamaño (diámetro).....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 2. Propiedades de los coagulantes inorgánicos.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3. Características químicas de la cáscara de plátano.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. Operacionalización de variables estadísticas.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5. Características del punto de muestreo.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 6. Composición de los tratamientos realizados con el coagulante de tuna.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 7. Composición de los tratamientos realizados con el coagulante de plátano.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 8. Caracterización físico-química inicial de las aguas del río Huaura.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 9. Prueba de normalidad de los resultados del tratamiento con el coagulante de tuna.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 10. Prueba de normalidad de los resultados del tratamiento con el coagulante de plátano.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 11. ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs turbidez final.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 12. Prueba de Tukey para turbidez obtenida con el coagulante de tuna.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 13. ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs temperatura final.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 14. ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs conductividad eléctrica final.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 15. ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs pH final.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 16. Prueba de Tukey para pH obtenido con el coagulante de tuna.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 17. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable turbidez.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 18. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable temperatura.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 19. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y conductividad eléctrica.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 20. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable pH.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 21. Prueba Howell entre la dosis de coagulante de plátano vs turbidez.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 22. Prueba de comparaciones entre dosis de coagulante de plátano vs turbidez.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 23. ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano vs temperatura final.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 24. Prueba de Tukey para temperatura obtenida con el coagulante de plátano.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 25. ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano vs conductividad eléctrica.....</i>	<i>73</i>

<i>Tabla 26. Prueba de Tukey para conductividad eléctrica obtenida con el coagulante de plátano</i>	73
<i>Tabla 27. ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano vs pH final</i>	74
<i>Tabla 28. Prueba de Tukey para pH obtenida con el coagulante de plátano</i>	74
<i>Tabla 29. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable turbidez</i>	76
<i>Tabla 30. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable temperatura</i>	77
<i>Tabla 31. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y la conductividad eléctrica</i>	78
<i>Tabla 32. Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable pH</i>	79
<i>Tabla 33. Resultados de las dosis óptimas del coagulante de tuna y del coagulante de plátano</i>	81
<i>Tabla 34. Parámetros del Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano</i>	101
<i>Tabla 35. Estándares de Calidad Ambiental para el Agua Categoría 1 – Subcategoría A</i>	102
<i>Tabla 36. V de Aiken para el primer instrumento de investigación</i>	103
<i>Tabla 37. V de Aiken para el segundo instrumento de investigación</i>	103
<i>Tabla 38. V de Aiken para el tercer instrumento de investigación</i>	104
<i>Tabla 39. Confiabilidad de los instrumentos</i>	104
<i>Tabla 40. Resultados de los tratamientos con los coagulantes de tuna y plátano durante el test de jarras</i>	105
<i>Tabla 41. Unidad Hidrográfica Huaura: Fuentes contaminantes identificadas, según la Administración Local de Agua Huaura, 2021</i>	106
<i>Tabla 42. Instrumento 1: Formato de ficha de cadena de custodia</i>	107
<i>Tabla 43. Instrumento 2: Ficha para evaluar la capacidad coagulante-floculante de la cáscara de plátano mediante el ensayo de jarras</i>	108
<i>Tabla 44. Instrumento 3: Ficha de registro para evaluar la capacidad coagulante-floculante de tuna mediante el ensayo de jarras</i>	109

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Dispersión de la luz en un sistema coloidal</i>	12
<i>Figura 2. Reacciones químicas entre los coagulantes de aluminio y la alcalinidad del agua</i> .	13
<i>Figura 3. Interacción de capas entre dos coloides</i>	14
<i>Figura 4. Eliminación de las cargas eléctricas de los coloides</i>	15
<i>Figura 5. Formación de los puentes entre 2 coloides gracias a cadenas de polímeros</i>	15
<i>Figura 6. Formación de flóculos por adherencia entre partículas coloidales y un polímero</i> ..	17
<i>Figura 7. Ejemplos de floculantes sintéticos</i>	17
<i>Figura 8. Gráfico turbidez vs dosis de coagulante</i>	18
<i>Figura 9. Distribución de Opuntia Ficus Indica en el mundo</i>	19
<i>Figura 10. Raíz de la tuna</i>	21
<i>Figura 11. Tallo de la tuna</i>	21
<i>Figura 12. Cladodio de la tuna</i>	22
<i>Figura 13. Hoja modificada de la tuna</i>	22
<i>Figura 14. Flor de la tuna</i>	23
<i>Figura 15. Planta tuna con frutos en distintas fases de maduración</i>	23
<i>Figura 16. Semillas de la tuna</i>	24
<i>Figura 17. Mucílago extraído de la tuna</i>	24
<i>Figura 18. Espectro infrarrojo de absorción del polímero natural</i>	25
<i>Figura 19. Partes de una planta de banano</i>	27
<i>Figura 20. Estructura química de la celulosa</i>	29
<i>Figura 21. Estructura química de la hemicelulosa</i>	29
<i>Figura 22. Estructura química de la lignina</i>	30
<i>Figura 23. Estructura química de la amilosa</i>	30
<i>Figura 24. Estructura química de la amilopectina</i>	31
<i>Figura 25. Mapa georreferenciado con la ubicación de los puntos de muestreo del agua superficial. Elaboración propia</i>	36
<i>Figura 26. Limpieza del área de trabajo</i>	41
<i>Figura 27. Lavado de la cáscara de la penca con agua destilada</i>	41
<i>Figura 28. Remoción de la cáscara de la penca y cortado en trozos</i>	42
<i>Figura 29. Licuado de los trozos de tuna</i>	42

<i>Figura 30. Filtrado de la mezcla.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 31. Centrifugación de la mezcla.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 32. Sobrenadante y sedimento resultante de la centrifugación.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 33. Refrigeración de la mezcla tuna y alcohol.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 34. Polvo de tuna dentro del mortero.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 35. Pesado del polvo de tuna.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 36. Solución madre del coagulante de tuna</i>	<i>45</i>
<i>Figura 37. Representación gráfica de la obtención de las dosis del coagulante de tuna.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 38. Limpieza de las cáscaras con agua destilada.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 39. Cortado de las cáscaras de plátano.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 40. Ingresando las cáscaras de plátano a la estufa.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 41. Molienda de las cáscaras de plátano tostadas.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 42. Tamizado del polvo.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 43. Pesado del polvo de plátano.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 44. Solución madre del coagulante de plátano.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 45. Representación gráfica de la obtención de las dosis del coagulante de plátano....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 46. Indumentaria para el muestreo del agua del río Huaura.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 47. Acceso a la zona de muestreo.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 48. Recolección de agua con el balde.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 49. Medición de parámetros de campo.</i>	<i>53</i>
<i>Figura 50. Recolección de las muestras dentro del río.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 51. Almacenamiento de las muestras y el multiparámetro.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 52. Programación del agitador magnético.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 53. Dosificación del coagulante de tuna a los vasos.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 54. Dosificación del coagulante de plátano a los vasos.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 55. Introducción de la sonda del multiparámetro en los vasos de precipitado.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 56. Lecturas registradas por el multiparámetro.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 57. Esquema de la conducción sistemática del experimento. Elaboración propia.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 58. Turbidez (UNT) vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).....</i>	<i>66</i>

<i>Figura 59. Temperatura (°C) vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).</i>	67
<i>Figura 60. Conductividad eléctrica (uS/cm) vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).</i>	68
<i>Figura 61. pH vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).</i>	70
<i>Figura 62. Turbidez (UNT) vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).</i>	76
<i>Figura 63. Temperatura (°C) vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).</i>	77
<i>Figura 64. Conductividad eléctrica (uS/cm) vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).</i>	79
<i>Figura 65. pH vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).</i>	80
<i>Figura 66. Primer instrumento lleno.</i>	110
<i>Figura 67. Segundo instrumento lleno.</i>	111
<i>Figura 68. Tercer instrumento lleno.</i>	112
<i>Figura 69. Juicio del primer experto sobre el instrumento 1.</i>	113
<i>Figura 70. Juicio del primer experto sobre el instrumento 2.</i>	114
<i>Figura 71. Juicio del primer experto sobre el instrumento 3.</i>	115
<i>Figura 72. Juicio del segundo experto sobre el instrumento 1.</i>	116
<i>Figura 73. Juicio del segundo experto sobre el instrumento 2.</i>	117
<i>Figura 74. Juicio del segundo experto sobre el instrumento 3.</i>	118
<i>Figura 75. Juicio del tercer experto sobre el instrumento 1.</i>	119
<i>Figura 76. Juicio del tercer experto sobre el instrumento 2.</i>	120
<i>Figura 77. Juicio del tercer experto sobre el instrumento 3.</i>	121
<i>Figura 78. TA1B1: 50 mg/L de coagulante de tuna y 30 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	122
<i>Figura 79. TA1B2: 50 mg/L de coagulante de tuna y 50 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	122
<i>Figura 80. TA2B1: 100 mg/L de coagulante de tuna y 30 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	122
<i>Figura 81. TA2B2: 100 mg/L de coagulante de tuna y 50 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	123
<i>Figura 82. TA3B1: 200 mg/L de coagulante de tuna y 30 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	123
<i>Figura 83. TA3B2: 200 mg/L de coagulante de tuna y 50 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	123

<i>Figura 84. PA1B1: 50 mg/L de coagulante de plátano y 30 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	124
<i>Figura 85. PA1B2: 50 mg/L de coagulante de plátano y 50 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	124
<i>Figura 86. PA2B1: 100 mg/L de coagulante de plátano y 30 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	124
<i>Figura 87. PA2B2: 100 mg/L de coagulante de plátano y 50 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	125
<i>Figura 88. PA3B1: 200 mg/L de coagulante de plátano y 30 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	125
<i>Figura 89. PA3B2: 200 mg/L de coagulante de plátano y 50 rpm. Primer y segunda réplica.</i>	125
<i>Figura 90. Parámetros iniciales de las muestras de agua.</i>	126
<i>Figura 91. Multiparámetro en su estuche.</i>	126
<i>Figura 92. Vasos de precipitado post ensayo de jarras con el coagulante de plátano.</i>	126
<i>Figura 93. Vasos de precipitado post ensayo de jarras con el coagulante de tuna.</i>	127

RESUMEN

Objetivo: Determinar el coagulante natural con mayor rendimiento para la potabilización de las aguas del Río Huaura durante el año 2024. **Metodología:** El presente trabajo se desarrolló debajo del puente Huaura, cuyas coordenadas UTM fueron 216617.81 E y 8774795.94 S. Fue realizado un diseño factorial con 3 dosis (50, 100 y 200 mg/L) y 2 velocidades de agitación lenta (30 y 50 rpm). Se preparó el coagulante de tuna mediante la recolección de pencas, lavado con agua destilada, quitado de cáscara, licuado, filtrado, centrifugación, precipitación, congelación, filtrado y molienda. Para obtener el coagulante de plátano se realizó la recolección de plátano, limpieza de cáscaras, trozado, secado, molienda y tamizado. Se consiguieron muestras de agua del Río Huaura siguiendo los lineamientos de la R.J. N.º 010-2016-ANA, luego, se simuló un test de jarras con las 3 dosis, 2 velocidades lentas y condiciones como: 100 rpm de mezclado rápido por 1 minuto, 20 minutos de agitado lento y 30 minutos de sedimentación. Finalmente, las propiedades del agua tratada fueron medidas con un multiparámetro. **Resultados:** Las muestras presentaron una turbidez inicial de 126 UNT, 20.64°C de temperatura, pH de 7.7 y 1020 uS/cm de conductividad. La dosis óptima del coagulante de tuna fue 200 mg/L junto con 50 rpm de velocidad alcanzando 98.89% de remoción de turbidez, un pH de 7.77, 19.31°C de temperatura y 1065.5 uS/cm de conductividad. El coagulante de plátano a 200 mg/L y 50 rpm de velocidad logró una eliminación total de turbidez, pH de 8.415, 18.865 °C de temperatura y 1020.5 uS/cm de conductividad. **Conclusiones:** Las dosis óptimas de ambos coagulantes cumplieron los valores del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. **Palabras Claves:** Potabilización, test de jarras, coagulación, tuna, plátano.

ABSTRACT

Objective: Determine the natural coagulant with the highest performance for the purification of the waters of the Huaura River during the year 2024. **Methodology:** The present work was developed under the Huaura bridge, whose UTM coordinates were 216617.81 E and 8774795.94 S. A factorial design was carried out with 3 doses (50, 100 and 200 mg/L) and 2 slow stirring speeds (30 and 50 rpm). The prickly pear coagulant was prepared by collecting stalks, washing with distilled water, removing the shell, liquefying, filtering, centrifuging, precipitation, freezing, filtering and grinding. To obtain the banana coagulant, banana harvesting, peel cleaning, cutting, drying, grinding and sieving were carried out. Water samples were obtained from the Huaura River following the guidelines of the R.J. N° 010-2016-ANA, then, a jar test was simulated with the 3 doses, 2 slow speeds and conditions such as: 100 rpm of fast mixing for 1 minute, 20 minutes of slow stirring and 30 minutes of sedimentation. Finally, the properties of the treated water were measured with a multiparameter. **Results:** The samples had an initial turbidity of 126 NTU, 20.64°C temperature, pH of 7.7 and 1020 uS/cm conductivity. The optimal dose of the prickly pear coagulant was 200 mg/L along with 50 rpm speed reaching 98.89% turbidity removal, a pH of 7.77, 19.31°C temperature and 1065.5 uS/cm conductivity. The banana coagulant at 200 mg/L and 50 rpm speed achieved a total elimination of turbidity, pH of 8.415, 18.865 °C temperature and 1020.5 uS/cm conductivity. **Conclusions:** The optimal doses of both coagulants met the values of the Regulation of Water Quality for Human Consumption.

Keywords: Potabilization, jar test, coagulation, prickly pear, banana.

INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable en el Perú por parte del Estado resulta insuficiente debido al aumento desmesurado e irregular distribución de la población por todo el territorio nacional en los últimos años, a su vez se suman otros factores como el despilfarro del recurso hídrico por parte de los consumidores, plantas de potabilización que han sido abandonadas, destrucción de la cubierta vegetal y el abrupto cambio climático que está sufriendo el planeta. Ante la ausencia de ese líquido vital, muchos compatriotas optan por captar directamente el agua de los ríos y quebradas previa remoción de turbidez. (Godoy, 2018)

La turbidez es un fenómeno físico que interrumpe el ingreso de luz a un cuerpo de agua y es provocada por la presencia de partículas finas de suelo que han sido erosionadas, algas, bacterias, materia orgánica, vertimientos domésticos e industriales. La única forma factible de disminuir la turbidez es mediante la aplicación de sustancias denominadas coagulantes, puesto que otras acciones como la simple sedimentación no funcionan. (Roldán y Ramírez, 2008)

El coagulante más utilizado en el país es el sulfato de aluminio, pero con el tiempo se han detectado casos de toxicidad por su ingesta en exceso. Ante ello, los esfuerzos se centran en hallar un producto cuya eficiencia en la reducción de turbidez se asemeje o incluso supere a ese compuesto químico y además tenga beneficios extra como un menor costo, fácil obtención y no comprometa la salud de los consumidores. (Esquivel, 2019)

Esta investigación se realizó para determinar el rendimiento que posee un coagulante hecho a base de tuna (*Opuntia ficus indica*) y otro a base de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) para potabilizar las aguas del río Huaura que vienen siendo receptoras de muchos contaminantes por todo su cauce. Los parámetros que definieron la potabilización de ese recurso hídrico fueron la turbidez, la conductividad eléctrica, la temperatura y el pH; cuyos resultados han sido comparados con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano.

Capítulo I. Planteamiento del problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

Comenzando por el asunto sanitario, El Ágora (2021) enfatiza que solamente el 20% de las aguas residuales son tratadas correctamente a nivel mundial mientras que el 80% restante es vertido directamente en el suelo, lagos, ríos u océanos impregnándoles de una alta carga contaminante. Dicha situación es preocupante porque el agua ha sido y sigue siendo determinante para el desarrollo de todos los seres vivos al permitirnos satisfacer nuestras necesidades básicas, pero acceder a dicho recurso con una calidad adecuada para su uso se ha vuelto más complicado estos últimos años.

Una de las características físicas que nos dan un indicio de la claridad del recurso hídrico es por excelencia la turbidez. Para Rigola (1989, p. 28) dicho fenómeno hace referencia a la dificultad que tiene el agua para transmitir la luz debido a la presencia de materias insolubles suspendidas, coloidales o muy finas siendo un problema característico de las aguas superficiales contaminadas. Esos materiales tardan muchísimo tiempo en decantar e interfieren con los usos que se le podría dar al agua.

La única solución que se considera hasta estos momentos para separar del agua los materiales causantes de turbidez es el agregado de sustancias denominadas como coagulantes siendo los más comunes los elaborados a base de sales de hierro y aluminio, pero también se emplean polielectrolitos sintéticos para reducir la dosis de aplicación de los primeros y provocar una sedimentación más rápida. Chávez et al. (2019, p. 11) aseguran que una de las desventajas de este tipo de químicos es que son obtenidos a partir de derivados del petróleo, su coste es elevado para los países de América Latina teniendo en cuenta que debe ser importado, tienen baja biodegradabilidad y algunos de sus residuos cuentan con propiedades tóxicas.

Es notorio que, en nuestro contexto nacional, el crecimiento desmesurado de la población complica el abastecimiento de agua potable. El Comercio (2023) cual da a conocer datos recopilados por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento donde señala que actualmente 3.5 millones de peruanos aún no cuentan con dicho servicio, por lo cual muchos de ellos se ven en la necesidad de captar el recurso hídrico directamente de los ríos. Sin embargo, hay una alta probabilidad de que su calidad no sea la más óptima tal como es el caso del río Huaura en donde según el Informe Técnico N° 0064-2021-ANA-AAA. CF-ALA.H/KYHR, redactado por la Administración Local del Agua Huaura en el 2021, existe un total de 162

fuentes contaminantes dividiéndose en: Aguas residuales (67%), residuos sólidos (27%) y sustancias generadas por el lavado de vehículos (6%).

Ello significa que el aprovechamiento que se le quiera dar a las aguas del río Huaura está impedido a causa de los continuos vertimientos de las aguas residuales generadas en sus periferias. Así, ante todos esos inconvenientes se ha despertado un urgente interés en obtener coagulantes que puedan ser asimilados fácilmente por el medio ambiente, que provengan de fuentes naturales y que nos permita aprovechar la gran biodiversidad que posee nuestra nación. Por tal razón, en esta investigación se comparó la capacidad depuradora de un coagulante obtenido a partir de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) y otro coagulante a base de cáscaras de plátano (*Musa paradisiaca*), a través del popular ensayo de prueba de jarras que contendrán muestras de aguas del río Huaura buscando mejorar su calidad y reduciendo de esa manera las dificultades en el aprovechamiento por parte de la población que tenga una elevada demanda de dicho recurso hídrico. Los parámetros más importantes a considerar fueron la turbidez, conductividad eléctrica, pH y temperatura.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál fue el coagulante natural con mayor rendimiento para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál fue la dosis del coagulante elaborado a base de tuna más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024?

¿Cuál fue la velocidad de agitación lenta usada en los tratamientos con el coagulante de tuna más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024?

¿Cuál fue la dosis del coagulante elaborado a base de plátano más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024?

¿Cuál fue la velocidad de agitación lenta usada en los tratamientos con el coagulante de plátano más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el coagulante natural con mayor rendimiento para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

Identificar la dosis del coagulante elaborado a base de tuna más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Evaluar la velocidad de agitación lenta usada en los tratamientos con el coagulante de tuna más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Identificar la dosis del coagulante elaborado a base de plátano más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Evaluar la velocidad de agitación lenta usada en los tratamientos con el coagulante de plátano más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

1.4. Justificación de la investigación

La reducción de costes en una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) o una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) siempre es un objetivo anhelado por los operadores de dichas infraestructuras, lamentablemente es en la etapa de coagulación-floculación donde se producen gastos significativos por la adquisición de cantidades excesivas de sulfato férrico, sulfato de aluminio, cloruro férrico, etc. Incluso, posterior a dicho tratamiento se obtienen unos subproductos de considerable volumen denominados como lodos que traen consigo una nueva preocupación porque también deben someterse a toda clase de procesos hasta que adquieran propiedades inocuas y cumplan las normativas vigentes.

Además, existen otros inconvenientes operacionales que se detectaron hace muchos años tales como las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al momento de reaccionar con la alcalinidad natural del agua, el incremento de la dureza permanente y la modificación abrupta de las condiciones de pH; éstos son ignorados porque aún falta un producto que permita sustituir completamente el uso de las sales de aluminio o de hierro. Mientras que, por el lado de las personas que consumen esa agua aparentemente tratada, Pitchford (2007, p. 123) comenta que hay sospechas de que las trazas de aluminio que ingresan al cuerpo conforme se van acumulando

causan efectos neurotóxicos y se ha llegado a relacionar a dicho metal con enfermedades como el Alzheimer.

Entonces, para minimizar los impactos negativos del tratamiento de coagulación-floculación hemos elegido como candidato a las especies vegetales conocidas como tuna y plátano, siendo alimentos fáciles de obtener y de rápida degradación en el medio ambiente. A través de varias pruebas de test de jarras con el agua procedente del río Huaura se evaluará la capacidad coagulante de ambas especies, monitoreando durante todo el proceso los parámetros como: pH, conductividad eléctrica, turbidez y temperatura; con el fin de obtener una dosis óptima que permita la casi purificación del agua del río dejando como preocupación para el potencial consumidor únicamente al proceso final de desinfección.

Además, se eligió como zona de estudio al río Huaura debido a los múltiples reportes que denotan la mala calidad que tienen sus aguas a causa de las actividades antrópicas cercanas. Sin embargo, el problema que queremos resolver no sólo ocurre en dicho río, sino que se repite en gran parte del territorio nacional. Por lo tanto, la metodología realizada en este trabajo tendrá que ser lo más clara, breve y precisa con el fin de que pueda servir como un apoyo para futuros investigadores, pudiendo repetirla exitosamente en el lugar que habiten.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación temporal.

Se refiere al tiempo en el que se realizará la recolección, análisis y difusión de los datos. También podría definirse como el periodo que durará la investigación completa. Guiándonos de esa definición, el trabajo de investigación titulado "Uso de Coagulantes Naturales de Tuna y Plátano para Potabilizar las Aguas del Río Huaura en el Año 2024" se extenderá desde inicios hasta mediados del año 2024.

1.5.2. Delimitación geográfica.

Se debe tener en cuenta que debido a la definición de los ECA establecida en el artículo 31 de la Ley N° 28611 (Ley General del Ambiente) el lugar donde se realice el muestreo tiene que ser el cuerpo receptor de los efluentes, siendo en este caso el río Huaura cuyas aguas serán recolectadas con la finalidad de conocer su caracterización y también para poder realizarles el ensayo de jarras.

El presente estudio se realizó, en el río Huaura, debajo del puente que conecta con la ciudad de Huacho cuyas coordenadas son: -11.07419 y -77.59836. Presentando una altitud de 48 m.s.n.m. La cuenca del río Huaura tiene sus límites con las siguientes cuencas: por el Norte con la cuenca Supe y cuenca Pativilca, por el Este con la Inter cuenca Alto Marañón V, Inter cuenca Alto Huallaga y cuenca Mantaro, por el Sur con la cuenca Chancay-Huaral y por el Oeste con el Océano Pacífico.

1.5.3. Delimitación conceptual.

Los principales conceptos que fundamentan la presente investigación son: potabilización del agua, coagulación, tuna, plátano y ensayo de jarras.

1.6. Viabilidad del estudio

1.6.1. Viabilidad técnica.

El proyecto fue viable técnicamente, ya que se empleó una metodología muy utilizada en el ámbito de la potabilización y tratamiento de aguas conocida como test de jarras, la cual sirve para obtener información sobre el proceso de coagulación de un efluente con diversos materiales. Dicho método permitirá determinar la dosis óptima de ambos coagulantes a emplear, velocidad de agitación y tiempo de sedimentación.

También, en lo que respecta a la caracterización de las aguas del río Huaura nos guiaremos de lo establecido en el “Protocolo Nacional para Monitoreo de Calidad de Recursos Hídricos Superficiales” aprobado mediante la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA con la finalidad de obtener la mayor representatividad posible de las muestras que serán recolectadas y minimizando la aparición de valores erróneos.

1.6.2. Viabilidad social

La investigación fue viable socialmente, ya que los resultados obtenidos les servirán a aquellos pobladores que por diversas razones tengan necesidad de consumir el agua del río Huaura, sabiendo que ahora podrían lograr la clarificación del recurso hídrico por medio de productos de fácil adquisición, sencillez de empleo y de alta accesibilidad para su bolsillo.

Por otro lado, los operadores de las plantas de depuración podrían tomar como un ejemplo este antecedente y tratar de replicar el uso de esas frutas al momento de realizar sus actividades,

contemplando con el tiempo una notable reducción de costes y también un menor volumen de subproductos lodosos que gestionar.

1.6.3. Viabilidad ambiental.

Muchos materiales de origen vegetal o animal tienen propiedades de depuración muy similares o incluso superiores a los coagulantes químicos convencionales en lo que respecta a la remoción de turbidez. Sumado a ventajas como la nula toxicidad y poca repercusión en la cadena alimentaria. Además, la gran biomasa residual de la tuna y plátano cuyo coste es nulo obtendría un nuevo uso en vez de simplemente terminar descomponiéndose hasta generar más emisiones de gases de efecto invernadero como el metano o el dióxido de carbono.

1.6.4. Viabilidad financiera.

El estudio está garantizado financieramente por los investigadores ya que los costos que aparezcan durante la adquisición del equipamiento necesario para el ensayo de jarras, la obtención de las tunas y cáscaras de plátano, el análisis inicial de la calidad de las aguas del río Huaura previo y los análisis físico químicos del agua que será tratada se encuentran dentro de nuestras posibilidades económicas.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Terán (2022) en su tesis realizada en Ecuador, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de la tuna para la disminución de turbidez del río Carrizal. En esta investigación se recolectaron muestras de agua en el río y también pencas de tuna en la ciudad de Ambato, extrayendo su mucílago hasta obtener harina (solución al 8%) y polielectrolito (mezcla con etanol al 96%). Como resultados, los niveles iniciales de turbidez fueron 194 NTU y SST de 572,13 mg/L. Además, la aplicación de 10 ml de polielectrolito junto a una velocidad de 60 rpm logró 99.67% de remoción de turbidez y un 99.65% para SST, siendo estos valores los más altos registrados. Ruiz (2021) en su tesis realizada en Ecuador, tuvo como objetivo obtener un producto natural que les permita a las zonas rurales clarificar con el menor costo posible el recurso hídrico. La metodología empleada en primer lugar fue el muestreo del agua en diferentes puntos al azar del Estero Medina y su traslado a un laboratorio para su caracterización. En segundo lugar, se recolectaron las pencas y se siguió con la preparación del coagulante. En tercer lugar, para el test de jarras se añadieron diversas dosis de coagulante a los vasos de precipitado que contenía el agua y se aplicó una mezcla rápida de 100 rpm por 1 minuto. Luego, se continuó con una mezcla lenta de 30 rpm por 20 minutos y una sedimentación por 30 minutos. Los resultados indican que la dosis óptima fue la que combinó 200 mg/L de producto en condiciones de pH de 6, con ella se redujo la turbidez hasta 1.705 UNT.

Cuadros (2020) en su tesis realizada en Colombia, tuvo como objetivo evaluar la actividad coagulante de la tuna en la remoción de turbidez del río Fucha. En primer lugar, obtuvo un polvo realizando la siguiente secuencia: Lavado, cortado en tiras, secado a 60°C por 48 horas, colocación en mortero, maceración y almacenado. En segundo lugar, se recolectó muestras puntuales y se determinaron sus propiedades en un laboratorio. En tercer lugar, disolvió 90 gramos del polvo en un litro de agua destilada obteniendo una solución madre y este proceso lo repetimos usando tanto cloruro férrico como alumbre. En cuarto lugar, se llenaron beakers con 800 ml de muestra y se trabajó con dosis de 62.7, 77.1 y 91 mg/L de cada coagulante. Las condiciones de agitación rápida fueron de 100 rpm por 1 minuto y para el caso de la mezcla lenta configuró velocidades de 30, 40 y 50 rpm durante 20 minutos. Como resultados, las

remociones de turbidez para cada coagulante fueron: 76% (tuna), 94% (sulfato de aluminio) y 98% (cloruro férrico). La tuna logró dicho nivel de reducción a dosis de 77.1 mg/L en combinación con 30 rpm.

Ortega (2020) en su tesis realizada en Bolivia, tuvo como objetivo aplicar un coagulante hecho de cáscara de plátano en aguas del río Choqueyapu. La metodología empezó adquiriendo cáscaras de plátano maduro, para luego procesarlo como sigue: Lavado con hipoclorito de sodio 0.1%, trozado, secado a 60°C por 32 horas, molienda, tamizado, extracción con etanol por 6 horas y secado a 60°C por 2 horas. Después, se disolvió 1 gramo del polvo obtenido en 1 litro de agua destilada y se almacenó la mezcla de nombre solución madre. Similarmente, se preparó otra solución madre a base de alumbre. Posterior a ello, se realizó el muestreo de 20 litros de agua y éstas se llevaron a un laboratorio. Finalmente, llenó 6 beakers con 1 litro de muestra cada uno para agregarle 1, 2, 4, 6, 8 y 10 ml de la solución madre del coagulante natural, agitando a 45 rpm por 30 minutos. Como resultados, usando una dosis de 55 mg/L el alumbre logró un 99.72% de remoción de turbidez mientras que el coagulante logró un 96.08%.

Pelayo y Zárate (2022) en su tesis realizada en Colombia, tuvieron como objetivo desarrollar un coagulante a base de cáscara de plátano para depurar aguas residuales en Colombia. En primer lugar se compraron plátanos para preparar el coagulante y ejecutaron éstas etapas: Licuado, secado a 80°C de temperatura por 72 horas, molido, tamizado y almacenamiento. En segundo lugar, las muestras de agua fueron obtenidas de una quebrada. En tercer lugar, para el test de jarras llenaron 6 beakers con 500 ml de agua cada uno y después agregaron dosis de coagulante natural a 4,10,20,30,40 y 50 mg/L junto con una mezcla rápida de 100 rpm durante 4 minutos y otra lenta de 40 rpm durante 25 minutos. En cuarto lugar, volvió a realizarse otro ensayo de jarras vertiendo 2,5,10,15,20 y 25 ml de alumbre en los vasos y a las mismas condiciones de mezclado que el paso anterior. Como resultados, los parámetros iniciales de las muestras fueron: 52.84 NTU de turbidez y 8.74 de pH. Por otro lado, la dosis de 4 mg/L de coagulante natural logró remover 86.90% de turbidez y bajó el pH a 6.72.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Rojas (2022) en su tesis realizada en Cajamarca, tuvo como objetivo solucionar la turbidez del río Grande porque dificulta el aprovechamiento que le busca dar la población rural. La metodología consistió en recolectar 50 litros de agua superficial de acuerdo a la RJ N° 010-2016-ANA. Continuando, se preparó la solución coagulante al 1% de mucílago siguiendo estos

pasos: Lavado de tuna, extracción de espinas, cortado en trozos de 1 cm², quitado del mucílago y poner 1 ml del mismo en una fiola de 100 ml. Luego, se procedió con la preparación del coagulante al 3% de mucílago colocando 3 ml del mismo en una fiola de 100 ml. Como resultados, la máxima remoción (70.97%) fue con el tratamiento donde se agregó 1 ml de la solución que contenía 3% de mucílago a un vaso de precipitado agitándolo a una velocidad de 60 rpm.

Gaspar (2021) en su tesis realizada en la provincia de Huancayo, tuvo como objetivo comparar la eficiencia de remoción de turbidez en las aguas del río Shullcas entre un coagulante de tuna y el sulfato de aluminio. La metodología consistió en recolectar muestras de agua del río Shullcas de acuerdo a la RJ N° 010-2016-ANA y llevarlas al laboratorio para determinar su turbidez inicial. Continuando, se tomaron 6 pencas del distrito de Acopalca y se prepararon las dosis respectivas. Luego, 4 vasos de precipitado fueron llenados con 500 ml y agitados a 300 rpm por 2 minutos. Después, agregó las dosis en cada vaso y agitó a 50 rpm hasta cumplir con los 20, 30 y 40 minutos. También, adquirió alumbre comercial, el cual fue aplicado en las mismas dosis y tiempos. Como resultados, la turbidez inicial fue 300 UNT, la dosis óptima de coagulante de tuna fue 300 mg/L por 40 minutos (99.62 % de reducción) y del alumbre fue 300 mg/L por 40 minutos (98.41% de remoción).

Guerra y Polo (2021) en su tesis realizada en la ciudad de Lima, tuvieron como objetivo determinar si un coagulante preparado a base de plátano sirve para depurar aguas del río Rímac. En primer lugar, se preparó el coagulante en polvo de la siguiente forma: Compra de plátanos maduros, lavado, secado, cortado, calentado a 100 °C por 1 día y tamizado. En segundo lugar, fueron recolectadas 20 litros de agua del río para luego analizarlas en un laboratorio. En tercer lugar, se comenzó el ensayo de jarras echando 3 gramos del polvo en beakers con 1 litro de muestra, se agitó con velocidad de 150 rpm por 3 minutos y después la velocidad se redujo a 45 rpm durante 60 minutos. Se realizaron otros dos procedimientos similares, cambiando la masa del polvo por 5 gramos y 7 gramos respectivamente. Los resultados de la caracterización inicial de las muestras indican una turbidez de 125 NTU y una DQO de 1218 mg/L. Además, el tratamiento con 3 gramos de polvo dió mejores resultados logrando una remoción de turbidez de 79.25% y remoción de DQO de 78.49%.

Cañari y León (2022) en su tesis realizada en el departamento de Lima, tuvieron como objetivo determinar la reducción de turbidez en la quebrada Huaycoloro mediante coagulantes de

moringa y tuna. Primeramente, se recolectaron las muestras de agua y las transportaron al laboratorio. Luego, disolvieron 0.375 gramos de moringa en polvo en fiola de 500 ml. Después, disolvieron 1 gramo de tuna en polvo en fiola de 200 ml. Por otro lado, en la prueba de jarras agregaron 26.7 ml y 33.3 ml de la solución de moringa hacia 8 beakers de 500 ml para obtener dosis de 40 mg/L y 50 mg/L respectivamente. También, añadieron 26 ml y 30 ml de la solución de tuna hacia otros 8 beakers de 500 ml para obtener dosis de 65 mg/L y 75 mg/L respectivamente. La agitación rápida fue de 200 rpm por 1 minuto y la lenta fue de 40 rpm por 15 minutos. Como resultados, la turbidez inicial del agua fue de 126 NTU. Además, la dosis de 65 mg/L de tuna redujo la turbidez a 65.4 NTU y la dosis de 40 mg/L de moringa logró reducir a 64.8 NTU.

Nieto (2021) en su tesis realizada en la provincia de Huaura, tuvo como objetivo preparar un coagulante a base de tuna para el tratamiento de aguas turbias. En primer lugar, la tuna fue recolectada y se acondicionó de la siguiente manera: Lavado, quitado de espinas, cortado en trozos cuadrados, mezclado con agua destilada, licuado, calentamiento a 70°C por 3 horas, filtrado, centrifugación, ingreso a estufa a 60°C por 3 horas y molido hasta conseguir un polvo fino. En segundo lugar, las muestras de agua fueron obtenidas de un canal de regadío ubicado a la altura del puente Huaura. Por último, se añadieron 10, 20 y 30 mg del polvo a 3 vasos de precipitado de 500 ml, con ello obtuvo dosis de 20, 40 y 60 mg/L. La agitación de mezcla fue constante durante 20 minutos. Como resultados, se menciona que la turbidez inicial de las muestras fue de 713 NTU. Mientras que las dosis de 20, 40 y 60 mg/L lograron porcentajes de remoción de 41.65%, 69.42% y 86.54% respectivamente.

2.2. Marco teórico

Coloides

Galvín (2012, p. 2) menciona que se conoce como coloides a la materia cuyo tamaño ronda entre 0.001 micrómetros hasta 1 micrómetro tal como se visualiza en la tabla 1 y que se encuentra dispersada en un fluido. En lo que respecta a su forma, los coloides pueden ser esféricos, filamentosos, elipsoidales e irregulares. Representan una dificultad en el contexto del tratamiento o potabilización de las aguas debido a que su sedimentación es complicada.

Tabla 1

Tiempos de decantación no forzada (profundidad 1 m) para diferentes partículas en función de su tamaño (diámetro)

Diámetro en micras	Tipo de partícula	Tiempo
< 10	Arcillas	2 horas
10 a 1	Bacterias	8 días
1 a 0.1	Coloides gruesos	2 años
0.1 a 0.001	Coloides finos	20 años

Nota. Obtenido de Galvín (2012, p. 2).

Propiedades de los coloides

Efecto tyndall: Para Bautista (2012, p. 162), la longitud de onda de la luz visible se encuentra entre 400 a 700 nm por lo que al impactar contra un material de su mismo tamaño esta luz se verá reflejada. Al fenómeno mencionado previamente se le conoce como efecto tyndall y es muy usual en la naturaleza.

Movimiento browniano: Según IGER (2011, p. 258), cuando el botánico Robert Brown analizaba las células del polen con ayuda de un microscopio observó que dichas células se movían de forma rápida y caótica sin aparentemente ningún rumbo fijo. Por ello, este tipo de movimiento es conocido como movimiento browniano y es en gran parte el responsable de las bajas probabilidades de que una partícula coloidal sedimente.

Carga eléctrica: Carreño y otros (2022) explican que dentro del ámbito de la calidad del agua es bien sabido que los coloides causantes de turbidez contienen una carga eléctrica neta distribuida uniformemente a lo largo de su superficie. Existen dos teorías para explicar este fenómeno, en la primera, las cargas se originan por la diversidad de grupos funcionales químicos que han sido ionizados y un ejemplo de ello son las proteínas, las cuales poseen grupos carboxilo y amino que al disociarse en un solvente pierden o ganan iones de hidrógeno. Mientras que la segunda teoría señala que dentro de algunas partículas diminutas como las arcillas del suelo se da una sustitución de átomos de distinta valencia, generando con este intercambio una nueva carga neta.

Interacción con el solvente: Manahan (2006, p. 78) menciona que de acuerdo a la composición que posea una partícula coloidal, ésta última tendrá una baja o alta afinidad por el agua. Los coloides hidrofílicos consisten en moléculas grandes como las proteínas y otros polímeros que

interactúan fuertemente con el agua, son los más difíciles de desestabilizar. Por otro lado, los coloides hidrofóbicos como las arcillas del suelo rechazan el agua y su estabilidad se ha logrado por la capa de iones de carga opuesta que rodean toda su superficie.

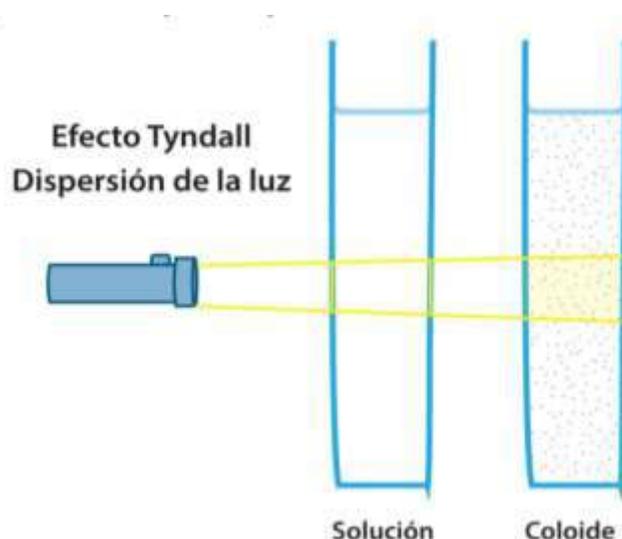


Figura 1. Dispersión de la luz en un sistema coloidal. Fuente: Cárdenas (2022, p. 312)

Coagulantes

López y Martín (2017, p. 209) afirman que los coagulantes son sustancias con características interesantes como: Poseer carga eléctrica contraria al coloide, contar con la mayor valencia posible, ser de bajo coste y tener un alto peso molecular. Pueden ser de naturaleza inorgánica u orgánica.

Tabla 2

Propiedades de los coagulantes inorgánicos

Tipo de coagulante	Intervalo funcional de pH	Ventajas	Inconvenientes
Sulfato de aluminio	4-8 (pH óptimo: 5-7)	Baja corrosividad; barato.	No es eficaz a pH > 8.5
Policloruro de aluminio	4-8 (pH óptimo: 4.5-7.5)	Más eficaz que el sulfato de aluminio; bajo consumo de alcalinidad; efecto estable a bajas temperaturas.	No es eficaz a pH > 8.5
FeCl ₃ líquido, 38% de riqueza	4-12 (pH óptimo: 5-11)	Eficaz en un intervalo amplio de pH.	Elevado consumo de alcalinidad

Nota. Obtenido de Díaz (2019, p. 105)

Para Andía (2000, p. 14) los coagulantes químicos más empleados a nivel mundial vienen a ser las que poseen aluminio y hierro en su composición molecular. Cuando éstos son añadidos al agua a tratar se llevan a cabo simultáneamente varias reacciones de suma complejidad entre la alcalinidad del agua, las moléculas del agua misma (hidrólisis) y la materia coloidal. Como principal resultado se obtienen precipitados de hierro o aluminio en forma de hidróxidos.

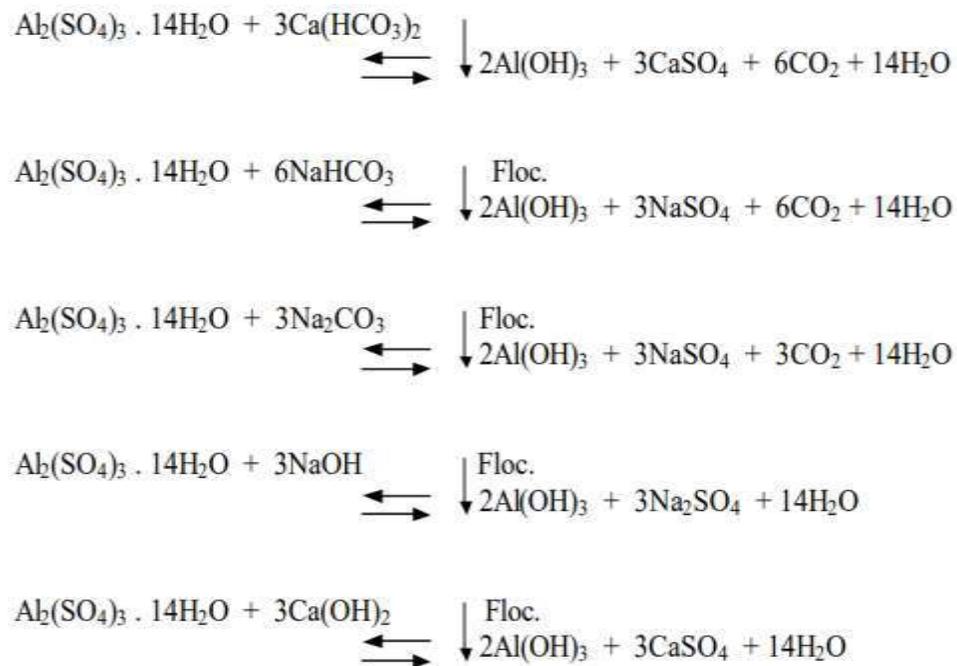


Figura 2. Reacciones químicas entre los coagulantes de aluminio y la alcalinidad del agua. Fuente: Andía (2000)

Mecanismos de coagulación

Compresión de la doble capa

Weber (1979, p. 68) comenta que existe un equilibrio entre las cargas de los iones presentes en el agua y las cargas de las partículas coloidales presentes en dicha agua. Este fenómeno forma una doble capa eléctrica, que consiste en la interacción entre el coloide cargado negativa o positivamente con iones de signo opuesto que se juntan cerca y a cierta distancia de la superficie de ese coloide. Al momento de que dos partículas con características similares interactúan, sus capas producen una fuerza repulsiva cuya magnitud es inversamente proporcional a la distancia entre ambas.

La desestabilización por los contraiones se lleva a cabo por compresión de la capa difusiva que rodea a las partículas coloidales. Concentraciones elevadas de electrólito en la solución dan elevadas concentraciones de contraiones en la capa difusiva. El volumen de la capa difusiva

necesaria para mantener la electroneutralidad baja y por tanto el espesor de la capa difusiva se reduce. El alcance de la interacción repulsiva entre partículas coloidales similares disminuye, y la barrera energética de activación puede desaparecer. (Weber, 1979, p. 71)

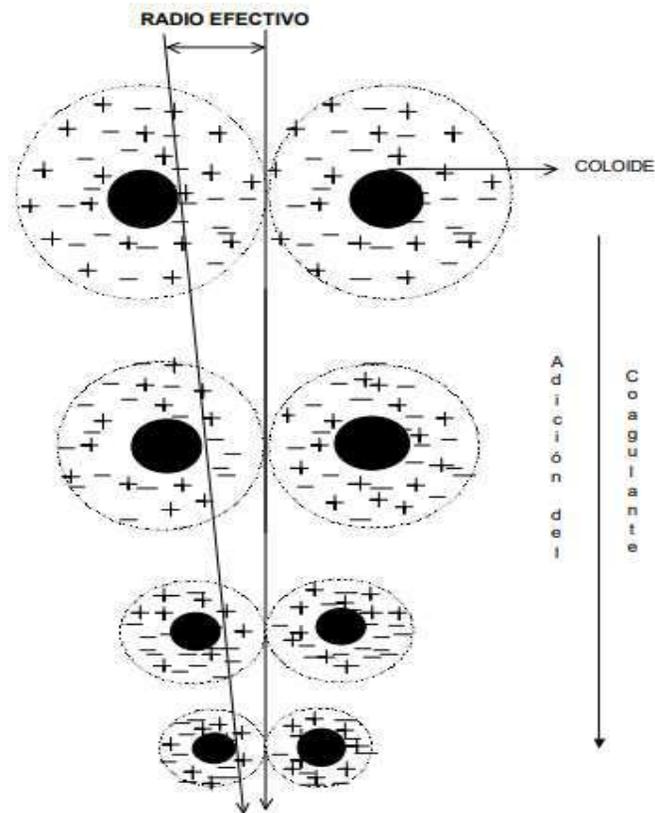


Figura 3. Interacción de capas entre dos coloides. Fuente: Andía (2000)

Neutralización de cargas

De acuerdo a Gutiérrez (2021, p. 194), la carga eléctrica presente en la superficie de las partículas coloidales es la principal causante de su alta estabilidad en el agua. Por ello, lo más lógico sería idear mecanismos para eliminar o neutralizar esa carga con el propósito de lograr una asociación entre varias partículas hasta formar una masa de gran tamaño. Para lograr ese objetivo se adicionan electrolitos en forma de coagulantes. El ion que provoca la neutralización es el de signo opuesto al de la carga existente sobre la partícula; el efecto aumenta mientras mayor sea la magnitud de la carga eléctrica de ese ion de signo contrario.

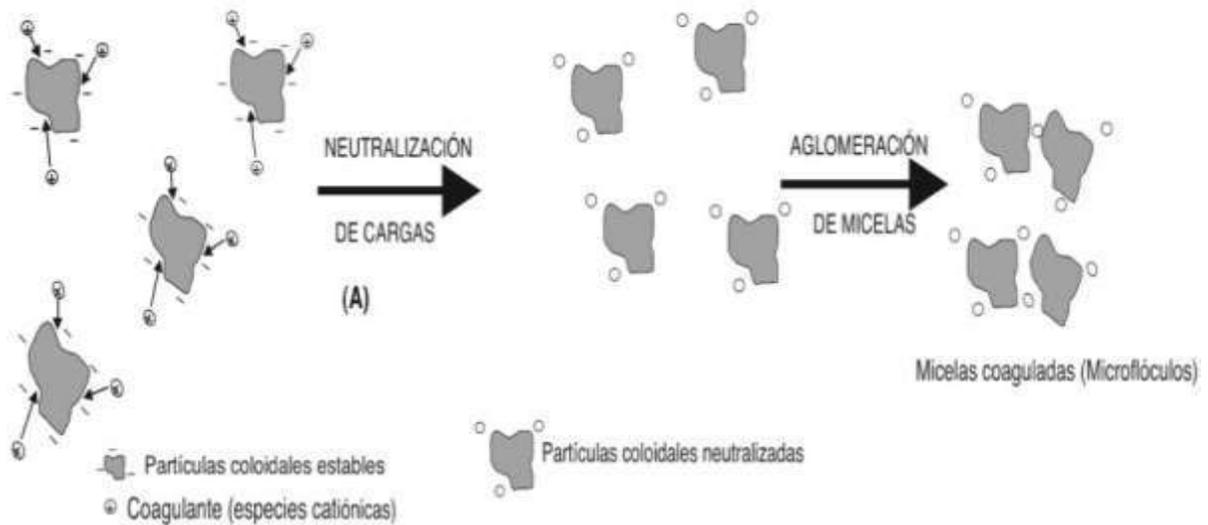


Figura 4. Eliminación de las cargas eléctricas de los coloides. Fuente: Alfayate y otros (2004, p. 144)

Formación de puentes entre partículas

Aguilar (2002, p. 42) explica que este modelo funciona únicamente para los polímeros de extensa masa molecular. A lo largo de todo ese compuesto existe una amplia gama de grupos funcionales químicos que debido a interacciones netamente electrostáticas con la superficie de los coloides hacen que éstos últimos cesen su estabilidad. Es altamente probable que las partes de la molécula no adsorbidas por la partícula y que aún permanecen libres en la disolución se fijen a algún sitio vacante de otra partícula, de esa forma se produce un complejo coloide-polímero-coloide sirviendo el polímero como una especie de puente.

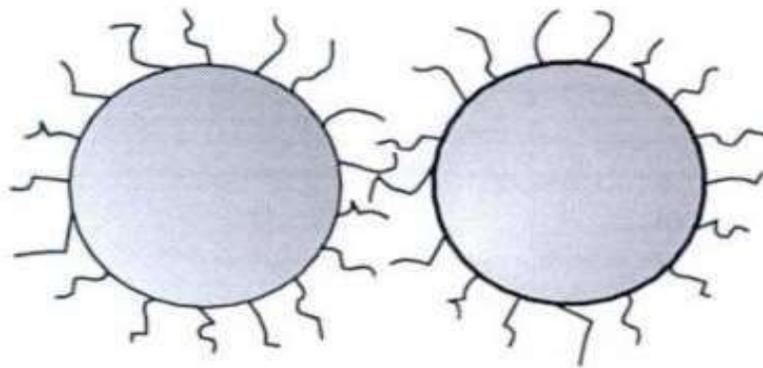


Figura 5. Formación de los puentes entre 2 coloides gracias a cadenas de polímeros. Fuente: Aguilar (2002, p. 33)

Factores que influyen en el proceso de coagulación

Tipo de coagulante: Aguilar (2002, p. 79) afirma que cada tipo de coagulante difiere en sus propiedades relacionadas a la neutralización de la carga de los coloides como su pH de

funcionamiento o el grado de solubilidad que posean al ingresar al agua. Por ello, es relevante comparar sus eficiencias con el propósito de escoger el mejor producto.

Temperatura: Para López (2017, p. 83) el factor temperatura influye en el tiempo necesario para la génesis del floc. Al ser la coagulación-floculación prácticamente una reacción química, las bajas temperaturas disminuyen la velocidad de formación del floc mientras que las altas temperaturas logran un efecto contrario.

Grado de agitación: López y Calderón (2017, p. 208) hacen énfasis en que una buena velocidad de agitación durante la coagulación es crucial para lograr clarificar el agua a tratar. La agitación debe realizarse de manera uniforme en el tanque o recipiente con la finalidad de evitar generar una zona con escasa y otra con excesiva concentración de coagulante.

Turbidez inicial del agua: Barreto (2015) considera que otro factor que aporta al éxito de un tratamiento por coagulación es la cantidad de turbidez presente en el agua. Si hay una alta concentración, mayor es la probabilidad de que las partículas colisionen entre ellas hasta aglomerarse. Si la concentración es mínima, el proceso se hace más difícil y sus resultados no son muy evidentes.

pH del agua: Para Martínez (2019, p. 53) el pH del agua es el responsable de la solubilidad de las partículas coloidales y también puede modificar la carga eléctrica de los grupos funcionales del coloide. Además, el equilibrio de las reacciones químicas entre moléculas del agua y el coagulante añadido también se ve afectado por el pH de la solución. La experiencia indica que los tratamientos para quitar la turbidez deben encontrarse en el rango de pH entre 6 y 8.

Floculación

Para López et al. (2015, p. 265) la floculación es un proceso unitario consistente en la asociación de varias partículas coloidales desestabilizadas, que previamente habían formado microfloculos con la ayuda reactivos coagulantes, hasta obtener un floculo cuyo tamaño les permite ganar el peso necesario para depositarse en la parte profunda de los sedimentadores.

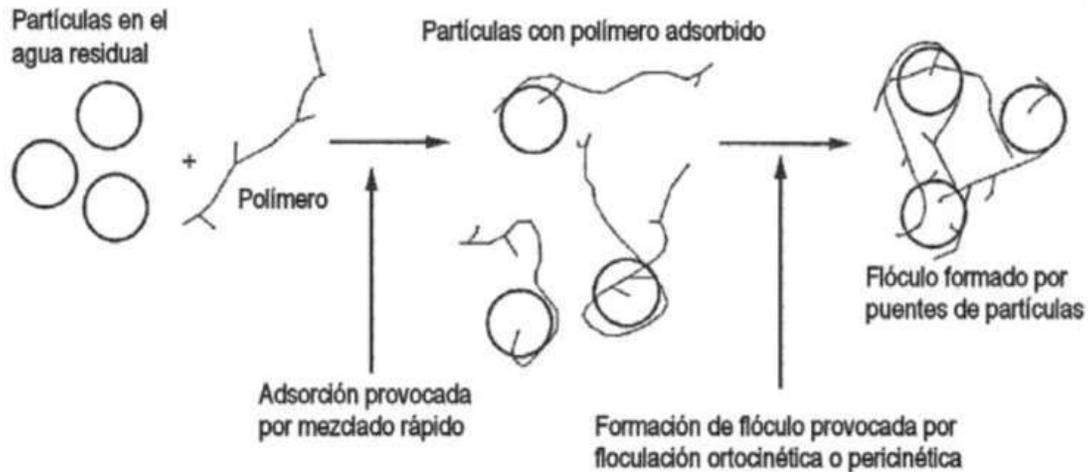


Figura 6. Formación de flóculos por adherencia entre partículas coloidales y un polímero. Fuente: Marín (2012, p. 7)

Floculantes

Para Guzmán et al. (2013, p. 254), tradicionalmente los floculantes han sido polímeros de naturaleza sintética, los cuales gracias a su alto peso molecular y a la carga que contienen son capaces de formar puentes entre aquellas partículas coloidales desestabilizadas previamente por coagulantes. Se distinguen en 3 tipos: Catiónicos (adquieren carga positiva al momento de disolverse en el agua), aniónicos (adquieren carga negativa cuando se disuelven en el agua) y no iónicos (adquieren tanto cargas negativas como positivas).

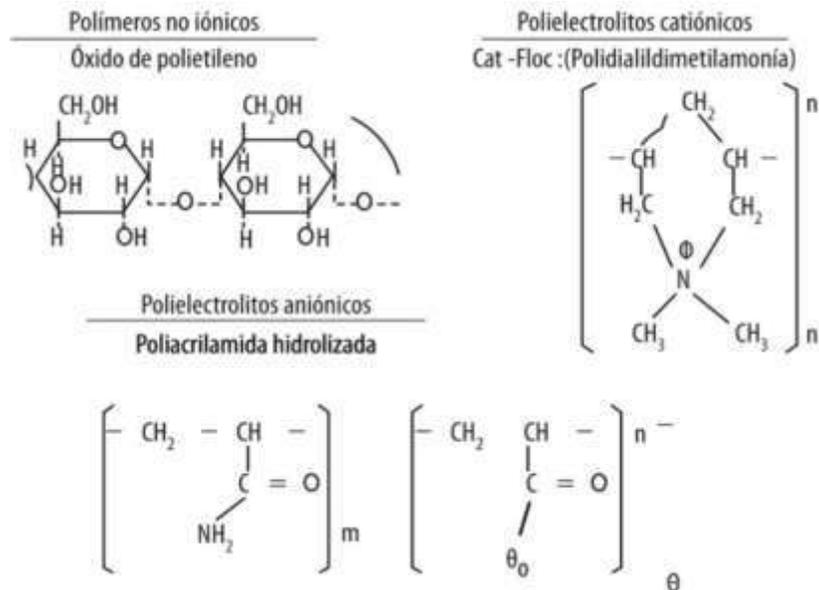


Figura 7. Ejemplos de floculantes sintéticos. Fuente: Arboleda y otros (2023, p. 57)

A su vez, Cabildo et al. (2008) recalcan que también existen floculantes de origen natural tales como el almidón, taninos, gelatinas, gomas, etc. Éstas contienen grupos ionizables capaces de

adherir los coloides en su superficie y además favorecen la unión entre los coloides hasta formar agrupaciones complejas que sedimentan fácilmente.

Tipos de floculación

Barreto (2015) considera que existen 2 principales clases de floculación:

Floculación peri cinética: Es aquella atribuida al movimiento caótico de los coloides debido a la energía térmica o iónica del agua. En estas condiciones, es inevitable la existencia de choques y contactos entre varias partículas que perdieron su estabilidad. Este mecanismo es poco eficiente para generar floc en plantas potabilizadoras de agua.

Floculación orto cinética: Es aquella en la que interviene la agitación lenta causada por el movimiento de una turbina o cualquier otro aparato hidráulico pertinente. En este mecanismo, la generación de flóculos provocados por la interacción de los coloides desestabilizados se da con mayor rapidez y mejor eficiencia.

Determinación empírica de la dosis de floculante: Test de jarras

Recasens (2018, p. 111) asegura que el test de jarras funciona para evaluar la dosis óptima tanto de coagulantes como de floculantes. Mide la claridad del agua resultante de la aplicación de una dosis determinada en acompañamiento de un proceso de agitación. La dosis que produzca flóculos de buena calidad y un efluente totalmente clarificado serán categorizadas como óptimas. En la figura 8, se aprecia que el cuarto vaso vendría a ser la dosis óptima. El quinto y sexto vaso tienen una concentración tan alta que pueden reestabilizar los coloides quitándole eficiencia al proceso.

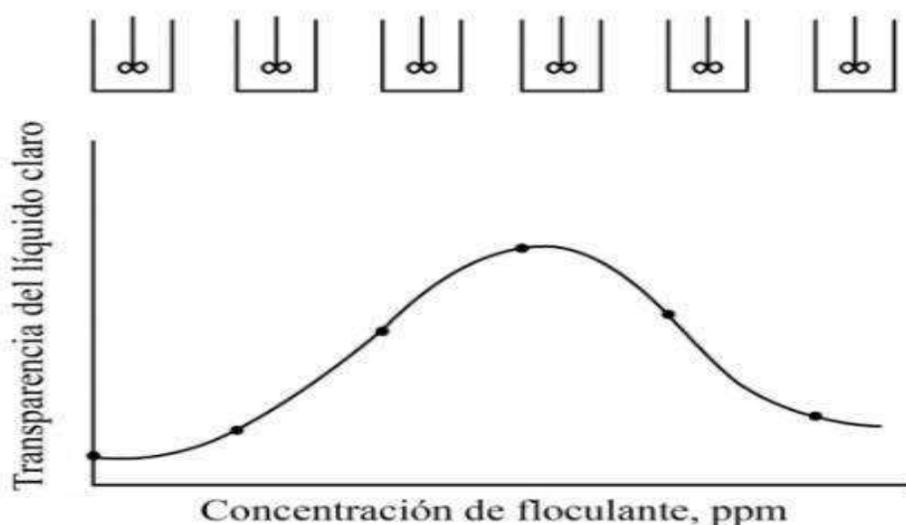


Figura 8. Gráfico turbidez vs dosis de coagulante. Fuente: Recasens (2018, p. 111)

Tuna

Procedencia de la tuna

El nombre científico fue otorgado por Tournefort en 1700, debido a su similitud con una planta con espinas que crecía en el pueblo de Opus en Grecia. La tuna, una vez introducida en España desde México, se repartió por la cuenca del Mediterráneo. Posiblemente los primeros nopales se cultivaron cerca de Sevilla. Es así como actualmente existen en forma silvestre o cultivada en el sur de España, y en Francia, Grecia, Italia, Turquía, e Israel. Los árabes la transportaron desde España a África, distribuyéndose en Argelia, Egipto, Eritrea, Etiopía, Libia, Marruecos y Túnez. Sin embargo, su distribución es aún mayor; en el continente americano, pues apareció desde Canadá a Chile, en Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Estados Unidos, México, Perú, Venezuela y varios países de Centro América y el Caribe; en otros continentes se encuentra en Angola y Sudáfrica, en Australia y la India. (Sáenz y Berger, 2006, p. 2-3)



Figura 9. Distribución de *Opuntia Ficus Indica* en el mundo. Fuente: Sáenz y Berger (2006, p. 3)

Tuna en el Perú

De acuerdo al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2000, p. 94), en el Perú existe mucha demanda por la especie frutal denominada como tuna. Alrededor de 3400 hectáreas del territorio peruano están cultivadas con dicho alimento, donde 3250 ha de ese total corresponden a la región Sierra y el resto a la región Costa. La gran mayoría de los cultivos sobreviven en ausencia de riego debido a cuestiones metabólicas y crecen en un amplio margen de altitudes que van desde los 0 hasta 2700 m.s.n.m. El departamento de Ayacucho se encarga

de producir cerca del 60% de dicho vegetal, seguido de Huancavelica y Arequipa que ocupan otro 15%. La principal especie de tuna cultivada a nivel nacional es *Opuntia ficus-indica*; pero, a su vez presenta una extensa variedad de atributos o rasgos externos (sobre todo el color del fruto) producto del desarrollo en condiciones simpátricas o de hibridación que se han ganado la asignación de un nombre único por parte de los pobladores. Ejemplificando lo previamente mencionado, tenemos casos como: Tuna blanca, tuna amarilla, tuna colorada, tuna roja, tuna morada, entre otros.

Características taxonómicas de la tuna

INEGI (2013, p. 9) menciona que la taxonomía de las cactáceas siempre ha sido un asunto muy complicado debido a que los criterios de clasificación provocan confusión, sin embargo, el sistema más aceptado por la comunidad científica es el que toma como base la forma de dicho vegetal.

REINO: Vegetal

SUBREINO: *Embryophyta*

DIVISIÓN: *Angiospermae*

CLASE: *Dicotyledoneae*

SUBCLASE: *Dialipétalas*

ORDEN: *Opuntiales*

FAMILIA: *Cactaceae*

TRIBU: *Opuntiae*

SUBFAMILIA: *Opuntioideae*

GÉNERO: *Opuntia*

SUBGÉNERO: *Platyopuntia*

ESPECIE: *Ficus indica*

NOMBRE CIENTÍFICO: *Opuntia ficus indica*

NOMBRES COMUNES: Tuna, nopal, palera, higo chumbo, chumbera.

Características morfológicas de la tuna

Raíz. De acuerdo a INEGI (2013, p. 8), las raíces de la tuna son gruesas y se desarrollan muy cerca de la superficie llegando a los 30 cm horizontalmente cuando el suelo posee una textura adecuada. Si el suelo está muy seco, las raíces tienden a crecer verticalmente con la finalidad de encontrar zonas más profundas que estén saturadas de agua.



Figura 10. Raíz de la tuna. Fuente: Amaya (2009).

El tallo. La tuna es un vegetal de 3 a 5 m de alto, tiene un tronco leñoso y mide entre 20 a 50 cm de diámetro. En el Perú las variedades más usuales alcanzan entre 1.5 a 2 m de altura. El tallo está compuesto por un tronco y ramas con forma plana que gozan de alta actividad fotosintética y de elevada acumulación de agua en los tejidos. (Amaya, 2009, p. 8)



Figura 11. Tallo de la tuna. Fuente: Amaya (2009, p. 9).

Cladodios o penca. La FAO (2018, p. 23) asegura que la tuna realiza un metabolismo tipo MAC (Metabolismo del Ácido Crasuláceo), el que le otorga resistencia a la sequía por las grandes cantidades de agua que van acumulando en sus cladodios. Esa característica fue resultante de la evolución tanto en morfología como en anatomía de esos cladodios o también llamados pseudotallos. Por otro lado, los cladodios gozan de un sabor succulento, tienen forma ovalada en su mayoría entre 30 a 40 cm de largo y 18 a 25 cm de ancho.



Figura 12. Cladodio de la tuna. Fuente: Amaya (2009, p. 10).

Espinas. Según Sáenz y Berger (2006, p. 7), las espinas de la tuna son consideradas hojas modificadas por los expertos en la botánica. Una función de estas espinas es brindar protección contra posibles consumidores mediante su ingreso a la piel del individuo.

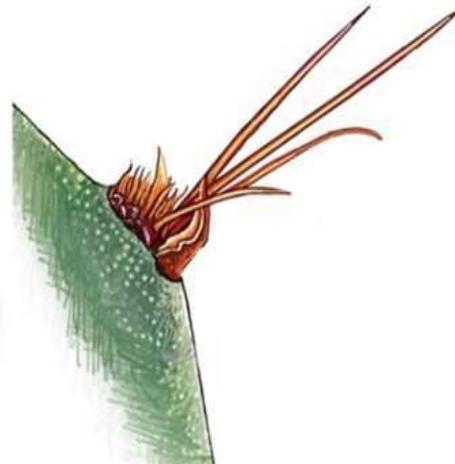


Figura 13. Hoja modificada de la tuna. Fuente: Amaya (2009).

Flores. Las flores nacen solitarias; las piezas del perianto son numerosas y se pasa en ellas insensiblemente desde las externas, verdes y semejantes a hojas, a las internas petaloides, coloreadas y suaves. Hay muchos estambres que salen de la base de los pétalos y se unen formando un tubo. El ovario es ínfero, con muchos óvulos; el estilo ancho en la base se abre en el ápice en dos o tres ramas estigmáticas. Las flores son proterandras y se abren de día. (León, 2000, p. 79)



Figura 14. Flor de la tuna. Fuente: Amaya (2009, p. 11)

Fruto. Según Amaya (2009, p. 11) el fruto se caracteriza por tener forma ovoide esférica, es de color verde en las etapas iniciales, pero luego adquiere diversos colores mientras va madurando, es comestible, con aroma agradable y sabor dulce. Otro rasgo notable es su gran cantidad de pequeñas y delgadas espinas entre 2 a 3 mm de longitud dispuestas alrededor de toda su superficie.



Figura 15. Planta tuna con frutos en distintas fases de maduración. Fuente: Amaya (2009, p. 12)

Semilla. Para la FAO (2018, p. 152), cerca del 10% de la masa de un fruto de tuna está constituida por sus semillas. En los procesos industriales son considerados como residuos al no encontrarles un uso, pero en los últimos años se está evaluando su posible empleo como alimento para el ganado debido a las proteínas, fibras, grasas y minerales que la componen.



Figura 16. Semillas de la tuna. Fuente: Amaya (2009)

Mucílago de la tuna

El mucílago tiene un rol fisiológico crucial en las tunas ya que le confiere una elevada retención de agua. Puede ser extraído de las pencas y luego precipitarse con ayuda de etanol. En general, los rendimientos extraídos son pequeños (<2% de peso fresco), pero aun así son un recurso interesante teniendo en cuenta que las pencas se pueden obtener como residuos orgánicos de poda y están disponibles todas las estaciones del año. Aparte de etanol, se han reportado varios métodos de extracción usando otros solventes para precipitar el mucílago, tales como el alcohol isopropílico y la acetona. (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018, p. 152)

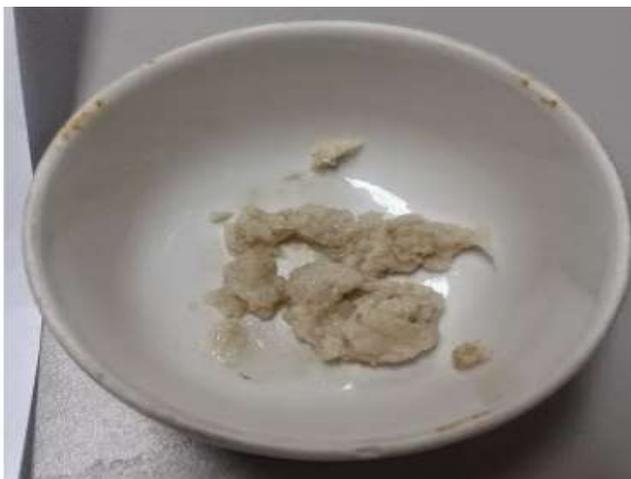


Figura 17. Mucílago extraído de la tuna. Fuente: Jiménez (2014, p. 59).

Indicios de actividad coagulante de la tuna

Almendárez (2004, p. 51) realizó un análisis de espectro de infrarrojo a un coagulante a base de tuna denominado cochifloc. Los espectros de absorción obtenidos fueron: 3408 cm^{-1} que es

característico de los grupos hidroxilo (OH) y amidas no asociadas (NH), 2362 cm⁻¹ que es característico de los enlaces SH, 1616 cm⁻¹ que es característico de los tioles, 1538 cm⁻¹ perteneciente a los hidrocarburos saturados, 1433 cm⁻¹ indicando presencia del grupo nitroso (NO₂) y de 1270 cm⁻¹ que podría corresponder a alcoholes, éteres o ésteres. Esa cantidad de grupos funcionales químicos configuran la función del cochifloc como polielectrólito.

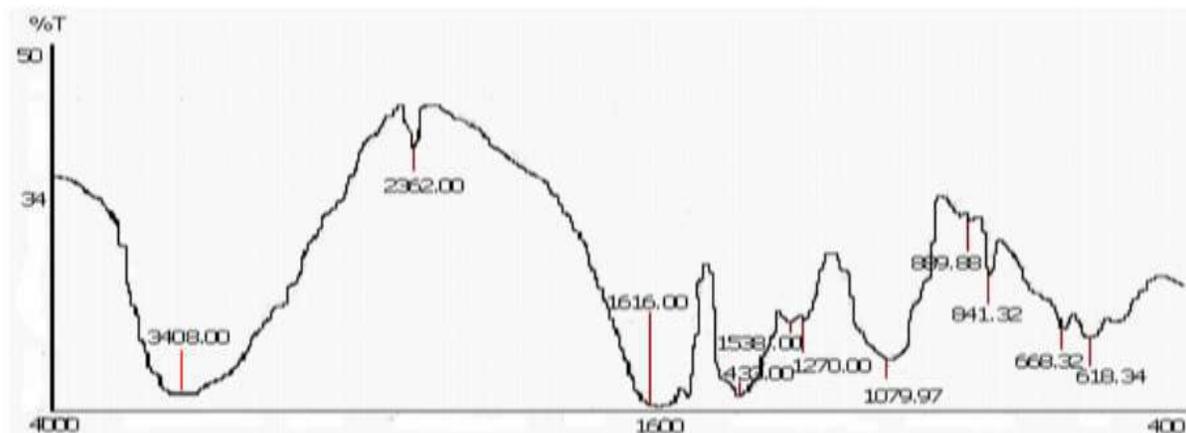


Figura 18. Espectro infrarrojo de absorción del polímero natural. Fuente: Almendárez (2004, p. 51)

Plátano

Origen y distribución del plátano

Los plátanos y las bananas que conocemos actualmente tuvieron su origen en las regiones del Sudeste de Asia y del Pacífico en cuyos bosques de vegetación natural pueden encontrarse todavía ejemplares ancestrales diploides, no comestibles y con semillas. A lo largo de numerosos años varias sub especies diploides de *Musa acuminata* se cruzaron de forma espontánea dando lugar a la producción de numerosos híbridos interespecíficos. Los pobladores locales descubrieron que tales plantas tenían frutos comestibles y podían ser propagadas vegetativamente por retoños y de esta manera se seleccionaron cruces superiores comestibles de *M. acuminata* que luego fueron cultivados, propagados y distribuidos localmente como cultivo de subsistencia. (Robinson y Galán, 2012, p. 1)

Además, Robinson y Galán (2012, p. 2) detallan que al conocerse los beneficios del plátano éstos fueron demandados por regiones que quedan muy lejos del lugar de donde se originaron. Durante el siglo XIX, Centroamérica y el Caribe se dedicaron a la exportación de ese alimento aprovechando la innovación del transporte refrigerado.

Taxonomía del plátano

Para Espinosa y otros (2020, p. 17), la clasificación taxonómica del plátano es un tema que genera debate en la comunidad científica pero se acordó que este pertenece al género *Musa*. Si se siguieran las reglas del sistema linneano, por ejemplo algunas denominaciones serían: *Musa paradisiaca* o *Musa sapientum*. Por otro lado, ya que los plátanos que existen en la actualidad provinieron del cruce entre las especies *M. balbisiana* y *M. acuminata* se ha propuesto que en vez de poner el nombre de la especie tendrían que indicarse el tipo de genoma ya sea A (para *M. acuminata*) o B (para *M. balbisiana*). Esos dos genomas representarían la contribución de ambas especies. Para ejemplificar esta idea, supongamos que una plátano triploide posee dos tercios de *M. acuminata* y el resto es de *M. balbisiana*, con esto pasaría a conocerse como *Musa AAB*.

REINO: Vegetal

SUBREINO: *Franqueahionta*

DIVISIÓN: *Magnoliophyta*

CLASE: *Liliopsida*

ORDEN: *Zingiberales*

FAMILIA: *Musaceae*

GÉNERO: *Musa*

ESPECIE: *Paradisiaca*

NOMBRE CIENTÍFICO: *Musa paradisiaca*

NOMBRES COMUNES: Plátano, banana, cambur, topocho, maduro, guineo.

Principales partes del bananero

Raíces: Cortés (1994, p. 154) asegura que las raíces del bananero tienden a volverse más duras con el pasar del tiempo. El diámetro de esas raíces se sitúa entre los 5 u 8 milímetros y son capaces de alcanzar los 4 metros de longitud cuando el suelo cuenta con buenas propiedades físicas.

Rizoma: Cortés (1994, p. 154) comenta que al rizoma se le conoce como el verdadero tallo del bananero. No es demasiado alto, su peso promedio ronda entre los 6 a 10 kilos y puede alcanzar hasta 40 cm de diámetro. Cada uno de sus entrenudos genera una hoja en cuya base existe una yema donde se puede formar un brote.

Seudotallo: Está constituido por las vainas envolventes de las hojas que se disponen en forma helicoidal, unidas fuertemente unas con otras. La estructura del pseudotallo es tan resistente que permite mantener a la planta en posición ligeramente inclinada a pesar de su peso, el del sistema foliar y el del racimo a la parición. (Morales y Chavarría, 1985, p. 2)

Hojas: Vézina y Baena (2020) comentan que dentro de la hoja se da el proceso de fotosíntesis. Las hojas surgen de la parte central del pseudotallo, en edad temprana se denominan como hojuelas y conforme va madurando pasan a llamarse hojas verdaderas.

Bellota: Garita (2022, p. 311) afirma que la bellota es la flor masculina que se ubica en la parte final del raquis. Tiene forma de gota invertida y su color puede ser rojizo o morado.

Fruto: De acuerdo a Fagro (2019), el fruto tiene una consistencia suave y se va engrosando conforme acumule más almidón. Si las temperaturas son bajas su periodo de desarrollo ronda entre las 14 y 16 semanas.

Hijo: Garita (2022, p. 311) afirma que se denomina hijo a un brote lateral que nace del rizoma, y surge cerca de la planta madre. Si apenas sale del suelo y tiene un tamaño pequeño se le conoce como hijuelo.



Figura 19. Partes de una planta de banano. Fuente: InfoAgrónomo (2020)

Cáscara de plátano

Blasco y Gómez (2014, p. 24) señalan que la cáscara es un residuo que representa aproximadamente la tercera parte del peso de la fruta del plátano. La cáscara contiene fibras, proteínas, aminoácidos, ácidos grasos y potasio; gracias a dichos componentes químicos fue posible obtener productos interesantes como el metanol, alcohol etílico, carbón vegetal, ungüentos, antioxidantes y sustancias que inhiben el desarrollo de microbios.

Tabla 3

Características químicas de la cáscara de plátano

Componentes	Cáscara de plátano (% Base seca)
Almidón	39,89
Hemicelulosa	14,80
Celulosa	13,20
Lignina	14,00
Magnesio	0,16
Calcio	0,29
Cenizas	11,37

Nota. Obtenido de Ortega (2020, p. 7)

Componentes químicos de interés en la cáscara de plátano

Celulosa. Pickering (1976, p. 580) menciona que la celulosa es un biopolímero de cadena lineal que contiene unidades de anhidroglucosa unidas entre sí en las posiciones 1 y 4 por enlaces glucosídicos. Al momento de que esta molécula reacciona con oxígeno adquiere grupos carboxilos, los cuales le otorgan la propiedad de adherir en su superficie elementos o compuestos químicos con carga positiva. Mientras que si le añaden grupos de dietilamina tendrá la facultad de capturar aniones.

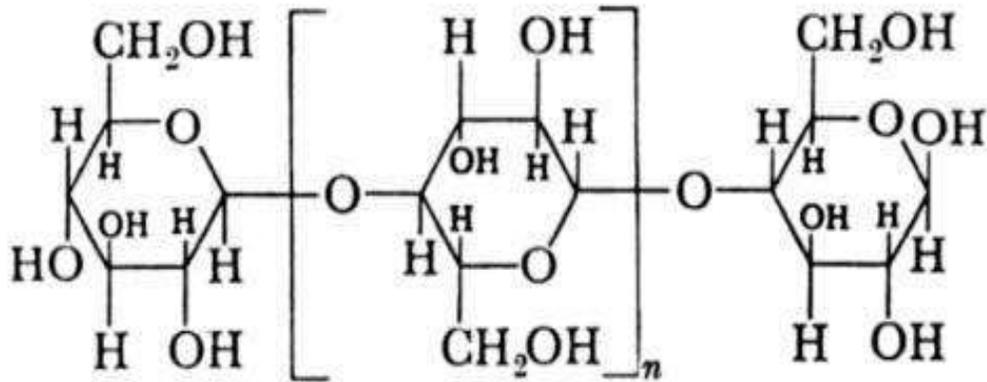


Figura 20. Estructura química de la celulosa. Fuente: Pickering (1976, p. 580)

Hemicelulosa. Para Nogués y otros (2010, p. 127) la hemicelulosa es una cadena más pequeña que la celulosa, pero con extensas ramificaciones que se origina por la unión de azúcares entre ellos: pentosas (arabinosa o xilosa), hexosas (galactosa, glucosa, manosa), ácido glucorónico, ácido metilglucorónico y deoxihexosas. La cadena principal de este polímero puede estar compuesta por solo una unidad o en dos o más unidades. Todas las ramificaciones que posee la hemicelulosa le dan una apariencia amorfa junto con una mayor probabilidad de reaccionar con el agua.

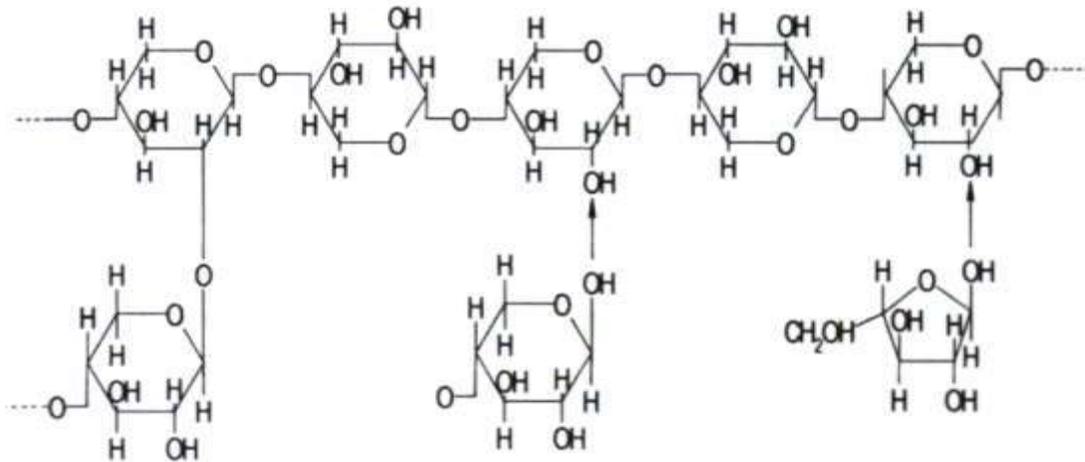


Figura 21. Estructura química de la hemicelulosa. Fuente: Valverde (2010, p. 20)

Lignina. Lincoln (2007, p. 549) indica que la lignina es un componente que se encuentra en mayor proporción dentro de una planta. Su estructura hipotética es la de una cadena con amplias ramificaciones de grupos fenilpropanoides y sus derivados como los alcoholes coniferílico, cumárico y sinapílico. Permanece unida fuertemente a la celulosa presente en la pared celular. También, se ha registrado que este polímero insoluble de alta masa molecular contiene enlaces C-C y C-O-C, los cuales le otorgan una forma tridimensional.

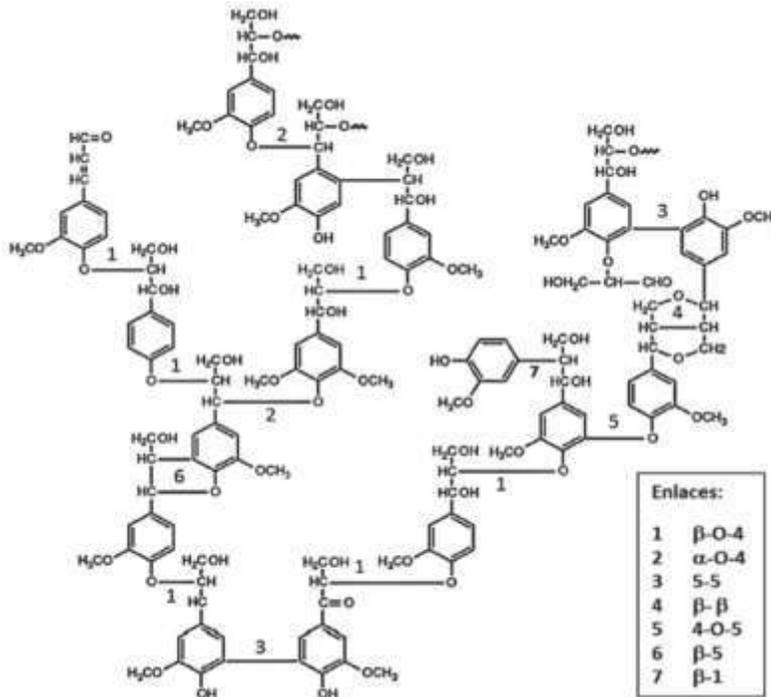


Figura 22. Estructura química de la lignina. Fuente: Bilbao (2018, p. 64)

Almidón. Raimond y Carraher (2021, p. 191) comentan que el almidón es una molécula compleja que se encuentra en forma de gránulos en varias especies vegetales y cuya principal función es la de almacenar carbohidratos. Está constituido de fracciones de amilosa y amilopectina. La amilosa se presenta como una cadena lineal, mientras que la estructura de la amilopectina está muy ramificada.

Clark (2006, p. 163) postula que conforme las frutas van madurando el almidón contenido en ellas poco a poco va convirtiéndose en azúcares. El plátano no es una excepción a ello puesto que una coloración verde tiene 80% de almidón, un color amarillo contiene 25% de almidón y un color negrozco posee más o menos 5% de almidón y 90% de azúcar.

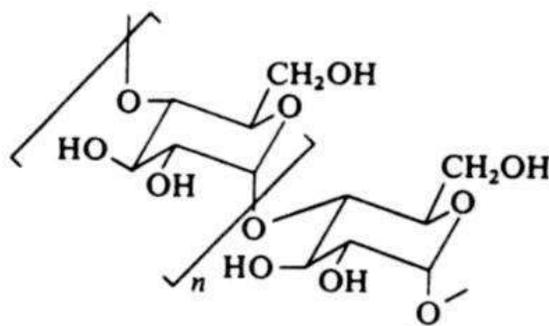


Figura 23. Estructura química de la amilosa. Fuente: Allinger (1978, p. 988)

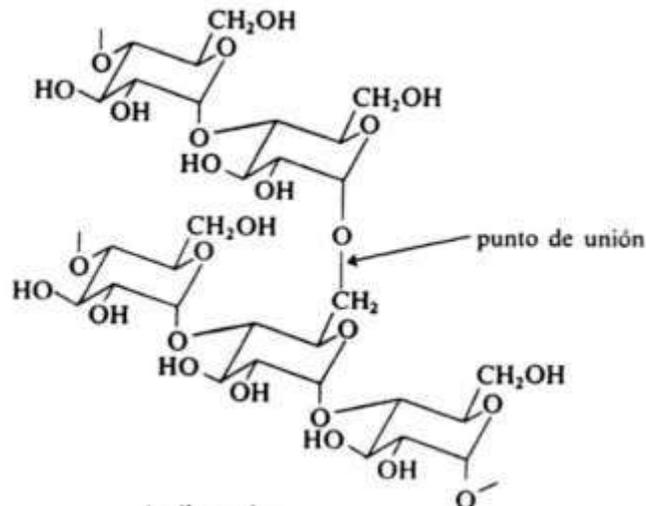


Figura 24. Estructura química de la amilopectina. Fuente: Allinger (1978, p. 989)

2.3. Definición de términos básicos

Agitador magnético.

Alvarado (2004, p. 431) declara que el agitador magnético es un equipo eléctrico cuya principal característica es poseer una hélice. Cuando esta hélice gira hace que la composición de una mezcla permanezca totalmente uniforme.

Biomasa residual.

Para Fernández et al. (2015, p. 34) la biomasa residual son materiales que se generan como consecuencia de realizar procesos donde se consume biomasa como las explotaciones agrícolas, forestales o ganaderas, así como los residuos orgánicos industriales y urbanos. Tienen una gran cantidad de energía que ha sido aprovechada en granjas, papeleras, serrerías y depuradoras urbanas.

Conductividad eléctrica del agua.

Roldán (2003, p. 8) postula que la conductividad eléctrica es un parámetro que registra el contenido total de iones en una muestra de agua. Los valores obtenidos comúnmente se expresan en microsiemens por centímetro (uS/cm) o micromhos/cm.

Polielectrolitos.

Barreto (2015) menciona que los polielectrolitos son polímeros con un alto peso molecular, su naturaleza puede ser orgánica (almidones y compuestos algínicos) o sintética. Según la carga que contienen pueden ser: catiónicos como la imina de polietileno, aniónicos como ácido

poliacrílico o neutros como la poliacrilamida. Estos compuestos son empleados para aumentar la resistencia y el tamaño de los flóculos.

Prueba de jarras.

Para Cárdenas (2022, p. 315) las pruebas de jarras son ensayos realizados a escala de laboratorio que sirven para definir el tipo de coagulante que se va a emplear para tratar al agua a un menor coste. Se orientan a remover los sólidos en suspensión presentes en un efluente. Los resultados que se obtengan son vitales para el correcto funcionamiento de una planta de purificación.

Sólidos en suspensión.

Para Cárdenas (2022, p. 310) los sólidos en suspensión de las aguas naturales o residuales están conformados por partículas de naturaleza orgánica e inorgánica con carga eléctrica que se encuentran dispersas debido a su tamaño coloidal. Éstos no se sedimentan fácilmente por gravedad debido a que su carga eléctrica impide su aglomeración en partículas de tamaño más grande.

Solución.

Para Riaño (2007, p. 22) una solución hace referencia a una mezcla de tipo homogénea entre dos o más componentes. Dicha mezcla es uniforme en lo que respecta a su composición y propiedades, por lo que cualquier parte de la solución es igual a cualquier otra tanto en concentración como en propiedades fisicoquímicas. Al componente que está en mayor proporción se le conoce como solvente, mientras que al que está en menor proporción se le llama soluto.

2.4. Hipótesis de investigación

2.4.1. Hipótesis general.

Ho: El coagulante natural de tuna no superó al coagulante natural de plátano en el rendimiento para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

2.4.2. Hipótesis específicas.

H1: La dosis de 200 mg/L del coagulante elaborado a base de tuna fue la más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

H1: La velocidad de agitación lenta de 50 rpm usada en los tratamientos con el coagulante de tuna resultó más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

H1: La dosis de 200 mg/L del coagulante elaborado a base de plátano fue la más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

H1: La velocidad de agitación lenta de 50 rpm usada en los tratamientos con el coagulante de plátano resultó más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 4

Operacionalización de variables estadísticas

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Variables de estudio	Indicadores
V.I: Coagulantes naturales	Son los que se producen en las reacciones bioquímicas naturales de animales y plantas, tales como proteínas, carbohidratos y polisacáridos (almidón, glucósidos). Muchos de estos componentes tienen propiedades coagulantes o floculantes y son usados por los nativos en forma empírica para clarificar el agua. (Arboleda et al., 2023, p. 54)	Los coagulantes a base de tuna y de cáscara de plátano preparados se aplicarán en diversas dosis en el equipo de test de jarras. A su vez, en este equipo se controlarán las velocidades y los tiempos que duran cada proceso. Cuando culmine el ensayo debe analizarse el agua tratada.	Coagulante a base de tuna	Dosis aplicada	mg/L
				Velocidad de agitación rápida	
				Velocidad de agitación lenta	
				Tiempo de sedimentación de flóculos	
			Coagulante a base de cáscara de plátano	Dosis aplicada	Rpm
				Velocidad de agitación rápida	
				Velocidad de agitación lenta	
				Tiempo de sedimentación de flóculos	
V.D: Potabilización del agua	“Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, para modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas con el propósito de hacerla apta para consumo humano, de acuerdo con una norma dada” (Barreto, 2015).	Las propiedades físicas y propiedades químicas medidas antes y después de realizado el ensayo de jarras determinarán el grado de potabilización del agua.	Propiedades físicas del agua tratada	Turbidez final	°C
				Temperatura final	
			Propiedades químicas del agua tratada	Conductividad eléctrica final	pH
				pH final	

Nota. Elaboración propia.

Capítulo III. Metodología

3.1. Gestión del experimento

3.1.1. Ubicación.

El presente trabajo de investigación fue realizado en territorio correspondiente a la parte baja de la Cuenca del Río Huaura donde habita la mayoría de la población, allí se realizó la obtención de las muestras de agua superficial. La parte experimental se llevó a cabo en el laboratorio de Aire y Ruido de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, la cual está ubicada en el distrito de Huacho, Provincia de Huaura- Región Lima Provincias.

Tabla 5

Características del punto de muestreo

Nombre del punto de muestreo:	RHuau1
Sistema de coordenadas:	UTM (Zona 18 S)
Este:	216617.81
Norte:	8774795.94
Descripción/Referencia del lugar:	Aguas arriba del puente Huaura.
Tipo de agua a recolectar:	Superficial
Metodología de referencia empleada para el muestreo:	R.J. N° 010-2016-ANA

Nota. Elaboración propia.



Leyenda

● Punto de Muestreo-RHuau1

	UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN		
	TÍTULO: MAPA GEORREFERENCIADO CON EL PUNTO DE MONITOREO DENTRO DE LA CUENCA BAJA DEL RIO HUAURA		
DOCENTE: Ing. Grados Olivera María del Rosario			
ELABORADO POR: Ferrer Waldo, Angel Campus Alfaro, Brno	SIC: UTM Zona 18S WGS 1984	PROYECTO: ASTER - MINAM AÑO DE EJECUCIÓN: 2024	CÓDIGO: PM-01
ESCALA DEL TEMA: 1:10000			

Figura 25. Mapa georreferenciado con la ubicación de los puntos de muestreo del agua superficial. Elaboración propia.

3.1.2. Diseño metodológico

Tipo de investigación: La investigación fue de tipo aplicada.

Nivel de investigación: Esta investigación tuvo un nivel explicativo.

Método de investigación: Fue aplicado un método de investigación deductiva.

Diseño de investigación: Para esta investigación se realizó un diseño experimental.

Enfoque de investigación: En esta investigación se empleó un enfoque cuantitativo.

3.1.3. Población y muestra

Población: La población del presente estudio fue todo el volumen de agua superficial que fluye por el cauce del río Huaura.

Muestra: La muestra requerida para llevar a cabo los 24 ensayos experimentales requeridos en la investigación ha sido de 6 litros de agua superficial del río Huaura

3.1.4. Características del área experimental.

Cuenca del río Huaura. La parte baja de esta cuenca delimitada en el mapa de ubicación fue escenario de la realización de la investigación a nivel de campo, pues de allí fue donde se extrajeron las muestras de agua superficial que posteriormente serán analizadas.

La población en la cuenca baja o valle es típicamente urbana y está localizada en la ciudad de Huaura y demás distritos periféricos.

La cuenca es drenada por el río Huaura que tiene sus orígenes en los nevados y glaciares altitudinales y que pertenece a la vertiente del Océano Pacífico siguiendo una dirección Suroeste.

Huacho. Ciudad ubicada en la región Lima Provincias. Es aquí donde se adquirirán todos los materiales, equipos, reactivos y demás materias primas necesarias para ejecutar la investigación.

Laboratorio de Aire y Ruido. Es una instalación situada en la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Río Huaura. El río Huaura nace en la Vertiente Occidental de la Cordillera de los Andes a más de 5,000 msnm., y discurre en dirección Oeste para desembocar en el Océano Pacífico.

Este río, a lo largo de su curso acoge a muchas comunidades y ciudadanos que aprovechan el recurso hídrico para sus labores agrícolas y también lo consumen directamente.

3.1.5. Tratamientos.

En la tabla 6 se presentan todos los tratamientos que se ejecutarán con el coagulante natural elaborado a base de tuna. Las dosis fueron escogidas tomando en consideración investigaciones contenidas en el apartado de antecedentes. Mientras que los valores de las velocidades de agitación lenta son los únicos que se pueden programar en el equipo conocido como agitador magnético. Cabe recalcar que habrá 2 repeticiones por cada tratamiento.

Tabla 6

Composición de los tratamientos realizados con el coagulante de tuna

Coagulante natural elaborado a base de tuna							
A: Dosis (mg/L)	A1 = 50		A2 = 100		A3 = 200		
B: Velocidad de agitación lenta (rpm)	B1 = 30	B2 = 50	B1 = 30	B2 = 50	B1 = 30	B2 = 50	
Réplicas	I		I		I		
	TA1B1	TA1B2	TA2B1	TA2B2	TA3B1	TA3B2	
	II		II		II		

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 7 se presentan todos los tratamientos que se ejecutarán con el coagulante natural elaborado a base de plátano. Las dosis fueron escogidas tomando en consideración investigaciones contenidas en el apartado de antecedentes. Mientras que los valores de las velocidades de agitación lenta son los únicos que se pueden programar en el equipo conocido como agitador magnético. Cabe recalcar que habrá 2 repeticiones por cada tratamiento.

Tabla 7

Composición de los tratamientos realizados con el coagulante de plátano

Coagulante natural elaborado a base de plátano							
A: Dosis (mg/L)	A1 = 50		A2 = 100		A3 = 200		
B: Velocidad de agitación lenta (rpm)	B1 = 30	B2 = 50	B1 = 30	B2 = 50	B1 = 30	B2 = 50	
Réplicas	I		I		I		
	PA1B1	PA1B2	PA2B1	PA2B2	PA3B1	PA3B2	
	II		II		II		

Nota. Elaboración propia.

3.1.6. Diseño experimental.

Para evaluar la capacidad coagulante de los productos a base de tuna y de plátano se ha optado por trabajar con 2 factores: Dosis de coagulante y velocidad de agitación lenta. El primer factor cuenta con 3 niveles (50, 100 y 200 mg/L) y el segundo factor cuenta con 2 niveles (30 y 50 rpm). Por lo tanto, se tomará en cuenta un diseño experimental del tipo factorial 3 x 2.

Factores de estudio.

Factor A: Dosis del coagulante

A1 = 50 mg/L

A2 = 100 mg/L

A3 = 200 mg/L

Factor B: Velocidad de agitación lenta

B1 = 30 rpm

B2 = 50 rpm

3.1.7. Variables a evaluar.

Variable independiente:

X= Tratamiento con los coagulantes naturales:

X1 = Tratamiento con el coagulante de tuna: Una vez preparado el coagulante, se evaluará su capacidad depuradora mediante la simulación del test de jarras utilizando un agitador magnético.

Dosis aplicada

Velocidad de agitación lenta

Velocidad de agitación rápida

Tiempo de sedimentación

X2 = Tratamiento con el coagulante de plátano: Una vez preparado el coagulante, se evaluará su capacidad depuradora mediante la simulación del test de jarras utilizando un agitador magnético.

Dosis aplicada

Velocidad de agitación lenta

Velocidad de agitación rápida

Tiempo de sedimentación

Variable dependiente o variable de respuesta:

Y = Potabilización del agua

Y1 = Propiedades físico-químicas del agua tratada: La evaluación de los parámetros físicoquímicos como turbidez, temperatura, conductividad eléctrica y pH será realizada con la ayuda de un equipo multiparámetro.

Turbidez final

Conductividad eléctrica final

Temperatura final

pH final

Y2 = Remoción de turbidez por parte de los coagulantes: Para determinar la remoción de turbidez se calculó la diferencia de parámetros iniciales y finales para luego ser representados como porcentajes. La expresión matemática es la siguiente:

$$\% \text{ Remoción} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

Donde:

Pi = Parámetros iniciales

Pf = Parámetros finales

3.1.8. Conducción del experimento.

Preparación del mucílago de tuna en polvo.

En este apartado, se describe todo el procedimiento adaptado de Padilla y Velarde (2023) que se siguió para preparar el mucílago de tuna en polvo.

Se recogieron tunas maduras presentes en los puestos del Mercado Centenario La Parada ubicado en la ciudad de Huacho en horarios matutinos. Transportamos las frutas hacia las instalaciones del laboratorio de Aire y Ruido.

Antes de ingresar al laboratorio fue necesario colocarnos los equipos de protección personal básicos. Luego, desinfectamos con alcohol la zona de trabajo.



Figura 26. Limpieza del área de trabajo.

Con la finalidad de remover impurezas como el polvo o restos de pequeños insectos alrededor de la cáscara de la tuna se le sometió a un lavado con agua destilada.



Figura 27. Lavado de la cáscara de la penca con agua destilada.

Se removieron las cáscaras de la tuna con ayuda de un cuchillo y dividimos la parte restante en pequeños trozos. Pesamos alrededor de 2500 g de trozos y estos han sido mezclados con una cantidad de agua destilada en relación peso-volumen 1:2. Continuando, se agregó la mezcla formada previamente dentro de una licuadora.



Figura 28. Remoción de la cáscara de la penca y cortado en trozos.



Figura 29. Licuado de los trozos de tuna.

Para quitar el material particulado que no haya sido completamente licuado se debió pasar la mezcla sobre papel filtro y más adelante se centrifugó la mezcla filtrada a una velocidad de 3000 rpm durante 20 minutos.



Figura 30. Filtrado de la mezcla.



Figura 31. Centrifugación de la mezcla.



Figura 32. Sobrenadante y sedimento resultante de la centrifugación.

Para disminuir la solubilidad de los polímeros orgánicos que se hallan en la mezcla centrifugada se utilizó alcohol etílico al 96% como agente precipitante. El líquido centrifugado y el alcohol debieron combinarse en una proporción volumen-volumen de 1:4 respectivamente.

Se dejó reposar por 24 horas dentro de un refrigerador a 5 °C la mezcla obtenida en el paso anterior.



Figura 33. Refrigeración de la mezcla tuna y alcohol.

Se volvió a realizar otra filtración, pero esta vez a la mezcla refrigerada para separar los compuestos precipitados.

El producto precipitado se secó con ayuda de una estufa a una temperatura de 70°C hasta que alcanzó un peso constante. Cuando culminó el secado, lo que se realizó fue la molienda con un mortero hasta obtener un polvo con una textura muy fina.



Figura 34. Polvo de tuna dentro del mortero.

Por último, se almacenó el polvo en una bolsa ziploc a fin de prevenir pérdidas por acción del viento.

Preparación de la solución madre del coagulante de tuna.

Luego de haber seguido todo el procedimiento indicado en el apartado anterior, se tuvo que pesar 2.5 g de mucílago seco y agregarse en un matraz con capacidad de 250 mL.



Figura 35. Pesado del polvo de tuna.

Completamos el aforo de ese matraz con agua destilada y se agitó con una bagueta para lograr obtener una solución con características homogéneas. Ésta fue la solución madre.



Figura 36. Solución madre del coagulante de tuna

Para preparar las diferentes concentraciones de coagulante que se aplicaron a las muestras de agua durante el ensayo de jarras extrajimos cierto volumen de solución madre con una pipeta y

las vertimos en vasos de precipitado que contenían las muestras. Para ello, nos guiamos de la siguiente ecuación:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

Donde:

C1: Concentración de coagulante en la solución madre (10000 mg/L)

V1: Volumen de la solución madre que se extrae con la pipeta.

C2: Concentración que queremos obtener.

V2: Volumen de agua que contiene el vaso de precipitado (250 mL)

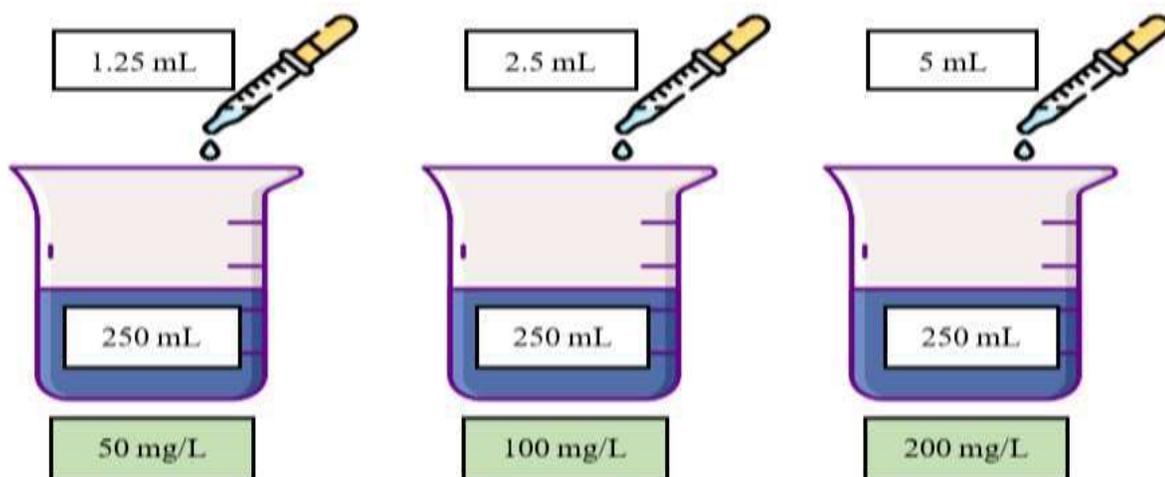


Figura 37. Representación gráfica de la obtención de las dosis del coagulante de tuna.

Entonces, para preparar las 3 concentraciones de coagulante (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se debió verter 1.25 mL, 2.5 mL y 5 mL de solución madre a los vasos de precipitado respectivamente.

Preparación del coagulante de cáscara de plátano en polvo.

En este apartado, se describe todo el procedimiento adaptado de Ortega (2020) que se siguió para preparar el producto.

Se recogieron plátanos verdes en buen estado dentro de los puestos del Mercado Centenario La Parada ubicado en la ciudad de Huacho. Transportamos las frutas hacia las instalaciones del laboratorio de Aire y Ruido. Únicamente nos quedamos con 5 cáscaras de la fruta. Luego, con la finalidad de remover impurezas como el polvo alrededor de la cáscara de plátano se le sometió a un lavado con agua destilada.



Figura 38. Limpieza de las cáscaras con agua destilada.

Para facilitar la remoción de la humedad que podría almacenarse en las cáscaras, tuvimos que cortarlas en trozos con forma rectangular de 6 cm largo por 1 cm de ancho.



Figura 39. Cortado de las cáscaras de plátano.

Las tiras de cáscara cortadas se colocaron encima de un pedazo de papel Kraft y debió llevarse todo a una estufa artesanal con la finalidad de secarlas a una temperatura de 100°C por 1 día.



Figura 40. Ingresando las cáscaras de plátano a la estufa.

Las tiras secadas se introdujeron en un molidor manual y se realizó la acción de molido hasta generar un polvo de textura fina.



Figura 41. Molienda de las cáscaras de plátano tostadas.

Para que las partículas que se obtendrán sean más uniformes, introducimos el polvo en un tamiz malla N° 60 de 0.25 mm.



Figura 42. Tamizado del polvo.

Por último, se colocaron los sólidos resultantes de la extracción dentro de una bolsa de polietileno para minimizar las pérdidas del producto.

Preparación de la solución madre del coagulante de cáscara de plátano.

Luego de haber seguido todo el procedimiento indicado en el apartado previo, se tuvo que pesar 2.5 g del polvo y colocarlo en un matraz con capacidad de 250 mL. Completamos el aforo de ese matraz con agua destilada y se agitó con una bagueta para lograr obtener una solución con características homogéneas. Ésta fue la solución madre.



Figura 43. Pesado del polvo de plátano.



Figura 44. Solución madre del coagulante de plátano.

Para obtener las dosis, extrajimos cierto volumen de solución madre con una pipeta y las vertimos en vasos de precipitado que contenían las muestras. Para ello, nos guiamos de la siguiente ecuación:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

Donde:

C1: Concentración de coagulante en la solución madre (10000 mg/L)

V1: Volumen de la solución madre que se extrae con la pipeta.

C2: Concentración que queremos obtener.

V2: Volumen de agua que contiene el vaso de precipitado (250 mL)

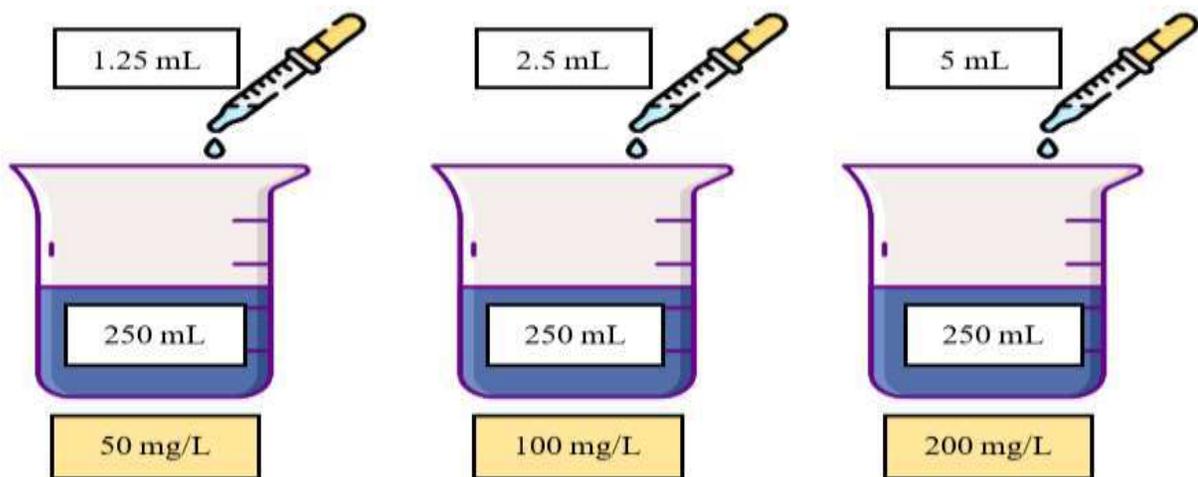


Figura 45. Representación gráfica de la obtención de las dosis del coagulante de plátano.

Entonces, para preparar las 3 concentraciones de coagulante (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se debió verter 1.25 mL, 2.5 mL y 5 mL de solución madre a los vasos de precipitado respectivamente.

Procedimiento para la recolección de muestras de agua del río Huaura

Para recolectar las muestras de agua del río Huaura a fin de determinar las características físicas y químicas, hemos tomado en cuenta lo establecido en la R.J. N°010-2016-ANA.

Previo a la recolección de las muestras de agua, nos colocamos la indumentaria (botas de jebe, guardapolvo, guantes, casco, mascarillas, etc.) necesaria para garantizar la seguridad personal y también evitar contaminar las muestras con impurezas.



Figura 46. Indumentaria para el muestreo del agua del río Huaura.

Debió buscarse un tramo del río Huaura donde el cauce sea homogéneo y además sea de fácil acceso. Luego, debimos ubicarnos en la mitad del cauce y con apoyo de un balde de plástico limpio se recogió un pequeño volumen de agua.



Figura 47. Acceso a la zona de muestreo.

El volumen de agua recogido fue transportado hacia la orilla del río con el propósito de servir como base para la medición de los parámetros de campo mediante el uso de un equipo multiparámetro previamente calibrado.



Figura 48. Recolección de agua con el balde.



Figura 49. Medición de parámetros de campo.

Al culminar cada medición fue necesario lavar los electrodos del equipo multiparámetro con abundante agua destilada y posteriormente secarlos con papel tisú.

Retornamos nuevamente al centro del cauce, cogimos una botella de 1 L, retiramos su tapa y la sumergimos en dirección compuesta al movimiento del agua. Se repitió esta actividad hasta completar la cantidad de agua necesaria para los posteriores ensayos experimentales.



Figura 50. Recolección de las muestras dentro del río.

Al culminar el muestreo, añadimos una etiqueta a las botellas de 1 L y las almacenamos en un cooler con hielo. Guardamos el equipo multiparámetro en su estuche correspondiente y nos dirigimos rápidamente al laboratorio de Aire y Ruido.



Figura 51. Almacenamiento de las muestras y el multiparámetro.

Simulación del proceso de coagulación-floculación mediante prueba de jarras.

Se agregaron 250 mL de muestra a cada vaso de precipitado. Se colocaron los vasos de precipitado encima del agitador magnético. Ese equipo contaba con un agitador que giraba a diversas intensidades de velocidad que fueron previamente programadas.



Figura 52. Programación del agitador magnético.

Dosificamos los coagulantes a cada vaso de precipitado e inmediatamente después se programó en el equipo la velocidad de mezcla rápida 100 rpm por 1 minuto. Luego, configuramos una mezcla lenta de 30 o 50 rpm según los tratamientos. La mezcla lenta duró 20 minutos.



Figura 53. Dosificación del coagulante de tuna a los vasos.



Figura 54. Dosificación del coagulante de plátano a los vasos.

Esperamos 30 minutos para que los sólidos formados por la etapa de coagulación se depositen hasta la parte inferior de los vasos de precipitado. Por último, mediante el uso del

multiparámetro se determinaron las nuevas propiedades fisicoquímicas que habían adquirido las aguas tratadas.



Figura 55. Introducción de la sonda del multiparámetro en los vasos de precipitado.



Figura 56. Lecturas registradas por el multiparámetro.

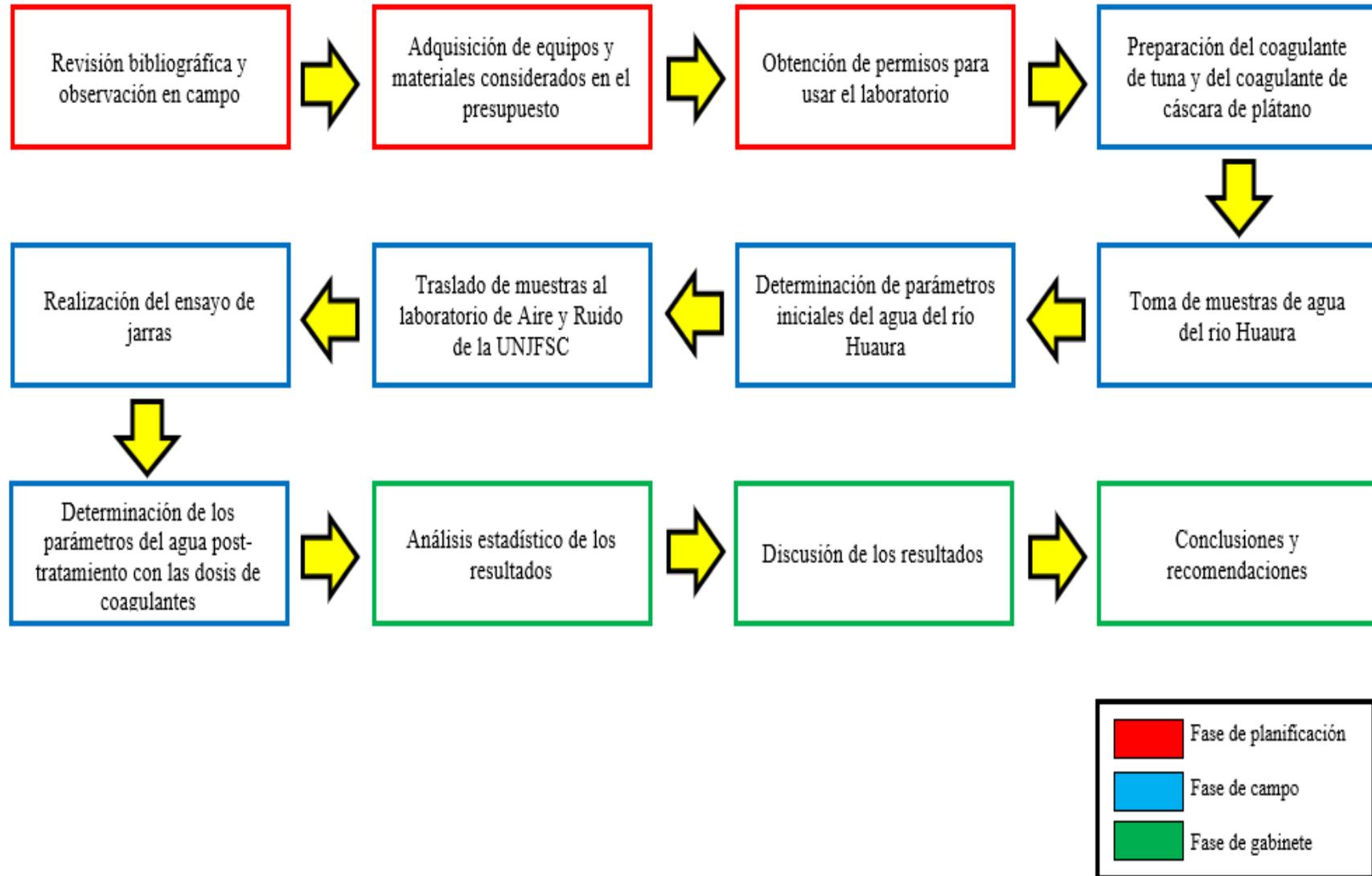


Figura 57. Esquema de la conducción sistemática del experimento. Elaboración propia.

3.2. Técnicas para el procesamiento de la información

Las técnicas empleadas en nuestra investigación fueron la observación, la experimentación y el análisis estadístico.

La observación fue útil para conocer las características de la zona donde se realizaron los muestreos. El instrumento necesario para ejecutar esta técnica fue: Ficha de cadena de custodia. Para la experimentación, se evaluaron los parámetros físico-químicos iniciales que poseían las muestras recolectadas junto con el monitoreo del proceso de ensayo de jarras para ambos coagulantes. Los instrumentos elaborados fueron: Ficha de registro para evaluar la capacidad coagulante-floculante de la cáscara de plátano mediante el ensayo de jarras y ficha de registro para evaluar la capacidad coagulante-floculante de la tuna mediante el ensayo de jarras.

Por otra parte, el presente estudio empleó la estadística inferencial. Los datos recopilados han sido sometidos a una prueba de normalidad conocida como Test de Shapiro Wilk dentro del software SPSS. En caso los datos no tengan una distribución normal se optó por la prueba Games Howell en SPSS. Pero si los datos tienen distribución normal, se escogió realizar una prueba ANOVA en posible combinación con el método Tukey. Cualquiera de las pruebas estadísticas elegidas poseía la capacidad de determinar si hay o no diferencias significativas entre los 24 tratamientos. Las variables de respuesta vendrían a ser los parámetros fisicoquímicos del agua tratada como: Turbidez, pH, temperatura y conductividad eléctrica.

Todos los instrumentos creados para la investigación han sido validados mediante la modalidad de juicio de expertos. Por último, también se empleó la estadística descriptiva, ya que la mayoría de resultados obtenidos se plasmaron en tablas y gráficas diseñadas en el programa Microsoft Excel. Mientras que para confeccionar los mapas de ubicación y mapas de punto de muestreo recurrimos al sistema de información geográfica conocido como ArcGIS 10.5.

Capítulo IV. Resultados

Resultados de la caracterización físico-química de las muestras de agua obtenidas

Las propiedades físicas y químicas que se midieron en las muestras recolectadas de agua superficial del río Huaura están registradas en la tabla 8. El multiparámetro arrojó un valor de turbidez de 126 UNT, en consecuencia, sobrepasó tanto a la Categoría 1 A2 del Estándar de Calidad Ambiental de Agua como a lo establecido en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano. Para el caso de los parámetros temperatura, potencial de hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica se apreció que los valores medidos cumplieron con ambas normativas.

Tabla 8

Caracterización físico-química inicial de las aguas del río Huaura

Parámetro	Unidad	Valor obtenido	Cantidad máxima establecida en el ECA Agua Categoría 1 A2 (D.S N° 004-2017-MINAM)	Cantidad máxima establecida en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (D.S N° 031-2010-SA)
Turbidez	UNT	126	100	5
Temperatura	°C	20.64	No indicado	No indicado
pH	Ninguna	7.70	5.5-9	6.5-8.5
Conductividad eléctrica	uS/cm	1020	1600	1500

Nota. Elaboración propia.

Resultados de las pruebas de jarras con ambos coagulantes

Ya culminado el reposo de 30 minutos que se les dio a cada vaso de precipitado, los nuevos parámetros físico-químicos que alcanzaron las muestras al ser tratadas con diversas dosis de coagulante y velocidades de agitación lenta durante el ensayo de jarras se midieron y se plasmaron en la tabla 40. Se apreció que una dosis de 200 mg/L de coagulante de tuna en conjunto con 50 rpm de velocidad dieron como resultado una turbidez final de 1.4 UNT (98.89% de remoción), pH de 7.77, 19.31 °C de temperatura y 1065.5 uS/cm de conductividad eléctrica. Asimismo, se observó que una dosis de 200 mg/L de coagulante de plátano combinado con 50 rpm de velocidad lograron una turbidez nula en el agua (100% de remoción), pH de 8.415, 18.865 °C de temperatura y 1020.5 uS/cm de conductividad eléctrica.

Resultados de las pruebas de normalidad

Los resultados que se presentan en las tablas 9 y 10 corresponden a las pruebas de normalidad de Shapiro Wilk ejecutadas en el programa SPSS. Se trabajó con un intervalo de confianza del 95% y se configuró la siguiente regla de decisión: Los datos siguen distribución normal (p-valor > 0.05) o los datos no siguen una distribución normal (p-valor < 0.05).

En el caso de los datos recopilados luego del tratamiento con el coagulante de tuna (tabla 9) puede apreciarse que las 4 significancias obtenidas superaron al p-valor de 0.05 con el que se ha trabajado, por lo tanto, todos tienen una distribución de tipo normal y le son aplicables pruebas estadísticas paramétricas como el ANOVA.

Tabla 9

Prueba de normalidad de los resultados del tratamiento con el coagulante de tuna

Variable	Estadístico	gI	Significancia (p-valor)
Turbidez del agua tratada	0,899	6	0,368
Temperatura del agua tratada	0,819	6	0,087
Conductividad del agua tratada	0,803	6	0,062
pH del agua tratada	0,892	6	0,328

Nota. Elaboración propia.

No puede decirse lo mismo de los datos recopilados luego del tratamiento con el coagulante de plátano, pues la variable turbidez (tabla 10) posee una significancia de 0.009 cuyo valor es inferior a 0.05 siéndole aplicable la prueba de Games-Howell; mientras que las 3 variables respuesta restantes (temperatura, pH y conductividad eléctrica) si presentaron un comportamiento normal.

Tabla 10

Prueba de normalidad de los resultados del tratamiento con el coagulante de plátano

Variable	Estadístico	gI	Significancia (p-valor)
Turbidez del agua tratada	0,716	6	0,009
Temperatura del agua tratada	0,831	6	0,110
Conductividad del agua tratada	0,797	6	0,055
pH del agua tratada	0,893	6	0,333

Nota. Elaboración propia.

Contrastación de hipótesis

Contrastación de la hipótesis específica 1

H1: La dosis de 200 mg/L del coagulante elaborado a base de tuna es la más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Efecto de la dosis de coagulante de tuna sobre la turbidez

Las 3 dosis de coagulante de tuna (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con la turbidez del agua tratada. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 11 se registraron los resultados del ANOVA. De acuerdo a dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.04. Ese valor es inferior al nivel alfa de significancia de 0.05 con el que se trabajó en el programa estadístico SPSS, por consiguiente, existen diferencias entre tratamientos.

Tabla 11

ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs turbidez final

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbidez final	Entre grupos	532,562	2	266,281	11,296	0,040
	Dentro de grupos	70,721	3	23,574		
	Total	603,284	5			

Nota. Elaboración propia.

Ya que la dosis del coagulante de tuna modifica de forma significativa la turbidez del agua, seguidamente se realizó la prueba de Tukey para encontrar en específico al nivel con menor valor. En la tabla 12 se constata que la dosis de 200 mg/L tiene una media de 1.4250 (resultado más bajo) y se halla en el grupo 1.

Tabla 12

Prueba de Tukey para turbidez obtenida con el coagulante de tuna

Factor: Dosis de coagulante	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
200 mg/L	2	1,4250	
100 mg/L	2	8,8000	8,8000
50 mg/L	2		24,0500
Sig.		0,399	0,101

Nota. Elaboración propia.

Efecto de la dosis de coagulante de tuna sobre la temperatura

Las 3 dosis de coagulante de tuna (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con la temperatura del agua tratada. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 13 se registraron los resultados del análisis de varianza entre el factor dosis de coagulante de tuna y la temperatura en el agua. De acuerdo a dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.203. Ese valor excede al nivel alfa de significancia de 0.05 con el que se trabajó en el programa estadístico SPSS, por ende, la dosis del coagulante no modifica de forma significativa la temperatura del agua.

Tabla 13

ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs temperatura final

Temperatura final	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Entre grupos		0,468	2	0,234	2,839
Dentro de grupos		0,247	3	0,082		
Total		0,715	5			

Nota. Elaboración propia.

Efecto de la dosis de coagulante de tuna sobre la conductividad eléctrica

Las 3 dosis de coagulante de tuna (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con la conductividad eléctrica del agua tratada. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro

del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos ($p\text{-valor} > 0.05$) o hay diferencias entre tratamientos ($p\text{-valor} < 0.05$).

En la tabla 14 se registraron los resultados del ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna y la conductividad eléctrica del agua. De acuerdo a dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.160. Ese valor excede al nivel alfa de significancia de 0.05 con el que se trabajó en el programa estadístico SPSS, por consiguiente, la dosis del coagulante no influye de forma significativa en la conductividad eléctrica del agua.

Tabla 14

ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs conductividad eléctrica final

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conductividad eléctrica final	Entre grupos	2337,333	2	1168,667	3,596	0,160
	Dentro de grupos	975,000	3	325,000		
	Total	3312,333	5			

Nota. Elaboración propia.

Efecto de la dosis de coagulante de tuna sobre el pH

Las 3 dosis de coagulante de tuna (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con el pH del agua tratada. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos ($p\text{-valor} > 0.05$) o hay diferencias entre tratamientos ($p\text{-valor} < 0.05$).

En la tabla 15 se plasmaron los resultados del ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna y el pH del agua. De acuerdo a dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.03. Ese valor es inferior al nivel alfa de significancia de 0.05 con el que se trabajó en el programa estadístico SPSS, por lo cual, existen diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 15

ANOVA entre el factor dosis de coagulante de tuna vs pH final

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH final	Entre grupos	0,079	2	0,039	13,978	0,030
	Dentro de grupos	0,008	3	0,003		
	Total	0,087	5			

Nota. Elaboración propia.

Ya que la cantidad de dosis del coagulante natural modifica de forma significativa el pH del agua, entonces seguidamente se realizó la prueba de Tukey para encontrar en específico al nivel con mejor valor. En la tabla 16 se constata que la dosis de 100 mg/L tiene una media de 7.5175 (resultado más bajo) hallándose en el grupo 1, mientras que la dosis de 200 mg/L se ubicó en el grupo 2 con una media de 7.7875.

Tabla 16

Prueba de Tukey para pH obtenido con el coagulante de tuna

Factor: Dosis de coagulante	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
100 mg/L	2	7,5175	
50 mg/L	2	7,5850	7,5850
200 mg/L	2		7,7875
Sig.		0,498	0,063

Nota. Elaboración propia.

Decisión:

En primer lugar, la turbidez presentó su máxima disminución cuando se aplicó la dosis de 200 mg/L. En segundo lugar, tanto la conductividad eléctrica como la temperatura no se vieron influenciadas estadísticamente por ninguna dosis. En tercer lugar, el pH alcanzó un valor mínimo con la dosis de 100 mg/L, aunque si se utilizase la dosis de 200 mg/L tampoco habría tanto problema debido a que ambos resultados están dentro del rango adecuado según las normativas vigentes sobre agua apta para consumo humano. Por último, se acepta la hipótesis alterna que mencionaba a la dosis de 200 mg/L de coagulante de tuna como la más adecuada para potabilizar las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Contrastación de la hipótesis específica 2

H1: La velocidad de agitación lenta de 50 rpm usada en los tratamientos con el coagulante de tuna resulta más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de tuna sobre la turbidez

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que relaciona la velocidad de agitado lento con la variable turbidez dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p -valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p -valor < 0.05).

En la tabla 17, puede apreciarse que la significancia calculada fue 0.628 siendo superior a 0.05, por ende, se asume una similitud entre los tratamientos donde el factor bajo análisis no influye de forma activa.

Tabla 17

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable turbidez

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbidez final	Entre grupos	38,760	1	38,760	0,275	0,628
	Dentro de grupos	564,523	4	141,131		
	Total	603,284	5			

Nota. Elaboración propia.

La figura 58 nos muestra que las dosis de coagulante de tuna en conjunto con las velocidades de agitación lenta afectan significativamente a la turbidez resultante. Al emplear una dosis de 50 mg/L y a condiciones de 50 rpm de velocidad se logró reducir la turbidez hasta 18.45 UNT a comparación de su concentración inicial que fue de 126 UNT. Asimismo, al agregar la dosis de 100 mg/L y someter el agua a una agitación de 50 rpm la turbidez disminuyó hasta 6.8 UNT. Por otro lado, al incrementar la dosis hasta los 200 mg/L y acoplarse con una velocidad de agitado de 50 rpm se lograron mejores resultados, pues la turbidez disminuyó hasta 1.4 UNT. Cabe señalar que los tratamientos con 50 y 100 mg/L cumplieron lo preestablecido en los

Estándares de Calidad del Agua (< 100 UNT), pero la dosis de 200 mg/L cumplió con la norma más exigente que era el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (< 5 UNT).

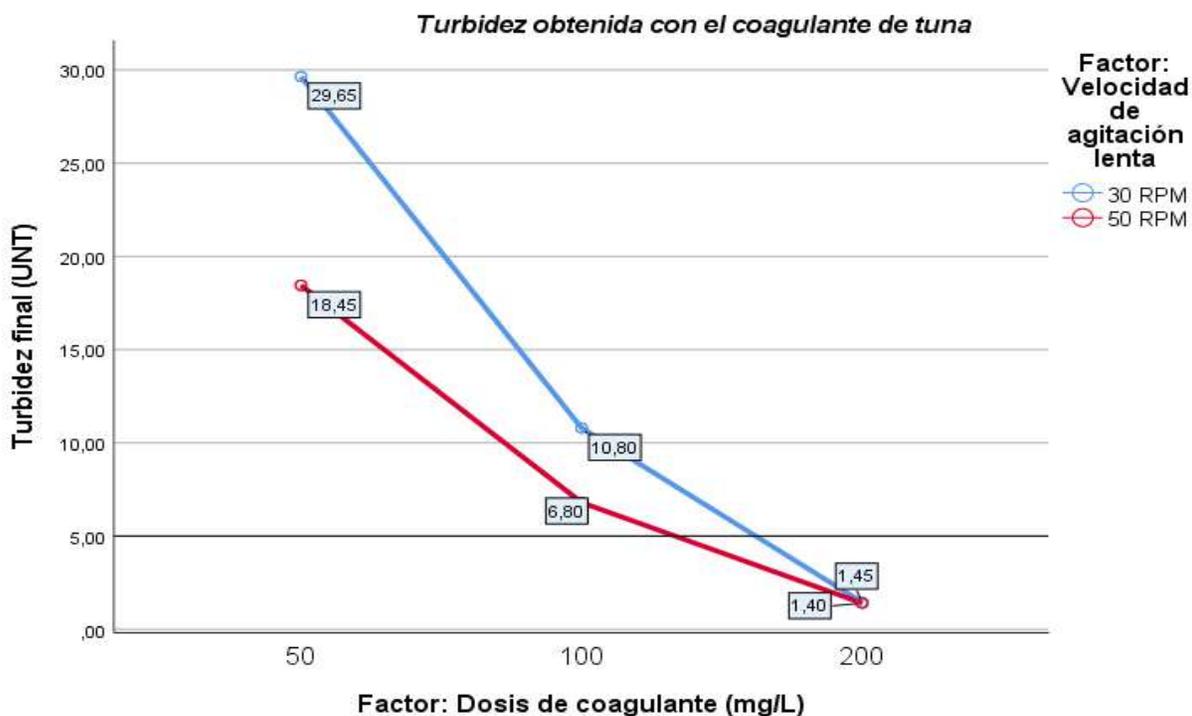


Figura 58. Turbidez (UNT) vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de tuna sobre la temperatura

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que relaciona la velocidad de agitado lento con la variable temperatura dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p -valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p -valor < 0.05).

En la tabla 18, puede apreciarse que la significancia calculada fue 0.707 siendo superior a 0.05, por ende, se acepta una similitud entre el efecto de las velocidades de 30 y 50 rpm.

Tabla 18

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable temperatura

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Temperatura final	Entre grupos	0,028	1	0,028	0,163	0,707
	Dentro de grupos	0,687	4	0,172		
	Total	0,715	5			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 59, el menor valor de temperatura registrado con el multiparámetro fue 19.30 °C correspondiendo al tratamiento donde se combinaron 200 mg/L de coagulante con 30 rpm de velocidad de agitación. Se pudo observar además que la cantidad más alta de temperatura fue de 20.11 °C perteneciente a la combinación de 50 mg/L de producto con 30 rpm de velocidad de agitación. Si se comparan los resultados alcanzados con el valor inicial de la muestra (20.64°C) puede decirse que todos los ensayos experimentales aplicados al agua disminuyeron levemente su temperatura. Por otro lado, la temperatura es un parámetro que no posee un valor límite en los Estándares de Calidad de Agua ni en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano siendo posible aplicar el tratamiento que se desee.

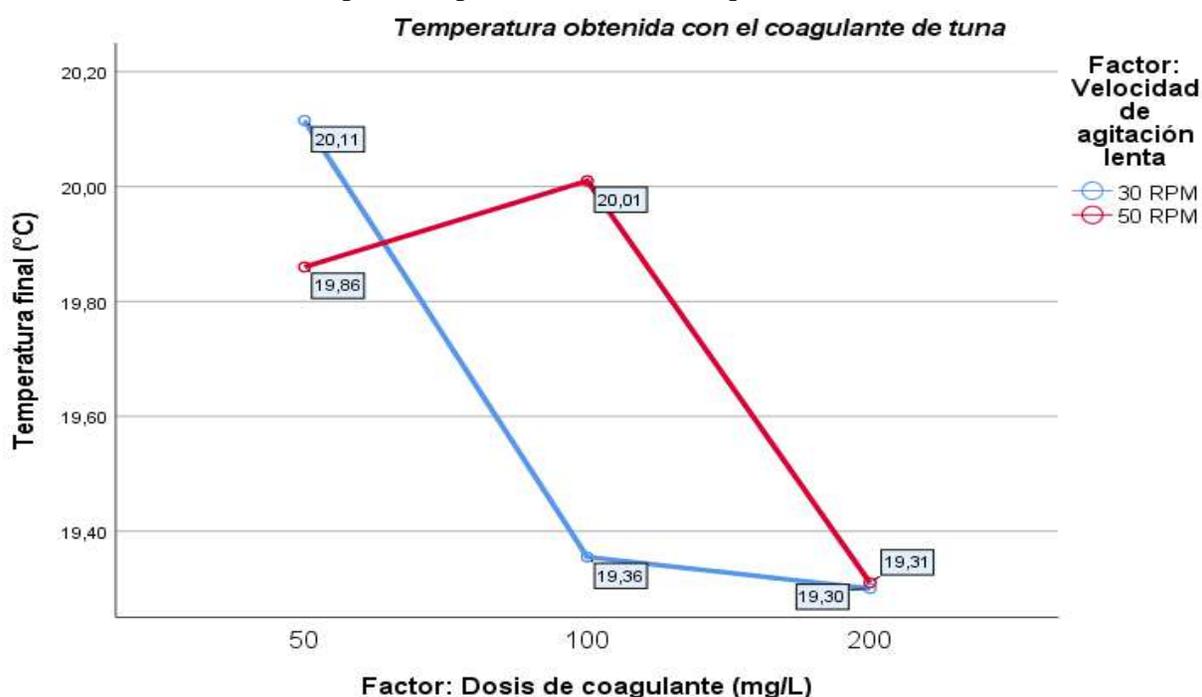


Figura 59. Temperatura (°C) vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de tuna sobre la conductividad eléctrica

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que relaciona la velocidad de agitado lento con la variable conductividad eléctrica dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 19, puede apreciarse que la significancia calculada fue 0.645 siendo superior a 0.05, por ende, se concluye una similitud entre los tratamientos donde el factor bajo análisis no influye de forma activa.

Tabla 19

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y conductividad eléctrica

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conductividad eléctrica final	Entre grupos	192,667	1	192,667	0,247	0,645
	Dentro de grupos	3119,667	4	779,917		
	Total	3312,333	5			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 60, el menor valor de conductividad eléctrica registrado con el multiparámetro fue 1012 uS/cm perteneciente al tratamiento que agrupa una dosis de 50 mg/L junto a 50 rpm de velocidad de agitación lenta. Por otro lado, la cantidad más elevada fue 1065.50 uS/cm y pertenece al ensayo donde se combinan 200 mg/L de coagulante con 50 rpm de velocidad de agitación lenta. Además, cabe señalar que independientemente de la dosis y velocidad suministrada, todos los tratamientos cumplieron lo preestablecido en los Estándares de Calidad de Agua (< 1500 uS/cm) y el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (< 1600 uS/cm).

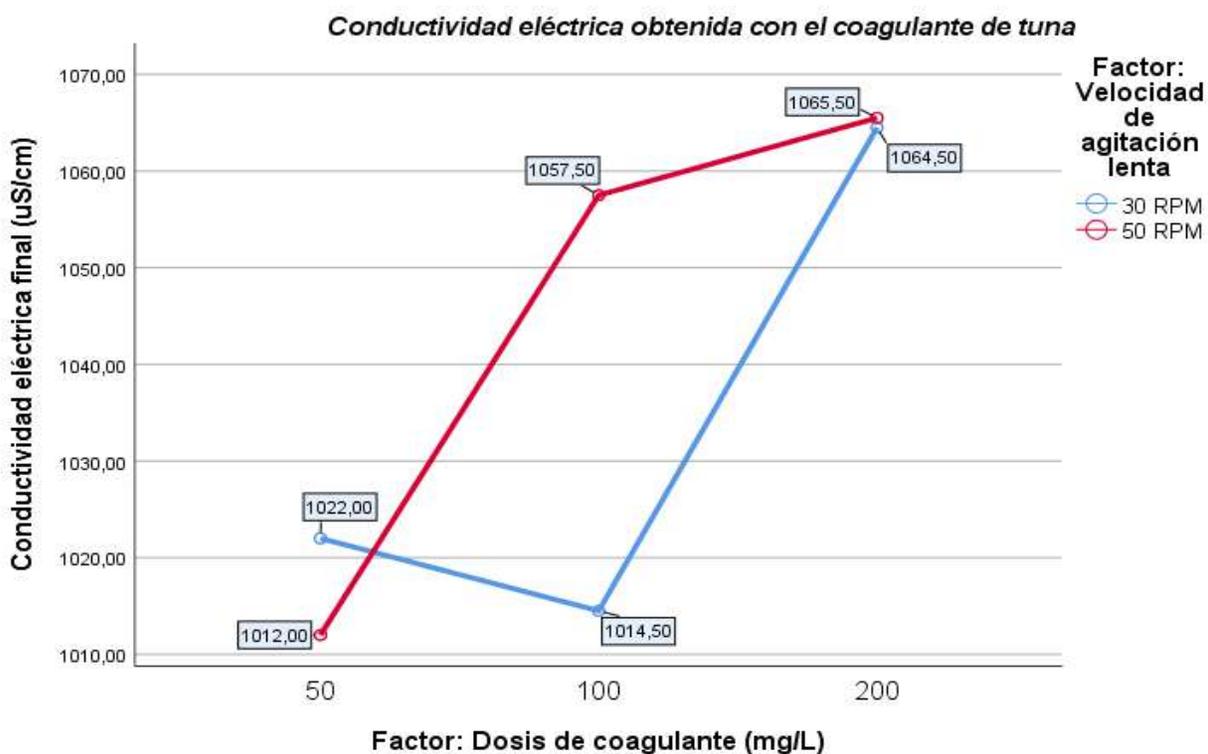


Figura 60. Conductividad eléctrica (uS/cm) vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de tuna sobre el pH

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que relaciona la velocidad de agitado lento con la variable pH dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 20, puede apreciarse que la significancia calculada fue 0.654 siendo superior a 0.05, por ende, no existe tanta diferencia entre utilizar una velocidad de 30 rpm o 50 rpm.

Tabla 20

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable pH

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH final	Entre grupos	0,005	1	0,005	0,233	0,654
	Dentro de grupos	0,083	4	0,021		
	Total	0,087	5			

Nota. Elaboración propia.

Según la figura 61, el menor valor de pH registrado con el multiparámetro fue 7.46 perteneciente al tratamiento que agrupa una dosis de 100 mg/L junto a 50 rpm de velocidad de agitación lenta. Por otro lado, la cantidad más elevada fue 7.81 y pertenece al ensayo donde se combinan 200 mg/L de coagulante con 30 rpm de velocidad de agitación lenta. Además, cabe señalar que independientemente de la dosis y velocidad suministrada, todos los tratamientos cumplieron lo preestablecido en los Estándares de Calidad de Agua (5.5 a 9) y el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (6.5 a 8.5).

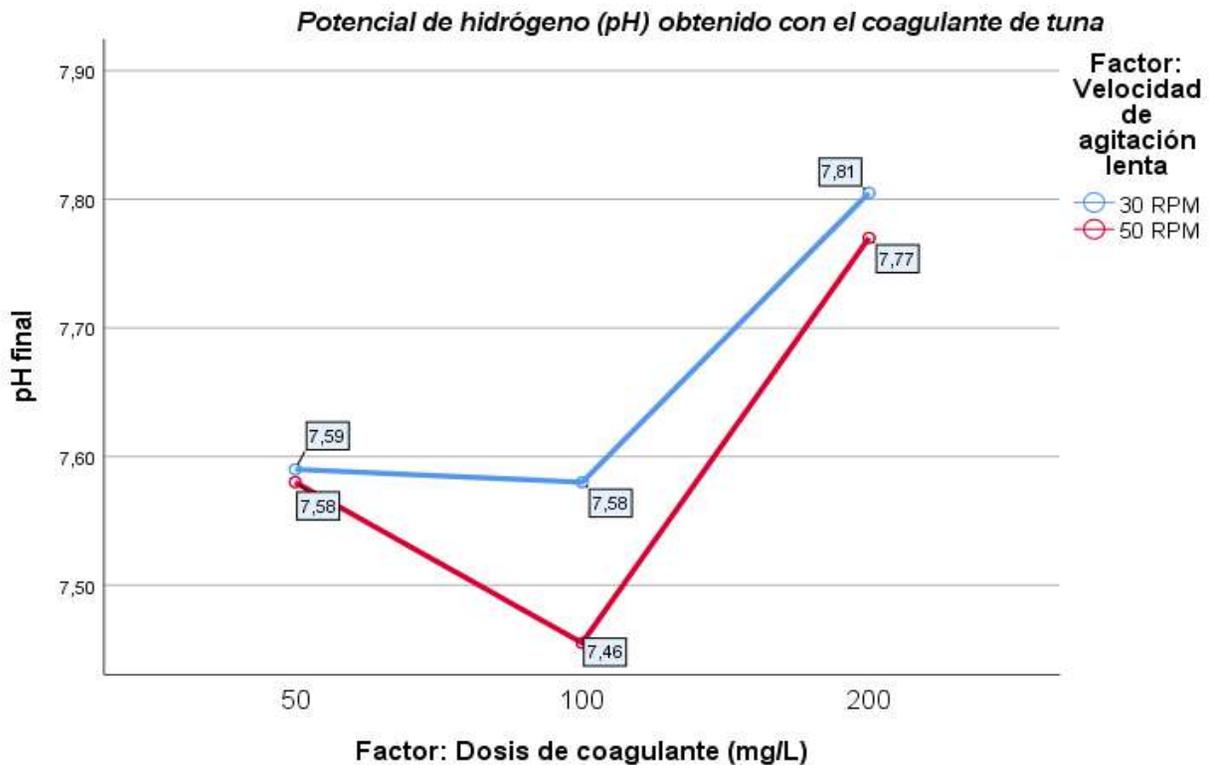


Figura 61. pH vs dosis de coagulante de tuna (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

Decisión:

Se comprobó previamente que las 2 velocidades de agitación lenta programadas en el agitador magnético (30 rpm y 50 rpm) no influyeron significativamente en la variación de los 4 parámetros del agua bajo análisis: Turbidez, conductividad eléctrica, pH y temperatura. Por ello, nos quedó aceptar la hipótesis alterna planteada que mencionaba a la velocidad de 50 rpm utilizada en los tratamientos con el coagulante de tuna como la más adecuada para para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Contrastación de la hipótesis específica 3

H1: La dosis de 200 mg/L del coagulante elaborado a base de plátano es la más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Efecto de la dosis de coagulante de plátano sobre la turbidez

Las 3 dosis de coagulante de plátano (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con la turbidez del agua tratada. Se realizó la prueba no paramétrica de Games-Howell dentro del programa SPSS, el nivel de confianza fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 21 se registraron los resultados de la prueba de Games-Howell entre el factor dosis de coagulante de plátano y la turbidez. Según dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.000. Ese valor es inferior al nivel alfa de significancia de 0.05 configurado en el programa SPSS, por consiguiente, los tratamientos difieren mucho entre sí.

Tabla 21

Prueba de Games-Howell entre la dosis de coagulante de plátano vs turbidez

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbidez final	Entre grupos	186,376	2	93,188	485,143	0,000
	Dentro de grupos	0,576	3	0,192		
	Total	186,952	5			

Nota. Elaboración propia.

Ya que la dosis del coagulante de plátano repercute de forma significativa en la turbidez del agua, entonces seguidamente se realizó una prueba de múltiples comparaciones para encontrar en específico al nivel con menor valor. Según la tabla 22, los valores más bajos de turbidez fueron obtenidos con la dosis de 200 mg/L pues la diferencia de medias entre dicha dosis con las dosis de 50 mg/L y 100 mg/L arrojaron valores negativos de -12.225 y -11.375 respectivamente.

Tabla 22

Prueba de comparaciones entre dosis de coagulante de plátano vs turbidez

(I) Dosis de coagulante (mg/L)	(J) Dosis de coagulante (mg/L)	Diferencia de medias (I-J)	Significancia
50	100	0,85	0,352
	200	12,225	0,003
100	50	-0,85	0,352
	200	11,375	0,002
200	50	-12,225	0,003
	100	-11,375	0,002

Nota. Elaboración propia.

Efecto de la dosis de coagulante de plátano sobre la temperatura

Las 3 dosis de coagulante de plátano (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con la temperatura del agua tratada. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p -valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p -valor < 0.05).

En la tabla 23 se registraron los resultados del ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano y la temperatura en el agua. De acuerdo a dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.018. Ese valor es inferior al nivel alfa de significancia de 0.05 con el que se trabajó en el programa estadístico SPSS, por consiguiente, los tratamientos divergen mucho entre sí.

Tabla 23

ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano vs temperatura final

Temperatura final	Diferencias	Suma de	gl	Media	F	Sig.
		cuadrados		cuadrática		
	Entre grupos	0,236	2	0,118	19,953	0,018
	Dentro de grupos	0,018	3	0,006		
	Total	0,254	5			

Nota. Elaboración propia.

Ya que la dosis del coagulante de plátano modifica de forma significativa la temperatura del agua, entonces seguidamente se realizó la prueba de Tukey para encontrar en específico al nivel con mejor valor. En la tabla 24 se constata que la dosis de 100 mg/L tiene una media de 18.8175 (resultado más bajo) y se halla en el grupo 1.

Tabla 24

Prueba de Tukey para temperatura obtenida con el coagulante de plátano

Factor: Dosis de coagulante	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
100 mg/L	2	18,8175	
200 mg/L	2	18,8900	
50 mg/L	2		19,2700
Sig.		0,655	1,000

Nota. Elaboración propia.

Efecto de la dosis de coagulante de plátano sobre la conductividad eléctrica

Las 3 dosis de coagulante de plátano (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con la conductividad eléctrica del agua. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 25 se registraron los resultados del ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano y la conductividad eléctrica en el agua. De acuerdo a dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.001. Ese valor es inferior al nivel alfa de significancia de 0.05 con el que se trabajó en el programa SPSS, por ende, los tratamientos distan mucho entre sí.

Tabla 25

ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano vs conductividad eléctrica

	Diferencias	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conductividad eléctrica final	Entre grupos	2359,083	2	1179,542	159,039	0,001
	Dentro de grupos	22,250	3	7,417		
	Total	2381,333	5			

Nota. Elaboración propia.

Ya que la dosis del coagulante de plátano modifica de forma significativa la conductividad eléctrica del agua, entonces seguidamente se realizó la prueba de Tukey para encontrar en específico al nivel con mejor valor. En la tabla 26 se constata que la dosis de 100 mg/L tiene una media de 1012.5 (resultado más bajo) y se halla en el grupo 1.

Tabla 26

Prueba de Tukey para conductividad eléctrica obtenida con el coagulante de plátano

Factor: Dosis de coagulante	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
100 mg/L	2	1012,5000	
200 mg/L	2	1021,2500	
50 mg/L	2		1058,2500
Sig.		0,096	1,000

Nota. Elaboración propia.

Efecto de la dosis de coagulante de plátano sobre el pH

Las 3 dosis de coagulante de plátano (50 mg/L, 100 mg/L y 200 mg/L) se midieron en relación con el pH del agua tratada. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 27 se registraron los resultados del análisis de varianza entre el factor dosis de coagulante de plátano y el pH del agua. De acuerdo a dicha tabla, se obtuvo una significancia de 0.003. Ese valor es inferior al nivel alfa de significancia de 0.05 con el que se trabajó en el programa estadístico SPSS, por consiguiente, el factor dosis influye activamente en el proceso.

Tabla 27

ANOVA entre el factor dosis de coagulante de plátano vs pH final

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH final	Entre grupos	0,309	2	0,154	67,815	0,003
	Dentro de grupos	0,007	3	0,002		
	Total	0,315	5			

Nota. Elaboración propia.

Ya evidenciado que la cantidad de dosis del coagulante natural modifica de forma significativa el pH del agua, entonces seguidamente se realizó la prueba de Tukey para encontrar en específico al nivel con mejor valor. En la tabla 28 se constata que la dosis de 50 mg/L tiene una media de 7.925 (resultado más bajo) y se halla en el grupo 1.

Tabla 28

Prueba de Tukey para pH obtenida con el coagulante de plátano

Factor: Dosis de coagulante	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
50 mg/L	2	7,9250	
100 mg/L	2	8,1175	
200 mg/L	2		8,4725
Sig.		0,055	1,000

Nota. Elaboración propia.

Decisión:

En primer lugar, la turbidez disminuyó drásticamente cuando se añadió la dosis de 200 mg/L. En segundo lugar, la temperatura logró valores más bajos con las dosis de 100 y 200 mg/L. En tercer lugar, la conductividad eléctrica logró sus cantidades más bajas con las dosis de 100 y 200 mg/L. En cuarto lugar, el pH alcanzó su resultado más elevado con la dosis de 200 mg/L. Para el caso de la conductividad eléctrica, pH y temperatura; sea cual sea la dosis todos sus resultados cumplieron las normativas vigentes sobre agua potable (tabla 34 y 35) quedando excluidas del análisis. Por último, la turbidez si presentó incumplimientos cuando se usaron las dosis de 50 mg/L y 100 mg/L, siendo el caso totalmente opuesto con la dosis de 200 mg/L. Ante ello, se aceptó la hipótesis alterna que mencionaba a la dosis de 200 mg/L de coagulante de plátano como la más adecuada para potabilizar las aguas del río Huaura durante el año 2024 debido a que con la misma existe una conformidad con los 4 parámetros del agua tratada.

Contrastación de la hipótesis específica 4

H1: La velocidad de agitación lenta de 50 rpm usada en los tratamientos con el coagulante de plátano resulta más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de plátano sobre la turbidez

Se realizó la prueba no paramétrica de Games-Howell dentro del programa SPSS que relaciona la velocidad de agitación lenta con la variable turbidez, el nivel de confianza fue 95% y se tomó consideró la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos ($p\text{-valor} > 0.05$) o hay diferencias entre tratamientos ($p\text{-valor} < 0.05$).

En la tabla 29, puede apreciarse que la significancia calculada fue 0.917 siendo superior a 0.05, por lo cual, el factor velocidad no repercutió significativamente en los resultados obtenidos de turbidez.

Tabla 29

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable turbidez

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Turbidez final	Entre grupos	0,570	1	0,570	0,012	0,917
	Dentro de grupos	186,382	4	46,595		
	Total	186,952	5			

Nota. Elaboración propia.

Según la figura 62, las dosis de coagulante de tuna en combinación con las velocidades de agitación lenta afectan significativamente a la turbidez resultante. Al emplear una dosis de 50 mg/L con 50 rpm de velocidad se redujo la turbidez hasta 12.15 UNT a comparación de su valor inicial de 126 UNT. Además, al agregar la dosis de 100 mg/L y someter el agua a una agitación de 50 rpm la turbidez disminuyó hasta 11.35 UNT. Por último, al aumentar la dosis hasta los 200 mg/L y juntarla con una velocidad de 50 rpm se lograron mejores resultados pues la turbidez disminuyó hasta 0 UNT. Cabe señalar que los tratamientos con 50 y 100 mg/L cumplieron lo preestablecido en los ECA Agua (< 100 UNT), sin embargo, la dosis de 200 mg/L cumplió también con la norma más exigente que era el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano (< 5 UNT).

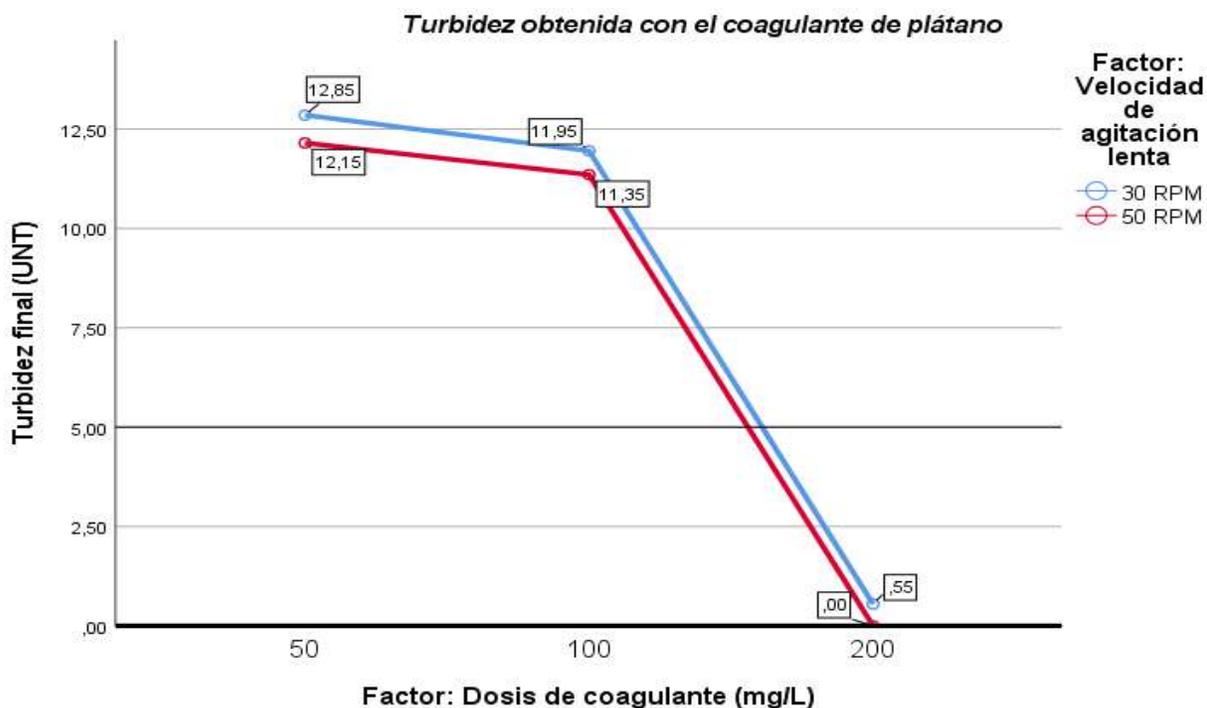


Figura 62. Turbidez (UNT) vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de plátano sobre la temperatura

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que relaciona la velocidad de agitado lento con la variable temperatura dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 30, puede evidenciarse que la significancia calculada fue 0.695 siendo superior a 0.05, por ende, el factor velocidad no influye de forma activa.

Tabla 30

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable temperatura

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Temperatura final	Entre grupos	0,011	1	0,011	0,178	0,695
	Dentro de grupos	0,243	4	0,061		
	Total	0,254	5			

Nota. Elaboración propia.

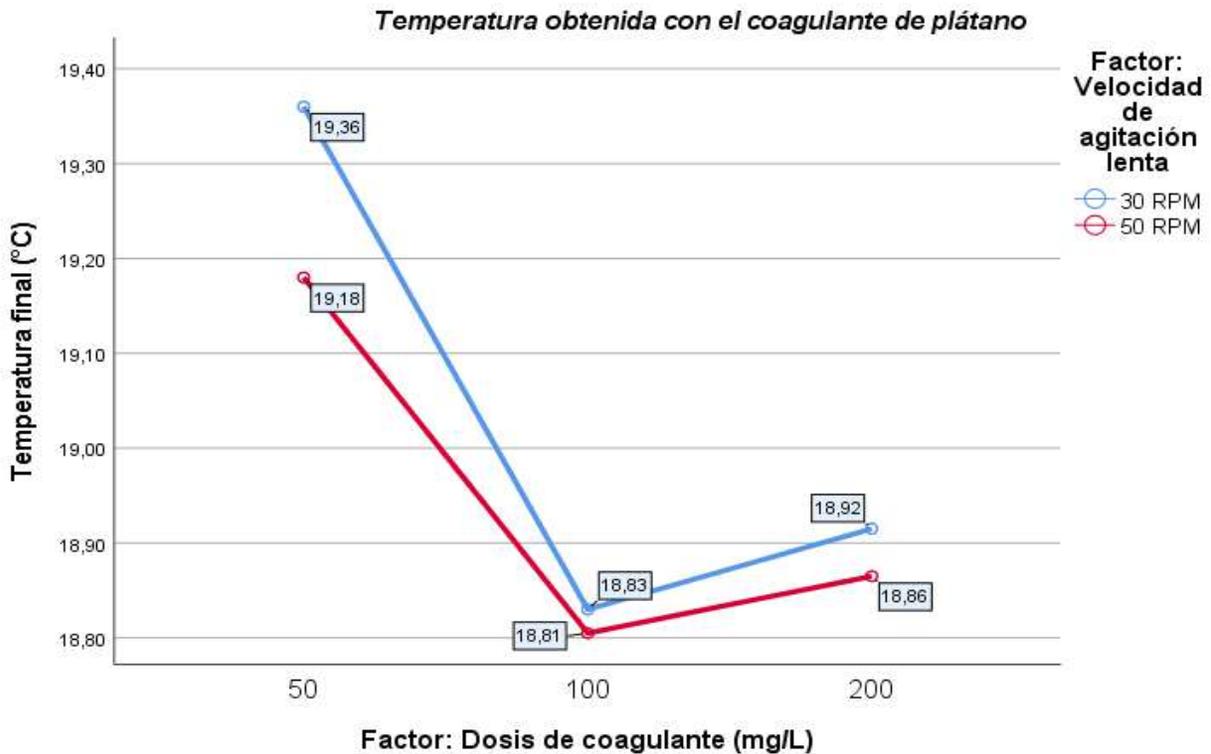


Figura 63. Temperatura (°C) vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

Tal como se muestra en la figura 63, el menor valor de temperatura registrado con el multiparámetro fue 18.805 °C correspondiendo al tratamiento donde se combinaron 100 mg/L

de coagulante con 50 rpm de velocidad de agitación. Por otra parte, la cantidad más alta de temperatura fue de 19.36 °C perteneciente a la combinación de 50 mg/L de producto con 30 rpm de velocidad de agitación. Si se comparan los resultados alcanzados con el valor original de la muestra (20.64°C) puede inferirse que todos los ensayos experimentales aplicados al agua redujeron levemente su temperatura.

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de plátano sobre la conductividad eléctrica

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que relaciona la velocidad de agitado lento con la variable conductividad eléctrica dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 31, puede apreciarse que la significancia calculada fue 0.937 siendo superior a 0.05, por ende, se aceptaría que hay una similitud entre los tratamientos donde el factor bajo análisis no influye de forma activa.

Tabla 31

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y la conductividad eléctrica

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Conductividad eléctrica final	Entre grupos	4,167	1	4,167	0,007	0,937
	Dentro de grupos	2377,167	4	594,292		
	Total	2381,333	5			

Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 64, el menor valor de conductividad eléctrica registrado con el multiparámetro fue 1012.5 uS/cm perteneciente a los tratamientos: 100 mg/L-30 rpm y 100 mg/L-50 rpm. Por otro lado, la cantidad más elevada fue 1061.50 uS/cm y pertenece al ensayo donde se combinan 50 mg/L de coagulante con 50 rpm de velocidad de agitación lenta. Además, cabe señalar que independientemente de la dosis suministrada, todos los tratamientos cumplieron lo preestablecido en el D.S. N° 031-2010-SA (< 1500 uS/cm) y el D.S. N° 004-2017-MINAM (< 1600 uS/cm).

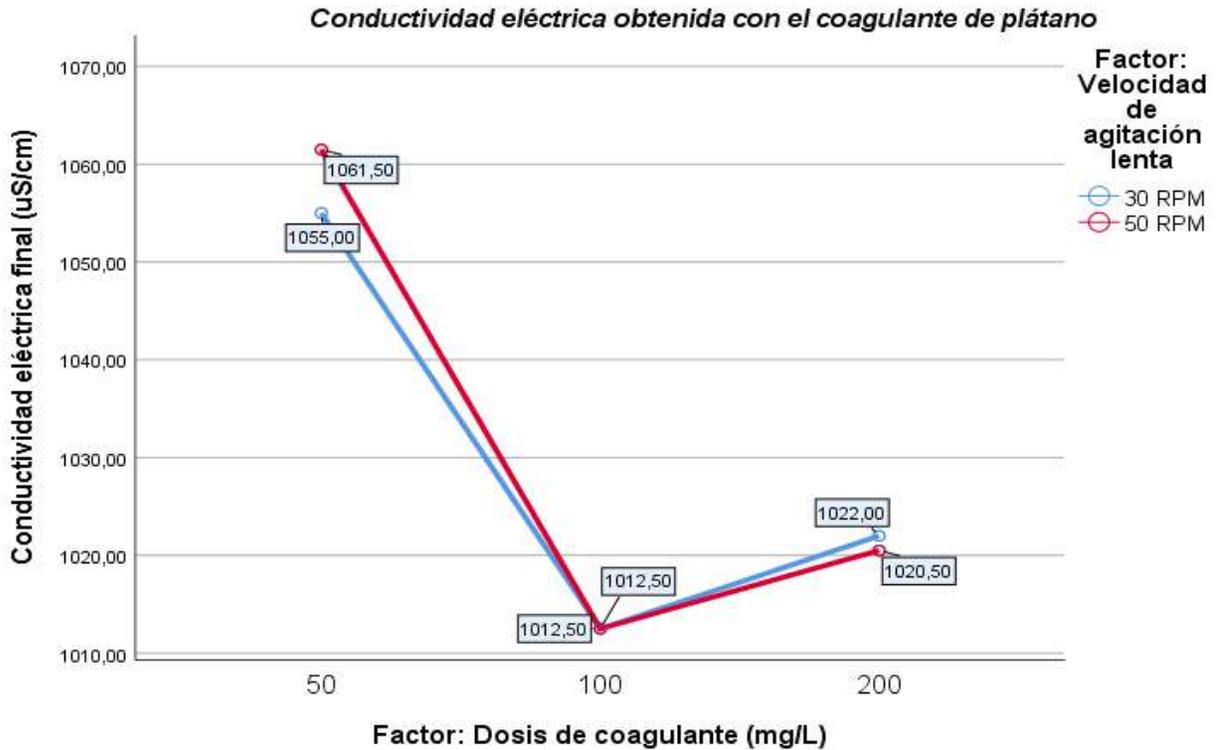


Figura 64. Conductividad eléctrica (uS/cm) vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

Efecto de la velocidad de agitación lenta utilizada en los tratamientos con el coagulante de plátano sobre el pH

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) que relaciona la velocidad de agitado lento con la variable pH dentro del programa SPSS, el intervalo de confianza configurado fue de 95% y se tomó en cuenta la siguiente regla de decisión: Hay similitud entre tratamientos (p-valor > 0.05) o hay diferencias entre tratamientos (p-valor < 0.05).

En la tabla 32, puede apreciarse que la significancia calculada fue 0.859 siendo superior a 0.05, por ende, se aceptaría que hay una similitud entre los tratamientos donde el factor velocidad no influye de forma activa.

Tabla 32

Pruebas de efectos Inter sujetos entre el factor velocidad y variable pH

	Diferencias	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH final	Entre grupos	0,003	1	0,003	0,036	0,859
	Dentro de grupos	0,313	4	0,078		
	Total	0,315	5			

Nota. Elaboración propia.

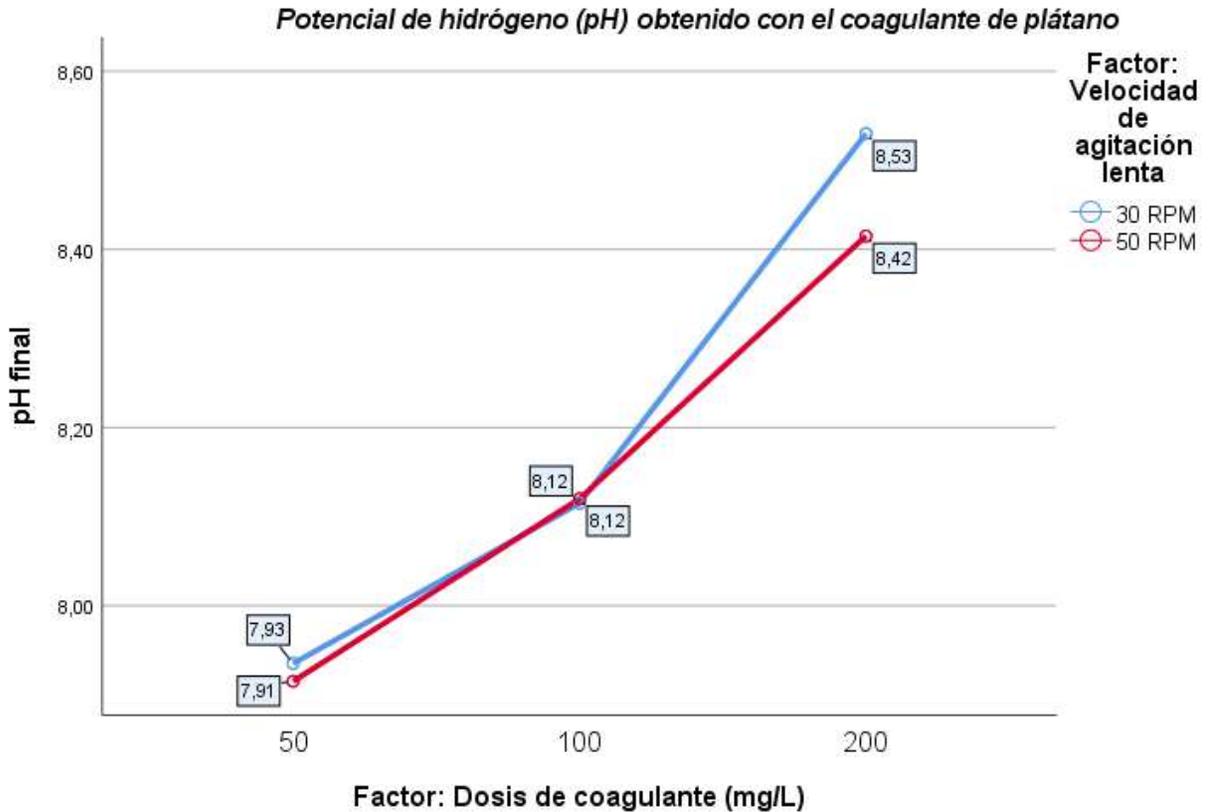


Figura 65. pH vs dosis de coagulante de plátano (mg/L) vs velocidad de agitación lenta (rpm).

De acuerdo a la figura 65, el menor valor de pH registrado con el multiparámetro fue 7.915 perteneciente al tratamiento que agrupa una dosis de 50 mg/L junto a 50 rpm de velocidad de agitación lenta. Por otro lado, la cantidad más elevada fue 8.53 y pertenece al ensayo donde se combinan 200 mg/L de coagulante con 30 rpm de velocidad de agitación lenta. Si se comparan los resultados alcanzados con el valor de pH original de la muestra (7.7) puede inferirse que todos los ensayos experimentales aplicados al agua elevaron abruptamente su pH.

Decisión:

Se evidenció previamente que las 2 velocidades de agitación lenta programadas en el agitador magnético (30 rpm y 50 rpm) no influyeron significativamente en la variación de los 4 parámetros del agua bajo análisis: Turbidez, conductividad eléctrica, pH y temperatura. Por ello, nos quedó aceptar la hipótesis alterna planteada que mencionaba a la velocidad de 50 rpm utilizada en los tratamientos con el coagulante de tuna como la más adecuada para para potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Contrastación de la hipótesis general

Ho: El coagulante natural de tuna no supera al coagulante natural de plátano en el rendimiento para la potabilización de las aguas del río Huaura durante el año 2024.

Para conocer al producto con mejor capacidad coagulante de entre ambas opciones (tuna y plátano), se compararon los resultados de sus dosis óptimas.

Tabla 33

Resultados de las dosis óptimas del coagulante de tuna y del coagulante de plátano

Parámetro	Coagulante de tuna (200 mg/L y 50 rpm)	Coagulante de plátano (200 mg/L y 50 rpm)	Cantidad máxima en el ECA Agua	Cantidad máxima en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano
Turbidez (UNT)	1.4	0	100	5
Temperatura (°C)	19.31	18.865	No indicado	No indicado
pH	7.77	8.415	5.5-9	6.5-8.5
Conductividad eléctrica (uS/cm)	1065.5	1020.5	1600	1500

Nota. Elaboración propia.

Según la tabla 33, el parámetro turbidez presentó un valor final de 0 cuando se utilizó el coagulante de plátano a 200 mg/L y 50 rpm de velocidad siendo inferior a las 1.4 UNT obtenidas con el coagulante de tuna a 200 mg/L y 50 rpm. Del mismo modo, la conductividad eléctrica alcanzó 1065.5 uS/cm al ser empleado el coagulante de tuna, pero una menor cantidad de 1020.5 uS/cm fue lograda con el coagulante de plátano. Para el caso de la temperatura, al no existir un valor normado le puede ser aplicable cualquier producto. Por otro lado, el pH aumenta drásticamente con el coagulante de plátano hasta un valor de 8.415 y está muy cerca de sobrepasar el estándar del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano.

Para finalizar, puede aceptarse la hipótesis nula puesto que el coagulante de plátano presenta resultados más bajos de 3 de los 4 parámetros físico-químicos analizados.

Capítulo V. Discusión

La dosis de 50 mg/L de coagulante de tuna al utilizarse en conjunto con 50 rpm redujo la turbidez inicial de 126 UNT en un 85.36%, ese valor fue cercano a lo obtenido por Nieto (2021) quien empleando una dosis de 60 mg/L minimizó en un 86.54% la turbidez de 713 UNT presente en su muestra de agua obtenida en las cercanías del puente Huaaura.

La dosis de 100 mg/L de coagulante de tuna en conjunto con 50 rpm de velocidad disminuyó la turbidez en un 94.6% respecto a su concentración inicial de 126 UNT y dicho resultado fue comparado con lo obtenido por la investigación de Gaspar (2021) donde usando la misma combinación logró un 72.13% de remoción partiendo de una turbidez inicial de 300 UNT, ese mismo autor consiguió remover un 85.78% de la turbidez con el tratamiento 200 mg/L-50 rpm siendo inferior al 98.89% registrado por nosotros.

Respecto a la velocidad de agitación empleada en los tratamientos con el coagulante de tuna, al obtener un p-valor superior a 0.05 se asume que usar 30 rpm o 50 rpm no provocaba una disminución considerable en la turbidez. A un resultado similar llegó Terán (2022), quien al comparar los efectos de una velocidad de 20 rpm y otra de 40 rpm en la reducción de turbidez tampoco halló diferencias significativas.

Cuando fue ejecutado el tratamiento con el coagulante de tuna donde se combinaron 50 mg/L con 30 rpm de velocidad se alcanzó un valor de 1022 uS/cm respecto a los 1020 uS/cm iniciales, encontrándose coincidencias con la investigación de Cuadros (2020) donde también se notó un aumento de conductividad de 179 uS/cm iniciales a 190 uS/cm luego del tratamiento donde mezcló 60 mg/L de coagulante con 30 rpm de agitación, por otro lado, existe discrepancia con Cañari y León (2022) quienes en su estudio registraron 8470 uS/cm correspondientes a su muestra original y tras darle un tratamiento con una dosis de 65 mg/L logró una disminución de conductividad a 8080 uS/cm.

El tratamiento 50 mg/L-30 rpm con el coagulante de tuna redujo el pH de 7.7 a 7.59, esta ligera acidificación del agua coincide con lo reportado por Ruiz (2021) el cual al aplicarle una dosis de 50 mg/L a su muestra y tras someterla a una agitación de 30 rpm logró disminuir el pH inicial de 7.81 a 7.76. También, se hallaron similitudes con el estudio de Cuadros (2020) quien al realizar un ensayo que combinaba 60 mg/L con 30 rpm obtuvo un pH de 7.12, valor inferior al 7.21 inicial.

Centrándonos en la velocidad de agitación usada en los tratamientos con el coagulante de tuna, al obtener un p-valor mayor a 0.05 se asumió que usar 30 rpm o 50 rpm no provocaba una modificación significativa en el pH. Una conclusión parecida fue mencionada por Rojas (2022), quien al comparar los efectos de una velocidad de 30 rpm con otra de 60 rpm tampoco encontró diferencias; sin embargo, si halló grandes fluctuaciones en el pH cuando utilizó velocidades de agitación lenta más altas como 120 y 180 rpm.

La dosis de 50 mg/L del coagulante de plátano al utilizarse en conjunto con 50 rpm redujo la turbidez inicial de 126 UNT en un 90.36%, ese porcentaje se acerca a lo obtenido por Ortega (2020) quien al agregar una dosis de 50 mg/L y agitar el agua con una velocidad de 45 rpm disminuyó en un 94.43% la turbidez de 942 UNT presente en su muestra de agua. Además, Pelayo y Zárate (2022) lograron un porcentaje de remoción de 14.92% respecto a una turbidez inicial de 52.84 UNT cuando aplicaron un tratamiento que combinaba 50 mg/L con 40 rpm.

La conductividad eléctrica medida luego del ensayo de jarras con el coagulante de plátano presentó un comportamiento muy irregular pues en algunos casos aumentó y en otros aminoró respecto a su valor inicial de 1020 uS/cm. Un caso similar se presentó en el estudio de Guerra y Polo (2021) quienes al agregar dosis de 3 g/L, 5 g/L y 7 g/L a una muestra con 895 uS/cm de conductividad obtuvieron 1130 uS/cm, 713 uS/cm y 1743 uS/cm respectivamente.

El tratamiento 50 mg/L-30 rpm con el coagulante de plátano incrementó el pH de 7.7 a 7.935, esta ligera alcalinización del agua fue contraria con lo hallado por Pelayo y Zárate (2022) quienes al aplicarle una dosis de 50 mg/L a su muestra y tras someterla a una agitación de 40 rpm logró reducir el pH inicial de 8.74 a 5.71; sin embargo, sí hallamos coincidencias con la investigación de Ortega (2020) quien al agregar 50 mg/L de su coagulante y emplear 45 rpm de velocidad alzó el de pH 7.15 a 7.55.

Capítulo VI. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Al comparar la nueva turbidez, pH, conductividad eléctrica y temperatura que obtuvo el recurso hídrico al ser tratado tanto con el coagulante de tuna como con el coagulante de plátano, se determinó que el coagulante de plátano al ser empleado con su dosis y velocidad de agitación lenta óptima consiguió valores más bajos de esos 4 parámetros físico-químicos; teniendo así mayor rendimiento para la potabilización de las aguas del río Huaura puesto que los resultados conseguidos cumplieron el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano.

En cuanto a la dosis del coagulante elaborado a base de tuna más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura, a través del análisis estadístico se determinó que el tratamiento en el que se aplicó la tercera dosis del producto al agua del río Huaura logró resultados inferiores en los parámetros fisicoquímicos a comparación de las dosis restantes.

Al evaluar la velocidad de agitación lenta usada en los tratamientos con el coagulante de tuna más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura, las pruebas estadísticas indicaron que la segunda velocidad fue la más eficiente.

Con relación a la dosis del coagulante elaborado a base de plátano más adecuada para la potabilización de las aguas del río Huaura, mediante el análisis estadístico se determinó que el tratamiento en el que se añadió la tercera dosis del producto al agua del río Huaura obtuvo menores resultados en los parámetros fisicoquímicos a comparación de las dosis restantes.

Se evaluó la velocidad de agitación lenta usada en los tratamientos con el coagulante de plátano más adecuada para potabilización de las aguas del río Huaura, donde las pruebas estadísticas indicaron que la segunda velocidad fue la más eficiente.

6.2. Recomendaciones

Para las personas que deseen replicar nuestros tratamientos, les recomendamos complementar con una posterior filtración o desinfección al proceso de coagulación con las dosis óptimas de los productos obtenidos en este estudio, ello con el fin de minimizar otros parámetros relacionados a la calidad del agua para los que el uso de un coagulante no provoca reducción alguna.

Evaluar la capacidad coagulante de otras frutas presentes en el país a través de los ensayos de jarras con las mismas dosis y velocidades de agitación utilizadas por nosotros a fin de facilitar una posterior comparación entre las eficiencias.

Futuras investigaciones podrían tomar en cuenta la modificación de otros factores que afectan la coagulación tales como: Subir o bajar el pH a un valor fijo con reactivos químicos, elevar la temperatura con placas calefactoras, aumentar el tiempo de mezcla rápida y lenta, etc.

Asegurarse que los instrumentos de medición de la calidad del agua como el multiparámetro estén calibrados correctamente a nivel de campo y de laboratorio acreditado, con ello se reduce el riesgo de obtener resultados erróneos. También, deberían revisarse las fechas de vencimiento de las soluciones calibradoras.

Le recomendamos a los operadores de las plantas de tratamiento de agua potable que consideren el uso del coagulante de plátano y del coagulante de tuna al momento de realizar sus ensayos de jarras piloto, ya que si consiguen resultados satisfactorios podrían implementarlo progresivamente en sus reactores de coagulación.

Se recomienda no solo centrarse en trabajar con el agua de un río, sino que futuras investigaciones podrían expandir el uso de los coagulantes de tuna y de plátano en aguas residuales domésticas y en aguas residuales de todo tipo de industrias.

Las cáscaras de las pencas de tuna al no ser de utilidad en la obtención del coagulante se convierten en residuos orgánicos, por lo que recomendamos entregárselo a alguna entidad municipalidad, agricultor o cualquier persona que realice la actividad del compostaje. Así, les darán un nuevo uso al transformarlas en un producto que permite mantener y mejorar las propiedades de los suelos.

Capítulo VII. Referencias Bibliográficas

Aguilar, M. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación-floculación*. Murcia: EDITUM.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=8v1QBXPvhAUC&pg=PA80&dq=factores+que+afectan+la+coagulaci%C3%B3n+aguas+residuales&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiH67b7p8_-AhWTFLkGHTirC5IQ6wF6BAgGEAU#v=onepage&q=fact

Alfayate Blanco, J. M., González Delgado, M. N., Orozco Barrenetxea, C., Pérez Serrano, A., & Rodríguez Vidal, F. (2004). *Contaminación ambiental: Una visión desde la química*. Buenos Aires: Ediciones Paraninfo S.A.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=nUoOx-8knyUC&pg=PA144&dq=por+barrido+coagulacion&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjNve_px_6BAxVICrkGHRyDCuUQ6wF6BAgIEAU#v=onepage&q=por%20barrido%20coagulacion&f=false

Allinger, N. (1978). *Química orgánica*. Barcelona: Reverte.

Obtenido

de

https://books.google.com.pe/books?id=0hLx1I8UQ5sC&pg=PA988&dq=estructura+quimica+almidon&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjcmMq99s6CAxWqq5UCHSrABXEQ6wF6BAgNEAU#v=onepage&q=estructura%20quimica%20almidon&f=false

Almendárez De Quezada, N. (2004). Comprobación de la efectividad del coagulante Cochifloc en aguas del lago Managua "Piedras Azules". *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), 46-54.

Alvarado Chaves, A. (2004). *Maquinaria y mecanización agrícola*. San José: EUNED.

Obtenido

de

https://books.google.com.pe/books?id=OCfKpzcwiOgC&pg=PA431&dq=agitador+mecanico+equipo&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved

=2ahUKEwjTsoGbueWDAxXQCrkGHYUKDlkQ6wF6BAgGEAU#v=onepage&q=agitador%20mecanico%20equipo&f=false

Amaya Robles, J. (2009). *Cultivo de Tuna (Opuntia Ficus Indica)*. Gerencia Regional Agraria La Libertad.

Andía Cárdenas, Y. (2000). *Tratamiento de agua: Coagulación y floculación*. Lima.

Arboleda Valencia, J., Buitrago León, I. A., & Jaramillo Gómez, L. A. (2023). *Teoría y práctica de la purificación del agua potable. Tomo 1*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=4wziEAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=teoria+y+purificacion+de+agua+coagulantes&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=teoria%20y%20purificacion%20de%20agua%20coagulant

Barreto Tejada, J. A. (2015). *Potabilización del agua: Principios de diseño, control de procesos y laboratorio*. Bogotá: Universidad Piloto de Colombia.

Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=3uk0DwAAQBAJ&pg=PT81&dq=polielectrolito+aguas&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&ov2=1&sa=X&ved=2ahUKEwiJm_GX1qf_AhWsL7kGHewmChQ4KBDrAXoECA sQBQ#v=onepage&q=polielectrolito%20aguas&f=false

Bautista Cárdenas, P. (2012). *Química: Su impacto en la salud y el ambiente*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=dcA0DgAAQBAJ&pg=PA160&dq=coloides+hidrofilicos&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjxt5jBn8aCAxXbr5UCHbz7DN8Q6wF6BAgMEAU#v=onepage&q&f=false

Bilbao Duñabeitia, R. (2018). *Evolución de la industria química. Transición hacia las biorrefinerías*. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=CVZqDwAAQBAJ&pg=PA64&dq=estructura+de+la+lignina&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovd

me=1&sa=X&ved=2ahUKEwjajdSW8s6CAxVGIJUCHdUZBoU4ChDrAXoECAYQ
BQ#v=onepage&q=estructura%20de%20la%20lignina&f=false

Blasco López, G., & Gómez Montaña, F. J. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). *Rev Med UV*, 14(2), 22-26.

Obtenido de

<https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=61315>

Cabildo Miranda, P., Claramunt Vallespí, R., Cornago Ramírez, P., & Escolástico León, C. (2008). *Reciclado y tratamiento de residuos*. Madrid: Editorial UNED.

Obtenido de

[https://books.google.com.pe/books?id=jXEFxC3GiGQC&pg=PT79&dq=floculantes+sinteticos+aguas&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiT9cqqp86CAxVKqpUCHXxvBZk4FBDrAXoECAQ
QBQ#v=onepage&q=floculantes%20sinteticos%20aguas&f](https://books.google.com.pe/books?id=jXEFxC3GiGQC&pg=PT79&dq=floculantes+sinteticos+aguas&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiT9cqqp86CAxVKqpUCHXxvBZk4FBDrAXoECAQ
QBQ#v=onepage&q=floculantes%20sinteticos%20aguas&f)

Cañari Porras, A. S., & Leon López, K. N. (2022). *Reducción de turbidez mediante los coagulantes naturales Moringa oleifera y Opuntia ficus-indica en aguas superficiales de la Quebrada Huaycoloro, 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/33816>

Cárdenas León, J. A. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=L2NtEAAAQBAJ&pg=PA315&dq=test+de+jarras&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&ov2=1&sa=X&ved=2ahUKEwjLz7Xj1qf_AhXCCdQKHdbmCBoQ6wF6BAgKEAU#v=onepage&q=test%20de%20jarras&f=false

Carreño, L., Rueda, A., Reyes, S., Muñoz, F., Cancino, J., & Fernández, M. (2022). *Química verde: Conceptos básicos y aplicaciones*. Bucaramanga: Ediciones UIS.

Obtenido

de

<https://books.google.com.pe/books?id=EtKZEAAAQBAJ&pg=PT49&dq=coloides+hidrofofos%20C3%B3bicos&hl=es->

[419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved](https://books.google.com.pe/books?id=EtKZEAAAQBAJ&pg=PT49&dq=coloides+hidrofofos%20C3%B3bicos&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved)

=2ahUKEwj52dH0x8_-

AhVQqpUCHXQgD3UQ6wF6BAgMEAU#v=onepage&q=coloides%20hidrof%C3%B3bicos&f=fals

Chávez Melgarejo, J. E., Cunaique Huancas, I. J., & Pinco Mendo, J. E. (2019). *Proceso de obtención y evaluación de la eficiencia del almidón del plátano de seda (Musa Acuminata Aaa) para la coagulación – floculación de las aguas superficiales del río Puchca–Ancash a nivel de laboratorio [Tesis para título, Univ. Nac. del Callao]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/3877>

Clark, N. (2006). *La guía de nutrición deportiva*. Badalona: Editorial Paidotribo.

Obtenido

de

https://books.google.com.pe/books?id=67ZUZx91akUC&pg=PA163&dq=almid%C3%B3n+pl%C3%A1tano&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiCv5rSpb-CAXX4p5UCHVB_CYQ4ChDrAXoECAIQBQ#v=onepage&q=almid%C3%B3n%20pl%C3%A1tano&f=false

Cortés Enríquez, G. (1994). *Atlas agropecuario de Costa Rica*. San José: EUNED.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=AWQqijADFrIC&pg=PA154&dq=cormo+platanos&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjCoIz49L6CAxWXkZUCHWZJAj8Q6wF6BAgKEAU#v=onepage&q=cormo%20platanos&f=false

Cuadros Pulido, L. M. (2020). *Evaluación de la remoción de la turbidez del agua del río Fucha por medio del fruto de la planta arbustiva Cactus (Opuntia ficus indica) como coagulante natural [Tesis para optar título, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34251>

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=PA106&dq=neutralizaci%C3%B3n+de+cargas+aguas&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiQ2aW7tviBAxXuH7kGHZANBewQ6wF6BAgOEAU#v=onepage&q=neutralizaci%C3%B3n%20de%20ca

El Ágora. (19 de Noviembre de 2021). *El Ágora: Diario del Agua*. Obtenido de <https://www.elagoradiario.com/agua/agua-residual-tratamiento-latinoamerica/>

El Comercio. (9 de Febrero de 2023). *Diario El Comercio*.

Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/agua-potable-35-millones-peruanos-no-cuenta-con-conexiones-advierte-sunass-noticia/>

Espinosa Marroquin, J. A., Avellán Vásquez, L. E., Cedeño Zambrano, J. R., & Vaca Sotelo, D. A. (2020). *Nutrición vegetal: Exportación y eficiencia del uso de nutrientes en plátano*. 3Ciencias.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=2_PVDwAAQBAJ&pg=PA17&dq=platanotaxonomia&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjO9uzo576CAxVUILkGHY9YAsIQ6wF6BAgGEAU#v=onepage&q&f=false

Esquivel Cubas, A. D. (2019). *Comparación de la eficiencia de la moringa (Moringa oleifera) y el mucilago de tuna (Opuntia ficus indica), en el tratamiento de aguas del río Reque [Tesis para optar título profesional, Universidad César Vallejo]*. Repositorio institucional, Lima.

Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/39463>

Fagro. (2 de Octubre de 2019). *Fenología del Banano / Plátano*.

Obtenido de blogdefagro.com: <https://blogdefagro.com/2019/10/02/fenologia-del-banano/>

Fernández Gonzáles, J., Gutierrez Martin, F., Bahillo Ruiz, A., & Sánchez Hervas, J. M. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=k9ISCgAAQBAJ&pg=PA2&dq=biomasa+residual+concepto&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdm

e=1&ov2=1&sa=X&ved=2ahUKEwjMsqXG9af_AhXXJ7kGHY45DZ8Q6wF6BAgL
EAU#v=onepage&q=biomasa%20residual%20concepto&f=fal

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Roma: Food & Agriculture Org.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=z3dhDwAAQBAJ&pg=PA140&dq=tuna+fruta+espa%C3%B1ol&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiSspXKv_mBAxXUK7kGHR8EBN8Q6wF6BAgMEAU#v=onepage&q=tuna%20fruta%20espa%C3%B1ol&f=false

Garita Coto, R. Á. (2022). *Banano*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=O36AEAAAQBAJ&pg=PA107&dq=platan+taxonomia&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjAyOu96L6CAxUPArkGHUntAfe4ChDrAXoECAUQBQ#v=onepage&q&f=false

Gaspar Cahuana, F. (2021). *Reducción de la turbidez de las aguas del rio Shullcas utilizando penca de tuna y sulfato de aluminio en el proceso de coagulación para el tratamiento de agua potable [Tesis para optar titulo, Universidad César Vallejo]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/71799>

Godoy Briones, V. M. (2018). *Análisis comparativo de la disminución de la turbidez en el proceso de floculación utilizando un floculante comercial y la paleta de tuna [Tesis para optar titulo profesional, Universidad Privada del Norte]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/13840>

Guerra Atauje, M., & Polo Velezmoro, D. A. (2021). *Uso del plátano (Musa paradisiaca) como coagulante para el tratamiento de las aguas residuales del rio Rímac en Matucana-2021 [Tesis para optar titulo profesional de ingeniería ambiental, Universidad César Vallejo]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/84349>

Gutiérrez Ríos, E. (2021). *Química*. Barcelona: Reverte.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=cSQuEAAAQBAJ&pg=PA194&dq=neutralizaci%C3%B3n+de+cargas+de+coloides&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwj4meeOt_iBAxUZJrkGHZakAKcQ6wF6BAgGEAU#v=onepage&q=neutralizaci%C3%B3n%20d

Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., & García, R. (2013). REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES: UNA REVISIÓN. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient*, 16(1), 253 - 262.

doi:<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/881>

IGER. (2011). *Química II Segundo Semestre Tacaná*. Departamento de Redacción y Diseño. Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=Cb8Bqqc-ugoC&pg=PA258&dq=movimiento+browniano+quimica&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwj48pr2osaCAxWVpJUCHTVFAuU4ChDrAXoECAIQBQ#v=onepage&q=movimiento%20browniano%20quimica&

INEGI. (2013). *Características principales del cultivo de nopal en el Distrito Federal. Caso Milpa Alta*. INEGI.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=k7_ODwAAQBAJ&pg=PA9&dq=hidrocoloide+nopal&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjxobWOn_uBAxV6H7kGHX_vDOcQ6wF6BAgHEAU#v=onepage&q=hidrocoloide%20nopal&f=false

InfoAgrónomo. (10 de Diciembre de 2020). *Guía de manejo de banano organico*. Obtenido de InfoAgrónomo.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2000). *Agricultura Sostenible*. IICA Biblioteca Venezuela.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=HiOGYi8wdvgC&pg=PA93&dq=tuna+fruta+espa%C3%B1ol&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjBitfiwvmBAxUuA7kGHUAmBCw4bhDrAXoECAMQBQ#v=onepage&q=tuna%20fruta%20espa%C3%B1ol&f=false

Jiménez Fernández, E. E. (2014). *Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (Opuntia Ficus Indica) a partir de diferentes métodos de extracción [Tesis para optar título profesional, Universidad de Chile]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130028>

León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales*. San José: Agroamerica.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=NBtu79LJ4h4C&pg=PA80&dq=areolas+tuna&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjfu4G79PuBAxU0HbkGHeyuCPoQ6wF6BAgMEAU#v=onepage&q=areolas%20tuna&f=false

Lincoln Taiz, E. Z. (2007). *Fisiología vegetal*. Los Ángeles: Universitat Jaume I. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=7QIbYg->

[OC5AC&pg=PA549&dq=lignina&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiX_qPsn7-CAXUWqpUCHUNyARoQ6wF6BAgHEAU#v=onepage&q=lignina&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=7QIbYg-OC5AC&pg=PA549&dq=lignina&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiX_qPsn7-CAXUWqpUCHUNyARoQ6wF6BAgHEAU#v=onepage&q=lignina&f=false)

López del Pino, S. J., & Martín Calderón, S. (2017). *UF1666 - Depuración de aguas residuales*. Madrid: Editorial Elearning, S.L.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=9cJWDwAAQBAJ&pg=PA208&dq=ph+coagulación%20C3%B3n+aguas+residuales&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjJ1ebYt8_-AhV7ALkGHWPDDDsQ6wF6BAgCEAU#v=onepage&q=ph%20coagulación%20C3%B3n%20

López Del Pino, S. J., Martín Calderón, S., & López De Las Huertas Martínez, M. (2015). *UF1668 - Análisis de agua potable y residual*. Madrid: Editorial Elearning S.L. Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=u8ZWDwAAQBAJ&pg=PA265&dq=floculación%20C3%B3n+aguas&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwijrpWf6P-

BAxWuJrkGHaFcDiM4KBDrAXoECAkQBQ#v=onepage&q=floculaci%C3%B3n%20aguas&f=false

López Pérez, M. D. (2017). *Manual. Tratamiento de residuos urbanos o municipales (UF0285). Certificados de profesionalidad. Gestión de residuos urbanos e industriales (SEAG0108)*. Madrid: EDITORIAL CEP.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=h8UDwAAQBAJ&pg=PA83&dq=temperatura+influencia+en+coagulaci%C3%B3n+aguas+residuales&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwi6n8r6us_-AhWWJLkGHZUuAtEQ6wF6BAgGEAU#v=onepage&q=te

Manahan, S. (2006). *Introducción a la química ambiental*. México: Reverte.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=5NR8DIk1n68C&pg=RA1-SA2-PA18-IA1&dq=coloides&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjhsN34xs_-AhWjHbkGHciKAvoQ6wF6BAgLEAU#v=onepage&q=coloides&f=false

Marín Galvín, R. (2012). *Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas*. Ediciones Díaz de Santos.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=fOuODwAAQBAJ&pg=PA2&dq=coagulaci%C3%B3n+aguas+residuales&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwj-h6T8ssX-AhVkl7kGHYHDDmY4KBDrAXoECAIQBQ#v=onepage&q=coagulaci%C3%B3n%20aguas%20

Martínez Andrés, C. J. (2019). *Potabilización del agua*. Barcelona: Editorial Elearning, S.L.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=XfIdwAAQBAJ&pg=PA53&dq=ph+coagulacion+solubilidad&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwji09jRns

aCAxWDtpUCHbqUDDYQ6wF6BAgLEAU#v=onepage&q=ph%20coagulacion%20s
olubilidad&f=false

Morales, J. L., & Chavarría, J. A. (1985). *Producción de plátanos*. Turrialba: Bib. Orton IICA / CATIE.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=_NkOAQAIAAJ&pg=PA4&dq=inflorescencia+platano&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjK6aWA9r6CAxVsr5UCHRySBqEQ6wF6BAgIEAU#v=onepage&q=inflorescencia%20platano&f=false

Nieto Yanac, M. S. (2021). *Utilización de tuna (Opuntia ficus-indica) como coagulante orgánico en el tratamiento de aguas turbias [Tesis para obtener título profesional, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/5132>

Nogués, F. S., García Galindo, D., & Rezeau, A. (2010). *Energía de la biomasa (volumen I)*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=P58rcPu5O90C&pg=PA127&dq=hemicelulosa&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjfv_bsoL-

[CAxU0D7kGHb5vBdA4FBDrAXoECAIQBQ#v=onepage&q=hemicelulosa&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=P58rcPu5O90C&pg=PA127&dq=hemicelulosa&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjfv_bsoL-CAxU0D7kGHb5vBdA4FBDrAXoECAIQBQ#v=onepage&q=hemicelulosa&f=false)

Ortega Gonzales, L. A. (2020). *Elaboración y aplicación de un coagulante natural a partir de la cáscara de plátano en aguas del río Choqueyapu de la localidad de Río Abajo [Proyecto para obtener grado de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]*. Repositorio institucional.

Repositorio institucional.

Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/29822>

Padilla Ramírez, J. A., & 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 profesional, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14067/7620>

Pelayo Daza, J., & Zárata Santander, J. (2022). *Desarrollo de un coagulante a partir de la cáscara de banano para el tratamiento de aguas residuales [Proyecto para optar título de ingeniero químico, Fundación Universidad de América]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.11839/9058>

Pickering, W. (1976). *Química analítica moderna*. Barcelona: Reverte.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=ZF9jSBZCghAC&pg=PA580&dq=celulosa+quimica&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjntKWvob-CAxW4r5UCHXUwBTs4ChDrAXoECAsQBQ#v=onepage&q=celulosa%20quimica&f=false

Pitchford, P. (2007). *Sanando con alimentos integrales: Tradiciones asiáticas y nutrición moderna*. Berkeley: North Atlantic Books.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=SDoySmumZl8C&pg=PA123&dq=sulfato+de+aluminio+alzheimer&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwj2vvzcmfGDAXsO7kGHZx2CvI4ChDrAXoECAoQBQ#v=onepage&q=sulfato%20de%20aluminio%20al

Raimond , S., & Carraher, C. (2021). *Introducción a la química de los polímeros*. Barcelona: Reverte.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=OdMfEAAAQBAJ&pg=PA191&dq=almid%C3%B3n+quimica&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjynNfZqL-CAxXrLLkGHbSoBtg4ChDrAXoECAYQBQ#v=onepage&q=almid%C3%B3n%20quimica&f=false

Recasens Baxarías, F. J. (2018). *Procesos de separación de biotecnología industrial*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica. Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=7uFTDwAAQBAJ&pg=PA111&dq=test+de+jarras&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=

X&ved=2ahUKEwjQ6ZzQgoKCAxU6EbkGHYB5ANQ4KBDrAXoECAMQBQ#v=onepage&q=test%20de%20jarras&f=false

Riaño Cabrera, N. (2007). *Fundamentos de química analítica básica. Análisis cuantitativo*. Manizales: Universidad de Caldas.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=CfqMXYfu7wC&pg=PA19&dq=soluci%C3%B3n+química&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&ov2=1&sa=X&ved=2ahUKEwipjvrD96f_AhVFJbkGHYd-ALQQ6wF6BAgHEAU#v=onepage&q=soluci%C3%B3n%20química&f=false

Rigola Lapeña, M. (1989). *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Marcombo.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA28&dq=turbidez+del+agua&hl=es-419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwiZjMyz0OH-AhXEBrkGHSwKC6EQ6wF6BAgKEAU#v=onepage&q=turbidez%20del%20agua&f=false

Robinson, J., & Galán Saúco, V. (2012). *Plátanos y bananas*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=mAv3EQAcgZ8C&printsec=frontcover&dq=plátano&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Rojas Cabrera, F. L. (2022). *Efecto del coagulante natural de Opuntia ficus-indica en la disminución de turbiedad en el agua del río Grande, Cajamarca 2021 [Tesis para optar grado de maestro en ciencias ambientales, Universidad Nacional de Cajamarca]*. Repositorio institucional.

Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5176>

Roldán Pérez, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP Col*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=ZEjgIKZTF2UC&pg=PA8&dq=conductividad+el%C3%A9ctrica+del+agua&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwj56JPx5bSCAxUwLrkGHWP0D-UQ6wF6BAgLEAU#v=onepage&q=conductividad%20el%C3%A9ctric

Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=FA5Jr7pXF1UC&pg=PA157&dq=solidos+en+el+agua&hl=es419&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwjr3-Dsj5-IAxWIIkGHW5fAAsQ6wF6BAgNEAU#v=onepage&q=solidos%20en%20el%20agua&f=false

Ruiz Guzmán, G. A. (2021). *Eficiencia de la tuna (Opuntia ficus-indica) como biocoagulante para la clarificación del agua de Estero Medina, Parroquia Bellamaría, Provincia El Oro [Tesis para optar título, Universidad Agraria del Ecuador]*. Repositorio institucional.

Sáenz, C., & Berger, H. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Food & Agriculture Org.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=llaxlnmJjFoC&pg=PA100&dq=tuna+penca&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwj56JPx5bSCAxUwLrkGHWP0D-UQ6wF6BAgLEAU#v=onepage&q=tuna%20penca&f=false

Terán Sánchez, J. L. (2022). *Evaluación de la eficiencia del nopal (Opuntia ficus-indica) para la disminución de la turbidez del río Carrizal en época lluviosa [Tesis para optar título de Ingeniero Ambiental, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]*.

Repositorio institucional. Obtenido de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1887>

Valverde Acurio, J. L. (2010). *Estudio de las condiciones óptimas para la obtención de jugo clarificado de araza mediante procesos enzimático y membranario*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=uYAZAQAAMAAJ&pg=PA20&dq=estructura+hemicelulosa&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwic2fSw886CAxWrqpUCHRUBCE0Q6wF6BAgKEAU#v=onepage&q=estructura%20hemicelulosa&f=false

Vézina, A., & Baena, M. (15 de Julio de 2020). *Morfología de la planta del banano*. Obtenido de ProMusa: Improving the understanding of banana: <https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>

Weber, W. (1979). *Control de la calidad del agua*. Reverte.

Obtenido de

https://books.google.com.pe/books?id=TLpzh5HQYvgC&pg=PA66&dq=compression+de+la+doble+capa&hl=en&newbks=1&newbks_redir=0&source=gb_mobile_search&ovdme=1&sa=X&ved=2ahUKEwirzfvmpfiBAxXAGbkGHARUC4YQ6wF6BAgKEAU#v=onepage&q=compression%20de%20la%20doble%20capa&

ANEXOS

Tabla 34

Parámetros organolépticos del Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	-----	Aceptable
2. Sabor	-----	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
6. Conductividad (25 °C)	uS/cm	1500
7. Sólidos totales disueltos	mg L ⁻¹	1000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniac	mg N L ⁻¹	1.5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0.3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0.4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0.2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2.0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3.0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

Nota. Fuente: Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

Tabla 35

Estándares de Calidad Ambiental para el Agua Categoría 1 – Subcategoría A

Parámetros fisicoquímicos	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Aceites y grasas	mg/L	0.5	1.7	1.7
Cianuro total	mg/L	0.07	**	**
Cianuro libre	mg/L	**	0.2	0.2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero	15	100 (a)	**
Conductividad	uS/cm	1500	1600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0.003	**	**
Fluoruros	mg/L	1.5	**	**
Fósforo total	mg/L	0.1	0.15	0.15
Nitratos (NO ₃)	mg/L	50	50	50
Nitratos (NO ₂)	mg/L	3	3	**
Amoníaco-N	mg/L	1.5	1.5	**
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6.5-8.5	5.5-9.0	5.5-9.0
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

Nota. Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Tabla 36

V de Aiken para el primer instrumento de investigación

Ítem calificado	Calificación de los jueces			Promedio	V de Aiken
	Juez 1	Juez 2	Juez 3		
1	5	5	5	5	1
2	5	4	5	4.67	0.916
3	5	4	5	4.67	0.916
4	5	5	5	5	1
5	5	5	5	5	1
6	5	4	5	4.67	0.916
7	4	5	5	4.67	0.916
8	5	5	5	5	1
9	5	5	4	4.67	0.916
10	5	5	4	4.67	0.916
V de Aiken Promedio:					0.95

Nota. La V de Aiken Promedio obtenida es muy cercana a 1, por lo tanto, para Hernández (2018) el instrumento posee una alta validez.

Tabla 37

V de Aiken para el segundo instrumento de investigación

Ítem calificado	Calificación de los jueces			Promedio	V de Aiken
	Juez 1	Juez 2	Juez 3		
1	5	5	5	5	1
2	5	5	5	5	1
3	5	4	5	4.67	0.916
4	4	5	5	4.67	0.916
5	5	5	5	5	1
6	5	5	5	5	1
7	5	5	5	5	1
8	5	5	5	5	1
9	5	5	5	5	1
10	5	5	5	5	1
V de Aiken Promedio:					0.983

Nota. La V de Aiken Promedio obtenida es muy cercana a 1, por lo tanto, el instrumento posee una alta validez.

Tabla 38

V de Aiken para el tercer instrumento de investigación

Ítem calificado	Calificación de los jueces			Promedio	V de Aiken
	Juez 1	Juez 2	Juez 3		
1	5	5	5	5	1
2	5	5	5	5	1
3	5	4	5	4.67	0.916
4	4	5	5	4.67	0.916
5	5	5	5	5	1
6	5	5	5	5	1
7	5	5	5	5	1
8	5	5	5	5	1
9	5	5	5	5	1
10	5	5	5	5	1
V de Aiken Promedio:					0.983

Nota. La V de Aiken Promedio obtenida es muy cercana a 1, por lo tanto, el instrumento posee una alta validez.

Tabla 39

Confiabilidad de los instrumentos

N°	Nombre del instrumento	Alfa de Cronbach
1	Cadena de custodia	0.921
2	Ficha de registro para evaluar la capacidad coagulante-floculante de la cáscara de plátano mediante el ensayo de jarras	0.936
3	Ficha de registro para evaluar la capacidad coagulante-floculante de la tuna mediante el ensayo de jarras	0.911

Nota. El alfa de Cronbach de los 3 instrumentos supera el 0.9, según Hernández (2018) ese valor indica que posee una excelente confiabilidad.

Tabla 40

Resultados de los tratamientos con los coagulantes de tuna y plátano durante el test de jarras

Código	Coagulante	Factor 1: Dosis del producto (mg/L)	Factor 2: Velocidad de agitación lenta (rpm)	Turbidez (NTU)				pH			Temperatura (°C)			C. E. (uS/cm)		
				Réplica		Valor medio	% Remoción	Réplica		Valor medio	Réplica		Valor medio	Réplica		Valor medio
				I	II			I	II		I	II		I	II	
TA1B1	Tuna	50	30	28,9	30,4	29,65	76,47	7,57	7,61	7,59	20,11	20,12	20,115	1022	1022	1022
TA1B2	Tuna	50	50	18,8	18,1	18,45	85,36	7,58	7,58	7,58	19,86	19,86	19,86	1012	1012	1012
TA2B1	Tuna	100	30	10,8	10,8	10,8	91,43	7,58	7,58	7,58	19,33	19,38	19,355	1015	1014	1014,5
TA2B2	Tuna	100	50	7,1	6,5	6,8	94,6	7,43	7,48	7,455	20,08	19,94	20,01	1056	1059	1057,5
TA3B1	Tuna	200	30	1,4	1,5	1,45	98,85	7,77	7,84	7,805	19,31	19,29	19,3	1066	1063	1064,5
TA3B2	Tuna	200	50	1,4	1,4	1,4	98,89	7,77	7,77	7,77	19,31	19,31	19,31	1066	1065	1065,5
PA1B1	Plátano	50	30	13	12,7	12,85	89,80	7,94	7,93	7,935	19,36	19,36	19,36	1055	1055	1055
PA1B2	Plátano	50	50	11,9	12,4	12,15	90,36	7,87	7,96	7,915	19,19	19,17	19,18	1061	1062	1061,5
PA2B1	Plátano	100	30	12	11,9	11,95	90,52	8,11	8,12	8,115	18,83	18,83	18,83	1012	1013	1012,5
PA2B2	Plátano	100	50	11,5	11,2	11,35	90,99	8,12	8,12	8,12	18,81	18,8	18,805	1012	1013	1012,5
PA3B1	Plátano	200	30	0,5	0,6	0,55	99,56	8,53	8,53	8,53	18,91	18,92	18,915	1022	1022	1022
PA3B2	Plátano	200	50	0	0	0	100	8,42	8,41	8,415	18,87	18,86	18,865	1017	1024	1020,5

Nota. Elaboración propia.

Tabla 41

Unidad Hidrográfica Huaura: Fuentes contaminantes identificadas, según la Administración Local de Agua Huaura, 2021

UH	Código Pfafstetter UH	Origen de la FC/1	Naturaleza de la FC/1	Tipo de FC/1	Número de FC/1	Subtotal	
Huaura	13756	Antropogénica	Aguas residuales	Agroindustriales	0	109	
				Agropecuarias	6		
				Domésticas	84		
				Energéticas	0		
				Hospitalarias	0		
				Industriales	9		
				Mínero metalúrgicas	10		
				Municipales			
				Gestión municipal	42		
				Residuos sólidos			
				Gestión no municipal, no peligrosos	3		43
				Gestión no municipal, peligrosos	1		
				Sustancias dispuestas “in situ”	Ejemplo: Lavado de vehículos		10
Total						162	

Nota. Obtenido de: Informe Técnico N° 0064-2021-ANA-AAA.CF-ALA.H/KYHR.

Tabla 42

Instrumento 1: Formato de ficha de cadena de custodia

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN		FICHA DE CADENA DE CUSTODIA						Código: UNJFSC-FCC-001	
								Versión: 001	
Región:				Distrito:				Fecha:	
Responsable del muestreo:								DNI:	
Tipo de agua:									
Código de muestra:	Hora de muestreo:	Tipo de frasco:	Volumen recolectado:	Parámetros fisicoquímicos medidos en campo:				Coordenadas UTM:	
				Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	Zona:	
								Este	Norte
Descripción del lugar de muestreo:									
Responsable del muestreo:					Responsable del laboratorio:				
Institución		Firma		Nombres y Apellidos		Institución		Firma	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 43

Instrumento 2: Ficha para evaluar la capacidad coagulante-floculante de la cáscara de plátano mediante el ensayo de jarras

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN				FICHA DE REGISTRO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD COAGULANTE- FLOCULANTE DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO MEDIANTE EL ENSAYO DE JARRAS						Código: UNJFSC-TJP-001					
										Versión: 001					
Responsables del ensayo:										Coordenadas UTM:		Este			
												Norte			
Fecha:				Hora de inicio:						Hora de culminación:					
Datos del agitador mecánico:															
Datos del equipo multiparámetro:															
N° de jarra	Características del agua cruda				Etapas de coagulación			Etapas de floculación			Características del agua tratada				
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	Mezcla rápida			Mezcla lenta			Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	
					Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	Dosis usada (mg/L)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	Tiempo de sedimentación de floc (min)					
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															

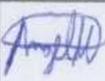
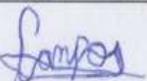
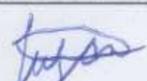
Nota. Elaboración propia.

Tabla 44

Instrumento 3: Ficha de registro para evaluar la capacidad coagulante-floculante de tuna mediante el ensayo de jarras

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN				FICHA DE REGISTRO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD COAGULANTE- FLOCULANTE DE LA TUNA MEDIANTE EL ENSAYO DE JARRAS						Código: UNJFSC-TJT-001				
										Versión: 001				
Responsables del ensayo:				Coordenadas UTM:				Este		Norte				
Fecha:		Hora de inicio:				Hora de culminación:								
Datos del agitador mecánico:														
Datos del equipo multiparámetro:														
N° de jarra	Características del agua cruda				Etapa de coagulación			Etapa de floculación			Características del agua tratada			
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	Mezcla rápida		Dosis usada (mg/L)	Mezcla lenta		Tiempo de sedimentación de floc (min)	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														

Nota. Elaboración propia.

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN				FICHA DE CADENA DE CUSTODIA				Código: UNJFSC-FCC-001	
						Versión: 001			
Región:		Lima Provincias		Distrito:		Huaura		Fecha:	21/05/2024
Responsable del muestreo:			Ferrer Walde, Angel y Campos Alfaró, Eros				DNI:	70987037	
Tipo de agua:			Superficial (Rio)						
Código de muestra:	Hora de muestreo:	Tipo de frasco:	Volumen recolectado:	Parámetros fisicoquímicos medidos en campo:				Coordenadas UTM:	
				Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	Zona:	185
Este	Norte								
M-01	8:00 a.m.	Polipropileno	1L	126	20,64	1020	7,7	216617,81	8774795,94
M-02	8:00 a.m.	Polipropileno	1L	126	20,64	1020	7,7	216617,81	8774795,94
M-03	8:00 a.m.	Polipropileno	1L	126	20,64	1020	7,7	216617,81	8774795,94
M-04	8:00 a.m.	Polipropileno	1L	126	20,64	1020	7,7	216617,81	8774795,94
M-05	8:00 a.m.	Polipropileno	1L	126	20,64	1020	7,7	216617,81	8774795,94
M-06	8:00 a.m.	Polipropileno	1L	126	20,64	1020	7,7	216617,81	8774795,94
Descripción del lugar de muestreo:				Abundante cantidad de piedras de canto rodado, pocos accesos estables al río, presencia de pequeños campos de cultivo en las periferias.					
Responsable del muestreo:				Responsable del laboratorio:					
Institución		Firma		Nombres y Apellidos		Institución		Firma	
U.N.J.F.S.C		 		Josemanuel Luján López		UNJFSC			

Nota. Elaboración propia.

Figura 66. Primer instrumento lleno.

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN				FICHA DE REGISTRO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD COAGULANTE-FLOCULANTE DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO MEDIANTE EL ENSAYO DE JARRAS							Código: UNJFSC-TJP-001			
Responsables del ensayo: Campos Alfaro, Eros Antonio Ferrer Walde, Ángel Alexander				Coordenadas UTM:			Este		Norte		216617,81 8774795,94			
Fecha: 21/05/2024		Hora de inicio: 9:00 a.m.		Hora de culminación: 8:00 p.m.										
Datos del agitador mecánico: Agitador magnético Biobase 1585														
Datos del equipo multiparámetro: Multiparámetro HI 9829														
Nº de jarra	Características del agua cruda				Etapa de coagulación			Etapa de floculación			Características del agua tratada			
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	Mezcla rápida		Mezcla lenta			Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	
				Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	Dosis usada (mg/L)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	Tiempo de sedimentación de floc (min)					
1	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	30	20	30	13	19,36	1055	7,94
2	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	30	20	30	12,7	19,36	1055	7,93
3	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	50	20	30	11,9	19,19	1061	7,87
4	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	50	20	30	12,4	19,17	1062	7,96
5	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	30	20	30	12	18,83	1012	8,11
6	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	30	20	30	11,9	18,83	1013	8,12
7	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	50	20	30	11,5	18,81	1012	8,12
8	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	50	20	30	11,2	18,80	1013	8,12
9	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	30	20	30	0,5	18,91	1022	8,53
10	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	30	20	30	0,6	18,92	1022	8,53
11	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	50	20	30	0	18,87	1017	8,12
12	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	50	20	30	0	18,86	1024	8,44

Figura 67. Segundo instrumento lleno.

 UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN		FICHA DE REGISTRO PARA EVALUAR LA CAPACIDAD COAGULANTE- FLOCULANTE DE LA TUNA MEDIANTE EL ENSAYO DE JARRAS								Código: UNJFSC-TJT-001				
										Versión: 001				
Responsables del ensayo:		Campos Alfaro, Eros Antonio Ferrer Walde, Angel Alexander						Coordenadas		Este	216617,81			
Fecha:		21/05/2024	Hora de inicio:		9:00 a.m.		UTM:		Norte	8774795,94				
Datos del agitador mecánico:		Agitador magnético Biobase 1585								Hora de culminación:		8:00 p.m.		
Datos del equipo multiparámetro:		Multiparametro HI 9829												
Nº de jarra	Características del agua cruda				Etapa de coagulación			Etapa de floculación			Características del agua tratada			
	Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH	Mezcla rápida			Mezcla lenta			Turbidez (UNT)	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (uS/cm)	pH
					Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	Dosis usada (mg/L)	Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	Tiempo de sedimentación de floc (min)				
1	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	30	20	30	28,9	20,11	1022	7,57
2	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	30	20	30	30,4	20,12	1022	7,61
3	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	50	20	30	18,8	19,86	1012	7,58
4	126	20,64	1020	7,7	100	1	50	50	20	30	18,1	19,86	1012	7,58
5	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	30	20	30	10,8	19,33	1015	7,58
6	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	30	20	30	10,8	19,38	1014	7,58
7	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	50	20	30	7,1	20,08	1056	7,43
8	126	20,64	1020	7,7	100	1	100	50	20	30	6,5	19,94	1059	7,48
9	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	30	20	30	1,4	19,31	1066	7,77
10	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	30	20	30	1,5	19,29	1063	7,84
11	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	50	20	30	1,4	19,31	1066	7,77
12	126	20,64	1020	7,7	100	1	200	50	20	30	1,4	19,31	1065	7,77

Figura 68. Tercer instrumento lleno.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Arévalo Villafuerte, Yennifer Yuliana*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Formato de ficha de cadena de custodia.*
- 2.3. Número de DNI: *72664499*

Tabla

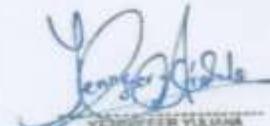
Criterios de validación

N°	Criterios	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	Organización	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%*



YENIFFER YULIANA
ARÉVALO VILLAFUERTE
Ingeniera Ambiental
CIP Nº 230411

Firma y/o sello del experto

Figura 69. Juicio del primer experto sobre el instrumento 1.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Arévalo Villalverde, Yemizeer Yuliana*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Ficha para evaluar la capacidad coagulante de la cáscara de plátano mediante el ensayo de jarras*
- 2.3. Número de DNI: *72664499*

Tabla

Criterios de validación

Nº	Criterios	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	Organización	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 (✓)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: *98%*


YEMIZEER YULIANA
ARÉVALO VILLALVERDE
Ingeniera Ambiente
CIP Nº 250411

Firma y/o sello del experto

Figura 70. Juicio del primer experto sobre el instrumento 2.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Arévalo Villafuerte, Yennifer Yuliana*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Ficha para evaluar la capacidad coagulante de la Tuna mediante el ensayo de jarros*
- 2.3. Número de DNI: *72664499*

Tabla

Criterios de validación

Nº	Criterios	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	Organización	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 (✓.)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: *98%*



YENIFER YULIANA
ARÉVALO VILLAFUERTE
Ingeniera Ambiental
CIP N° 238411

Firma y/o sello del experto

Figura 71. Juicio del primer experto sobre el instrumento 3.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Maldonado Vázquez, Carlos Alfonso.*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Formato de ficha de cadena de custodia.*
- 2.3. Número de DNI: *08858146*

Tabla

Criterios de validación

Nº	Criterios	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	Organización	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 (✓)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: *94%*



CARLOS ALFONSO
MALDONADO VÁSQUEZ
Ingeniero Ambiental
CIP N° 240892

Firma y/o sello del experto

Figura 72. Juicio del segundo experto sobre el instrumento 1.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Maldonado Vasquez, Carlos Alfonso.*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Ficha para evaluar la capacidad cognitiva de los niños de países mediante el uso de juegos.*
- 2.3. Número de DNI: *08859146*

Tabla

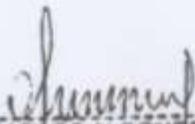
Criterios de validación

Nº	Criterios	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	Organización	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 (✓)
- El instrumento no puede aplicarse (...)

IV. Promedio de valoración: *98%*



 CARLOS ALFONSO
 MALDONADO VASQUEZ
 Ingeniero Ambiental
 CIP Nº 240892

 Firma y/o sello del experto

Figura 73. Juicio del segundo experto sobre el instrumento 2.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Maldonado Vásquez, Carlos Alfonso*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Ficha para evaluar la capacidad cognitiva de la terna mediante el ensayo de jorras*
- 2.3. Número de DNI: *08858146*

Tabla

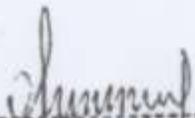
Criterios de validación

N°	Criterios	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	Organización	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 VASQUEZ
 Ingeniero Ambiental
 CIP N° 240892

Firma y/o sello del experto

Figura 74. Juicio del segundo experto sobre el instrumento 3.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Honores, Kevin Brando*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Ficha de cadena de custodia*
- 2.3. Número de DNI: *15855605*

Tabla

Criterios de validación

N°	Criterios	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	Organización	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 y/o sello del experto

Figura 75. Juicio del tercer experto sobre el instrumento 1.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Honores Pitman, Kevin Brando*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *ficha para evaluar la capacidad coagulante de la cáscara de plátano*
- 2.3. Número de DNI: *45855605*

Tabla

Criterios de validación

N°	Criterios	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	Organización	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 y/o sello del experto

Figura 76. Juicio del tercer experto sobre el instrumento 2.

FORMATO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I. Introducción:

- 1.1. La opinión que usted brinde es personal y sincera.
- 1.2. Marque con un aspa "X" dentro del cuadro de valoración.
- 1.3. Escala de valoración: 1. Muy malo; 2. Malo; 3. Regular; 4. Bueno; 5. Muy bueno.

II. Datos generales:

- 2.1. Apellidos y nombres del juez experto: *Honores Pitman, Kevin Brando*
- 2.2. Nombre del instrumento a validar: *Ficha para evaluar la capacidad coagulante de la tuna*
- 2.3. Número de DNI: *15855605*

Tabla

Criterios de validación

Nº	Criterios	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	Organización	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 y/o sello del experto

Figura 77. Juicio del tercer experto sobre el instrumento 3.



Figura 78. TA1B1: 50 mg/L de coagulante de tuna y 30 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 79. TA1B2: 50 mg/L de coagulante de tuna y 50 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 80. TA2B1: 100 mg/L de coagulante de tuna y 30 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 81. TA2B2: 100 mg/L de coagulante de tuna y 50 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 82. TA3B1: 200 mg/L de coagulante de tuna y 30 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 83. TA3B2: 200 mg/L de coagulante de tuna y 50 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 84. PA1B1: 50 mg/L de coagulante de plátano y 30 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 85. PA1B2: 50 mg/L de coagulante de plátano y 50 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 86. PA2B1: 100 mg/L de coagulante de plátano y 30 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 87. PA2B2: 100 mg/L de coagulante de plátano y 50 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 88. PA3B1: 200 mg/L de coagulante de plátano y 30 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 89. PA3B2: 200 mg/L de coagulante de plátano y 50 rpm. Primer y segunda réplica.



Figura 90. Parámetros iniciales de las muestras de agua.



Figura 91. Multiparámetro en su estuche.



Figura 92. Vasos de precipitado post ensayo de jarras con el coagulante de plátano.



Figura 93. Vasos de precipitado post ensayo de jarras con el coagulante de tuna.