



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Evaluación de la semilla *Tamarindus indica* “tamarindo”, como coagulante natural, en el tratamiento fisicoquímico, en las aguas residuales domésticas, en el distrito de Soritor, 2019

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Edinver Jhon Cruz Ventura

ASESOR:

Ing. M. Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera

Código N° 6050419

Moyobamba – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



Evaluación de la semilla de Tamarindus indica “tamarindo”, como coagulante natural, en el tratamiento fisicoquímico en las aguas residuales domésticas, en el distrito de Soritor, 2019

AUTOR:

Edinver Jhon Cruz Ventura

Sustentada y aprobada el 25 de noviembre del 2020, ante el honorable jurado:

.....
Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Presidente

.....
Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Secretario

.....
Blgo. M. Sc. Alfredo Ibán Díaz Visitación
Miembro

.....
Ing. M. Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Edinver Jhon Cruz Ventura, con DNI N° 70420071, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto, autor de la tesis titulada: **Evaluación de la semilla de *Tamarindus indica* “tamarindo”, como coagulante natural, en el tratamiento fisicoquímico en las aguas residuales domésticas, en el distrito de Soritor, 2019.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene esta tesis no ha sido auto plagiado.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados, ni duplicados, ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aportes a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto.

Moyobamba, 25 de noviembre del 2020.



Bach. Edinver Jhon Cruz Ventura

DNI N° 70420071

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	CRUZ VENTURA EDINVER JHON
Código de alumno :	70420071
Correo electrónico :	jhoncruzventura@gmail.com
Teléfono:	935463580
DNI:	70420071

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	ECOLOGÍA
Escuela Profesional de:	INGENIERÍA SANITARIA

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Evaluación de la semilla Tamarindus indica "tamarindo", como coagulante natural, en el tratamiento fisicoquímico, en las aguas residuales domésticas, en el distrito de Sontar, 2019
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

- Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma y huella del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

05/04/2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Darle gloria y honra a Dios, sin Él nada se pudiese haber realizado. El que cada día nos llenó de sabiduría y me guío en cada paso como poderoso gigante, desde el principio hasta la conclusión del proyecto de investigación.

A mis padres María Magdalena Ventura Ramos, y Andrés Cruz Quispe, que me motivaron en cada proceso para poder realizarlo, son un orgullo para mí. Gracias por su apoyo y respaldo, en todo el trayecto de mi formación.

A mi asesora Ing. Mirta Felicita Valverde Vera, por su tiempo y acompañamiento en el camino de la investigación.

Agradecimiento

Agradecer a Dios, por lo fiel que ha permanecido a mi lado, en cada paso de esta investigación, llevándome a tomar decisiones acertadas para lograr los objetivos.

A mi abuelita Salomé Ramos Zuta por sus oraciones, dándome consejos sabios, agradecerle, por tanto.

A la universidad por prestarme sus ambientes y equipos para realización de las actividades de mi investigación.

A cada uno de las personas que formaron que este sueño se haga realidad, gracias por los ánimos y motivación a terminar mi investigación, a mi asesor y docentes que me orientaron y dirigieron a lograr mi objetivo.

Índice General

Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice General.....	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	xi
Índice de fotografías	xii
Resumen	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Bases teóricas.....	6
1.3. Definición de términos.....	20
CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS	22
2.1. Materiales.....	22
2.2. Métodos.....	23
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
3.1. Resultados	27
3.2. Discusión.....	56
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS	66
PANEL FOTOGRÁFICO	82

Índice de tablas

Tabla 1. Coagulantes poliméricos naturales comunes.....	7
Tabla 2. Taxonomía del tamarindo.....	11
Tabla 3. Composición química de la semilla de tamarindo (en base seca).	12
Tabla 4. Coordenadas de los puntos de muestreo.....	23
Tabla 5. Equipos de medición.	26
Tabla 6. Parámetros iniciales de la primera semana.....	27
Tabla 7. Parámetros iniciales de la segunda semana.	28
Tabla 8. Parámetros iniciales de la tercera semana.	29
Tabla 9. Parámetros promediados iniciales.	30
Tabla 10. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	31
Tabla 11. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.....	31
Tabla 12. pH del agua en los ensayos realizados.....	32
Tabla 13. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	32
Tabla 14. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	32
Tabla 15. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.....	33
Tabla 16. pH del agua en los ensayos.....	33
Tabla 17. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	34
Tabla 18. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	34
Tabla 19. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.....	34
Tabla 20. pH del agua en los ensayos realizados.....	35
Tabla 21. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua de los ensayos realizados.	35
Tabla 22. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	36
Tabla 23. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.....	36
Tabla 24. pH del agua en los ensayos realizados.....	36
Tabla 25. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	37
Tabla 26. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	37
Tabla 27. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.....	38
Tabla 28. pH del agua en los ensayos realizados.....	38
Tabla 29. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	38
Tabla 30. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	39
Tabla 31. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.....	39
Tabla 32. pH del agua en los ensayos realizados.....	40

Tabla 33. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	40
Tabla 34. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	41
Tabla 35. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.	41
Tabla 36. pH del agua en los ensayos realizados.	41
Tabla 37. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	42
Tabla 38. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	42
Tabla 39. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.	43
Tabla 40. pH del agua en los ensayos realizados.	43
Tabla 41. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	43
Tabla 42. Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.	44
Tabla 43. Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.	44
Tabla 44. pH del agua en los ensayos realizados.	45
Tabla 45. Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.	45
Tabla 46. Eficiencia de las semillas <i>Tamarindus indica</i> “tamarindo”	55
Tabla 47. Concentraciones finales de los parámetros en los tres puntos de muestreo.	68
Tabla 48. Grado de eficiencia del tratamiento en la turbiedad de las aguas.	68
Tabla 49. Grado de eficiencia del tratamiento en el color de las aguas.	69
Tabla 50. Grado de eficiencia del tratamiento en el pH de las aguas.	69
Tabla 51. Grado de eficiencia del tratamiento en el DQO de las aguas.	69
Tabla 52. Comparación de resultados obtenidos de la turbiedad a diferentes concentraciones en aguas del efluente.	70
Tabla 53. Comparación de resultados obtenidos de la turbiedad a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.	70
Tabla 54. Comparación de resultados obtenidos del color a diferentes concentraciones en aguas del efluente.	70
Tabla 55. Comparación de resultados obtenidos del color a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.	71
Tabla 56. Comparación de resultados obtenidos del pH a diferentes concentraciones en aguas del efluente.	71
Tabla 57. Comparación de resultados obtenidos del pH a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.	71
Tabla 58. Comparación de resultados obtenidos del DQO a diferentes concentraciones en aguas del efluente.	72
Tabla 59. Comparación de resultados obtenidos del pH a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.	72

Índice de figuras

Figura 1. Planta de tamarindo.....	9
Figura 2. Vainas de tamarindo	10
Figura 3. Estructura química.	12
Figura 4. Proceso de elaboración del coagulante en polvo.	25
Figura 5. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover la turbiedad, según tipo de agua.	46
Figura 6. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover el color, según tipo de agua.	46
Figura 7. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover el pH, según tipo de agua.....	47
Figura 8. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover el DQO, según tipo de agua.	48
Figura 9. Resultados obtenidos de nivel de turbiedad (UNT) de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.....	48
Figura 10. Resultados obtenidos de nivel de turbiedad (UNT) de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico.	49
Figura 11. Resultados obtenidos de nivel de color (UPC) de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.	50
Figura 12. Resultados obtenidos de nivel de color (UPC) de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico.	51
Figura 13. Resultados obtenidos de nivel de pH de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.....	51
Figura 14. Resultados obtenidos de nivel de pH de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico.....	52
Figura 15. Resultados obtenidos de nivel de DQO (mg/L) de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.	53
Figura 16. Resultados obtenidos de nivel de DQO de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico (mg/L).	54

Índice de fotografías

Fotografía 1. Referenciando los puntos muestreo con GPS.....	82
Fotografía 2. Recojo de muestras.....	82
Fotografía 3. Semillas de tamarindo separado la pulpa de la cascara.....	83
Fotografía 4. Obtención del cotiledón de las semillas de tamarindo.....	83
Fotografía 5. Pesado del polvo de las semillas de tamarindo.....	84
Fotografía 6. Suspensión del polvo para la obtención del coagulante.....	84
Fotografía 7. Prueba de jarras para tratamiento.....	85
Fotografía 8. Medición de dosis de coagulante para los tratamientos.....	85
Fotografía 9. Medición de las concentraciones finales de turbiedad.....	86
Fotografía 10. Medición de las concentraciones finales del color.....	86
Fotografía 11. Medición de las concentraciones finales del DQO.....	87
Fotografía 12. Medición de las concentraciones finales de pH.....	87

Resumen

Esta investigación evalúa la eficiencia del polvo de la semilla de tamarindo en la reducción de los parámetros fisicoquímicos (turbidez, color, DQO), contenidas en las aguas residuales domésticas del distrito de Soritor. Para la obtención de los datos experimentales, se utilizó un equipo de “Prueba de Jarras” como resultado se obtuvo la eficiencia de la aplicación del coagulante a base de semilla de tamarindo en la remoción de las características físicas y químicas de las aguas tanto en el efluente, como en las aguas superficiales de las quebrada Capellanía, los cuales fueron evaluadas en tres niveles de concentración del coagulante (3%, 4% y 5%), respecto a las características físicas del agua, la turbiedad (UNT) el máximo nivel de eficiencia es del 71,8% (aguas superficiales) y 70,5% (efluente) con concentración de 5%, mientras que para el color (UPC) de las aguas, el coagulante aplicado demuestra cierto grado de eficiencia en las aguas, sin embargo, todos los resultados obtenidos por encima de los rangos establecidos, para el riego de vegetales. Para el tratamiento del DQO (mg/L) en las aguas, demostró una buena remoción, en los tres niveles de concentración, pero mayor en concentración de 5%, una eficiencia de 76,0% (agua superficial) y 68,3% (efluente). En conclusión, el coagulante de semilla de tamarindo es eficiente respecto a la reducción de contenido de DQO en las aguas, mientras que para el color disminuye ligeramente y con respecto a la turbiedad de las aguas reducen significativamente los valores, pero todos siguen siendo valores elevados.

Palabras clave: tamarindo, tratamiento de aguas, eficiencia.

Abstract

This research evaluates the efficiency of tamarind seed powder in the reduction of physicochemical parameters (turbidity, color, COD) contained in the domestic wastewater of the Soritor district. To obtain the experimental data, a "Jar Test" equipment was used to obtain the efficiency of the application of the tamarind seed-based coagulant in the removal of the physical and chemical characteristics of the effluent and surface waters of the Capellanía stream, which were evaluated at three coagulant concentration levels (3%, 4% and 5%). Regarding the physical characteristics of the water, for turbidity (UNT) the maximum level of efficiency is 71.8% (surface water) and 70.5% (effluent) with a concentration of 5%, while for the color (UPC) of the water, the coagulant applied shows a certain degree of efficiency in the water, however, all the results obtained are above the established limits for vegetable irrigation. For COD treatment (mg/L) in the water, it showed good removal at the three concentration levels, but higher at 5% concentration, with an efficiency of 76.0% (surface water) and 68.3% (effluent). In conclusion, the tamarind seed coagulant is efficient with respect to the reduction of COD content in the waters, while it slightly decreases for color and with respect of water turbidity it significantly reduces the values, but they all still remain as high values.

Key words: tamarind, water treatment, efficiency.



Introducción

En la actualidad la disposición final de las aguas residuales, tiene como destino final el mar, lagos, ríos, quebradas, muchas de las cuales son descargadas directamente o mediante plantas de tratamiento las cuales están en abandono o dañadas estructuralmente, contaminando el cuerpo receptor, deteriorando la vida acuática, especies vivas como los peces, plantas acuáticas, y también una contaminación a los diferentes usos en sembríos que le dan a dichas aguas.

En el distrito de Soritor, que pertenece a la provincia de Moyobamba, el tratamiento de aguas residuales domésticas se da mediante lagunas de estabilización, el cual está en abandono, carece de mantenimiento, las descarga efluentes con elevada materia orgánica, contaminando al cuerpo receptor. Estas aguas se mezclan con las aguas de la quebrada Capellanía, pero su caudal de esta quebrada es menor a la de los efluentes, convirtiéndose en una contaminación al medio ambiente, en su trayectoria son utilizadas para diferentes fines, existiendo sembríos alrededores de tallo bajo. En ese sentido se hizo un análisis preliminar de dichas aguas, enfocándose en tres parámetros (turbidez, color y DQO); dichos resultados demostraron que dichas aguas estaban altamente contaminadas para ser utilizadas. Esta problemática nos permitió formularnos la siguiente interrogante: ¿Cuál es el grado de eficiencia de la semilla *Tamarindus indica* “tamarindo”, como coagulante natural, en el tratamiento fisicoquímico de las aguas residuales domésticas, en el distrito de Soritor, 2019?

El método de tratamiento utilizado, la coagulación – floculación, el cual consisten en desestabilizar las partículas en suspensión para luego aglomerarlas, mediante el equipo de prueba de jarras, para posterior filtración. Los principales coagulantes usados para la desinfección de las aguas residuales han sido componentes químicos, para que cumplan con los estándares de calidad ambiental, y los límites máximos permisibles, se ha estudiado muy poco, el comportamiento del coagulante natural como las semillas de tamarindo para tratamiento de aguas residuales domésticas, con el fin de la reducción de gentes contaminantes fisicoquímicos de aguas residuales domésticas.

Surge la necesidad de evaluar la efectividad de coagulante naturales, en la reducción de contaminantes, que se encuentre por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECAS), hace falta seguir metodologías de obtención del cotiledón, para realizar las pruebas

respectivas en el laboratorio, mediante equipos de prueba de jarras, a diferentes concentraciones de coagulante.

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el grado de eficiencia de las semillas *Tamarindus indica* “tamarindo”, como coagulante, en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas en el distrito de Soritor; viendo el comportamiento de la aplicación de coagulante en la reducción de contaminantes de los cuerpos de agua como, fuente receptora.

Planteándose cumplir con los objetivos específicos fueron, determinar los niveles de los parámetros fisicoquímicos (turbidez, color, DQO) en las aguas residuales domésticas en el distrito de Soritor, haciendo la medición antes de del tratamiento, para luego determinar el grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover la turbidez, color, DQO, y luego comparar los resultados obtenidos después del tratamiento fisicoquímico, de las aguas residuales domésticas con coagulante de semillas de tamarindo, con la muestra testigo.

Lo que conlleva al planteamiento de la hipótesis alterna que, si la eficiencia de la semilla *tamarindus indica* “tamarindo”, como coagulante natural, es significativa en el tratamiento fisicoquímico en las aguas residuales domésticas.

El presente informe de investigación cuenta con tres capítulos establecidos de la siguiente manera:

Capítulo I: Antecedentes internacionales, nacionales, locales y las bases teóricas de la investigación. En estudios de investigaciones de coagulantes naturales como las semillas de *Moringa Oleífera* aplicados en aguas residuales de un sacrificio, donde se lograron remover parámetros como: color, turbidez, DBO₅, DQO, SST, coliformes fecales, y otro como coagulante extraído del mucilago del llantén utilizados como coagulante en aguas residual domestica sintética donde se lograron remover DQO, color, turbidez, y coagulante extraído de la semillas de tamarindo para tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas, demostrando la remoción en turbidez, color y DQO rescatándose su eficiencia, de remoción de los parámetros ya mencionados. También se elaboraron coagulante de almidón de yuca para como clarificante aplicando para aguas de una quebrada, removiendo su turbidez y color. Todos estos coagulantes son de origen naturales a bases semilla y almidones, demostraron su eficacia en dichos tratamientos de aguas.

Capitulo II: Material y métodos empleados en la ejecución de la investigación. El desarrollo de la investigación aplicada, se utilizó materiales y equipos de Laboratorio de Ingeniería

Sanitaria, para la elaboración del coagulante y pruebas de jarras para el tratamiento, donde se manipulo un coagulante natural a diferentes dosis y a una concentración, en el tratamiento de las aguas residuales domésticas del distro de Soritor.

Capítulo III: Resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, fueron la reducción de parámetros turbidez, color, DQO, aplicando el coagulante natural, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, se analizó e interpretó los resultados obtenidos, corroborándose la hipótesis alterna mediante cuadro comparativos y porcentajes, la discusión de los resultados, se comparó con antecedentes de estudios ya realizados.

Finalmente, las conclusiones de la investigación, recomendaciones; además de las referencias bibliográficas y sus respectivos anexos. Se presenta al final un panel fotográfico de las actividades importantes en el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Salgado, (2018) en su tesis investigación: se evaluó la eficiencia del polvo de la semilla de tamarindo extraído por dos métodos (frío y caliente), en aguas de un canal dique, sus variables fueron a concentración del coagulante con dosis de 35 y 40 mg/L y una velocidad de agitación (100 y 200 rpm), se aplicó en los parámetros turbiedad, pH, conductividad y color, los tratamientos aplicados de extracción en frío logró mayor remoción de la turbiedad con una velocidad de agitación de 100 rpm en 70,0 % a una concentración de dosis de 40,0 mg/L. El coagulante no logró alterar el pH, la conductividad se logró reducir en 12,0% en extraído en frío, y extraído en caliente 10,0%, para el color se logró reducir en 50,0% en extraído en frío, en extraído en caliente en 40,0%, la remoción es baja para este dicho parámetro.

Arias et al., (2017) en su tesis de investigación utilizó: agua residual de la central de sacrificio y se aplicó tratamiento mediante pruebas de coagulación/floculación en una jarr test, adicionando dosis de coagulante natural de las semillas de *Moringa Oleífera* en masa (mg/L), se determinó una dosis óptima de 7500 mg/L a una concentración del 5% , se concluyó que logró remover la turbidez de 86,7%, el color de 93%, el DBO₅ en 55,2%, el DQO fue 49,4%, en SST fue de 41,7%, coliformes totales y fecales 96,3 y 98,5% respectivamente, partiendo de sus concentraciones iniciales, se demostró la ventaja para mejorar las características en aguas residuales.

Ortiz et al., (2016) en su tesis investigación buscó: comparar la eficiencia del coagulante natural el mucilago de llantén *Plantago major (sp)*, frente al sulfato de aluminio en agua residual domestica sintética se concluyó que el mucilago de llantén logró remover en turbidez 77% (104UNT) , en color 77% (40 UPC), en material orgánico, en demanda química de oxígeno (DQO) 48% (208 mg/L), el pH no varía, por el contrario, no logra remover materia inorgánica como concentración de fosfatos en 0,01% y fosfatos 0%, el sulfato de aluminio logró remover la turbiedad en 85,0% (104,0 UNT) y el color en 86,0%

(175 UPC) con la dosis óptima de 100 mg/L y una mezcla rápida de 100 rpm y mezcla lenta de 20 rpm.

Antecedentes nacionales

Jara, (2018) la finalidad de esta investigación: fue evaluar la remoción de sólidos coloidales en las aguas proveniente de río Lurín, con coagulante natural extraído de semillas de tamarindo. Las concentraciones iniciales fueron 90,5 UNT de turbidez, 91,88mg/L de demanda química de oxígeno (DQO), 33,82 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se aplicó tratamiento en los parámetros estudiados, llegando a concluir que la mejor remoción fue una velocidad de 100rpm, a una dosis de 100mg/L logró reducir 89,3% turbidez, demanda química de oxígeno en un 68,6%, y demanda bioquímica de oxígeno en un 58,8%.

Alvarez, (2017) la finalidad de esta investigación: fue evaluar el tratamiento mediante coagulante de semilla de Moringa (*Moringa Oleífera*), en la reducción de los parámetros fisicoquímicos de las aguas de la cuenca baja del río Chillón, a una concentración patrón de 10000 mg/L, con una dosis óptima de 15 mg/L, donde se logró remover hasta un 97,06% en cuanto a turbidez, debido a su reducción de 589 UNT a 17,3UNT, para los sólidos disueltos totales es 27,41%, se logró reducirse de 580 mg/L a 421 mg/L, y para conductividad eléctrica su eficiencia fue del 14,43% con una reducción de 1262 μ S/cm a 1079 μ S/cm.

Antecedentes locales

Reyes y Guevara, (2018) en su tesis de investigación trabajó con almidón nativo y almidón modificado (con el uso de ácido acético), para procesos de coagulación – floculación. Se concluyó que el almidón modificado al 2%, logró remover 95% de color y hasta un 60,0% con el almidón nativo, la remoción de la turbidez con el almidón nativo al 2% fue de 93,0%, y con el almidón modificado 2% fue de 95,0%, la remoción de sólidos totales fue de 55,0% con almidón modificado al 3%, y con el almidón nativo 50,0% al 2%. El pH tuvo una variación brusca para el almidón modificado, pero para el almidón nativo en la variación del pH fue poca disminución hablando estadísticamente 0%.

Maldonado, (2018) en su tesis de investigación utilizó agua de la quebrada Juninguillo – La Mina en épocas de máximas avenidas la cual presentaba un elevado nivel de turbidez, determino en qué medida el clarificante de origen natural (almidón de “yuca”) remueve la

turbidez y color, se concluyó que el clarificante de yuca logró remover 50,0% de la turbiedad en agua de la quebrada y en 48% en color, utilizando la concentración óptima al 1% en solución. Se pudo comprobar que los parámetros actúan diferente forma y esto se hizo notar en la velocidad, siendo una velocidad de 150 rpm para la turbidez, para el color fue de 200 rpm. Utilizando sulfato de aluminio se removió en 85,0 % de color y 95,0 % turbidez.

1.2. Bases teóricas

Polímeros

Un polímero puede definirse como una sustancia química compuesta de cierta cantidad de unidades básicas que se repiten, llamándose monómeros unidas consecutivamente por enlaces covalentes. El grado de polimerización está dado por el número de monómeros que conforman la cadena polimérica, y puede variar en un amplio rango hasta llegar a 10⁴ a 10⁶ unidades en su estructura molecular **(Kirchmer et al, 1975, p. 5)**.

Polímeros naturales

Son aquellos que se producen debido a bioquímicas naturales en animales y plantas. Son que muchas veces no tienen una sola composición química definida, pues están constituidos principalmente por varios tipos de polisacáridos (almidón, celulosa, glucósidos, etc) y proteínas (caseína, olieratina, gelatina, etc). Algunas de ellos tienen propiedad coagulante o floculantes y en muchos lugares son usados en forma empírica por los nativos para aclarar el agua turbia con resultados satisfactorios, como en caso en mucilago de la penca de la tuna (que se emplea en México y en la sierra del Perú) o de las semillas de nirmalí (que se emplean en la India) **(Kirchmer et al, 1975, p. 5)**.

Los coagulantes poliméricos pueden ser catiónicos, aniónicos o no iónicos, en los que los dos primeros se denominan colectivamente polielectrolitos. Muchos estudios sobre coagulantes naturales se refirieron a ellos como "polielectrolitos", aunque muchos de estos estudios no realizaron realmente una caracterización química en profundidad para determinar su actividad iónica. Los coagulantes naturales son en su mayoría polisacáridos o proteínas. En muchos casos, aunque los polímeros etiquetados como no iónicos no están necesariamente ausentes de interacciones cargadas, ya que puede haber interacciones entre el polímero y un disolvente dentro de un entorno de solución, ya que el polímero puede contener grupos parcialmente cargados, incluido el -OH, a lo largo de su cadena **(Yan, 2010)**.

Tabla 1
Coagulantes poliméricos naturales comunes.

Nombre común	Especie	Obtención	Antecedentes
Tuna	<i>Opuntia ficus indica</i>		Mediante esta investigación se demostró la eficiencia que tiene el mucilago extraído de la tuna <i>opuntia ficus indica</i> como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas. Las mejores remociones de turbidez con ambos coagulantes se obtuvieron a una velocidad de agitación de 200 rpm.
Almidones	Maíz Papa Yuca Trigo	El grano o el tubérculo	El almidón en sí mismo puede ser utilizado como coagulante, pero la eficiencia de coagulación es baja, posiblemente debido a la mala densidad de carga catiónica, sin embargo, es modificado para obtener productos de buena eficiencia, en un estudio en Malasia a partir del almidón de Sagú sometido a un proceso de polimerización por injerto, se logró una remoción de turbiedad del 96,6% en un agua sintética con caolín.
Quitosano	Crustáceos	Residuos de animales	El quitosano fue muy eficaz para la coagulación de suspensiones concentradas de bentonita, ya sea en agua desmineralizada o agua de grifo y a pH 5 o 7.
Árbol Moringa	<i>Moringa Oleífera</i>	Semillas	La capacidad de Coagulación de las semillas de moringa para un estudio reciente, se realizó a partir de la extracción del agente coagulante con solución salina, este procedimiento presento resultados eficientes para la eliminación de caolín suspendido en una muestra de agua. La mejora en la eficacia de la extracción por la sal fue atribuida al mecanismo de desplazamiento salino en, es decir, el aumento de la fuerza iónica de la sal causó el aumento de la solubilidad de los componentes activos.
Goma de Guar	<i>Cyanopsis psoralioides</i>	Semillas	En un estudio se determinó que las soluciones de goma eran estables en un amplio intervalo de pH (1-10), debido a su naturaleza no iónica. Las gomas de semillas y sus copolímeros injertados funcionaron eficazmente como coagulante primario para la decoloración de las diferentes clases de colorantes en proporciones variables.

Fuente: (Alboreda, 1992).

Tamarindo

El tamarindo (*Tamarindus indica* L.) es originario del continente africano y fue introducido al Continente Americano por los españoles. Pertenece a la familia de las leguminosas (Fabaceae). Es un frutal altamente rústico, ya que puede prosperar en suelos pobres o marginados, con poco o nada de riego y cuidados mínimos con relación a otros frutales tropicales (Acevedo et al, 2013, p. 123).

Descripción del tamarindo

Este árbol ha sido extendido en regiones tropicales como subtropicales, llegando al norte de América del Sur, en el Perú lo podemos encontrar en Piura y la selva amazónica. El árbol puede llegar a medir 30 metros y el tronco de 1,5 a 2 metros de diámetro. Los frutos se encuentran en las vainas de donde se pueden obtener entre 5 a 10 semillas, estas tienen una forma ovalada duras de un color rojo a marrón oscuro no tienen endospermo como reserva nutritiva, están compuestas por dos cotiledones, su contenido brinda almidón, proteína y aceite, el fruto del tamarindo es utilizado como insumo en la cocina para la preparación de diversos platos así también para realizar dulces, debido a sus propiedades lo utilizan para la medicina tradicional o llamada natural (Jara, 2018, p. 19).

La principal parte del árbol que se aprovecha es el fruto, cuya disponibilidad es estacional pero que puede encontrarse en el mercado todo el año, éste es utilizado para la elaboración de agua fresca desde la época de la colonia y constituye un insumo de la gastronomía nacional. Las hojas, corteza y raíces son utilizadas como afrodisiacos y otros usos medicinales en países de África. El fruto y las hojas tienen aplicación en la industria por sus cualidades como goma espesante y polisacárido, también existe una diversidad de productos a base de tamarindo como son bebidas, polvo para preparar bebidas, tamarindo en polvo como condimento y dulces (Guadalupe, 2019, p. 14).

El tamarindo produce frutos entre los 7 y 12 años de edad cuando se reproduce por semilla, estabilizando su producción de bayas a los 15 años. Cuando se reproduce vegetativamente, fructifica a los 3 – 5 años aproximadamente. El árbol es productivo hasta los 40 - 60 años. Los frutos son vainas curvadas y con protuberancias, debido a las semillas que reserva en su interior. Mide entre 8 y 15 (hasta 20) centímetros de longitud por 2 - 2,5 centímetros de ancho y aproximadamente de 1 centímetro de grosor. El pericarpio, delgado, es de color canela o café, marrón o marrón-grisáceo, que se convierte en una cáscara quebradiza en la madurez del fruto. A medida que madura, las vainas se llenan de una pulpa jugosa combinada

con fibras, acidulada y de color marrón o marrón rojizo. Las semillas son duras, de color marrón, generalmente una vaina contiene entre 2 y 10 semillas de 1 centímetro de diámetro cada una. La maduración de la vaina sucede aproximadamente 10 meses después de la florescencia **(Saavedra, 2016 p. 11)**.

Características de las semillas



Figura 1. Planta de tamarindo. (Flordeguisate, 2016)

Las semillas son indehiscentes, ovaladas, comprimidas lateralmente, lisas, con la testa café lustrosa, de 1 cm de largo y unidas entre sí, carecen de endospermo como reserva nutritiva (Fig. 2), presentan un par de cotiledones gruesos y la radícula es pequeña y recta. La semilla de tamarindo es un subproducto disponible de la industria de pulpa de tamarindo, que contiene hasta un 72 % en peso de polisacáridos **(Guadalupe, 2019, p. 15)**.

El fruto es una vaina curvada de 12 a 15 cm de longitud, del cual, la pulpa constituye de 30 a 55%, la cáscara y la fibra de 11 a 30% y las semillas de color marrón, de 33 a 44%.

Dentro de la pulpa se sitúan sus semillas y en la superficie externa de la pulpa se forman delgadas ramas, conocidas como venas. Cada vaina contiene de 1 a 12 semillas las cuales pueden variar con respecto a su tamaño y color. El árbol de tamarindo prospera mejor en lugares con clima cálido, semiseco y en ocasiones en climas húmedos. La primera cosecha se lleva a cabo cuando el árbol tiene cuatro años de edad y debe comenzarse cuando los frutos cambian de color verde a café **(Sagarpa, 2014)**.

La cosecha, se realiza cuando el fruto alcanza su madurez fisiológica, que sucede cuando se deshidrata; pierde peso y adquiere un color gris pardo o marrón y un sonido hueco, cuando chocan entre sí. Además, la cáscara del fruto se toma quebradiza, cuando se presiona ligeramente con los dedos (Acevedo et al, 2013, p. 124).



Figura 2. Vainas de tamarindo (Santander, 2017)

Taxonomía

Nombre vulgar: tamarindo, tamarindero, mandarín, tamarindo de la India.

Su nombre común deriva del árabe "tamari hindi", que significa "fruto de la India".

Nombre científico: *Tamarindus indica* L.

Sinónimo taxonómico: *Tamarindus officinalis*.

Familia: Fabaceae o Leguminosas.

El tamarindo (*Tamarindus indica*) es una especie monotípica, es decir, que solamente existe una especie dentro del género *Tamarindus*.

Hábitat: planta originaria del África Tropical y distribuida por todo el continente africano.

Crece salvaje en Sudan.

Se cree que el árbol fue introducido en Asia por mercaderes árabes; y que su distribución en América se debe a los primeros cargamentos de esclavos desde el este de África. Actualmente se cultiva en la India, el productor asiático más importante de esta planta; y en América (México, Costa Rica, Puerto Rico). El tamarindo se ha adaptado a regiones con estaciones secas de larga duración. En cambio, en climas tropicales húmedos, este árbol se desarrolla pobremente y a menudo no consigue fructificar. Es sensible a las heladas y resistente a la sequía (Saavedra, 2016, p. 10).

En la tabla 2, se muestra la taxonomía del tamarindo identificándose en ella la especie y género a la que pertenecen:

Tabla 2*Taxonomía del tamarindo.*

Nombre común	Tamarindo
Especie	<i>Indica</i>
Genero	<i>Tamarindus</i>
Familia	Leguminosae
Orden	Rosales
Clase	Angiospermae
Sub clase	Dicotiledóneas
Sub división	Spermatophitina
División	Tracheaphyta

Fuente: (Jara, 2018).

Composición de las semillas de tamarindo

La semilla de tamarindo está compuesta en su mayoría por carbohidratos (57,1%), proteína (13,3%) y agua (11,3%). La fracción proteica está formada mayoritariamente por ácidos glutámico y aspártico, glicina y leucina; como muestra la tabla 3. Las proteínas, a su vez, se componen sobre todo de ácido glutámico y aspártico, glicina y leucina (**Guardián y Coto, 2011**).

La proteína de la semilla es rica en ácido glutámico 18%, ácido aspártico 11,6%, glicina 9,1% y leucina 8,2%. La composición del tamarindo básicamente está dada por aproximadamente 20% de cáscara, 40% de pulpa y 40% restante compuesto por la semilla (**Saavedra, 2016, p. 21**).

De acuerdo a estudios realizados por **Campos et al, (2003)**, en su análisis de los posibles componentes responsables de la coagulación de la *Moringa oleífera*, las presencias de aminoácidos glutámico y aspártico, por ser sustancias que poseen grupos con cargas formales negativa y positiva que le permiten desestabilizar y coagular un agua residual.

Al igual que la *Moringa oleífera*, la semilla de tamarindo presenta proteínas constituidas principalmente por aminoácidos como glicina, leucina, ácido glutámico y aspártico. La glicina y la leucina son aminoácidos alifáticos, no solubles en agua, y los ácidos glutámico y aspártico son aminoácidos con carácter ácido y solubles en agua. Lo anterior haría suponer que las sustancias responsables de la coagulación en la semilla de tamarindo son las terminaciones de ácido glutámico y aspártico (**Salgado, 2018, p. 24**).

físicos, químicos y biológicos, es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos (**Diaz et al, 2012**).

Las aguas residuales contribuyen todas aquellas que son transportadas por el alcantarillado y que en ocasiones pueden contener aguas de lluvias e infiltraciones de agua del terreno. Existen diferentes tipos de parámetros físicos y químicos para determinar el estado y grado de contaminación que puede contener un agua residual, además de esto funciona como herramienta para determinar el mejor y más eficiente tratamiento (**Espigares y Pérez, 2013**).

Las aguas residuales doméstica

Se denomina aguas servidas o residuales a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas negras o aguas cloacales. Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado que incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno (**Aranque, 2012, p. 19**).

Otra forma de denominar a las aguas residuales es en base al contenido de contaminantes que esta porta, así se conocen como:

Aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

Aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo las de los inodoros.

Aguas negras industriales a la mezcla de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales de sus descargas. Los contaminantes provenientes de la descarga están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud si no existe un control de la descarga (**Cuido el agua, 2009**).

Este tipo de residuos presentan un alto contenido de materia orgánica, detergentes y grasas que son evacuadas hacia el alcantarillado, sin embargo, este sistema no cuenta con una cobertura total en muchas zonas del país, lo que genera que muchos de estos residuos sean vertidos a cuerpos de agua sin ningún tipo de control (**Barba, 2002**).

Tratamiento de aguas residuales

Un sistema de tratamiento está compuesto por una combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para reducir ciertos constituyentes del agua residual a un nivel aceptable. Se pueden hacer muchas combinaciones de operaciones y procesos unitarios.

Los métodos usados para el tratamiento de aguas residuales municipales se denominan operaciones unitarias y procesos unitarios. Las operaciones unitarias incluyen remoción de contaminantes por fuerzas físicas, mientras que los procesos unitarios consisten en reacciones biológicas y/o químicas (**Valdez y Vasquez , 2003, p. 77**).

Prueba de jarras

La coagulación química y la dosificación apropiada de reactivos deben ser seleccionadas por la simulación del paso de clarificación en un laboratorio a escala. La Prueba de Jarras es la que mejor simula la química de la clarificación y la operación llevada a cabo. Un arreglo simple de vasos de precipitado y paletas permite comparar varias combinaciones químicas, las cuales todas están sujetas a condiciones hidráulicas similares.

Esta prueba se realiza con el fin de determinar la concentración óptima de coagulante necesaria para obtener un floc de las mejores características (**Restrepo, 2009, p. 12**).

Coagulación

El proceso de coagulación reduce la carga negativa, contribuyendo a la agregación de partículas para formar microflóculos. La floculación consiste en agregación de partículas para formar flóculos más grandes (**Ramírez y Jaramillo, 2015, p. 139**).

La coagulación química puede definirse como un proceso unitario utilizado para causar la coalescencia o agregación de material suspendido no sedimentable y partículas coloidales de agua y de aguas residuales; es el proceso por el cual se reducen las fuerzas repelentes existentes entre partículas coloidales para formar partículas mayores de buena sedimentación. El proceso consiste en la adición de sustancias químicas al agua, su distribución uniforme en ella y la formación de un floculante fácilmente sedimentable (**Romero,2009, p. 231**).

Influencia de la dosis del coagulante

La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:

Poca cantidad del coagulante no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microflóculos es muy escaso, por lo tanto, la turbiedad residual es elevada. Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microflóculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto, la turbiedad residual es igualmente elevada. La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas de jarra (**Andía, 2000, p. 17**).

Influencia de la turbiedad

Turbiedad es una forma indirecta de medir la concentración de las partículas suspendidas en un líquido; mide el efecto de la dispersión que estas partículas presentan al paso de la luz; y es función del número, tamaño y forma de partículas.

La turbiedad del agua superficial es gran parte debido a partículas de lodos de sílice de diámetros que varían entre 0.2 a 5 μm . La coagulación de estas partículas es muy fácil de realizar cuando el pH se mantiene dentro del rango óptimo. La variación de la concentración de las partículas permite hacer las siguientes predicciones:

Para cada turbiedad existe una cantidad de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja, que corresponde a la dosis óptima.

Cuando la turbiedad aumenta se debe adicionar la cantidad de coagulante no es mucho debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario, cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta.

Es siempre más fácil coagular las aguas de baja turbiedad y aquellas contaminadas por desagües domésticos industriales, porque requieren mayor cantidad de coagulante que los no contaminados (**Andía, 2000, p. 19**).

Mecanismos de coagulación

La clase de interacción entre los coagulantes químicos y los contaminantes determinan los mecanismos de coagulación. Los mecanismos predominantes observados durante la coagulación convencional con coagulantes metálicos son neutralización de cargas por adsorción y coagulación por barrido (**Gómez, 2005, p. 53**).

Adsorción

Se presenta cuando el agua presenta una alta concentración de partículas en estado coloidal; cuando el coagulante es adicionado al agua turbia los productos solubles de los coagulantes son adsorbidos por los coloides y forman los flóculos en forma casi instantánea (**Gómez, 2005, p. 53**).

Barrido

Este tipo de coagulación se presenta cuando el agua es clara (presenta baja turbiedad) y la cantidad de partículas coloides es pequeña, en este caso las partículas son atrapadas al producirse una sobresaturación de precipitado de coagulante (**Gómez, 2005, p. 53**).

Tipos de coagulantes

Cada coagulante dependiendo de la calidad y característica del agua, actúa de modo diferente. Por lo tanto, la selección del tipo de coagulante deberá hacerse mediante trabajo a nivel de laboratorio. Los coagulantes se pueden clasificar en dos grupos: los polielectrolitos o ayudantes de coagulación y los metálicos. Ambos grupos actúan como polímeros a pesar de la carga eléctrica que poseen. En los primeros, las cadenas poliméricas están ya formadas cuando se los agrega al agua. En los segundos, la polimerización se inicia cuando se pone el coagulante en el agua, después de lo cual viene la etapa de absorción por los coloides presentes en la fase acuosa. Es, sin embargo, necesario observar que la velocidad de sedimentación de las partículas coaguladas no depende en forma exclusiva de los coagulantes usados sino del peso de las partículas que se trata de sedimentar (**Samane, 2016. p. 16**).

Polielectrolitos

Un polímero es una sustancia formada por una cantidad de unidades básicas llamadas monómeros unidas por enlaces covalentes que se repiten sucesivamente. Su grado de polimerización está dado por el número de monómeros que conforman su cadena polimérica. Todos los monómeros capaces de formar polímeros deben tener por lo menos dos núcleos activos para que la macromolécula formada pueda conservar su configuración inicial. Cuando las cadenas poliméricas tienen múltiples grupos funcionales activos se denominan polielectrolitos que son compuestos orgánicos sintéticos que tienen la habilidad de causar la agregación de suelos y sólidos finamente divididos en suspensiones acuosas (**Samane, 2016. p. 16**).

Coagulantes metálicos

Históricamente, los coagulantes metálicos, sales de Hierro y Aluminio, han sido los más utilizados en la clarificación de aguas y eliminación de DBO y fosfatos de aguas residuales. Tienen la ventaja de actuar como coagulantes-floculantes al mismo tiempo. Forman especies hidratadas complejas cargadas positivamente. Sin embargo, tienen el inconveniente de ser muy sensibles a un cambio de pH. Si éste no está dentro del intervalo adecuado la clarificación es pobre y pueden solubilizar Fe ó Al y generar problemas (**Ortiz y Vargas, 2016, p. 27**).

A continuación, se muestran los más comunes:

Sulfato de aluminio

El sulfato de aluminio es el coagulante estándar empleado en tratamiento de aguas. El producto comercial tiene usualmente la formula $Al_2(SO_4) \cdot 14H_2O$, con masa molecular de 600. El material se empaqueta de diversas maneras: en polvo, molido, en terrones, en granos parecidos al arroz y en forma líquida. Cuando se añaden soluciones de sulfato de aluminio al agua, las moléculas se disocian en Al^{+++} y SO_4 . El Al^{+++} puede combinarse con coloides cargados negativamente para neutralizar parte de la carga de la partícula coloidal (**Romero, 2009, p. 239**).

Sulfato férrico

Funciona de forma estable en un intervalo de pH de 4 a 11, uno de los más amplios conocidos. Producen flóculos grandes y densos que decantan rápidamente, por lo que está indicado tanto en la precipitación previa como en la coprecipitación de aguas residuales urbanas o industriales. Se emplea también en tratamiento de aguas potables, aunque en algún caso puede producir problemas de coloración (**Ortiz y Vargas, 2016, p. 27**).

Cloruro férrico

Presenta características similares al Sulfato férrico, aunque de aplicación muy limitada por tener un intervalo de pH más corto. Es enérgico, aunque puede presentar problemas de coloración en las aguas (**Escaf, 2006**).

Floculación

Una etapa bien relevante en el tratamiento de aguas residuales es la floculación, proceso físico-químico que a través de la adición de determinados compuestos permite aglutinar las

partículas sólidas más pequeñas (coloidales) presentes en el agua para facilitar su decantación y posterior filtración y remoción.

Esta fase se desarrolla prácticamente en conjunto con la coagulación que, en términos simples, es la desestabilización de dichas partículas cargadas electrostáticamente, las que al colisionar y adherirse con otras forman moléculas más grandes y de mayor peso (flóculos) que pueden precipitar más rápidamente. Este último fenómeno es lo que se conoce como floculación (Muñoz, 2019).

Cinética de la floculación

Tan pronto como se agregan coagulantes a una suspensión coloidal, se inician una serie de reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen así oportunidad de unirse por sucesivas colisiones hasta formar flóculos que crecen con el tiempo.

La rapidez con que esto ocurre depende del tamaño de las partículas con relación al estado de agitación del líquido, de la concentración de las mismas y de su “grado de desestabilización”, que es el que permite que las colisiones sean efectivas para producir adherencia (Restrepo, 2009, p. 10).

Los contactos pueden realizarse por dos modos distintos:

Floculación pericinética: Contactos por bombardeo de las partículas producidos por el movimiento de las moléculas del líquido (movimiento browniano) que sólo influye en partículas de tamaños menores a un micrón. Sólo actúa al comienzo del proceso, en los primeros 6 a 10 s y es independiente del tamaño de la partícula.

Floculación ortocinética: Contactos por turbulencia del líquido, esta turbulencia causa el movimiento de las partículas a diferentes velocidades y direcciones, lo cual aumenta notablemente la probabilidad de colisión. Efectivo sólo con partículas mayores a un micrón. Actúa durante el resto del proceso, de 20 a 30 min (Restrepo, 2009, p. 11).

Tipos de floculantes

La velocidad de formación de los flóculos se puede mejorar con la adición de un reactivo o de un coadyuvante de la coagulación. Estos compuestos permiten aumentar el volumen y también el peso de las partículas aglomeradas para su rápida sedimentación o separación por flotación.

Los floculantes que se agregan son polímeros o polielectrolitos con pesos moleculares muy elevados. Corresponden a moléculas orgánicas solubles en agua formada por bloques monoméricos repetidos de cadenas largas (**Muñoz, 2019**).

Floculantes minerales

Uno de los floculantes minerales más utilizados a mediados del pasado siglo en el tratamiento del agua es la sílice activada, esta es una suspensión coloidal de ácidos policilícicos hidratados, producida por la neutralización parcial de la alcalinidad caustica del silicato sódico comercial, para su uso debe prepararse previamente, sin embargo, puede presentar un alto riesgo ya que tiende a gelatinizarse (**Ramirez, 2006**).

Floculantes orgánicos naturales

Son polímeros naturales extraídos de sustancias animales o vegetales.

Floculantes orgánicos de síntesis (polielectrolitos):

Son los más utilizados. Corresponden a macromoléculas de una gran cadena, obtenidos por la asociación de monómeros sintéticos con masa molecular elevada de 10^6 a 10^7 gr/mol. De acuerdo a la carga iónica de los polímeros se clasifican en aniónicos (copolímeros de la acrilamida y del ácido acrílico), neutros o no iónicos (poliacrilamida), y catiónicos (copolímero de acrilamidas + monómero catiónico) (**Muñoz, 2019**).

Parámetros fisicoquímicos

Turbidez

La turbiedad incrementa el color aparente del agua y se debe a la presencia de materia suspendida orgánica e inorgánica como la arcilla, sedimentos, plancton y organismos microscópicos. Lo que se mide como turbiedad es la pérdida de luz transmitida a través de la muestra por difracción de los rayos al chocar con las partículas, y por ello depende no sólo de su concentración sino también de su tamaño y forma (**Del Carpio Y De Celis, 2019, p. 35**).

Color

El color del agua dependerá tanto de las sustancias que se encuentren disueltas, como de las partículas que se encuentren en suspensión. Se clasifica como “color verdadero” al que depende solamente el agua y sustancias disueltas, mientras el “aparente” es el que incluye las partículas en suspensión (que a su vez generan turbidez). El color aparente es entonces

el de la muestra tal como la obtenemos en el sistema a estudiar. Para determinar el color verdadero, sería necesario filtrarla para eliminar todas las partículas suspendidas (**Goyenola, 2017**).

Demanda química de oxígeno (DQO)

Es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química. La determinación de DQO es una medición de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte (**Romero, 2009, p. 186**).

Potencial de hidrogeno (pH)

Es la medida de la acidez o basicidad del agua. Los valores de pH mayores de 7,5 y menores de 6,5 afectan a los organismos involucrados en el tratamiento biológico de las aguas residuales. No tiene un efecto directo sobre la salud, pero influye en los procesos de tratamiento de agua. Cuando las aguas son ácidas, es común adicionar un álcali (por lo general cal), para mejorar el proceso de coagulación. El pH es una variable importante en el manejo de la calidad del agua pues influye en los procesos químicos y biológicos (**Del Carpio y De Celis, 2019, p. 20**).

1.3. Definición de términos

Ácido glutámico: es un aminoácido estructural de las proteínas, que se encuentra en todos los seres vivos. Interviene en múltiples reacciones enzimáticas de transaminación, útiles para formar otros aminoácidos (**Rosero, 2017, p. 25**).

Ácido aspártico: es un aminoácido no esencial que participa en la síntesis de proteínas. Actúa como neurotransmisor y, al igual que los demás aminoácidos, se puede encontrar en sus dos formas (isómeros): D y L (**Nutrienda, 2010**).

Agua residual: Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico disuelto o en suspensión (**NORMA OS.090, 2006**).

Agua residual doméstica: Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente (**OEFA, 2012**).

Coagulación: Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado (**Andía, 2000, p. 9**).

Estándares de calidad ambiental (ECA): Son indicadores de calidad ambiental, miden la concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos que se encuentran presentes en el aire, agua o suelo, pero que no representan peligro para los seres humanos ni al ambiente (**MINAM - Ministerio del ambiente, 2017**).

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento (**NORMA OS.090, 2006**).

Floculación: Es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad (**Andía, 2000, p. 33**).

Parámetros organolépticos: Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial (**DS N°031-2010-SA., 2011**).

Polímeros naturales: Son los que se producen en las reacciones bioquímicas naturales de animales y plantas, tales como proteínas, carbohidratos y polisacáridos (almidón, glucósidos) (**Alboreda, 1992 p. 36**).

Semilla: La semilla es, de acuerdo a la botánica, la parte del fruto que se contiene en el embrión de una futura planta. Esta parte se encuentra protegida por una testa y deriva de los tegumentos del primordio seminal (**Gold et al, 2004**).

Turbidez: Es un término que hace referencia a una medida, la cual nos indica el grado falta de transparencia de un líquido, debido en gran medida, a la presencia de partículas que se encuentren en suspensión en dicho líquido. Así, cuanto mayor sea la cantidad de sólidos en suspensión presentes en un agua, mayor será la sensación de suciedad de esta, por lo tanto, mayor será la turbidez. La turbidez, por lo tanto, es una buena medida para predecir la calidad de las aguas (**Méndez, 2011**).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Materiales

La libreta de campo se utilizó para anotar los datos de los resultados, tanto *insitu* y en el laboratorio, todo lo concerniente al estudio.

El mandil y guantes se utilizó para recojo de muestras, para ingresar al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, y además para los procesos de elaboración del coagulante, para el tratamiento del agua residual doméstica, mediante el test de prueba de jarra. Frascos para guardar polvo y solución patrón de coagulante natural, botellas para recolectar las muestras.

La pipeta 10 mL y su propiteta, se utilizó para medir coagulante en volumen, y también para las muestras de agua después del tratamiento ya dado.

Vasos precipitados de 2 L para depositar el agua residual para el tratamiento.

La probeta 100 mL para medir para medir el agua destilada, para la preparación del coagulante.

Equipos

Se utilizó molino para triturar el cotiledón, balanza de precisión para el pesado del polvo del coagulante y obtener la solución patrón, cocina mecánica para la suspensión del coagulante en polvo.

Se utilizó cámara digital para la toma de fotos para los procesos del desarrollo de la investigación, y la impresora Hp, para de impresión de los formatos de solicitudes, informes, y otros.

El equipo test de jarras se usó para el proceso de tratamiento de aguas, posteriormente para medición de los parámetros como: turbidímetro (Turbiquant 1110 IR), colorímetro (Chekeres hc handheld colimeter), peachímetro (Waterproof), y el multiparámetro (DR 900).

Laboratorio

El desarrollo de los procesos de tratamiento fue en Laboratorio de Ingeniería Sanitaria.

2.2. Métodos

a. Determinación de puntos de muestreo.

El área evaluada fue en el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y aguas de la quebrada Capellanía del distrito de Soritor.

M1 (efluente de la planta de tratamiento): El punto de muestreo correspondió a la del efluente de la planta de tratamiento de las lagunas de estabilización, antes de la confluencia con las aguas superficial con la quebrada Capellanía, valores comparados con límites máximos permisibles.

M2 y M3 (aguas superficiales): Corresponde a los puntos muestreados en las aguas superficiales de la quebrada Capellanía (cuerpo receptor), el punto de muestreado M2 fue a 100 metros, y el punto de muestreo M3 fue a 150 metros, partiendo del punto M1 efluente, valores comparados con los estándares de calidad ambiental.

Se utilizó GPS, para georreferenciar y ubicarlos los puntos en mapa de ubicación. (Ver fotografía 01).

Tabla 4

Coordenadas de los puntos de muestreo (Ver anexo H).

Cuadro de coordenadas de puntos de toma de muestras			
Vértice	Este	Norte	Cota (m.s.n.m)
M1	267408	9311589	877
M2	267233	9322597	858
M3	267203	9322645	859

b. Recojo de muestra y análisis de calidad de aguas.

Se recolectó 216 litros de muestra en botellas de plásticos 3,7 y 2,5 L de agua residual doméstica de Soritor y de aguas superficiales de la quebrada Capellanía, en botellas de plástico durante 3 días de cada semana (3 semanas), durante los meses junio y julio (72 litros por semana), se determinó las concentraciones de los parámetros iniciales. Los parámetros analizados fueron: pH se realizó *in situ*, turbidez, color, DQO, en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín sede Moyobamba.

Se realizó las mediciones de concentraciones iniciales de los parámetros de las aguas que fueron: pH, turbidez, color, DQO.

A continuación, se presenta los tratamientos realizados a cada muestra:

Primera semana

[Tratamiento]	Muestras
3%	M1
	M2
	M3

Segunda semana

[Tratamiento]	Muestras
4%	M1
	M2
	M3

Tercera semana

[Tratamiento]	Muestras
5%	M1
	M2
	M3

c. Obtención del coagulante a base de semilla de tamarindo.

Las vainas del tamarindo fueron adquiridas en el mercado central de la ciudad de Moyobamba, se compró 1kg. Para la obtención del coagulante a base de la semilla *Tamarindus indica* “tamarindo” es importante mencionar, que se siguió el procedimiento realizado por Alvarez (2016) los cuales son:

Recolección y separación: Se adquirió la materia prima (tamarindo), luego se separó la semilla de la pulpa y la cascara.

Hidratación: Las semillas se puso a hidratar durante dos días.

Separación: Consistió en separar la testa del cotiledón para su posterior trituración.

Trituración: Se trituro el cotiledón con un procesador doméstico, y se tamizo para obtener partículas de menor diámetro, quedando un polvo blanquecino.

Transporte: Se trasladó el producto obtenido (coagulante natural en polvo) al laboratorio.

Mezcla y suspensión: Se depositó el polvo en un vaso precipitado, agregando agua destilada. Se calentó a una temperatura de 65°C, a continuación, se dejó reposar a temperatura ambiente. (ver fotografía 6).

Producto: Fue utilizado como coagulante de la fase acuosa (sobrenadante) de la suspensión.

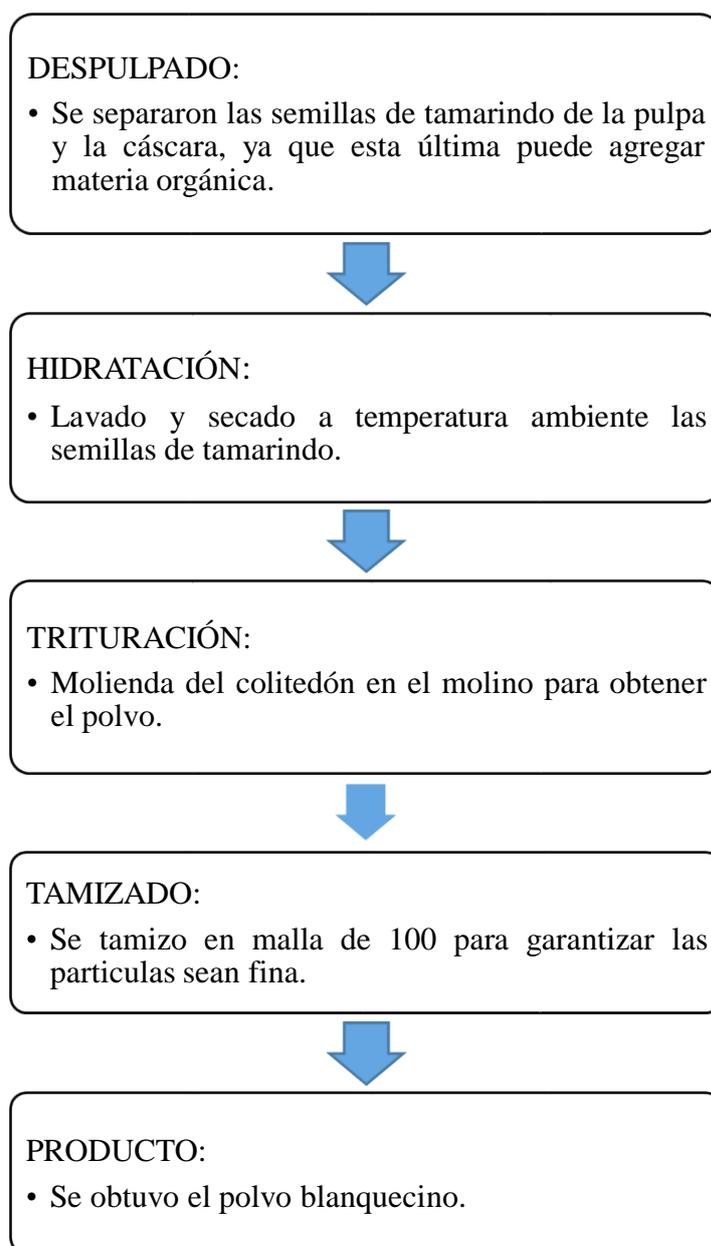


Figura 4. Proceso de elaboración del coagulante en polvo.

d. Tratamiento de las aguas.

En el equipo de prueba de jarras, se depositó las aguas en los vasos precipitado, para luego agregar simultáneamente el coagulante natural (*Tamarindus indica*), que fue anteriormente diluido en agua destilada. Las dosis de coagulantes aplicadas (1mL, 2 mL, 3mL, 4mL, 5mL, 6mL) para cada jarra, a una mezcla rápida de (100 rpm) por un minuto, después una mezcla lenta (30 rpm) por 10 minutos, dejando sedimentar 15 minutos, para su posterior medición de valores finales. Las concentraciones patrones que se aplicó fueron 3 %, 4%, 5%. (Ver anexo E)

e. Análisis de los parámetros finales.

Después de los tratamientos dados, se obtuvieron los valores finales de los parámetros estudiados: Turbidez (UNT), color (UPC), pH, demanda química de oxígeno (mg/L) mediante los equipos de medición.

Tabla 5

Equipos de medición.

Parámetros	Equipo
Color (UPC)	Colorímetro (Chekers hc handheld colimeter)
Turbidez (UNT)	Turbidímetro (Turbiquant 1100 IR)
pH	Peachímetro (Waterproof)
Demanda química de oxígeno (DQO)	Multiparámetro (Hach DR 900)

f. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento de los resultados obtenidos fueron representados en cuadros estadísticos, gráficos. La eficiencia de los parámetros físicos químicos fue determinada utilizando el siguiente calculo:

$$\text{Porcentaje de } \textit{remoción} = \frac{[C_i] - [C_f]}{[C_i]} \times 100$$

C_i = Concentración inicial antes del tratamiento.

C_f = Concentración final después del tratamiento.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la medición independientes para cada uno de los ensayos, donde se han tomado muestras a las cuales se han medido los parámetros, sin adicionar coagulante.

3.1.1. Parámetros iniciales en las aguas residuales domésticas en el distrito de Soritor.

Los resultados correspondientes por cada semana fueron:

Tabla 6

Parámetros iniciales de la primera semana.

Punto de muestreo		M1	M2	M3
Tipo de muestra		Agua residual	Agua superficial	Agua superficial
Parámetros	Unidad	(13/06/2019)	(15/06/2019)	(17/06/2019)
Turbidez	UNT	300,0	375,0	214,7
Color	UPC	460,0	430,0	325,0
DQO	mg/L	33,0	45,0	42,0
pH	pH	7,8	7,4	7,7

Interpretación:

La caracterización de los análisis calidad de agua, se logró evidenciar con respecto a la turbidez en el punto de muestreo M1 presenta elevada turbidez demostrando, que la planta de tratamiento no podría estar funcionando adecuadamente, aunque no existe límite de valor referencial. Mientras punto de muestreo M2 más elevada, debido a los sedimentos que se mostraba en curso de la quebrada. El tercer muestreo M3, aguas más abajo decae ligeramente, poniendo en evidencia que la reducción de los contaminantes que se presenta en cuerpo receptor.

En cuando al color en el M1, se logró evidenciar elevado. En el cuerpo receptor del agua M2 presentó elevada concentración, y aguas más abajo en el punto de muestreo M3 bajo ligeramente, es importante mencionar que las lluvias en esos días acrecentaron el caudal del cuerpo receptor, trayendo consigo sedimentos ya sea por actividades o por el mismo suelo arcilloso y aumentado su concentración de color.

En cuanto al parámetro de DQO en punto de muestreo M1, fue más bajo a los siguientes dos muestreados. En el cuerpo de agua receptor no fue tan marcada la diferencia de en M2 y M3, cabe mencionar que el M3 se muestreo aguas más abajo.

El pH muestreado, en los resultados no obtuvimos diferencias significativas en los tres puntos de muestreo.

Tabla 7

Parámetros iniciales de la segunda semana.

Punto de muestreo		M1	M2	M3
Tipo de muestra		Agua residual	Agua superficial	Agua superficial
Parámetros	Unidad	(01/07/2019)	(03/07/2019)	(05/07/2019)
Turbidez	UNT	185,0	315,2	79,5
Color	UPC	345,0	480,0	310,0
DQO	mg/L	43,0	37,0	27,0
pH	pH	6,8	6,7	7,0

Interpretación:

La segunda semana de caracterización de las aguas residuales, con respecto a la turbidez se logró evidenciar en el muestreo M1 presenta elevada concentración, aunque no existe un valor límite de valor referencial. En el cuerpo receptor en el segundo M2 se encontró elevada turbidez, aguas más abajo en tercer muestreo M3, se logró se logró una disminución, cumpliendo su acción depuradora la fuente receptora, para este parámetro.

En cuando al color en el punto de muestreo M1, se logró evidenciar elevado. En el cuerpo receptor con respecto al segundo punto de muestreo M2 se encontró más elevada que al tercer punto muestreo M3, que bajo ligeramente demostrando la reducción de color en aguas más abajo, pero aun así demostrando que sigue aún elevado la concentración de color en la fuente receptora.

Mientras que el DQO en punto de muestreo M1, se encuentra elevado con respecto a los demás puntos muestreados. En el agua superficial, con respecto al punto de muestreo M2, se muestra un poco elevado con respecto, al tercer punto de muestreo aguas más abajo en el punto de muestreo M3, reduciendo un poco con respecto a los puntos M1 Y M2 muestreados.

El pH muestreado, en los resultados no obtuvimos diferencias significativas en los tres puntos de muestreo, los valores se encuentran dentro del rango de los ECA.

Tabla 8*Parámetros iniciales de la tercera semana.*

Punto de muestreo		M1	M2	M3
Tipo de muestra		Agua residual	Agua superficial	Agua superficial
Parámetros	Unidad	(16/07/2019)	(18/07/2019)	(19/07/2019)
Turbidez	UNT	230,0	352,6	93,6
Color	UPC	365,0	445,0	330,0
DQO	mg/L	35,0	51,0	48,0
pH	pH	6,9	7,5	7,3

Interpretación:

La tercera semana de caracterización de aguas residuales, se logró evidenciar que la turbidez en punto de muestreo M1 fue elevada, aunque no existe un valor límite de valor referencial. Para segundo punto de muestreo M2, se presentó la concentración más elevada en los tres puntos muestreados, aguas más abajo en tercer muestreo M3 se encontró una concentración baja, cumpliendo su acción depuradora la fuente receptora.

En cuanto al color en muestra (M1) se logró evidenciar elevado, pero más fue en el segundo muestreo M2 cuerpo receptor del agua superficial aumento considerablemente, y el tercer muestreo M3 se observó la más baja concentración, demostrando la reducción del color en aguas más abajo, pero aun así demostrando que sigue aún elevado la concentración de color en la fuente receptora.

En las concentraciones DQO en los muestreados de M1, M2 y M3, en el M2 se logró observar una concentración más elevada, y el mínimo se observó en el M1. Es importante mencionar que, en estos días se depositaron directamente a las lagunas desechos de los baños portátiles, de la obra que se estaba realizando en ese tiempo, todos los valores superan los estándares de calidad ambiental.

El pH muestreado, en los resultados no obtuvimos diferencias significativas en los tres puntos de muestreo, los valores se encuentran dentro del rango de los ECA.

Parámetros promedio de concentración iniciales con sus rangos referenciales.

Tabla 9

Parámetros promediados iniciales.

Variables	Semana	Tipo de agua	Valores iniciales	Rangos referenciales
Turbiedad (UNT)	primera	Efluente	300,0	-
		Superficial	250,0	
	segunda	Efluente	185,0	
		Superficial	72,2	
	tercera	Efluente	230,0	
		Superficial	223,0	
Color (UPC)	primera	Efluente	460,0	-
		Superficial	377,5	No más de 100
	segunda	Efluente	345,0	-
		Superficial	395,0	No más de 100
	tercera	Efluente	365,0	-
		Superficial	387,5	No más de 100
pH	primera	Efluente	7,8	6,5 – 8,5
		Superficial	7,5	
	segunda	Efluente	6,8	
		Superficial	6,9	
	tercera	Efluente	6,9	
		Superficial	7,4	
DQO (mg/L)	primera	Efluente	33,0	No más de 200
		Superficial	43,5	No más de 40
	segunda	Efluente	27,0	No más de 200
		Superficial	40,0	No más de 40
	tercera	Efluente	35,0	No más de 200
		Superficial	49,5	No más de 40

Interpretación:

Para los niveles de concentraciones de turbidez no existe límite referencial, sin embargo, los valores representan elevados niveles de turbiedad en las aguas, para el caso del color en las aguas, todos los valores son elevados, por su parte en las aguas superficiales, todos superaban los ECA, el cual no debe superar los 100,0 UPC. Para el caso de los niveles de pH, los valores iniciales, se puede observar que en todos los casos se encuentra dentro del rango establecido, tanto en el agua del efluente como para las aguas superficiales, por último, para el caso del

DQO, se observa, para el caso de efluente cuyo LMP es de 200,0 mg/L, en ningún caso supera dicho valor, mientras que el límite permitido para las aguas superficiales es de no mayor a 40,0 mg/L, superando los ECA, sin embargo, en el punto de concentración segunda semana, el nivel de DQO se encuentra justo en el máximo valor (40 mg/L).

Concentraciones de los parámetros obtenidos después de la aplicación de coagulante a base de semilla de “tamarindo”

A. Primera semana: Tratamiento de las aguas al 3%.

Muestra 01: Aguas residuales (efluente)

Tabla 10

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	149,6	156,9	151,1	165,9	134,7	168,9	154,5
Ensayos 02	111,8	139,9	144,2	126,4	133,6	156,6	135,4
Promedio total				145,0			
Turbidez inicial				300,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa que el valor mínimo en la jarra 1 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 11

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	290,0	295,0	300,0	310,0	260,0	280,0	289,2
Ensayos 02	310,0	335,0	340,0	350,0	270,0	345,0	325,0
Promedio total				307,1			
Color inicial				460,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 3 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 4 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena.

Tabla 12*pH del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
Ensayos 02	7,7	7,8	7,8	7,7	7,7	7,7	7,7
Promedio total				7,7			
pH inicial				7,8			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 13*Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	11,0	14,0	16,0	17,0	8,0	9,0	12,5
Ensayos 02	11,0	14,0	16,0	10,0	8,0	17,0	12,7
Promedio total				12,6			
DQO inicial				33,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 3 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, aunque los valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que es 200,0 mg/L.

Muestra 02: Aguas superficiales (Quebrada Capellanía)**Tabla 14***Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	114,4	111,2	100,2	95,8	94,7	97,4	102,3
Ensayos 02	112,5	106,4	96,2	93,8	91,8	97,2	99,6
Promedio total				101,0			
Parámetro inicial				315,2			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 1 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo en la jarra 5 y en la jarra 1 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 15

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	310,0	300,0	280,0	315,0	295,0	300,0	300,0
Ensayos 02	260,0	265,0	260,0	255,0	250,0	260,0	258,3
Promedio total				279,2			
Color inicial				430,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 3, y en la jarra 1 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 2 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena porque están por encima de los valores permitidos, el cual no debe superar los 100,0 UPC.

Tabla 16

pH del agua en los ensayos.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Ensayos 02	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3
Promedio total				7,3			
pH inicial				7,4			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 17

Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	12,0	9,0	22,0	20,0	10,0	14,0	14,5
Ensayos 02	14,0	16,0	20,0	12,0	9,0	17,0	14,7
Promedio total				14,6			
DQO inicial				45,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 2, y en la jarra 3 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 3 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, ya que el rango de valor permitido es de 40,0 mg/L.

Muestra 03: Aguas superficiales (Quebrada Capellanía)**Tabla 18**

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	62,4	55,9	48,7	55,2	45,5	62,0	54,9
Ensayos 02	45,5	46,2	46,3	47,0	47,7	48,2	46,8
Promedio total				50,9			
Turbidez inicial				114,7			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 1 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa que el valor mínimo en la jarra 1 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 19

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	205,0	200,0	210,0	215,0	190,0	220,0	206,7
Ensayos 02	210,0	215,0	220,0	210,0	185,0	220,0	210,0
Promedio total				208,3			
Color inicial				325,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena porque están por encima de los valores permitidos, el cual no debe superar los 100,0 UPC.

Tabla 20

pH del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	7,6	7,6	7,6	7,6	7,5	7,6	7,6
Ensayos 02	7,6	7,6	7,6	7,5	7,5	7,6	7,6
Promedio total				7,6			
pH inicial				7,7			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 21

Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua de los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	14,0	11,0	26,0	23,0	7,0	11,0	15,3
Ensayos 02	17,0	20,0	22,0	14,0	10,0	23,0	17,7
Promedio total				16,5			
DQO inicial				42,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 3 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, ya que el rango de valor permitido es de 40,0 mg/L.

B. Segunda semana: Tratamiento de las aguas al 4 %.

Muestra 01: Aguas residuales (efluente)

Tabla 22

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	60,9	62,5	62,0	61,3	58,4	60,6	60,9
Ensayos 02	59,2	61,2	61,5	60,5	57,3	57,8	59,6
Promedio total				60,3			
Turbidez inicial				185,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 2 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa que el valor mínimo en la jarra 5 y en la jarra 3 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 23

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	225,0	235,0	240,0	245,0	200,0	235,0	230,0
Ensayos 02	215,0	230,0	240,0	235,0	195,0	220,0	222,5
Promedio total				226,3			
Color inicial				345,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 4 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 3 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena.

Tabla 24

pH del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	6,7	6,8	6,8	6,8	6,7	6,8	6,8
Ensayos 02	6,7	6,7	6,8	6,8	6,7	6,8	6,7
Promedio total				6,8			
pH inicial				6,8			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 25

Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	10,0	8,0	12,0	10,0	5,0	11,0	9,3
Ensayos 02	8,0	9,0	10,0	14,0	6,0	13,0	10,0
Promedio total				9,7			
DQO inicial				27,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, aunque los valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que es 200,0 mg/L.

Muestra 02: Aguas superficiales (Quebrada Capellanía)**Tabla 26**

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	64,7	68,9	65,3	62,6	60,3	64,9	64,4
Ensayos 02	63,8	67,2	63,8	60,1	57,3	61,2	62,2
Promedio total				63,3			
Parámetro inicial				315,2			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 2 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo en la jarra 5 y en la jarra 2 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 27*Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	250,0	255,0	260,0	265,0	235,0	245,0	251,7
Ensayos 02	265,0	280,0	285,0	270,0	275,0	285,0	276,7
Promedio total				264,2			
Color inicial				480,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 3 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 1 y en la jarra 2 y 5 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena porque están por encima de los valores permitidos, el cual no debe superar los 100,0 UPC.

Tabla 28*pH del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
Ensayos 02	6,6	6,7	6,6	6,6	6,6	6,7	6,6
Promedio total				6,6			
pH inicial				6,7			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 29*Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	10,0	7,0	14,0	13,0	8,0	12,0	10,7
Ensayos 02	8,0	9,0	10,0	11,0	5,0	10,0	8,8
Promedio total				9,8			
DQO inicial				37,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 4 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándolo con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, aunque el valor inicial se encontró por debajo del rango de valor permitido que es 40,0 mg/L.

Muestra 03: Aguas superficiales (Quebrada Capellanía)**Tabla 30**

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	59,3	60,2	61,0	59,4	59,3	59,0	59,7
Ensayos 02	61,5	61,5	63,6	64,9	60,8	64,8	62,9
Promedio total				61,3			
Turbidez inicial				79,5			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 6, y en la jarra 2 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa que el valor mínimo en la jarra 5 y en la jarra 3 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 31

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	250,0	245,0	230,0	235,0	215,0	265,0	240,0
Ensayos 02	245,0	230,0	240,0	245,0	225,0	250,0	239,2
Promedio total				239,6			
Color inicial				310,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido

en la jarra 5 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena porque están por encima de los valores permitidos, el cual no debe superar los 100,0 UPC.

Tabla 32

pH del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
Ensayos 02	6,8	6,9	6,8	6,9	6,8	6,8	6,8
Promedio total				6,9			
pH inicial				7,0			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 33

Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	10,0	11,0	16,0	20,0	7,0	9,0	12,2
Ensayos 02	12,0	14,0	19,0	13,0	9,0	11,0	13,0
Promedio total				12,6			
DQO inicial				43,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 2 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 3 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, ya que el rango de valor permitido es de 40,0 mg/L.

C. Tercera semana: Tratamiento de las aguas al 5%.

Muestra 01: Aguas residuales (efluente)

Tabla 34

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	68,8	67,6	80,4	85,1	54,3	80,3	72,7
Ensayos 02	66,0	64,1	62,7	62,3	61,1	61,7	63,0
Promedio total				67,9			
Turbidez inicial				230,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 3 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa que el valor mínimo en la jarra 5 y en la jarra 1 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 35

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	250,0	250,0	240,0	245,0	220,0	265,0	245,0
Ensayos 02	250,0	240,0	235,0	195,0	210,0	240,0	228,3
Promedio total				236,7			
Parámetro inicial				365,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 4 y en la jarra 1 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena.

Tabla 36

pH del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Ensayos 02	6,8	6,9	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Promedio total				6,8			
pH inicial				6,9			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 37

Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	11,0	13,0	14,0	10,0	6,0	11,0	10,8
Ensayos 02	10,0	14,0	16,0	12,0	6,0	10,0	11,3
Promedio total				11,1			
DQO inicial				35,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 1 y 6 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 3 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, aunque los valores se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles que es 200,0 mg/L.

Muestra 02: Aguas superficiales (Quebrada Capellanía)**Tabla 38**

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	74,2	76,7	76,4	76,8	69,7	76,9	75,1
Ensayos 02	71,8	66,0	60,2	61,7	60,7	62,6	63,8
Promedio total				69,5			
Turbidez inicial				352,6			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo en la jarra 3 y en la jarra 1 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 39

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	230,0	235,0	245,0	250,0	210,0	255,0	237,5
Ensayos 02	215,0	220,0	225,0	230,0	215,0	240,0	224,2
Promedio total				230,8			
Color inicial				445,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 6 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena porque están por encima de los valores permitidos, el cual no debe superar los 100,0 UPC.

Tabla 40

pH del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	7,3	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,4
Ensayos 02	7,3	7,4	7,4	7,4	7,3	7,4	7,4
Promedio total				7,4			
pH inicial				7,5			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 41

Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	9,0	12,0	13,0	15,0	6,0	11,0	11,0
Ensayos 02	9,0	13,0	15,0	16,0	7,0	13,0	12,2
Promedio total				11,6			
DQO inicial				51,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 4 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 4 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, ya que el rango de valor permitido es de 40,0 mg/L.

Muestra 03: Aguas superficiales (Quebrada Capellanía)**Tabla 42**

Turbiedad (UNT) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	56,7	58,5	59,2	54,9	54,1	55,9	56,6
Ensayos 02	54,8	56,0	57,4	57,7	53,8	55,3	55,8
Promedio total				56,2			
Turbidez inicial				93,4			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 3 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa que el valor mínimo en la jarra 5 y en la jarra 4 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparándolo con valor inicial, demostrando una buena remoción.

Tabla 43

Color (UPC) del agua en los ensayos realizados.

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	245,0	235,0	230,0	235,0	225,0	240,0	235,0
Ensayos 02	250,0	240,0	260,0	250,0	235,0	280,0	252,5
Promedio total				243,8			
Color inicial				330,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar que el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 1 el valor máximo, mientras en el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 6 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos es menor, comparando con el valor inicial, la remoción no es buena porque están por encima de los valores permitidos, el cual no debe superar los 100,0 UPC.

Tabla 44*pH del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	7,1	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	7,2
Ensayos 02	7,1	7,2	7,2	7,2	7,1	7,2	7,2
Promedio total				7,2			
pH inicial				7,3			

Interpretación:

En el primer ensayo y segundo ensayo se observa el pH los valores demuestran después de la aplicación del coagulante no varían significativamente, estando dentro del rango permitido establecido (Estándares de calidad ambiental) que es de 6,5 a 8,5 pH.

Tabla 45*Demanda química de oxígeno (mg/L) del agua en los ensayos realizados.*

Ensayos	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6	Promedio
Ensayos 01	12,0	14,0	15,0	16,0	7,0	10,0	12,3
Ensayos 02	10,0	15,0	11,0	15,0	8,0	13,0	12,0
Promedio total				12,2			
DQO inicial				48,0			

Interpretación:

En el primer ensayo, se puede observar el valor mínimo obtenido en la jarra 5, y en la jarra 4 el valor máximo, mientras el segundo ensayo se observa el valor mínimo obtenido en la jarra 5 y en la jarra 2 el valor máximo. El valor promedio de los ensayos, es menor comparándole con el valor inicial, demostrando una remoción significativa, ya que el rango de valor permitido es de 40,0 mg/L.

3.1.2. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en los tratamientos de las aguas.

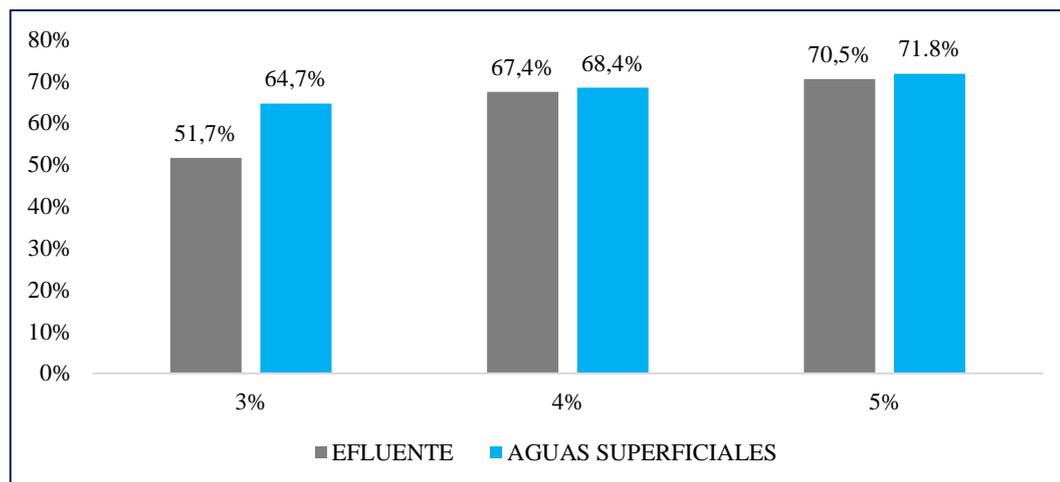


Figura 5. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover la turbiedad, según tipo de agua.

Interpretación:

La eficiencia en el tratamiento de turbidez de las aguas, el coagulante a base de semilla de tamarindo con una concentración al 5% posee el mayor grado eficiencia, con dicha concentración de coagulante muestra un poco más eficiente en aguas superficiales que las aguas del efluente, mientras que la concentración 3% logra una eficiencia tanto en las aguas de efluente y en las aguas superficiales. Por lo tanto, se demuestra que para todos los niveles de concentración del coagulante se logra reducir significativamente la turbiedad. (Ver anexo C, tabla 48)

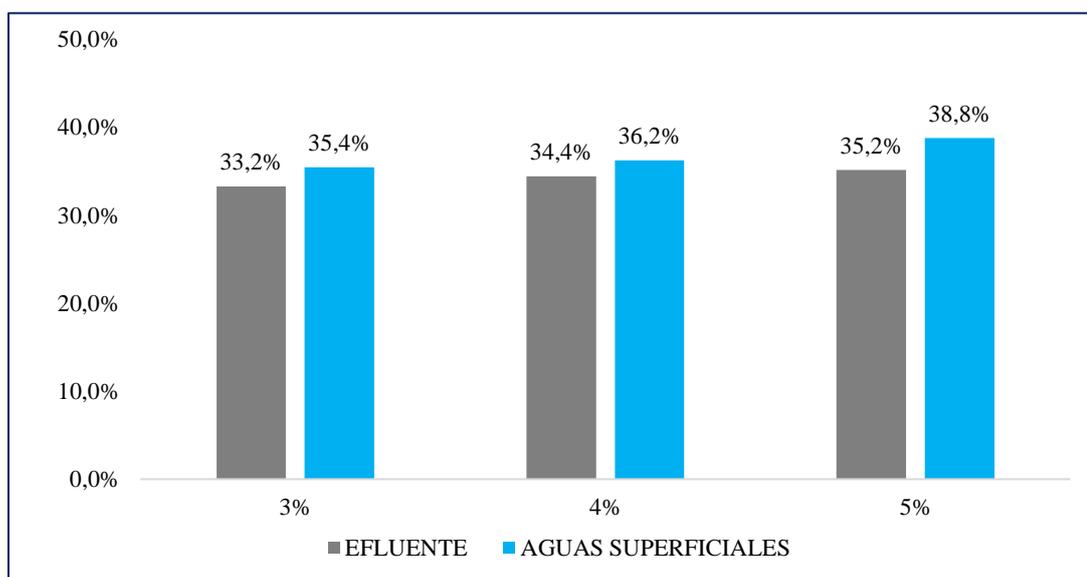


Figura 6. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover el color, según tipo de agua.

Interpretación:

Respecto a la variable del color en el agua, si bien se observa que los porcentajes de eficiencia no son muy elevados, en todas las concentraciones no superan el 50%, sin embargo, de igual forma es la concentración del coagulante a concentración de 5% la que demuestra mayor eficiencia tanto en aguas superficiales que en el efluente, seguido por la concentración al 4% que logra reducir un poco menor tanto en el efluente y en las aguas superficiales y muy cercano se encuentra también el nivel de eficiencia de la concentración al 3%. (Ver anexo C, tabla 49)

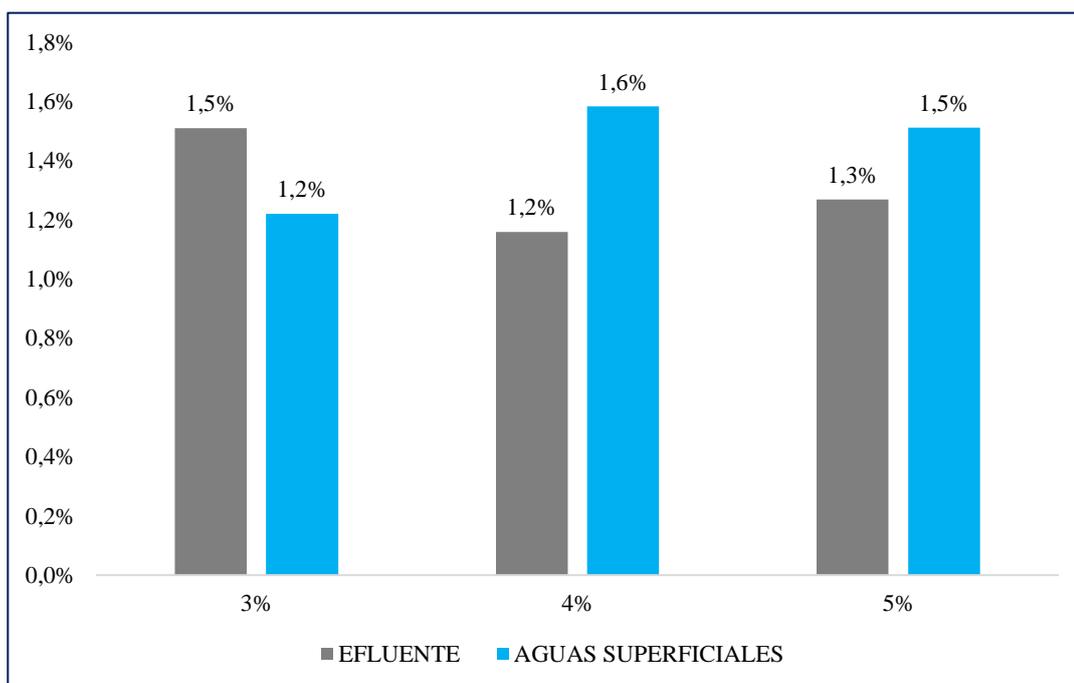


Figura 7. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover el pH, según tipo de agua.

Interpretación:

Respecto al nivel de pH en el agua, las concentraciones aplicadas de coagulante a base de semilla de tamarindo no causan un efecto significativo, pues tanto para la concentración 5%, la concentración 4% y la concentración 3%, disminuye mínimamente tanto en las aguas del efluente y las aguas superficiales, para todos los casos siempre manteniéndose dentro de los rangos establecidos por los LMP y ECAS. (Ver anexo C, tabla 50)

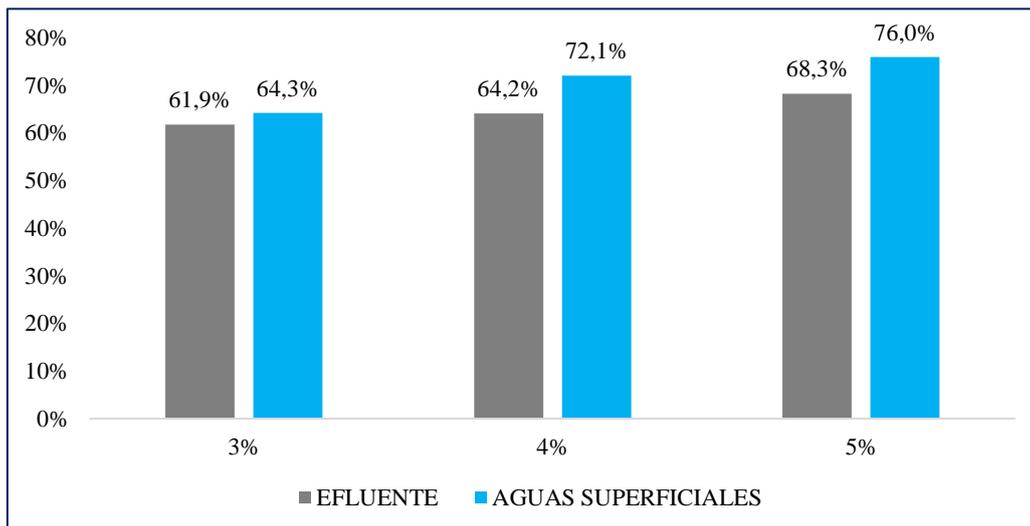


Figura 8. Grado de eficiencia del coagulante a base de semilla de tamarindo en remover el DQO, según tipo de agua.

Interpretación:

Respecto a la característica química del agua, también queda demostrado que el nivel de concentración de 5% de coagulante posee la mayor eficiencia para disminuir el nivel de DQO en las aguas tanto del efluente y las aguas superficiales, pero mejor eficiencia se dio en las aguas superficiales, influyendo las características de las aguas, por otro lado, las otras concentraciones fueron disminuyendo la eficiencia a menor concentración de coagulante 4% y 3% respectivamente. (Ver anexo C, tabla 51)

3.1.3. Comparación de resultados obtenidos después del tratamiento fisicoquímico, de las aguas residuales domésticas con coagulante de semillas de tamarindo, con la muestra testigo.

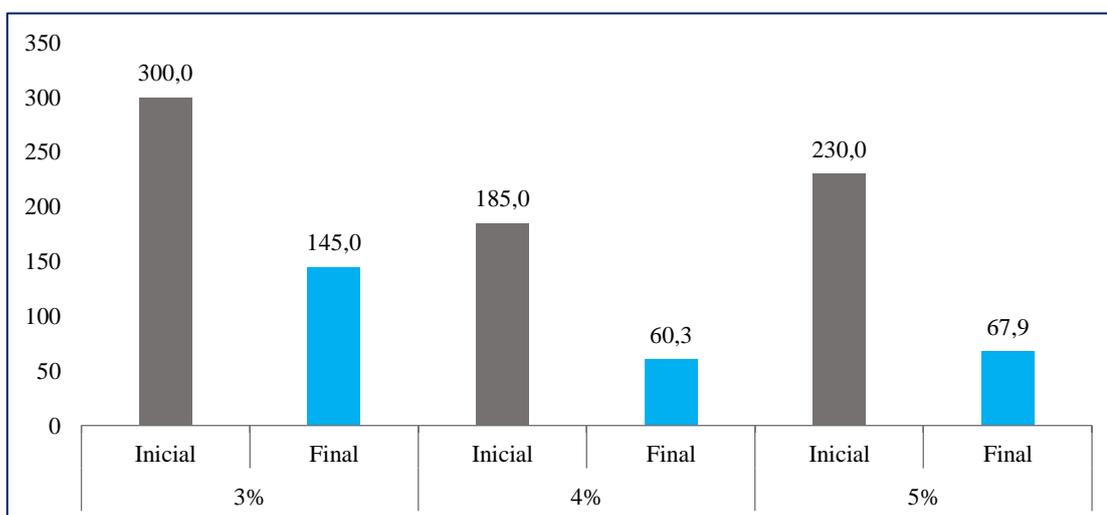


Figura 9. Resultados obtenidos de nivel de turbiedad (UNT) de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.

Interpretación:

En la figura muestra los valores de turbiedad de las agua en el efluente obtenidos antes y después de la aplicación del coagulante a base de semilla de tamarindo, en sus tres niveles de concentración (3%, 4% y 5%), para los tres niveles se observan cambios significativos en el nivel de turbiedad del agua, para el caso de concentración de coagulante de 3%, de un valor unidad de 300,0 UNT, luego de aplicar el coagulante el nivel de turbiedad se redujo a 145,0 UNT, mientras que en el nivel de concentración de 4%, el valor inicial de la turbiedad del agua fue de 185,0 UNT, el cual se redujo hasta 60,3 UNT, por último en el nivel de concentración de 5%, el valor sin aplicar el coagulante fue de 230,0 UNT y luego de aplicar el coagulante disminuyó a 67,9 UNT. (Ver anexo D, tabla 52)

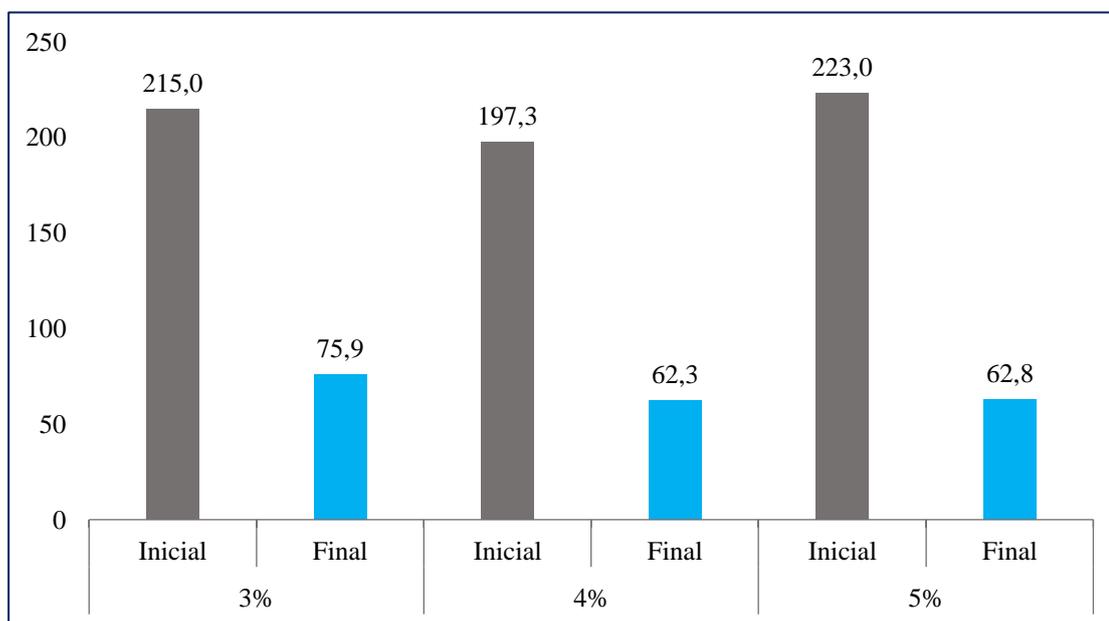


Figura 10. Resultados obtenidos de nivel de turbiedad (UNT) de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico.

Interpretación:

La figura muestra los valores de turbiedad en las aguas superficiales (dos últimos puntos de medición) obtenidos antes y después de la aplicación del coagulante a base de semilla de tamarindo, en los tres niveles de concentración. Análogamente en los tres niveles de concentración se observan cambios significativos en el nivel concentraciones finales

para aguas superficiales, la concentración 5% hubo mayor reducción que en los otros dos tratamientos aplicados. Para el caso de concentración de coagulante de 3%, de un valor unidad de 215,0 UNT, luego de aplicar el coagulante el nivel de turbiedad se redujo a 75,9 UNT, mientras que en el nivel de concentración de 4%, el valor inicial de la turbiedad del agua fue de 197,3 UNT, el cual se redujo hasta 62,3 UNT, por último, en el nivel de concentración de 5%, el valor sin aplicar el coagulante fue de 223,0 UNT y luego de aplicar el coagulante disminuyó a 62,8 UNT. (Ver anexo D, tabla 53)

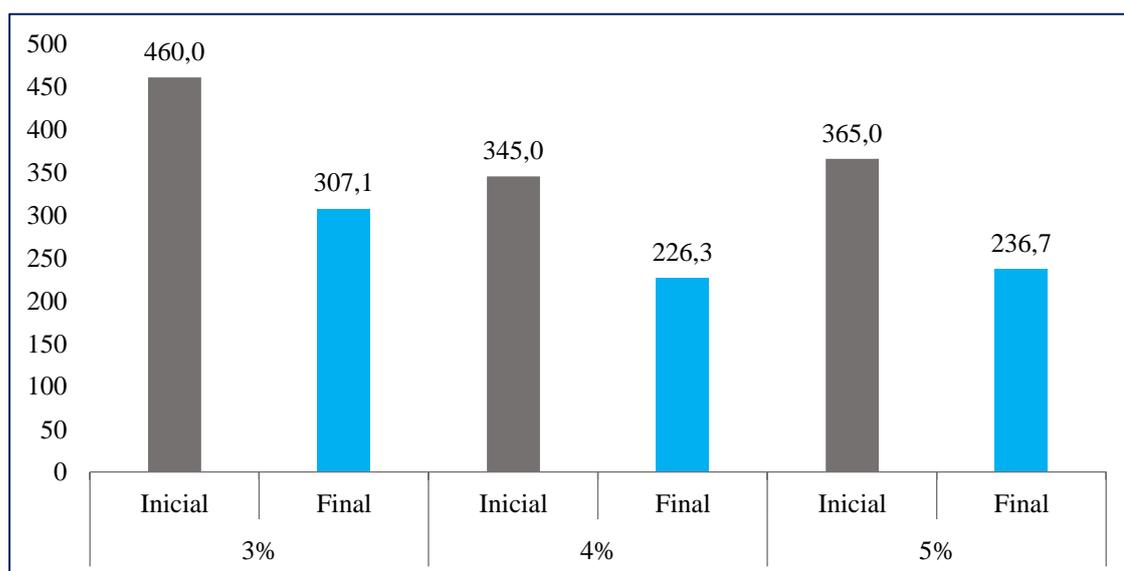


Figura 11. Resultados obtenidos de nivel del color (UPC) de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.

Interpretación:

En el parámetro del color del agua, para el caso del efluente no existe un rango establecido para dicha agua, se observa que el coagulante a base de semilla de tamarindo muestra cierto nivel de eficiencia en la remoción del color del agua en el efluente, siendo la concentración 5% con mayor remoción, dando mejores resultados. Para el caso del 3% de concentración de coagulante, de un valor inicial de 460,0 UPC, se logra disminuir a 307,1 UPC, por su parte para el nivel de concentración del coagulante de 4%, de 345,0 UPC se baja hasta 226,3 UPC y finalmente en la concentración de 5% de un nivel inicial de 365,0 UPC se llega a reducir el color del agua del efluente hasta 236,7. (Ver anexo D, tabla 54)

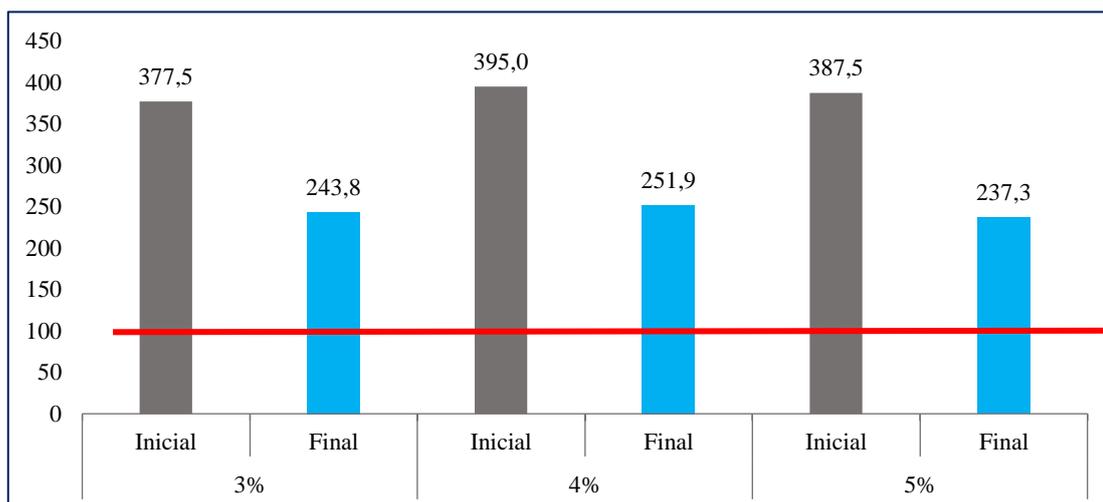


Figura 12. Resultados obtenidos de nivel del color (UPC) de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico.

Interpretación:

En el parámetro del color, para el caso de las aguas superficiales si cuenta rango establecido en los estándares de calidad ambiental (no más de 100,0 UPC), se observa que el coagulante a base de semilla de tamarindo en este caso también muestra cierto nivel de eficiencia en la remoción del color del agua superficial, sin embargo, en ninguno de los niveles de concentración se logra reducir las unidad de UPC por debajo de límite establecido, en todos los casos los valores finales (luego de aplicar el coagulante) son superiores a los 100,0 UPC, incluso por encima de los 200,0 UPC, por lo tanto respecto al color en las aguas superficiales, el coagulante utilizado no es lo suficientemente eficiente para convertir el agua en apta para el riego de vegetales después el punto de vista del nivel del color de agua. (Ver anexo D, tabla 55)

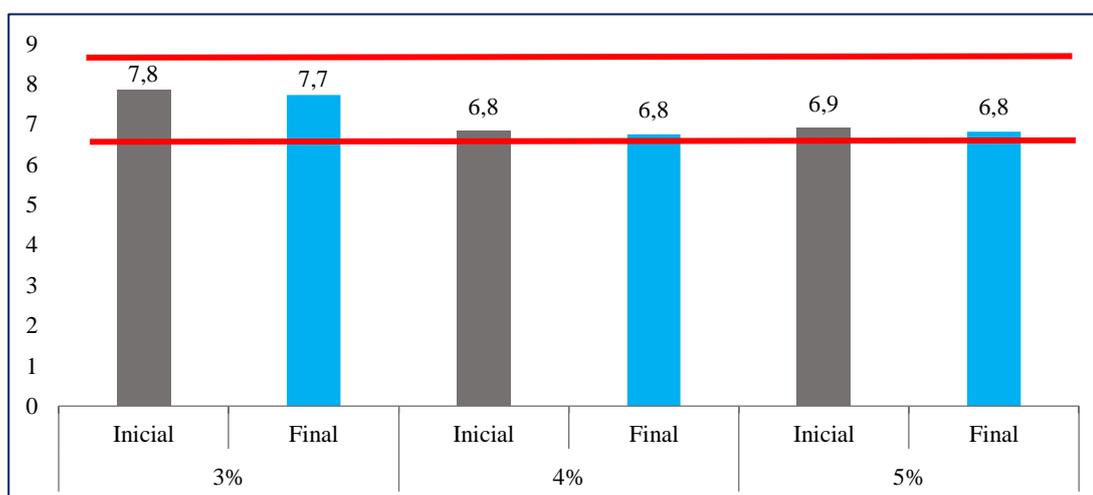


Figura 13. Resultados obtenidos de nivel de pH de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.

Interpretación:

Como se observa en la figura, para el contenido de pH en el agua del efluente, tanto los valores antes de aplicar el coagulante, como después de aplicarlo, muestran que no se genera un cambio significativo en las unidades de pH en el agua, dado que todos los valores encuentran dentro de límites máximos permisibles. No existe una diferencia significativa entre el antes y después de la aplicación del coagulante en cualquier de los tres niveles de la concentración. (Ver anexo D, tabla 56).

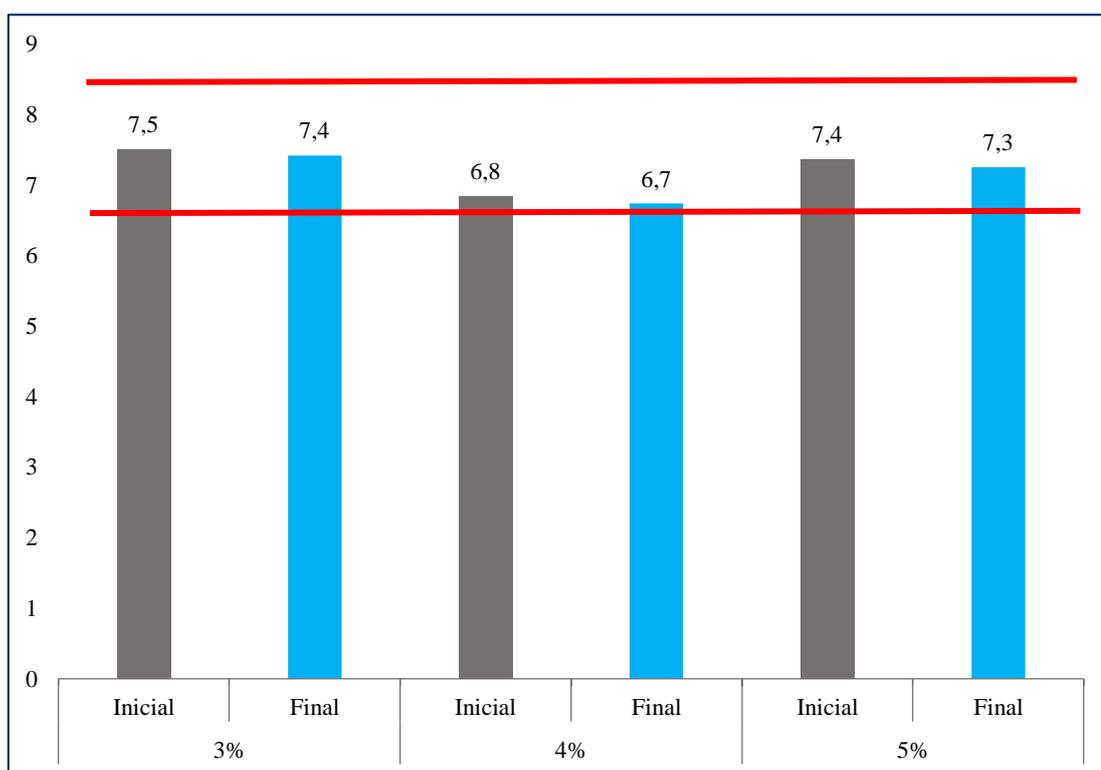


Figura 14. Resultados obtenidos de nivel de pH de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico.

Interpretación:

En las aguas superficiales, tampoco se genera un cambio significativo en las unidades de pH en el agua, dado que todos los valores encuentran dentro del rango establecido en los estándares de calidad ambiental. Análogamente, no existe una diferencia significativa entre el antes y después de la aplicación del coagulante en cualquier de los tres niveles de la concentración. (Ver anexo D, tabla 57)

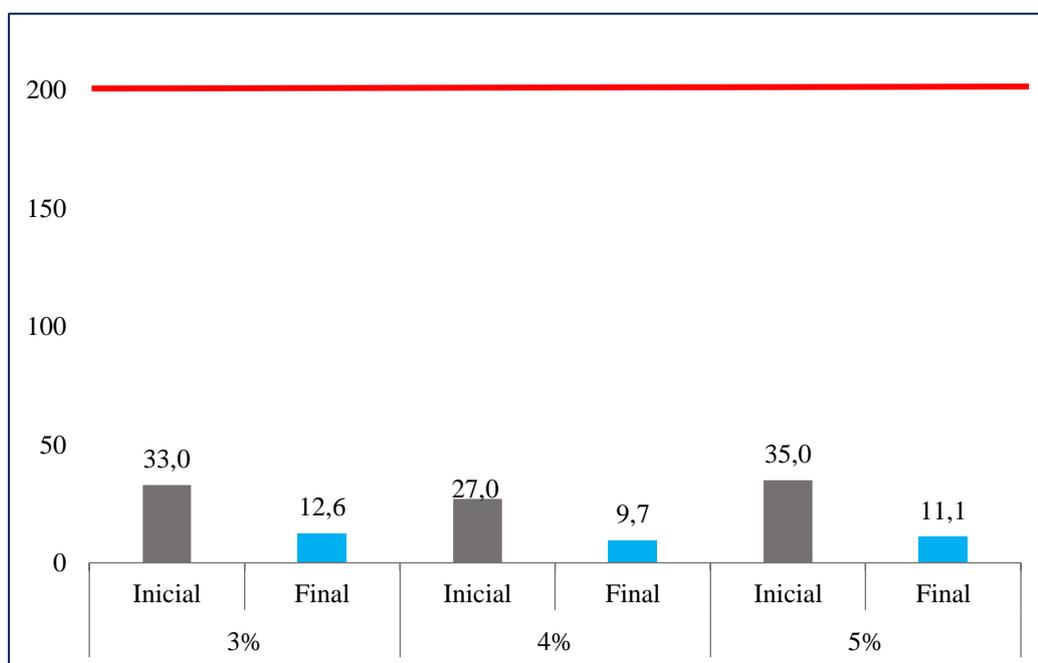


Figura 15. Resultados obtenidos de nivel de DQO (mg/L) de las aguas en el efluente antes y después del tratamiento fisicoquímico.

Interpretación:

Respecto al nivel de DQO en el agua en el efluente del distrito de Soritor, para los tres niveles de concentración del coagulante aplicado, se observa una disminución bastante significativa, si observamos los datos en valores de mg/L, se observa que en la concentración de 5% del coagulante, se logra el menor valor, seguido por la concentración de 4% ,y seguido finalmente la concentración de 3% , sin embargo, porcentualmente la mayor reducción del DQO se genera con la concentración de 5% dado que su valor inicial es mucho más elevado comprado con el resto de niveles de concentración. Otro aspecto a mencionar es que, para los tres niveles de concentración, se logra disminuir el DQO del agua del efluente a un nivel por debajo de límite máximo permisible, que en este caso es de no más de 200,0 mg/L. (Ver anexo D, tabla 58)

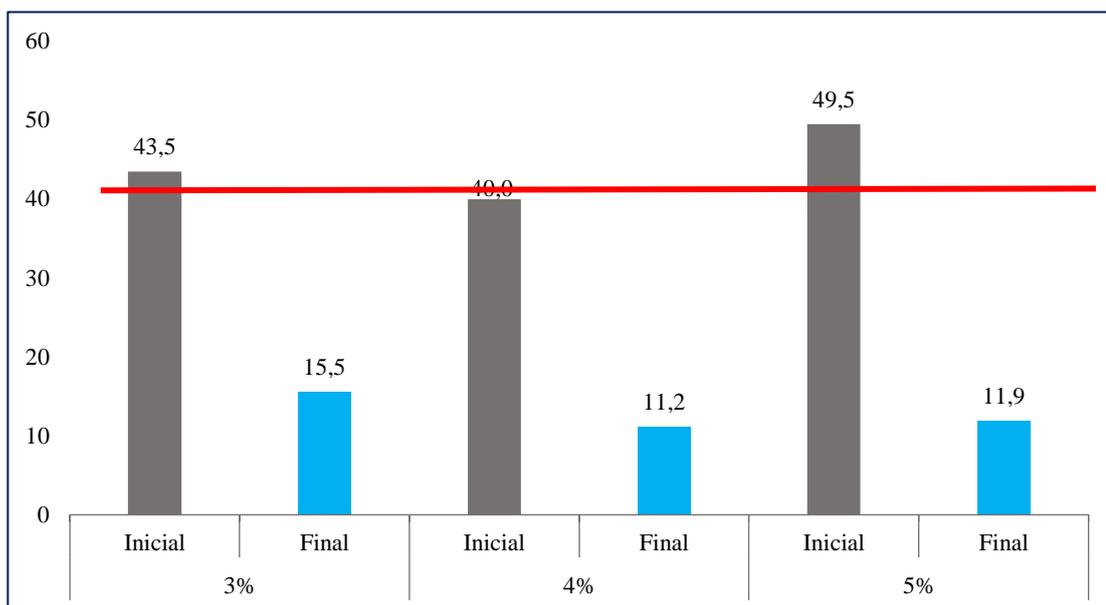


Figura 16. Resultados obtenidos de nivel de DQO (mg/L) de las aguas superficiales antes y después del tratamiento fisicoquímico (mg/L).

Interpretación:

Respecto al nivel de DQO en las aguas superficiales del distrito de Soritor (últimos dos puntos de medicación), para los tres niveles de concentración del coagulante aplicado, se observa también una disminución muy significativa, observamos que los datos en valores de mg/L, en la concentración de 5% del coagulante, se logra el menor valor de DQO seguido por la concentración de 4% y finalmente la concentración de 3%, sin embargo, al igual que en el agua de efluente, si analizamos porcentualmente, la mayor reducción del DQO se genera con la concentración de 5% dado que su valor inicial es mucho más elevado comprado con el resto de niveles de concentración. Otro aspecto a mencionar es que, para los tres niveles de concentración, se logra disminuir el DQO del agua a un nivel por debajo de estándares de calidad ambiental (40,0 mg/L). (Ver anexo D, tabla 59)

3.1.4. Grado de eficiencia de las semillas *Tamarindus indica* “tamarindo”, como coagulante, en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales domésticas, Soritor 2019.

Tabla 46

*Eficiencia de las semillas *Tamarindus indica* “tamarindo”.*

Coagulante	Turbiedad		Color		pH		DQO		
	Efluente	Agua superficial	Efluente	Agua superficial	Efluente	Agua superficial	Efluente	Agua superficial	
3%	Inicial	300.0	215.0	460.0	377.5	7.8	7.5	33.0	43.5
	Final	145.0	75.9	307.1	243.8	7.7	7.4	12.6	15.5
	Eficiencia	51.7%	64.7%	33.2%	35.4%	1.5%	1.2%	61.9%	64.3%
	Evaluación	-	-	-	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4%	Inicial	185.0	197.3	345.0	395.0	6.8	6.8	27.0	40.0
	Final	60.3	62.3	226.3	251.9	6.8	6.7	9.7	11.2
	Eficiencia	67.4%	68.4%	34.4%	36.2%	1.2%	1.6%	64.2%	72.1%
	Evaluación	-	-	-	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5%	Inicial	230.0	223.0	365.0	387.5	6.9	7.4	35.0	49.5
	Final	67.9	62.8	236.7	237.3	6.8	7.3	11.1	11.9
	Eficiencia	70.5%	71.8%	35.2%	38.8%	1.3%	1.5%	68.3%	76.0%
	Evaluación	-	-	-	No Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Interpretación:

Se presenta en la tabla los datos que sintetizan todos los resultados descritos anteriormente, donde se puede observar que la semilla de tamarindo como coagulante en el agua tanto en el efluente así como en las aguas superficiales, es eficiente en la remoción del nivel de DQO en el agua, logrando disminuir dicho contenido por debajo del límite superior establecido apto para el riego de vegetales (en todos los puntos de medición), mientras que para las características físicas del agua, en el caso de la variable color, el coagulantes en cualquier de las concentraciones experimentadas, no es lo suficientemente eficiente para reducir el nivel de color en agua, ni en el efluente ni en las aguas superficiales. Para el caso de la turbiedad del agua, dado que no se encuentra establecido el límite máximo apto para el riego de vegetales, sin embargo, demuestra que el coagulante a base de semilla de tamarindo es capaz de disminuir hasta en 70,5% y 71,8% en el efluente y las aguas superficiales respectivamente, la turbiedad del agua

(concentración 5%). Finalmente se muestra que el coagulante aplicado no genera ningún cambio significativo en el contenido de pH en el agua del distrito de Soritor.

3.2. Discusión

Los resultados de la presente investigación demuestran de forma descriptiva, la eficiencia de la aplicación del coagulante a base de semilla de tamarindo en la remoción de las características fisicoquímicas de las aguas del distrito de Soritor, los cuales fueron evaluadas en tres niveles de concentración del coagulante (3%, 4% y 5%), respecto a las características fisicoquímicas del agua, demostrando que los aminoácidos compuestos en la semilla como el ácido glutámico y ácido aspártico son los responsables de la coagulación, ya que están tienen carga negativa y positivas que al entrar en contacto con el agua, desestabilizan la cargas de los coloides contenidas en las aguas residuales.

Los resultados obtenidos determinan para el caso de la turbiedad el máximo nivel de eficiencia es del 70,5% en el efluente y 71,8% en las aguas superficiales a través de la concentración de 5%, mientras que, para el parámetro del color del agua, el coagulante aplicado demuestra cierto grado de eficiencia, sin embargo, no lo suficiente para reducir los niveles de color (UPC) por debajo del límite máximo permitido apto para el riego de vegetales en ninguno de los puntos de medicación. Mientras que la característica química del agua medida en la presente investigación representada a través del nivel de DQO en el agua, muestra que el coagulante a base de semilla de tamarindo, es eficiente en la remoción del mismo, puesto que, para los tres niveles de concentración, se logra reducir los mg/L de DQO en valores por debajo del límite superior establecido apto para el riego de vegetales para el caso de las aguas superficiales e igualmente en el agua del efluente. Se debe considerar que el costo promedio 1 de kilo de tamarindo es 6.50 soles, a lo que se le suma el valor de la elaboración del coagulante a base de semilla de tamarindo, un costo total de 9.00 soles, que son inferiores en comparación a los coagulantes metálicos frecuentemente utilizados en el proceso de coagulación y floculación de aguas residuales, por consiguiente, consideramos viable el uso de coagulante en las plantas de tratamiento de aguas residuales del distrito de Soritor.

Los resultados de la investigación que realizó, Salgado (2018) evaluó la eficiencia del polvo de la semilla de tamarindo extraído por dos métodos (frío y caliente) y un agente coagulante

primario (alumbre) en el tratamiento de aguas de un dique, se aplicaron diferentes niveles del coagulante para evaluar sus efectos en el pH, turbiedad, conductividad y color, uno de los resultados más favorable de la investigación fue el método de extracción en frío de la obtención del coagulante de semillas de *Tamarindus indica* con una eficacia en 70% a una concentración de dosis de 40 mg/L en la reducción de la turbidez, como era de esperarse el polielectrolitos de tamarindo logró resultados similares a los obtenidos en nuestra investigación, con una 5% de concentración del coagulante se logra eficiencia de 70,5% y 71,8% de agua del efluente y aguas superficiales respectivamente, otro de sus resultados es que el coagulante no logró alterar el pH, que también es un resultado similares a los de nuestra investigación puesto que el pH sólo varia menos del 2%, en otras palabras se mantiene constante, finalmente en la investigación de Salgado el color del agua se logró reducir en 40% en ambos métodos utilizados, es decir, la remoción es baja para este parámetro, en comparación con los resultados de nuestra investigación para la variable de color del agua, en la concentración de 5% se logra una eficiencia de 35,2% en el efluente y 38,8% en las aguas superficiales.

La investigación de Jara (2018) esta orienta a evaluar la remoción de los sólidos coloidales en las muestras de agua del río Lurín utilizando coagulante de semillas de tamarindo, logrando una remoción más efectiva en la turbidez en un 89,3% seguido por el DQO en 68,6%. En la presente investigación se usó las semillas de tamarindo como coagulante natural en tratamiento de aguas residuales, se logró una remoción de 70,1 – 71,8 aguas de efluente y aguas superficiales, seguido por el DQO en 68,3% - 76% aguas de efluente y aguas superficiales, partiendo de una concentración inicial. En ese sentido evaluamos que el coagulante semillas de tamarindo tiene una aplicado en aguas residuales, tiene mayor eficiencia de remoción en el DQO, demostrando que el coagulante es un agente químico fuerte porque reduce el DQO en las aguas residuales. La diferencia de los resultados puede deberse a método de la obtención del coagulante, ya que en nuestra investigación se modificó el método de extracción en frío, y además se demostró que la mayor eficacia a turbidez elevadas.

Los resultados obtenidos en la presente investigación de cierta forma pueden ser comparables con investigaciones similares de otros autores, tal es el caso de Arias et al., en el año 2017 desarrolló su tesis utilizando agua residual, concluyó que el coagulante utilizando a base de semilla de *M. Oleífera* con dosis óptimas de 7500 mg/L con concentración del 5% logró remover la turbidez de 86,7% y de color 93% y DQO 49,4%,

Dichos resultados se asemejan a los resultados de nuestra investigación ya que se utilizó como referencia disminuyendo las concentraciones de coagulante según los valores medidos de los parámetros, la diferencia de los resultados puede ser debido que se utilizó concentraciones iniciales menores, como también menores dosis de coagulante.

Otra investigación muy útil de analizar es la que realizó Alvarez (2017) en su trabajo de investigación, utilizó la semilla de Moringa (*Moringa oleífera*) como coagulante en tratamiento de aguas superficiales de la cuenca del río Chillón, demostrando eficiencia en la remoción de los parámetros físicos químicos, donde lo más resaltante fue en la remoción de la turbidez en 97,06%, los demás parámetros fue menos la eficiencia de remoción. Para la presente investigación, los resultados indican que el coagulante de las semillas tamarindo respecto a la turbidez tuvo una menor eficiencia de 71,8% a una concentración de 5%, la diferencia de los resultados puede ser a los diferentes tipos al tipo de aguas empleadas en cada tesis, puesto que las aguas residuales son aguas de mayor densidad, por la abundante materia orgánica que estas aguas contienen.

CONCLUSIONES

Los valores iniciales obtenidos de las aguas residuales domésticas de Soritor, para las características físicas y químicas antes de la aplicación del coagulante a base de semilla de tamarindo demuestran que dicha agua no es apta para uso, para cualquier fin, puesto que sus valores se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental. Los valores fueron: para el caso del efluente (primer punto): Turbidez 238.3 UNT, color 390.0 UPC, DQO 31.7 mg/L, mientras que en las aguas superficiales (segundo y tercer punto): Turbidez 211.7 UNT, color 386.7 UPC, DQO 44.3 mg/L.

El uso del coagulante a base de semilla de tamarindo natural logró remover sólidos coloidales referidos a turbidez en un 70.5% en las aguas del efluente y 71.8% en las aguas superficiales, y también se comprueba que reduce parámetros químicos como la demanda química de oxígeno en un 68.3% en las aguas del efluente y 76,0% en las aguas superficiales.

El nivel de concentración del coagulante a base de semilla de tamarindo, con el mayor grado de eficiencia en la remoción de la turbiedad, color y DQO del agua doméstica del distrito de Soritor es 5%.

Existe diferencia en los valores de las características físicas y químicas evaluadas en la presente investigación antes de la aplicación del coagulante a base de semilla de tamarindo en referencia a los valores después de la aplicación, a excepción del pH del agua.

El coagulante de semilla de tamarindo es eficiente respecto a la reducción de contenido de DQO en el agua, mientras que para el color del agua no reducen significativamente los valores, no lo suficiente para considerarlo apto para el riego de vegetales, en la turbidez si reduce valores considerables, demostrando que, en niveles de turbidez altos, presenta mayor eficiencia, que a niveles de turbidez bajos. Adicionalmente la utilización de semilla de tamarindo como coagulante resulta más económica en comparación a coagulantes que usualmente se utilizan, y técnicamente es factible en zonas rurales, ya que la elaboración es empírica y se necesita 10 a 12 semillas de tamarindo para tratar un litro de agua, lo cual permiten que el uso de este coagulante obtenga viabilidad para su aplicación en las plantas tratamiento de aguas superficiales para consumo humano en distrito de Soritor.

RECOMENDACIONES

Para estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, en futuros proyectos de investigación evaluar otros niveles de concentración de coagulante a base de semilla de tamarindo a fin de que todas las características físico y químicas de las aguas y logren disminuir por debajo de los límites establecidos.

Realizar estudios sobre el comportamiento del coagulante en otros parámetros como sólidos suspendidos totales (SST), turbiedad reposada, turbiedad agitada, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

Asimismo, para futuras investigaciones similares, tener en cuenta que el polvo de la semilla de tamarindo, solo se guarda por 10 días, luego de dicho periodo pierde sus propiedades, por ende, su eficacia. Es recomendable remojar las semillas para que se pueda separar la cáscara y obtener el cotiledón.

El Ministerio del Ambiente debe evaluar la posibilidad de establecer un valor referencial de la turbiedad de las aguas para considerarla como apta para el riego de vegetales, a fin de poder evaluar el cumplimiento de dicha característica física del agua.

Para futuros proyectos de tratamiento de aguas en el corto plazo para zonas rurales considerar el 5% de concentración de coagulante a base de semillas de tamarindo para lograr mayor eficiencia en la remoción de las características física y químicas del agua, teniendo en cuenta que el coagulante de tamarindo resulta como menores costos para el tratamiento de aguas residuales y aguas superficiales, respecto a los costos de coagulante metálicos, siendo viable su aplicación en el tratamiento de aguas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, Diofanor, TIRADO, Diego y GUZMÁN, Luis. *Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (Tamarindus indica L): influencia de la temperatura y la concentración.* Colombia : s.n., 2013. págs. 123 -124.

ALBOREDA, Jorge. *Teoria y practica de la purificacion de agua.* Colombia : Acondal, 1992. pág. 36. Vol. I.

ALVAREZ, Jorge. *Tratamiento de las aguas superficiales mediante el uso de semilla Moringa (Moringa oleífera) como coagulante organico en la cuenta baja del río Chillón.* Lima - Perú : Tesis (título profesional de ingeniería ambiental), 2017. Universidad César Vallejo.

ALVAREZ, Tania. *Uso de la semilla de tamarindo (Tamarindus indica) como coagulante orgánico en procesos de coagulación - floculación en el tratamiento de agua para potabilización.* Guatemala : Tesis (magister en ciencias de ingeniería sanitaria), 2016. Universidad de San Carlos de Guatemala.

ANDÍA , Yolanda. Tratamiento de agua : Coagulación y floculación. *web Sedapal.* [En línea] Abril de 2000. [Citado el: 19 de octubre de 2019.] Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154.

ARANQUE, Mariana. *Propuesta de diseno de un modulo de tratamiento de aguas residuales para pequeñas empresas de jugos cítricos en Bogotá.* Pontificia Universidad Javeriana. Colombia : Facultad de Ingeniería (carrera de ingeniería industrial), 2012. pág. 19.

ARIAS, Arnol; HERNÁNDEZ, José; CASTRO, Andrés; SAMCHEZ, Nazly. Tratamiento de aguas residuales de un sacrificio: Uso del polvo de las semillas de la *M. oleífera* como coagulante natural. Colombia : Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 2017. Vol. 1. ISSN 1909-9959.

BARBA, Luz. *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición.* Santiago de Cali : s.n., 2002.

CAMPOS, Jubisay; COLINA, Gilberto; FERNANDEZ, Nola; TORRES, Gabriel; OJEDA, Graciela. Caracterización del agente coagulante activo de las semillas de Moringa

oleífera mediante HPLC. [En línea] ResearchGate, 2003. [Citado el: 15 de Junio de 2020.] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/284704944_Caracterizacion_del_agente_coagulante_activo_en_las_semillas_de_M_oleifera_mediante_HPLC.

CUIDO EL AGUA. Cuido el agua. *cuidoelagua.org*. [En línea] 2009. [Citado el: 12 de Mayo de 2020.] Disponible en: <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales>.

DEL CARPIO, Leslie y DE CELIZ, Lizbeth. *Tratamiento físico químico y su posible reuso del agua residual proveniente del lavado de fibras proteicas para cumplir con los VMA*. Arequipa - Perú : Universidad nacional de San Agustín de Arequipa, 2019. pág. 35.

DIAZ, Elizabeth, ALVARADO, Alejandro y CAMACHO, karina. El Tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible. *Redalyc.org*. [En línea] 2012. [Citado el: 10 de setiembre de 2020.] Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005>.

DS N°031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. [En línea] 2011. Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf.

ESCAF, Juan. *Desarrollo de un modelo para la dosificación de cloro férrico en una planta de tratamiento primario químicamente asistida*. Bogotá : Universidad de los Andes, 2006.

ESPIGARES , Miguel y PEREZ, Jose. Aguas residuales: Composición. [En línea] 2013. [Citado el: 12 de Diciembre de 2019.] Disponible en: https://www.academia.edu/34231924/AGUAS_RESIDUALES_COMPOSICI%C3%93N.

Flordeguisate. Tamarindo (*Tamarindus indica*). [En línea] *Planta y jardines es.*, 2016. Disponible en: <https://www.plantasyjardines.es/el-tamarindo-tamarindus-indica/>.

GOLD, Kate, LOBOS, Pedro y WAY, Michael. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres. Chile : INIA, 2004.

GÓMEZ, Néstor. *Remoción de materia orgánica por coagulación - floculación*. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, Manizales : Trabajo de grado Monográfico (título de ingeniero químico), 2005. pág. 53.

GOYENOLA, Guillermo. Transparencia, color y turbidez. [En línea] Junio de 2007. [Citado el: 22 de Junio de 2020.] Disponible en: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/transparencia_color_%20turbidez.pdf.

GUADALUPE, Isidro. *Caracterización fisicoquímica de goma de semilla de tamarindo y su funcionalidad como estabilizante en emulsiones.* México. Chapingo : s.n., 2019. págs. 14-15.

GUARDIÁN, Roger y COTO, Juana. *Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (Tamarindus indica) en la coagulación-floculación de aguas residuales.* s.l. : Tecnología en marcha, 2011.

JARA, Sonia. *Uso del coagulante natural extraído de la semilla de tamarindo "Tamarindus indica L." para reducir sólidos coloidales en el laboratorio de las aguas del río Lurín, Lima - 2018.* Lima. Lurin : s.n., 2018. pág. 19.

KIRCHMER, Cliff, ARBOLEDA, Jorge y CASTRO, Maria. *Polímeros naturales y su aplicación como ayudante de floculación.* Lima, Perú : Centro Panamericano De Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 1975.

MALDONADO, Arnold. *Aplicación del clarificante de origen natural (almidón de yuca) para la remoción de la turbidez y color en aguas de consumo humano quebrada Juningullo.* San Martín. Moyobamba : Tesis (título profesional de ingeniería sanitaria), 2018. Moyobamba - Peru: Universidad Nacional de San Martín.

MATHEWS, Christopher, VAN HOLDE, K.E y AHERN, Kevin. *Bioquímica.* España : 3ra Addison Wesley, 2003, págs. 141-150.

MÉNDEZ, Angeles. *Turbidez la guía de química.* [En línea] 2011. [Citado el: 17 de Enero de 2018.] Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/propiedades/turbidez>.

MENDOZA, Javier. *Química aplicada a la Ingeniería Sanitaria.* s.l. : Universidad Mayor de San Andrés, 2015. <http://documents.mx/documents/cuestionario-quimica>.

MINAM - MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias.* [En línea] El Peruano, 2017. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.PDF>.

MUÑOZ, Cesar. Induambiente. *Floculación vital*. [En línea] noviembre-diciembre de 2019. [Citado el: 16 de Junio de 2020.] Disponible en: <https://www.induambiente.com/destacamos/floculacion-vital>.

NORMA OS.090. *Plantas de tratamiento de aguas residuales*. Lima - Perú : S1, Diario oficial El Peruano, 23 de mayo de 2006.

Nutrienda. Nutrienda. [En línea] 01 de enero de 2010. [https://blog.nutrienda.com/acido-aspartico/#:~:text=El%20%C3%A1cido%20asp%C3%A1rtico%20o%20su,is%C3%B3meros\)%3A%20D%20y%20L..](https://blog.nutrienda.com/acido-aspartico/#:~:text=El%20%C3%A1cido%20asp%C3%A1rtico%20o%20su,is%C3%B3meros)%3A%20D%20y%20L..)

OEFA. Fiscalización ambiental en aguas residuales. [En línea] 2012. [Citado el: 25 de Marzo de 2020.] Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.

ORTIZ, Alejandra y VARGAS, Paula. *Comparación de la capacidad coagulante del llantén planta mayor (sp) frente al coagulante convencional sulfato de aluminio en agua residual doméstica sintética*. Bogota. Colombia : Univerdad de La Salle, 2016.

RAMÍREZ, Hildebrando y JARAMILLO , Jhoan. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento de agua. Universidad Cooperativa Colombia *Agentes naturales como alternativa para el tratamiento de agua*. Colombia, Colombia : Neogranadina, 21 de Julio de 2015. Vol. 11, 2, pág. 136.

RAMIREZ, Javier. *Sílice activa como coadyuvante de la floculación en el tratamineto de agua*. 2006.

RESTREPO, Héran. *Evaluación del proceso de coagulación - floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Antioquia, Universidad Nacional de Colombia. Colombia - Medellín : s.n., 2009. pág. 12.

REYES, Bonelli y GUEVARA, Jhordin. *Obtención de almidón de plátano (Musa paradisiaca spp) modificado para el proceso de coagulación- floculación Moyobamba*. Moyobamba : Tesis (título profesional de ingeniería sanitaria), 2018. Moyobamba - Perú: Universidad Nacional de San Martín.

ROMERO, Jairo. *Calidad del agua*. Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 2009. Vol. 3ra edición. ISBN 978-9588060835.

ROSERO, Andrea. *Obtención y purificación de ácido glutámico a partir de hidrolizados de raquis de palma africana (Elaeus guineensis), por fermentación con la bacteria Corynebacterium glutamicum ATCC 13032.* Colombia : s.n., 2017.

SAAVEDRA, Mario. *Extracción y caracterización del aceite esencial de las semillas de tamarindo (Tamarindus indica), Lambayeque - 2014.* Lambayeque. Pimentel : s.n., 2016. págs. 10 - 21.

SAGARPA, SIAP. *Servicio de informacion agroalimentaria y pesquera.* 2014.

SALGADO, María. *Evaluación de las semillas de tamarindo (Tamarindus indica) en la remoción de la turbidez de aguas superficiales.* Sucre. Sincelejo - Colombia : Tesis (título profesional de ingeniero agroindustrial), 2018. pág. 24.

SAMANE, Julio. *Determinar la influencia de dos materias primas coagulantes en el alumnio residual del agua tratada del distrito de Pedro Ruiz Gallo.* Chachapoyas - Perú. Chachapoyas : Universidad Nacional "Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas", 2016. págs. 16 - 17.

SANGHI, Rashmi, BHATTACHARYA, Bani y SINGH, Vandana. *Cassia angustifolia seed gum as an effective natural coagulant for decolourisation of dye solutions.* s.l. : Indian Institute of Technology, Kanpur. India, 2002.

Santander, DM. *El diario montañes. El tamarindo.* [En línea] Editorial Cantabria S.A., Domingo de Febrero de 2017. Disponible en:<https://www.eldiariomontanes.es/planes/201702/26/tamarindo-20170226171335.html>.

VALDEZ, Enrique y VASQUEZ, Alba. *Ingeniería de los sistema de tratamiento y disposición de aguas residuales. Terminología empleada en el tratamiento de aguas residuales.* Mexico : Fundacion Ica, 2003, pág. 77.

VÁSQUEZ, Carlos; BATIS, Ana; ALCOCER, Maria; GUAL, Martha; SÁNCHEZ, Cristina. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación.* [ed.] Apdo. Postal 70 -275. PROYECTI J-084 - CONABIO. México : Universidad Nacional Autónoma de México, 1999.

YAN, Yin. *Uso emergente de coagulantes de origen vegetal para el tratamiento de aguas y aguas residuales.* Process Biochemistry : ScienceDirect, 2010. Vol. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>.

ANEXOS

Anexo A. Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS-QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	510		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDE)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminfos	Huevo/L	1	1	**

Anexo B. Límites máximos permisibles

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

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

Anexo C. Grado de eficiencia en los tratamientos de aguas a diferentes concentraciones (3%, 4%,5%)

Tabla 47

Concentraciones finales de los parámetros en los tres puntos de muestreo.

[CONCENTRACIÓN]		3%		4%		5%	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
TURBIEDAD	M1	300,0	145,0	185,0	60,3	230,0	67,9
	M2	315,2	101,0	315,2	63,3	352,6	69,5
	M3	114,7	50,9	79,5	61,3	93,4	56,2
COLOR	M1	460,0	307,1	345,0	226,3	385,0	209,2
	M2	430,0	279,2	480,0	264,2	445,0	230,8
	M3	325,0	208,3	310,0	239,6	330,0	243,8
PH	M1	7,8	7,7	6,8	6,8	6,9	6,8
	M2	7,4	7,3	6,7	6,6	7,5	7,4
	M3	7,7	7,6	7,0	6,9	7,3	7,2
DQO	M1	33,0	12,6	27,0	9,7	35,0	11,1
	M2	45,0	14,6	37,0	9,8	51,0	11,6
	M3	42,0	16,5	43,0	12,6	48,0	12,2

M1: aguas del efluente, M2 –M3: aguas superficiales

Tabla 48

Grado de eficiencia del tratamiento en la turbiedad de las aguas.

[CONCENTRACIÓN]		EFLUENTE	AGUAS SUPERFICIALES
3%	Inicial	300,0	215,0
	Final	145,0	75,9
	eficiencia	51,7%	64,7%
4%	Inicial	185,0	197,3
	Final	60,3	62,3
	Eficiencia	67,4%	68,4%
5%	Inicial	230,0	223,0
	Final	67,9	62,8
	Eficiencia	70,5%	71,8%

Tabla 49*Grado de eficiencia del tratamiento en el color de las aguas.*

[Concentración]		EFLUENTE	AGUAS SUPERFICIALES
3%	Inicial	460.0	377.5
	Final	307.1	243.8
	Eficiencia	33.2%	35.4%
4%	Inicial	345.0	395,0
	Final	226,3	252,9
	Eficiencia	34,4%	36,2%
5%	Inicial	385,0	387,5
	Final	209,0	237,0
	Eficiencia	45,7%	38,8%

Tabla 50*Grado de eficiencia del tratamiento en el pH de las aguas.*

[Concentración]		EFLUENTE	AGUAS SUPERFICIALES
3%	Inicial	7,8	7,5
	Final	7,7	7,4
	Eficiencia	1,5%	1,2%
4%	Inicial	6,8	6,8
	Final	6,8	6,7
	Eficiencia	1,2%	1,6%
5%	Inicial	6,9	7,4
	Final	6,8	7,3
	Eficiencia	1,3%	1,5%

Tabla 51*Grado de eficiencia del tratamiento en el DQO de las aguas.*

[CONCENTRACIÓN]		EFLUENTE	AGUAS SUPERFICIALES
3%	Inicial	33,0	43,5
	Final	12,6	15,5
	Eficiencia	61,9%	64,3%
4%	Inicial	27,0	40,0
	Final	9,7	11,2
	Eficiencia	64,2%	72,1%
5%	Inicial	35,0	49,5
	Final	11,0	11,9
	Eficiencia	68,3%	76,0%

Anexo D. Comparación de los resultados después del tratamiento fisicoquímico en las aguas, con la muestra testigo.

Tabla 52

Comparación de resultados obtenidos de la turbiedad a diferentes concentraciones en aguas del efluente.

[CONCENTRACIÓN]		TURBIDEZ
3%	Inicial	300,0
	Final	145,0
4%	Inicial	185,0
	Final	60,3
5%	Inicial	230,0
	Final	67,9

Tabla 53

Comparación de resultados obtenidos de la turbiedad a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.

CONCENTRACIÓN		TURBIDEZ
3%	Inicial	215,0
	Final	75,9
4%	Inicial	197,3
	Final	62,3
5%	Inicial	223,0
	Final	62,8

Tabla 54

Comparación de resultados obtenidos del color a diferentes concentraciones en aguas del efluente.

[CONCENTRACIÓN]		COLOR
3%	Inicial	460,0
	Final	307,1
4%	Inicial	345,0
	Final	226,3
5%	Inicial	385,0
	Final	209,2

Tabla 55

Comparación de resultados obtenidos del color a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.

CONCENTRACIÓN		COLOR	ECAS
3%	Inicial	377,5	
	Final	243,8	
4%	Inicial	395,0	100,0 UPC
	Final	251,9	
5%	Inicial	387,5	
	Final	237,3	

Tabla 56

Comparación de resultados obtenidos del pH a diferentes concentraciones en aguas del efluente.

CONCENTRACIÓN		pH	LMP
3%	Inicial	7,8	
	Final	7,7	
4%	Inicial	6,8	6,5 - 8,5
	Final	6,8	
5%	Inicial	6,9	
	Final	6,8	

Tabla 57

Comparación de resultados obtenidos del pH a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.

CONCENTRACIÓN		pH	ECAS
3%	Inicial	7,5	
	Final	7,4	
4%	Inicial	6,8	6,5 - 8,5
	Final	6,7	
5%	Inicial	7,4	
	Final	7,3	

Tabla 58

Comparación de resultados obtenidos del DQO a diferentes concentraciones en aguas del efluente.

CONCENTRACIÓN		DQO	LMP
3%	Inicial	33,0	
	Final	12,6	
4%	Inicial	27,0	200,0 mg/L
	Final	9,7	
5%	Inicial	35,0	
	Final	11,1	

Tabla 59

Comparación de resultados obtenidos del pH a diferentes concentraciones en las aguas superficiales.

CONCENTRACIÓN		DQO	ECAS
3%	Inicial	43,5	
	Final	15,5	
4%	Inicial	40,0	40 mg/L
	Final	11,2	
5%	Inicial	49,5	
	Final	11,9	

Anexo E. Concentraciones de coagulante a base semillas de tamarindo.

Para obtener 10000 ml de una solución al 3% de coagulante de la semilla de tamarindo, aplicamos la siguiente formula:

$$\%W = \text{WSTO} \times 100 / \text{WSTO} + \text{WSOL}$$

$$\%W = 30 \text{ gr tamarindo} \times 100 / (30\text{gr de tamarindo} + 970\text{gr agua})$$

$$\%W = 3\% \text{ coagulante de tamarindo}$$

Para obtener 10000 ml de una solución al 4% de coagulante de la semilla de tamarindo, aplicamos la siguiente formula:

$$\%W = \text{WSTO} \times 100 / \text{WSTO} + \text{WSOL}$$

$$\%W = 40 \text{ gr tamarindo} \times 100 / (40\text{gr de tamarindo} + 960\text{gr agua})$$

$$\%W = 4\% \text{ coagulante de tamarindo}$$

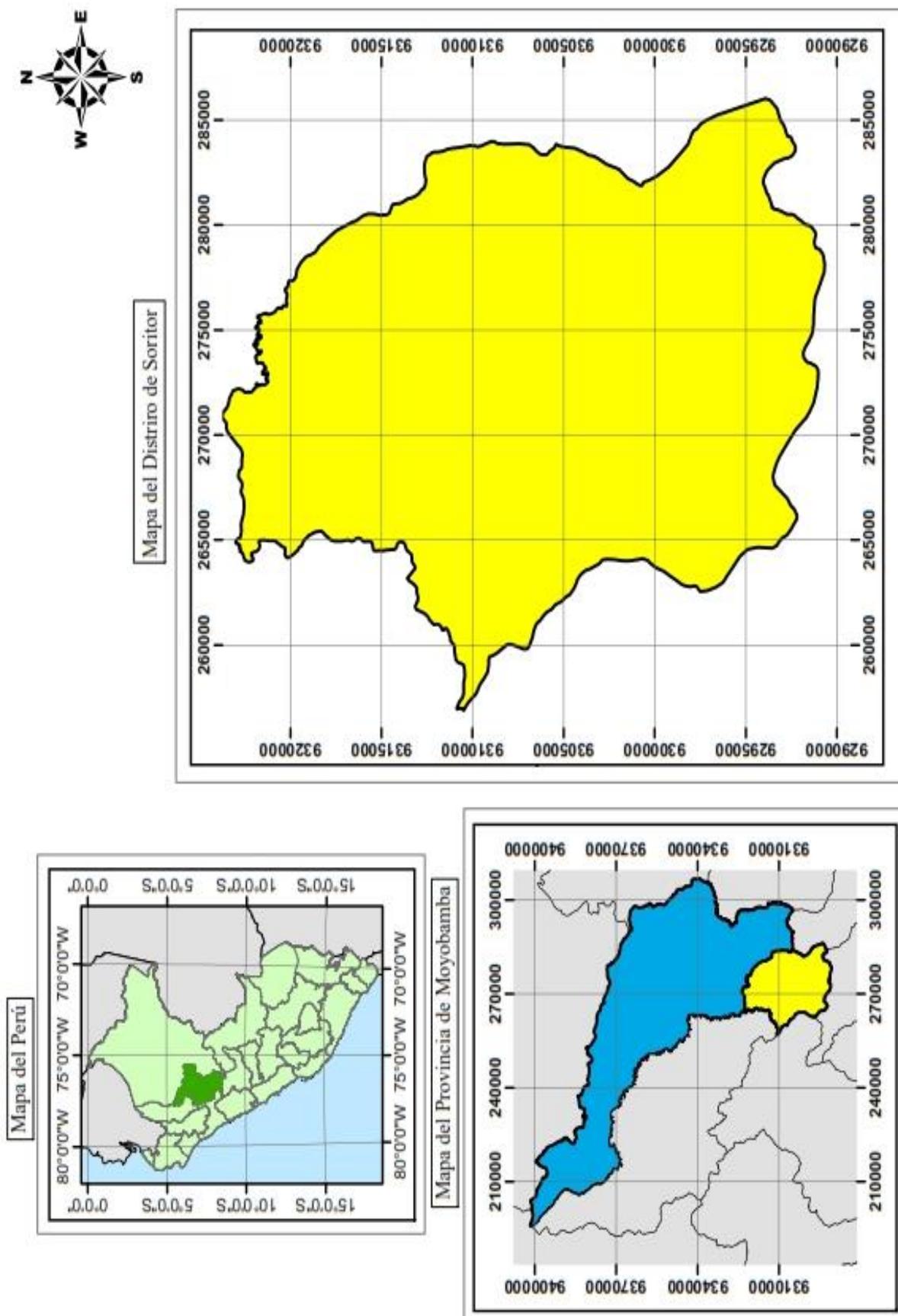
Para obtener 10000 ml de una solución al 5% de coagulante de la semilla de tamarindo, aplicamos la siguiente formula:

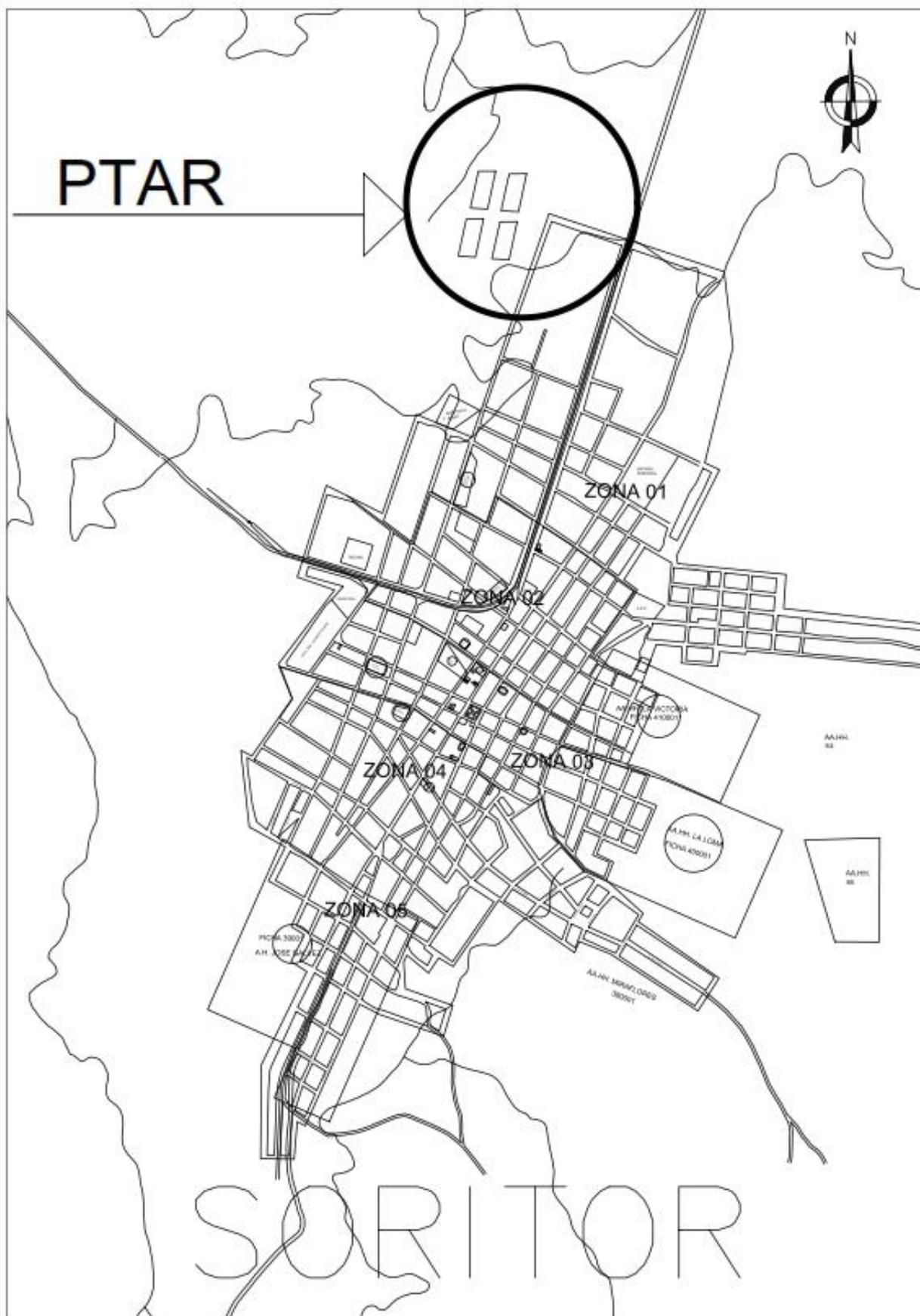
$$\%W = \text{WSTO} \times 100 / \text{WSTO} + \text{WSOL}$$

$$\%W = 50 \text{ gr tamarindo} \times 100 / (50\text{gr de tamarindo} + 950\text{gr agua})$$

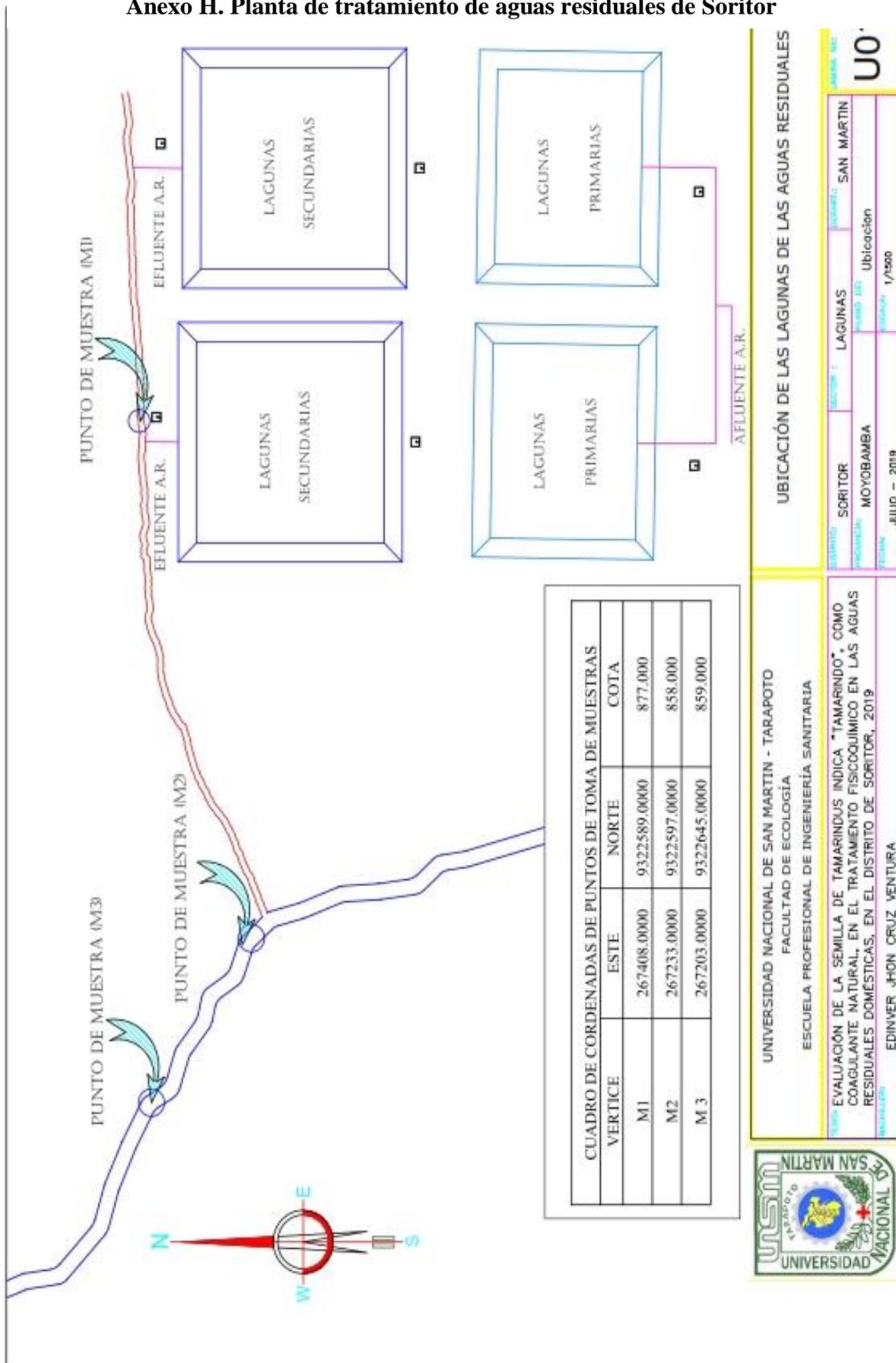
$$\%W = 5\% \text{ coagulante de tamarindo}$$

Anexo F. Mapa de ubicación de la investigación

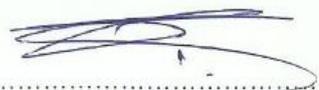


Anexo G. Croquis referencial de la planta de tratamiento en distrito de Soritor.

Anexo H. Planta de tratamiento de aguas residuales de Soritor



Anexo I. Registro de ingreso al laboratorio.

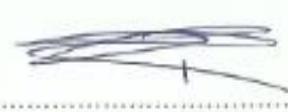
		<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO FACULTAD DE ECOLOGÍA</p> <p style="text-align: center;">"FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA EL USO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA"</p>	
<p>LABORATORIO: INGENIERÍA SANITARIA-UNSM-T</p>			
Responsable del laboratorio:	ING. M.Sc. ROJAS BARDALEZ ALFONSO		13 hasta el 17 de junio
Hora de entrada:	2 pm	Hora de salida:	8 pm
Nombre del egresado	CRUZ VENTURA EDINVER JHON		
N°	Operaciones a realizar	Tiempo estimado	Horas minutos
1	Pesado y cocina	sesenta minutos	60"
2	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"
3	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"
4	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"
5	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"
<p style="text-align: center;">Firma del Asesor (a)</p>  <p style="text-align: center;">..... Ing. MSc. Mirtha F. Valverde Vera</p>		<p style="text-align: center;">Firma del encargado del laboratorio</p>  <p style="text-align: center;">..... Ing. MSc. Alfonso Rojas Bardalez</p>	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA

"FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA EL USO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA"

LABORATORIO: INGENIERÍA SANITARIA-UNSM-T

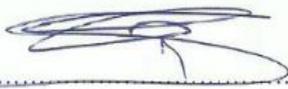
Responsable del laboratorio:	ING. M.Sc. ROJAS BARDALEZ ALFONSO		25 hasta el 27 de junio	
Hora de entrada:	2 pm	Hora de salida:	8 pm	
Nombre del egresado	CRUZ VENTURA EDINVER JHON			
N°	Operaciones a realizar	Tiempo estimado	Horas minutos	
1	Pesado y cocina	sesenta minutos	60"	
2	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"	
3	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"	
4	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"	
5	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"	
Firma del Asesor (a)		Firma del encargado del laboratorio		
 Ing. MSc. Mirtha F. Valverde Vera		 Ing. MSc. Alfonso Rojas Bardalez		



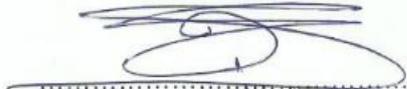
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA

"FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA EL USO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA"

LABORATORIO: INGENIERÍA SANITARIA-UNSM-T

Responsable del laboratorio:	ING. M.Sc. ROJAS BARDALEZ ALFONSO		01 hasta el 05 de julio	
Hora de entrada:	2 pm	Hora de salida:	8 pm	
Nombre del egresado	CRUZ VENTURA EDINVER JHON			
N°	Operaciones a realizar	Tiempo estimado	Horas minutos	
1	Pesado y cocina	sesenta minutos	60"	
2	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"	
3	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"	
4	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"	
5	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"	
Firma del Asesor (a)		Firma del encargado del laboratorio		
 Ing. MSc. Mirtha F. Valverde Vera		 Ing. MSc. Alfonso Rojas Bardalez		

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO FACULTAD DE ECOLOGÍA "FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA EL USO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA"		
LABORATORIO: INGENIERÍA SANITARIA-UNSM-T			
Responsable del laboratorio:	ING. M.Sc. ROJAS BARDALEZ ALFONSO		10 hasta el 12 de julio
Hora de entrada:	2 pm	Hora de salida:	8 pm
Nombre del egresado	CRUZ VENTURA EDINVER JHON		
N°	Operaciones a realizar	Tiempo estimado	Horas minutos
1	Pesado y cocina	sesenta minutos	60"
2	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"
3	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"
4	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"
5	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"
Firma del Asesor (a)  Ing. MSc. Mirtha F. Valverde Vera		Firma del encargado del laboratorio  Ing. MSc. Alfonso Rojas Bardalez	

		<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO FACULTAD DE ECOLOGÍA</p> <p style="text-align: center;">"FICHA DE REGISTRO DE DATOS PARA EL USO DEL LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA"</p>	
<p>LABORATORIO: INGENIERÍA SANITARIA-UNSM-T</p>			
Responsable del laboratorio:	ING. M.Sc. ROJAS BARDALEZ ALFONSO		16 hasta el 19 de julio
Hora de entrada:	2 pm	Hora de salida:	7:30 pm
Nombre del egresado	CRUZ VENTURA EDINVER JHON		
N°	Operaciones a realizar	Tiempo estimado	Horas minutos
1	Pesado y cocina mecánica	sesenta minutos	60"
2	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"
3	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"
4	Prueba de Jarras	Treinta minutos	30"
5	Medición de los parámetros	sesenta minutos	60"
<p style="text-align: center;">Firma del Asesor (a)</p>  <p style="text-align: center;">.....</p> <p style="text-align: center;">Ing. MSc. Mirtha F. Valverde Vera</p>		<p style="text-align: center;">Firma del encargado del laboratorio</p>  <p style="text-align: center;">.....</p> <p style="text-align: center;">Ing. MSc. Alfonso Rojas Bardalez</p>	

Anexo J. Panel fotográfico



Fotografía 1. Referenciando los puntos muestreo con GPS



Fotografía 2. Recojo de muestras



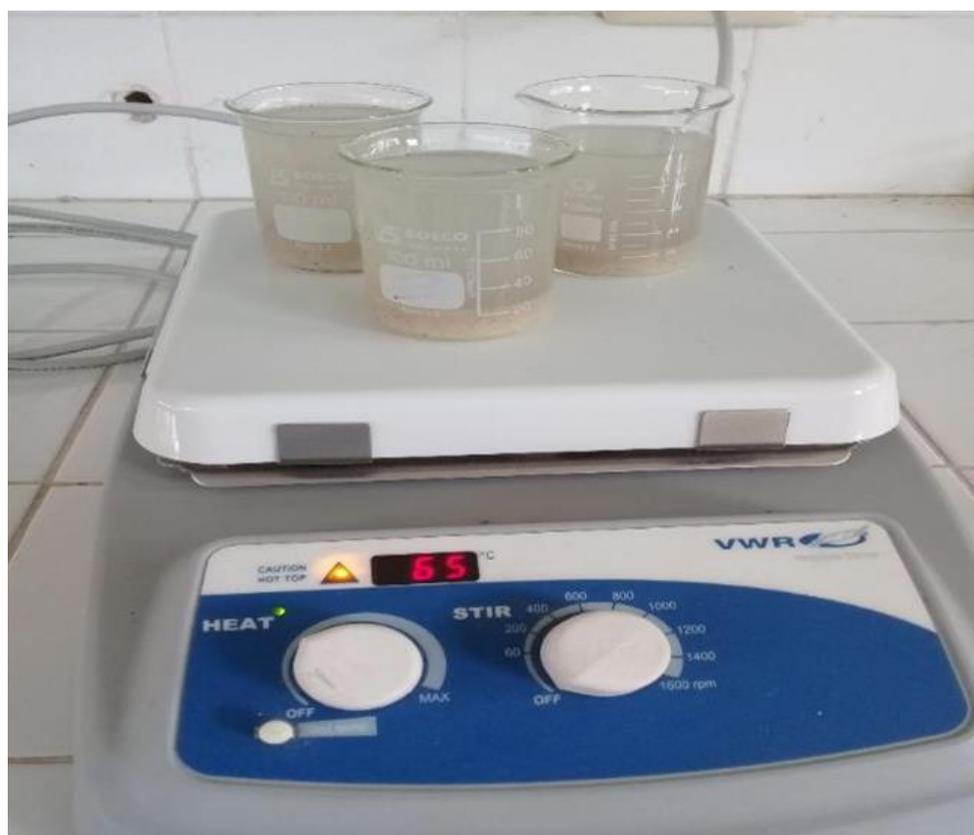
Fotografía 3. Semillas de tamarindo separado la pulpa de la cascara



Fotografía 4. Obtención del cotiledón de las semillas de tamarindo



Fotografía 5. Pesado del polvo de las semillas de tamarindo



Fotografía 6. Suspensión del polvo para la obtención del coagulante



Fotografía 7. Prueba de jarras para tratamiento



Fotografía 8. Medición de dosis de coagulante para los tratamientos



Fotografía 9. Medición de las concentraciones finales de turbiedad



Fotografía 10. Medición de las concentraciones finales del color



Fotografía 11. Medición de las concentraciones finales del DQO



Fotografía 12. Medición de las concentraciones finales de pH