

NOMBRE DEL TRABAJO

EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL OBTENIDO DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PARA EL TRATAMIENTO

AUTOR

PATRICIA GUADALUPE MEJIA ISIDRO

RECUENTO DE PALABRAS

15573 Words

RECUENTO DE CARACTERES

84501 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

76 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.0MB

FECHA DE ENTREGA

Apr 17, 2024 11:09 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Apr 17, 2024 11:11 AM GMT-5

● 22% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 22% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA
PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN
EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTELS
(Art. 45° de la ley N° 30220 – Ley)**

Autorización de la propiedad intelectual del autor para la publicación de tesis en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (<https://repositorio.unfels.edu.pe>), de conformidad con el Decreto Legislativo N° 822, sobre la Ley de los Derechos de Autor, Ley N° 30035 del Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, Art. 10° del Rgto. Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales en las universidades – RENATI Res. N° 084-2022-SUNEDU/CD, publicado en El Peruano el 16 de agosto de 2022; y la RCO N° 061-2023-UNTELS del 01 marzo 2023.

TIPO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

- 1). TESIS () 2). TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL (x)

DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: Mejia Isidro Patricia Guadalupe
D.N.I.: 74150644
Otro Documento:
Nacionalidad: Peruana
Teléfono: 991546048
e-mail: pmejiaisidro@gmail.com

DATOS ACADÉMICOS

Pregrado

Facultad: Facultad de Ingeniería y Gestión
Programa Académico: Trabajo de Suficiencia Profesional
Título Profesional otorgado: Ingeniero Ambiental

Postgrado

Universidad de Procedencia:
País:
Grado Académico otorgado:

Datos de trabajo de investigación

Título: "EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL OBTENIDO DE LA CÁSCARA DE PAPA (Solanum tuberosum) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"
Fecha de Sustentación: 02 de junio de 2019
Calificación: Aprobado con distinción
Año de Publicación: 2024



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente, autorizo la publicación del texto completo de la tesis, en el Repositorio Institucional de la UNTELS especificando los siguientes términos:

Marcar con una X su elección.

- 1) Usted otorga una licencia especial para publicación de obras en el REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.

Si autorizo No autorizo

- 2) Usted autoriza para que la obra sea puesta a disposición del público conservando los derechos de autor y para ello se elige el siguiente tipo de acceso.

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO ABIERTO 12.1(*)	info:eu-repo/semantics/openAccess (Para documentos en acceso abierto)	(x)

- 3) Si usted dispone de una **PATENTE** puede elegir el tipo de **ACCESO RESTRINGIDO** como derecho de autor y en el marco de confiabilidad dispuesto por los numerales 5.2 y 6.7 de la directiva N° 004-2016-CONCYTEC DEGC que regula el Repositorio Nacional Digital de CONCYTEC (Se colgará únicamente datos del autor y el resumen del trabajo de investigación).

Derechos de autor		
TIPO DE ACCESO	ATRIBUCIONES DE ACCESO	ELECCIÓN
ACCESO RESTRINGIDO	info:eu-repo/semantics/restrictedAccess (Para documentos restringidos)	()
	info:eu-repo/semantics/embargoedAccess (Para documentos con períodos de embargo. Se debe especificar las fechas de embargo)	()
	info:eu-repo/semantics/closedAccess (para documentos confidenciales)	()

(*) <http://renati.sunedu.gob.pe>



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

Rellene la siguiente información si su trabajo de investigación es de acceso restringido:

Atribuciones de acceso restringido:

Motivos de la elección del acceso restringido:

Mejia Isidro Patricia Guadalupe

APELLIDOS Y NOMBRES

74150644

DNI

Firma y huella:



Lima, 22 de DICIEMBRE del 20 23

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL OBTENIDO DE LA
CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PARA EL TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MEJIA ISIDRO, PATRICIA GUADALUPE

ORCID: 0009-0007-9195-8538

ASESOR

RUIZ HUAMAN, CARMEN MILAGROS

ORCID: 0000-0003-4844-2281

Villa El Salvador

2019



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA
OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

En Villa El Salvador siendo las 12:00 horas del día Domingo 02 de junio de 2019, se reunieron en el Aula B2-09, los Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente	: Dr. VILCHEZ OCHOA, GUILLERMO LORENZO	CIP N° 046448
Secretario	: Mg. ZUÑIGA FIESTAS, LUIS ALFREDO	CIP N° 140131
Vocal	: Mg. ARMAS BLANCAS, ALEX SEGUNDINO	CIP N° 042125

Designados con RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN N°270-2019-UNTELS-CO-V.ACAD-FIG, de fecha 12 de abril de 2019.

Se da inició al Acto Público de Sustentación y Evaluación del Trabajo de Suficiencia Profesional, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental, bajo la modalidad de Trabajo de Suficiencia Profesional. (Resolución de Comisión Organizadora N° 275-2017-UNTELS de fecha 12 de diciembre de 2017, en la cual se APRUEBA el Reglamento de la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur – UNTELS; siendo que el Art. 4° del precitado Reglamento establece que: “El trabajo de Suficiencia Profesional consiste en la presentación, sustentación y aprobación de un Proyecto que permite demostrar el logro de las competencias adquiridas en el desarrollo de los estudios de pregrado que califican para el ejercicio de la profesión correspondiente. La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realiza en un acto académico público”, en el cual;

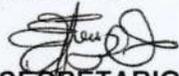
El bachiller: **MEJIA ISIDRO, PATRICIA GUADALUPE**

Sustentó su Trabajo de Suficiencia Profesional: EFICIENCIA DEL COAGULANTE NATURAL OBTENIDO DE LA CÁSCARA DE PAPA (*Solanum tuberosum*) PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Concluida la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición: *Aprobado con Distinción* con nota *17*
Equivalente: *Muy Bueno* De acuerdo al Art. 74° del Reglamento General para el Otorgamiento de Grado Académico y Título Profesional de la UNTELS vigente.

Siendo las *11:47 am* del día Domingo 02 de junio de 2019, se dio por concluido el acto de sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional, firmando la presente Acta los miembros del Jurado.


SECRETARIO
LUIS ALFREDO
ZUÑIGA FIESTAS
INGENIERO INDUSTRIAL
Reg. CIP N° 140131


PRESIDENTE


VOCAL
ALEX SEGUNDINO ARMAS BLANCAS
INGENIERO AGRICOLA
Reg. CIP N° 042125

Nota: Art. 17°.- La sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional se realiza en un acto público. De faltar algún miembro del Jurado, la sustentación procederá con los dos integrantes presentes. En caso de ausencia del Presidente del Jurado asumirá la presidencia el docente de mayor categoría. En caso de ausencia de dos o más miembros del jurado, la sustentación será reprogramada para el día hábil siguiente.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a mi madre por su apoyo incondicional, por darme las fuerzas y el coraje para salir adelante. Por acompañarme en los buenos y malos momentos, y por cada una de sus palabras que me impulsaron a ser una profesional.

A mi Padrino, por ser mi guía y más que un padre para mí. Por la confianza y el apoyo que siempre me brindaste en cada una de mis decisiones.

A mis hermanos y sobrinos, por su cariño y animarme constantemente para culminar esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por protegerme, cuidarme y darme fuerzas para superar todos los obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi asesora Carmen Ruiz por su paciencia y apoyo durante el desarrollo del proyecto de investigación.

Al profesor Juan Carlos Oruna Lara por su apoyo en el desarrollo del análisis estadístico del presente proyecto de investigación.

A la Srta. Jenny Benites y Jocelyn Gallardo, por las facilidades y el apoyo que me brindaron en los laboratorios de la UNTELS para hacer posible este proyecto.

A mis amigos, compañeros que siempre me apoyaron.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE.....	iv
LISTADO DE FIGURAS.....	vii
LISTADO DE TABLAS	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	2
1.2 Justificación del Problema	3
1.3 Delimitación del Proyecto.....	3
1.3.1 Teórica	3
1.3.2 Temporal	4
1.3.3 Espacial	4
1.4 Formulación del Problema	4
1.4.1 Problema General.....	4
1.4.2 Problema Específico	4
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo General.....	4
1.5.2 Objetivo Especifico	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes	6
2.2 Bases Teóricas	10
2.2.1 Marco Normativo	10
2.2.2 Papa	11
2.2.1.1 Cáscara de papa	12
2.2.1.2 Almidón de la papa.....	12
2.2.3 Aguas Residuales	12
2.2.3.1 Parámetros fisicoquímicos de las Aguas Residuales.....	13
2.2.3.2 Clases de Aguas Residuales	14
2.2.4 Coloides	15
2.2.5 Coagulación.....	15
2.2.5.1 Clases de coagulantes	16
2.2.5.2 Factores que influyen en la coagulación:	17

2.2.6 Floculación	18
2.2.6.1 Tipos de floculación	18
2.2.6.2 Factores que influyen en la floculación	18
2.2.7 Sedimentación	18
2.2.8 Prueba de jarras	19
2.1 Definición de términos básicos.....	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	21
3.1 Lugar de ejecución.....	21
3.2 Recursos a emplear	21
3.3 Variables.....	22
3.3.1 Operacionalización de las variables	22
3.4 Población y muestra	22
3.5 Procedimientos	23
3.5.1 Toma de muestra de agua residual doméstica	23
3.5.2 Obtención del coagulante en polvo	25
3.5.3 Caracterización del coagulante en polvo	27
3.5.4 Preparación de la solución coagulante	29
3.5.5 Caracterización de la solución coagulante	30
3.5.6 Evaluación del poder coagulante	31
3.6 Diseño experimental	34
3.7 Resultados.....	36
3.7.1 Resultados del proceso de extracción	36
3.7.2 Resultados de la caracterización del coagulante en polvo	37
3.7.3 Resultados finales del tratamiento recibido para alta y baja turbidez	38
3.7.3.1 Resultados finales para muestra de agua con alta turbidez: Parámetro turbidez.....	38
3.7.3.2 Resultados finales para muestra de agua con alta turbidez: Parámetro pH.....	40
3.7.3.3 Resultados finales para muestra de agua con baja turbidez: Parámetro Turbidez.....	42
3.7.3.4 Resultados finales para muestra de agua con baja turbidez: Parámetro pH.....	44
3.7.4 Análisis Estadístico	45
3.7.4.1 Muestra de agua con alta turbidez.....	46
3.7.4.2 Muestra de agua con baja turbidez.....	49
3.7.5 Escalamiento a nivel de planta piloto	51

DISCUSIÓN DE RESULTADOS	54
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	59
ANEXOS.....	64
Anexo 1. Solicitud para realizar tomas de muestra de agua - PTAR situada en la Av. Juan Velasco Alvarado con la Av. Pastor Sevilla	64
Anexo 2. Toma de muestra de agua residual.....	65
Anexo 3. Mediciones de los parámetros fisicoquímicos: Turbidez y pH	66
Anexo 4. Resultado de la muestra de agua con alta turbidez.....	68
Anexo 5. Resultado de la muestra de agua con baja turbidez.....	68

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Papa variedad canchán.....	11
Figura 2. Flujograma de los procedimientos para la obtención del coagulante en polvo	25
Figura 3. Cáscara de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) recolectadas	25
Figura 4. Cáscaras de papa recolectadas en la estufa.....	26
Figura 5. Tamizado de la cáscara de papa	26
Figura 6. Determinación de humedad	28
Figura 7. Determinación de cenizas	29
Figura 8. Preparación de la solución coagulante.....	30
Figura 9. Medición del pH y turbidez de la solución coagulante	30
Figura 10. Prueba de jarras.....	32
Figura 11. Inyección de la dosis del coagulante	34
Figura 12. Dosis óptima para muestra de agua con alta turbidez	39
Figura 13. Diagrama de Control - Dosis óptima para muestra de agua con alta turbidez	39
Figura 14. Evaluación del pH para muestra de agua con alta turbidez	41
Figura 15. Diagrama de Control - Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez	41
Figura 16. Dosis óptima para muestra de agua con baja turbidez	42
Figura 17. Diagrama de Control - Dosis óptima para muestra de agua con baja turbidez	43
Figura 18. Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez	44
Figura 19. Diagrama de Control - Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez	45
Figura 20. Gráfica de intervalos de Turbidez final vs Dosis – Alta turbidez	48
Figura 21. Gráfica de intervalos de Turbidez final vs Dosis – Baja turbidez	51
Figura 22. Solicitud para realizar tomas de muestra de agua	64
Figura 23. PTAR de Villa El Salvador situada en la Av. Juan Velasco Alvarado con la Av. Pastor Sevilla	65
Figura 24. Toma de muestra de agua residual con baja turbidez	65
Figura 25. Toma de muestra de agua residual con alta turbidez	66
Figura 26. Medición del pH en agua residual	66
Figura 27. Medición de la turbidez en agua residual	67

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Variables del diseño experimental.....	22
Tabla 2. Muestra de agua (alta turbidez) de la PTAR de Juan Velasco Alvarado cruce con Av. Pastor Sevilla.....	24
Tabla 3. Muestra de agua (baja turbidez) de la PTAR de Juan Velasco Alvarado cruce con Av. Pastor Sevilla.....	24
Tabla 4. Caracterización de la solución coagulante	31
Tabla 5. Programación del equipo de la prueba de jarras.	33
Tabla 6. Rango de precisión de los experimentos	35
Tabla 7. Factores del diseño experimental	36
Tabla 8. Variables de respuesta	36
Tabla 9. Dosis óptima para muestra de agua con alta turbidez	38
Tabla 10. Evaluación del pH para muestra de agua con alta turbidez	40
Tabla 11. Dosis óptima para muestra de agua con baja turbidez	42
Tabla 12. Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez	44
Tabla 13. Cotización de precios	51
Tabla 14. Costos a escala de planta piloto	53
Tabla 15. Resultado del tratamiento de la muestra de agua con alta turbidez.....	68
Tabla 16. Resultado del tratamiento de la muestra de agua con baja turbidez.....	68

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas servidas, constituye un factor importante en la protección de la salud pública y del medio ambiente, puesto que la volcadura de aguas residuales sin tratamiento previo en un cuerpo receptor, es una fuente de contaminación. (Fondo Nacional del Ambiente, 2009)

Una etapa muy importante en la descontaminación del agua es la clarificación, un proceso físico – químico, cuyo objetivo es eliminar las partículas que enturbian el agua, es decir, los sólidos en suspensión, precipitándolos en forma de lodos. (NIHON KASETSU CO., 2019)

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad evaluar la eficiencia del coagulante natural obtenido de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) como una alternativa de solución para la remoción de la turbidez en aguas residuales de alta y baja turbidez.

La presente consiste en la obtención del coagulante natural a partir de los residuos de la cáscara de papa que fueron recolectados del cafetín de la UNTELS, una vez realizado el procedimiento adecuado para obtener el coagulante en polvo, se prepara la solución coagulante la cual se agregará en seis dosis diferentes (10, 25, 50, 100, 250, 500 mg/L) por cada recipiente del equipo de prueba de jarras, una vez obtenido los resultados se determinará la dosis óptima para los dos tratamientos evaluados en las aguas residuales de la PTAR de Villa El Salvador situada en la Av. Juan Velasco Alvarado con la Av. Pastor Sevilla, así como también evaluar la variación de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua (turbidez y pH) permitiendo demostrar su eficacia en la clarificación del agua residual de la PTAR.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

En los últimos años, el incremento de la población mundial ha exigido una gran demanda en la potabilización del agua, uno de los problemas con mayor preocupación debido a su agotamiento y a los diferentes vertimientos de efluentes que se realizan sin un adecuado tratamiento previo, incumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental que exige la normatividad.

Por ello, es muy importante que las aguas residuales provenientes de diferentes sectores se sometan a recibir un tratamiento adecuado antes de su vertimiento, ante esta situación se busca nuevas alternativas de tratamientos de aguas que sean eficientes, económicas y amigables con el medio ambiente, de tal forma que cumplan los estándares establecidos para su posterior uso.

Una de las alternativas para el tratamiento de aguas es aplicar un proceso de clarificación cuya finalidad es eliminar las partículas que enturbian el agua, siendo un indicativo que demuestra su grado de contaminación la turbidez. Dicho proceso es considerado uno de los más relevantes en el tratamiento, tal es el caso que se le ha dado la importancia a diferentes coagulantes utilizados como son las sales de sulfato de aluminio, cloruro férrico, etc. Hoy en día, son ampliamente aplicados para tratamiento de aguas municipales y aguas residuales.

Sin embargo, estos coagulantes químicos son muy efectivos y pueden ser la solución al tratamiento de aguas, pero también presentan inconvenientes como el cambio del pH, costo de adquisición, generación de grandes volúmenes de lodo. Tal es el caso, que si no son usados adecuadamente en el proceso pueden dejar residuos que afecten el cuerpo de agua, poniendo en riesgo a las personas, plantas y animales.

Es por ello que en la búsqueda de aplicar nuevas tecnologías que no perjudiquen al medio ambiente, se encontraron los coagulantes naturales que pueden ser obtenidos a partir de algunas semillas, plantas y tubérculos, algunos

estudios revelan un alto grado de efectividad en la clarificación de las aguas para consumo humano, además que son accesibles para su obtención.

Con la finalidad de hacer frente a esta problemática, se plantea realizar un tratamiento a las aguas residuales de la PTAR de Villa El Salvador situada en la Av. Juan Velasco Alvarado cruce con la Av. Pastor Sevilla, y de esta manera mejorar la calidad de estas aguas y darle otro tipo de uso, como la utilización de las aguas para el riego de áreas verdes.

Para realizar este tratamiento se pretende aplicar el coagulante natural obtenido de la cáscara de papa, siendo la cáscara de papa un residuo que puede ser recolectado de diferentes puestos de comida rápida. De esta forma, se contribuiría con la aplicación de una técnica amigable con el medio ambiente.

1.2 Justificación del Problema

La contaminación en el ambiente sobre todo en un recurso muy importante como el agua ha ocasionado daños graves e incluso irreversibles, tal es el caso que con el paso del tiempo se buscan alternativas que puedan tratar los efluentes generados de distintas actividades económicas, y que estas puedan ser reusadas como para el riego de los parques, bebida para animales, para su reúso en uno de los procesos de una actividad económica, potabilizadas para el consumo humano, o su vertimiento al mar o las alcantarillados cumpliendo con los Estándares de Calidad Ambiental.

Debido a que las aguas residuales que se encuentran en la PTAR de Villa El Salvador situada en la Av. Juan Velasco Alvarado cruce con la Av. Pastor Sevilla presentan un alto y bajo nivel de turbidez, se pretende proponer el uso de coagulantes naturales de fácil acceso de obtención, rentables y de alto grado de efectividad en la remoción de este parámetro fisicoquímico que es la turbidez y evaluar su variación en el pH.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1 Teórica

El presente trabajo de investigación se enfocó principalmente en la obtención del coagulante natural de la cascara de papa y su evaluación en la remoción de

la turbidez en aguas residuales a la concentración del 1%. Teniendo como precedente distintas investigaciones que abarcan desde el año 2010, donde se obtiene el coagulante natural tanto del almidón como de la cáscara de papa.

1.3.2 Temporal

Comprende el período de Enero a Junio del 2019.

1.3.3 Espacial

El desarrollo de la metodología del Trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Química Ambiental, Biología y Edafología de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS). La materia prima de la cáscara de papa es procedente del cafetín que se encuentra dentro de la UNTELS.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

- ✓ ¿Cuál es la eficiencia del coagulante natural obtenido de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para el tratamiento de aguas residuales domésticas?

1.4.2 Problema Específico

- ✓ ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica del coagulante natural obtenido de la cáscara de papa?
- ✓ ¿Cuál es la dosis óptima de la cáscara de papa en la remoción de la alta y baja turbidez para el tratamiento de las aguas residuales domésticas?
- ✓ ¿Cuál es el porcentaje de remoción de la alta y baja turbidez en el tratamiento de aguas residuales domésticas?
- ✓ ¿Cuál es la variación del pH final al aplicar el coagulante natural de la cáscara de papa durante el tratamiento de las aguas residuales domésticas?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- ✓ Determinar la eficiencia del coagulante natural obtenido de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para el tratamiento de aguas residuales

domésticas.

1.5.2 Objetivo Especifico

- ✓ Determinar la caracterización fisicoquímica de la cáscara de papa.
- ✓ Establecer la dosis óptima de la cáscara de papa en la remoción de la alta y baja turbidez para el tratamiento de aguas residuales domésticas.
- ✓ Calcular el porcentaje de remoción de la alta y baja turbidez en el tratamiento de las aguas residuales.
- ✓ Conocer la variación del pH final al aplicar el coagulante natural obtenido de la cáscara de papa durante el tratamiento de las aguas residuales domésticas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Broncano, Lizeth y Rosario Nancy (2017), desarrollaron la tesis titulada “Eficiencia del *Tropaeolum tuberosum* y la cascara de *Solanum tuberosum* como coagulante para la remoción de turbiedad, color y solidos disueltos, en el río Lullán, provincia de Caraz, Ancash – 2016”, el cual tuvo por objetivo determinar la eficiencia que tiene un polvo obtenido a partir del almidón de mashua y la cáscara de papa, que fueron sometidos a cambios físicos usando operaciones unitarias como remoción de cutícula, secado, triturado, tamizado y extracción. Para evaluar su eficiencia con las aguas del rio Lullán, se sometieron a ensayos de jarras, determinándose la dosis, concentración y pH óptimo de la solución, evaluando su turbiedad. Concluyéndose que solo hay remoción de turbiedad, mientras que el color no se identificó por el valor mínimo de detección que tiene el equipo de laboratorio, respecto a los sólidos disueltos totales este parámetro tendió a aumentar después del tratamiento. Las mediciones finales permitieron identificar la remoción de turbidez en porcentajes significativos, además se compararon los Límites Máximos Permisibles (LMP).

Díaz, José (2014), desarrolló la tesis de maestría titulada “Coagulantes – floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas”, el cual tuvo por objetivo evaluar la eficacia de coagulantes y floculantes a partir de la chatarra metálica y plantas de moringa, caulote, yuca, papa y el mucílago de la casulla de café, los cuales se pusieron a prueba a nivel laboratorio para clarificar agua de consumo humano, aguas negras e industriales. Para demostrar su efectividad se realizaron mediciones de turbidez, pH y oxígeno disuelto. Se concluyó que el coagulante – floculante natural más efectivo es el caulote y el coagulante – floculante de chatarra metálica es el aluminio, logrando clarificar el agua contaminada en un 100%, presentando parámetros normales de turbidez y oxígeno disuelto.

Chalco, Manuel (2016), desarrolló la tesis titulada “Determinación de la eficiencia del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) como auxiliar de

coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río Caplina”, el cual tuvo por objetivo la remoción de tres niveles de turbidez (70 NTU, 500 NTU y 900 NTU) en el agua del río Caplina. El almidón de la papa se obtuvo a partir de la variedad Canchan, para la solución madre se usaron 10 g de almidón y 1000 mL de agua destilada, que vendría ser la solución al 1% de concentración, para el sulfato de aluminio se usaron las mismas cantidades para la preparación de la solución madre. Para llevar a cabo el proceso de coagulación – floculación se usó el equipo de prueba de jarras, para determinar la dosis óptima del sulfato de aluminio para luego ser mezclado con dosis decrecientes de almidón de papa. Como resultados se obtuvieron que la dosis óptima para 70 NTU es de 40 mg/L de sulfato de aluminio y 12 mg/L de almidón, para 500 NTU es de 120 mg/L de sulfato de aluminio y 8 mg/L de almidón y para 900 NTU es de 140 mg/l de sulfato de aluminio y 7 mg/L de almidón de papa.

Paca, Flor (2017), desarrolló la tesis titulada “Evaluación de residuos vegetales de papa, yuca, camote y plátano, como coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales procedentes de la Industria láctea”, tiene como objetivo evaluar los residuos vegetales de papa, yuca, camote y plátano como coagulantes naturales, tales residuos fueron deshidratados y molidos, los cuales se caracterizaron para evaluar la humedad, ceniza, proteína, fibra, carbohidratos digeribles y grasa. El presente estudio se realizó en dos etapas: En la primera se determinó la dosis óptima y el coagulante con mayor potencial, se utilizaron diluciones al 2 y 10% en agua. Como resultado se obtuvo que el residuo de plátano presentó resultados superiores a comparación de los demás residuos, en términos de los parámetros pH, turbiedad, color, SST, ST. En la segunda etapa se potenció el poder coagulante del plátano, variando el pH con ayuda de un coadyuvante de floculación, los resultados mostraron mejor acción del coagulante en un medio ácido, con una remoción de 98% de la turbiedad, 82% del color, 99% de los SST, 84% de ST. Además, se añadieron los siguientes parámetros y como resultado se obtuvo la remoción de 76% DBO₅, 54% DQO y 95% de aceites y grasas.

Chama, Jenni (2016), desarrolló la tesis titulada “Evaluación del poder coagulante del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) var. Única y el policloruro

de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la Planta de Tratamiento Samegua, Moquegua 2016”, tiene como objetivo evaluar el poder coagulante del almidón de papa que se obtuvo utilizando operaciones de triturado, filtrado, sedimentado, secado y tamizado. Para su evaluación en la remoción de la turbidez se realizó un diseño experimental realizando nueve mezclas, como resultado se pudo establecer que la concentración óptima del almidón de papa es 133 mg/L, removiendo la turbidez de 6,3 NTU y la concentración de policloruro de aluminio es de 2 072 mg/L, logrando remover la turbidez de 9,1 NTU. Sin embargo, los resultados de las mezclas optimas tanto del almidón de papa como el policloruro de aluminio, logran remover la turbidez de 7,8 NTU. Concluyéndose que la combinación de ambos, da mejores resultados en la remoción de turbidez al ingreso de las aguas a la planta de tratamiento Samegua.

Ludyng, Alvarado (2011), desarrolló el artículo titulado “Uso de las Cáscaras de Papa como Coagulante Natural en el Tratamiento de Aguas Potables de la Planta La Diana”. Tiene como objetivo la evaluación de las mezclas de cáscara de papa y sulfato de aluminio en la clarificación de una muestra de agua del río Cane y la quebrada colorada. Para ello se hizo uso de la prueba de jarras para determinar la dosis optima del sulfato de aluminio en los tres recipientes con concentraciones de 2.4, 3.2, y 4 mg/L. Teniendo como base la concentración óptima del sulfato de aluminio comercial que fue de 8 mg/L, se prepararon las mezclas cáscara de papa: sulfato en concentraciones de 25%, 50% y 100%. Los resultados indican que la mayor reducción de color se obtuvo con 2.5 g de cáscaras de papa, mientras que la remoción de turbiedad fue igual en todos los tratamientos.

Carrasquero, Sedolfo (2016), desarrolló la revista titulada “Efectividad de coagulantes obtenidos de residuos de papa (*Solanum tuberosum*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en la clarificación de aguas”, que tiene como objetivo evaluar la eficiencia de estos dos coagulantes en la remoción de la turbidez y color durante el tratamiento de aguas de baja, media y alta turbidez. Para ello se prepararon soluciones turbias sintéticas de 10, 15, 25, 75, 100 y 200 UNT. Se utilizó el equipo de prueba de jarras para determinar las dosis óptimas de las soluciones preparadas utilizando dosis de 10, 25, 50, 100, 250 y 500 mg/L para

cada valor de turbidez inicial. Como resultados se obtuvo remociones de turbidez utilizando las soluciones coagulantes de cáscaras de papa y residuos de plátano que fueron de 99,6% y 99,5% en agua de 200 UNT con dosis de 50 y 25 mg/L respectivamente. Concluyéndose que las soluciones preparadas pueden ser utilizadas como coagulante en el tratamiento de aguas.

Rivera, Roger (2017), desarrolló la tesis titulada “Eficiencia de coagulante natural obtenidos de yuca (*Manihot esculenta*) y plátano (*Musa paradisiaca*) para remover turbidez y *Escherichia coli* del riachuelo Santa Perené Chanchamayo”. Que tiene como objetivo evaluar la eficiencia de dos coagulantes, para su obtención se realizó una trituration, sedimentación. Para evaluar el comportamiento de cada coagulante, se puso a prueba haciendo uso del equipo de prueba de jarras en dos tratamientos. Para la dosis de almidón de yuca se aplicó el siguiente tratamiento 3, 8, 12, 16, 20 y 30 mg/L y las concentraciones con el agua de plátano: 65, 90, 110, 130, 140 y 150 ml/L. Concluyéndose que el uso del almidón de yuca presente bajo porcentaje de turbidez y E. coli, mientras que el coagulante de plátano removió 27,42% de turbiedad y 98.89% de E. coli con dosis de 130 ml/L.

López, Malena (2018), desarrolló la tesis titulada “Evaluación del uso de la cactácea *Opuntia ficus – indica* como coagulante natural para el tratamiento de aguas” que tiene como objetivo evaluar la remoción de turbidez para el tratamiento de aguas. Para determinar la dosis óptima en muestra de agua de turbidez inicial 20, 50, 100, 300, 500 UNT se evaluó con diferentes dosis y una concentración del coagulante al 1%. La dosis con mayor remoción de turbiedad se seleccionó como óptima y a partir de esta se evalúan a diferentes concentraciones, para obtener la más óptima. Concluyéndose que la dosis óptima del coagulante natural estuvo en el rango de 30 y 90 mg/L y la concentración óptima en un rango de 0.5% y 2%, además se identificó que a mayor nivel de turbidez disminuye la concentración del coagulante natural. Además, el porcentaje de remoción de turbidez fue menor a comparación del coagulante químico sulfato de aluminio, alcanzando porcentajes superiores, a pesar de tener un buen porcentaje de remoción se observó un incremento de los valores de conductividad y disminución de pH, mientras que en la remoción del color no fue eficiente con el coagulante natural.

Minaya, Roy (2018), desarrolló la tesis titulada “Eficacia de los coagulantes *Linum usitatissimum* y *Salvia hispánica* en la remoción de sedimentos de las aguas residuales de la avícola San Fernando S. A. C. para el uso de riego categoría 3”, que tiene como objetivo evaluar la eficacia de estos coagulantes naturales en la remoción de sedimentos. Para ello se utilizó la prueba de jarras aplicando 3 dosis (5 gr, 15 gr, 20 gr) para ambos casos, como resultados se obtuvo que la dosis más óptima fue la de 5 gr que fue diluida en 100 ml de agua destilada, debido a que si se adiciona más dosis de coagulante tiende a no formarse los flóculos y remueve los sedimentos. Por último, la *Salvia hispánica* presentó un porcentaje de remoción del 75% mientras que el *Linum usitatissimum* un 67%.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Marco Normativo

LEY DE LOS RECURSOS HÍDRICOS N° 29338: Ley que tiene por finalidad el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos, así como también regular el uso y gestión integrada del agua, comprende el agua superficial, subterránea y continental.

DECRETO SUPREMO N° 003-2010 - MINAM. Artículo 1° Aprueban los límites máximos permisibles (LMP) para los efluentes procedentes del tratamiento de aguas residuales municipales domésticas o municipales (PTAR).

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) par Agua y Establecen Disposiciones Complementarias: Los estándares de la calidad del agua es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Norma Técnica Ecuatoriana - INEN 518 (Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento): Esta norma establece el

método para determinar el contenido de humedad y otras materias volátiles en las harinas de origen vegetal.

Norma Técnica Ecuatoriana - INEN 520 (Harina de origen vegetal. Determinación de la ceniza): Esta norma describe el método para determinar el contenido de cenizas en las harinas de origen vegetal.

2.2.2 Papa

La papa (*Solanum tuberosum*) es un tubérculo procedente de los Andes y uno de los cultivos más importantes en la región interandina. “La papa pertenece a la familia de las floríferas de las solanáceas, del género *solanum*, especie *tuberosum*” (CIP, 2008, p. 13).

“La papa es un alimento muy nutritivo que desempeña funciones energéticas debido a su alto contenido en almidón, así como funciones reguladoras del organismo por su elevado contenido en vitaminas, minerales y fibra” (Suquilanda, 2012, p. 3).

“El nombre latino de la papa *Solanum tuberosum*, fue dado por el Botánico Gaspar Bauhin en el año 1956” (Programa de Investigaciones y Proyección Social en Papa - LA MOLINA, 1987, p. 19).



Figura 1. Papa variedad canchán

Fuente: Ministerio de Agricultura. (Mayo de 2012). Papa INIA 303 - Canchán. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/518/1/Trip-Papa_Canchan_INIA303.pdf

Taxonomía

El Programa de Investigaciones y Proyección Social en Papa - LA MOLINA, (1987) indica que la papa presenta la siguiente taxonomía:

Familia: Solanaceae
Género: Solanum
Sub-género: Pachystemonum
Sección: Petota
Sub-sección: Potatoes

2.2.1.1 Cáscara de papa

“La cáscara de papa y otros desechos sin valor de la industria de la papa tienen un abundante contenido de almidón, del cual se puede obtener etanol a través de un proceso de licuado para producción de combustibles” (CIP, 2008, p. 24).

2.2.1.2 Almidón de la papa

Según Blasco (1970) nos dice que “el almidón es un polisacárido de estructura lineal formado por unidades de glucosa (comúnmente entre 200 y 1000) unidades por enlaces α -1,4-glucosídicos. El almidón constituye la mayor reserva de carbohidratos” (p. 97). Y es la principal sustancia de reserva de la papa.

El almidón está formado por dos componentes: la amilosa y la amilopectina. “La amilosa es la más soluble en agua que la amilopectina, y se puede separar de esta última dejándose los granos de almidón en agua por un tiempo” (Salama, 2005, p. 31). Ambos componentes son polímeros, el primero es lineal y el segundo ramificado.

2.2.3 Aguas Residuales

Según Lazcano (2014) “las aguas residuales son aquellas que provienen de las diferentes actividades que realiza el hombre y de los animales, así como también de las precipitaciones, que son recolectadas en los sistemas de alcantarillado o vertidas directamente al ambiente” (p. 348). “En ocasiones las aguas residuales son vertidas a cursos de agua o masas de agua continentales o marinas, con o sin tratamiento previo, con un elevado porcentaje de residuos

contaminantes” (López del Pino y Martín, 2015, p. 15).

2.2.3.1 Parámetros fisicoquímicos de las Aguas Residuales

Color:

El color de las aguas residuales se debe a las partículas que contiene, se denomina color verdadero a las sustancias coloidales y disueltas, y color aparente a los sólidos suspendidos (Barrera, 2014).

“Las aguas residuales domesticas son generalmente de color gris y a medida que el agua envejece cambia a color gris oscuro y luego a negro” (Romero, 2005, p. 37).

Turbiedad:

“Es un factor importante de control de calidad, se debe a la presencia de partículas suspendidas coloidales y disueltas: materia en suspensión, materia orgánica e inorgánica, compuestos solubles coloridos y plancton; puede contener microorganismos adheridos a las partículas en suspensión” (Barrera, 2014, p. 49).

Olor:

Según Lazcano (2014) él nos menciona que “cuando el agua residual es reciente, su olor es casi inofensivo. Sin embargo, cuando se vuelven sépticas emanan olores fuertes debido a la descomposición de la materia orgánica e inorgánica” (p. 354).

Temperatura:

Es un parámetro importante en aguas residuales por su efecto sobre las características del agua (...), afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacterial. La temperatura óptima para la actividad bacterial es de 25 °C a 35 °C, por lo general son más cálidas que las de abastecimiento. (Romero, 2005, p. 70)

pH:

Romero (2005) indica que el pH “es la medida de la concentración de ion de

hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de un ión de hidrógeno, en otras palabras, representa la alcalinidad o acidez de una solución” (p. 66).

DBO:

Según Romero (2005) “la demanda bioquímica de oxígeno es la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias” (p. 38). “La DBO es causada por la respiración de las bacterias y cesará al agotarse totalmente la materia orgánica” (Orozco, 2005, p. 12).

DQO:

“La demanda química de oxígeno es un parámetro que se utiliza para estimar la contaminación orgánica del agua” (Barrera, 2014, p. 56).

“Se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura” (Romero, 2005, p. 39).

2.2.3.2 Clases de Aguas Residuales

Aguas residuales domésticas:

Zambrano (2015) “Son aquellas que provienen de las labores normales de una vivienda, de edificios comerciales, instituciones” (p.6) e “industrias caseras que en oportunidades vierten sustancias recalcitrantes que pueden ser tóxicas y cancerígenas” (Lazcano, 2014, p. 348).

Aguas residuales municipales

Lazcano (2014) “Son aquellas que provienen de los efluentes domésticos, pequeñas industrias, y otras actividades realizadas como comercios, oficinas, restaurantes, mercados, etc.” (p. 349).

Aguas residuales industriales

“Aquellas que provienen de establecimientos industriales como cervecerías, tintorerías, curtiembres, industrias de papel, etc.” (Zambrano, 2015, p. 6). “Estas

aguas deben ser tratadas antes de ser vertidos al alcantarillado, cumpliendo las normas sobre vertidos de este efluente” (Lazcano, 2014, p. 349).

Aguas residuales agropecuarias o agroindustriales

“Se refiere a las escorrentías con gran cantidad de materia orgánica carbonácea (estiércol) que provienen de la actividad agrícola, mataderos, establos, granjas avícolas, etc., además de otros residuos tóxicos de los pesticidas y fertilizantes usados en la agricultura.” (Lazcano, 2014, p. 350).

Aguas residuales de origen minero-metalúrgico

“Son aquellos efluentes que provienen de las minas, constituidos por metales y metaloides, son los más contaminantes y tóxicos para la biota acuática como para el hombre. Representa un gran riesgo para su uso o disposición.” (Lazcano, 2014, p. 350).

Aguas pluviales

“Son las aguas que provienen de las lluvias y que al llegar a las alcantarillas pueden diluir la carga orgánica del desagüe; e incluso variar las características del agua como el pH, ya que suelen ser acidas” (Lazcano, 2014, p. 350).

2.2.4 Coloides

Los coloides son aquellas partículas que poseen carga negativa, son estables es decir que no se aglomeran ni sedimentan. Los coloides son las impurezas causantes de la turbiedad y el color de las aguas, es por ello su principal atención en estos para su remoción. Barrera (como se citó en Alistair, 1995) menciona que los coloides son partículas de tamaño intermedio entre las moléculas y las partículas suspendidas que tarde o temprano sedimentan por efecto de la gravedad

2.2.5 Coagulación

Marín (2013) define “la coagulación como el proceso químico de desestabilización de coloides, y los coagulantes son aquellos reactivos que lo llevan a cabo” (p. 2). “Para llevar a cabo la coagulación se añade a la dispersión

coloidal iones del signo contrario con el fin de neutralizar sus cargas eléctricas, de este modo las fuerzas de repulsión dejarían de actuar” (Trapote, 2016, p. 163).

Barrera (2014) menciona que “el proceso de coagulación transforma las pequeñas partículas coloidales en grandes aglomerados, de manera que se facilite la sedimentación” (p. 68).

La coagulación implica tres etapas:

- ✓ **Adición de coagulante:** Pueden ser coagulantes inorgánicos (sulfato de aluminio, cloruro férrico, sulfato ferroso y férrico, etc.) y orgánicos (alginatos, almidones, derivados de celulosa, etc.). “Cuyas cargas positivas permitirá neutralizar las cargas negativas de los coloides, permitiendo que las partículas se unan formando aglomerados pequeños llamados flóculos” (Barrera, 2014, p. 69).
- ✓ **Desestabilización de la partícula coloidal y formación de flóculos**
- ✓ **Sedimentación de flóculos**

Para mejorar el efecto de la coagulación se puede aplicar el proceso de coadyuvación, es decir añadir coadyuvantes en la misma unidad donde se realiza la coagulación. “Los coadyuvantes son agentes auxiliares de coagulación (también llamados floculantes), que actúan sobre los coloides contribuyendo a su anulación” (Trapote, 2016, p. 164).

2.2.5.1 Clases de coagulantes

Coagulantes inorgánicos:

“Los más utilizados son las sales de aluminio o de hierro. Estas sales actúan sobre los coloides del agua por medio del catión, y neutraliza las cargas negativas antes de precipitar” (Trapote, 2016, p. 167).

Coagulantes orgánicos:

a. Naturales: “Son aquellos coagulantes de origen natural, obtenido de productos como alginatos (extractos de algas), almidones (extractos de granos vegetales), y derivados de la celulosa” (Trapote, 2016, p. 169). Su

eficiencia es relativamente pequeña, y actúan mejor como coadyuvantes.

b. Sintéticos: Son macromoléculas de cadena larga, solubles en el agua, conseguidas por asociación simples sintéticos, alguno de los cuales poseen cargas eléctricas o grupos ionizables (de ahí que se les denomine polielectrolitos). Según el carácter iónico de estos grupos activos, se distinguen:

- ✓ Polielectrolitos no iónicos: Son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones.
- ✓ Polielectrolitos aniónicos: caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos).
- ✓ Polielectrolitos catiónicos: caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

2.2.5.2 Factores que influyen en la coagulación:

- ✓ **Tipo y cantidad de coagulante:** la cantidad del coagulante dependerá de un ensayo en laboratorio mediante una prueba de test de jarras, para determinar la dosis apropiada (Trapote, 2016).
- ✓ **pH:** para cada coagulante y dosis existe un intervalo de pH donde funciona mejor. Se debe intentar operar siempre dentro de esta óptima, de otro modo se produciría un desperdicio de reactivos y una disminución sustancial del rendimiento del proceso. Si el pH no fuera el adecuado, se puede modificar mediante adición de coadyuvantes (cal, carbonato sódico, sosa cáustica, ácidos minerales). (Trapote, 2016, p. 165).
- ✓ **Velocidad de agitación de la mezcla:** para una buena coagulación se necesita neutralizar los coloides antes que se formen los flóculos, tal es el caso que el reactivo debe fundirse lo mayor rápido posible mediante una agitación rápida (Trapote, 2016).
- ✓ **Período de coagulación:** es el tiempo que demora la coagulación cuando se añade el coagulante y finaliza la agitación de modo que se impida la sedimentación de las materias floculadas, puede durar entre 10 y 30 segundos (Trapote, 2016).
- ✓ **Temperatura del agua:** “la influencia de la temperatura en la

coagulación es su efecto sobre el tiempo requerido para conseguir una buena formación de flóculos. Cuanto más fría esté el agua más tiempo se precisará para producir buenos flóculos” (Trapote, 2016).

2.2.6 Floculación

La floculación es aquel proceso donde se aglomeran en coágulos de los coloides de mayor tamaño que se formaron durante la coagulación, mediante la agitación en un tiempo determinado (Restrepo, 2009).

2.2.6.1 Tipos de floculación

Floculación pericinética o microfloculación: su fuente de agitación es interna y es “desarrollada por el movimiento browniano o al azar de las partículas” (Marín, 2013, p. 2).

Floculación ortocinética o macrofloculación: “promueve la agregación de partículas induciendo gradientes de velocidad y mezcla en el flujo que contiene las partículas a flocular” (Marín, 2013, p. 2).

2.2.6.2 Factores que influyen en la floculación

Barrera (como se citó en Cepis, 1992) afirma que los factores que influyen en este proceso son:

- ✓ **Naturaleza del agua:** aglomeración de las partículas coloidales.
- ✓ **Intensidad de aglomeración:** influye la gradiente de aglomeración, es decir; cuanto mayor es el gradiente de aglomeración, más rápida es la aglomeración de las partículas.
- ✓ **Tiempo de floculación:** la aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo.

2.2.7 Sedimentación

“Se utiliza para la separación de los sólidos en suspensión, la eliminación de esta materia se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran” (Ramalho, 2003, p. 92).

En una planta de tratamiento, la sedimentación ocurre en decantadores, es allí donde los flóculos precipitan hacia el fondo formando lodos, por lo general

ocurre de 40 minutos a una hora (Idrovo, 2010).

2.2.8 Prueba de jarras

El equipo para la prueba de jarras consiste de una serie de agitadores mecánicos que son controlados para regular la velocidad y el tiempo para ser utilizados. Este equipo es uno de los más conocidos y se usa para realizar simulaciones a nivel laboratorio, para evaluar los procesos de coagulación, floculación y sedimentación que se realizan en las plantas de tratamiento de aguas (Barrera, 2014). Con la finalidad de tener un control de los parámetros básicos dentro de los procesos ya antes mencionados (Idrovo, 2010).

2.1 Definición de términos básicos

Almidón de papa: Este carbohidrato ha sido parte fundamental de la dieta del hombre, es el polisacárido digerible más importante y abundante. Se forma como polisacárido de reserva en las hojas, tallo, raíces (tubérculos), semillas, fruta y polen de muchas plantas superiores (FAO, 1980).

Coagulación: “Es la desestabilización por neutralización de partículas cargadas y la agregación inicial de coloides” (Romero, 2005, p. 252).

Floculación: “Es la aglomeración en coágulos de los coloides y materiales en suspensión finamente divididos o bien por mezcla física o bien mediante coagulantes químicos” (Romero, 2005, p. 252).

Potencial de Hidrogeno (pH): La medición del pH se emplea para expresar la intensidad de la acidez o la basicidad. Menor a 7 el agua es ácida y mayor el agua es básica o alcalina.

Turbidez: Medida de la cantidad de materiales en suspensión. (Schoemaker, 2017)

Turbidímetro: Es un medidor de turbidez controlado por microprocesador portátil. Se encuentran disponibles múltiples rangos de medición, que cubren el

rango de 0.01 a 1000 NTU, lo que hace que el instrumento sea adecuado para una amplia gama de aplicaciones que incluyen agua potable y aguas residuales. (Camlab, 2019)

Multiparámetro: Es un aparato que tiene un sensor que se hunde en el agua e inmediatamente da una serie de resultados en su pantalla. Su manejo y aplicación es muy simple, pero necesita una inversión relativamente alta. Existen varios tipos, algunos son más baratos que otros, pero cuanto más caro, más parámetros pueden medir. Los multiparámetros simples miden oxígeno disuelto, conductividad, salinidad y temperatura. Los más sofisticados miden los mismo y adicionalmente el pH, resistividad, sólidos totales disueltos, potencial de reducción de oxigenación, presión barométrica, etc. (Schoemaker, 2017)

Prueba de jarras: Es un equipo en el que se utiliza variaciones en la dosis del polímero o coagulante en cada jarra (generalmente 6 jarras), permitiendo la reducción de los coloides en suspensión y materia orgánica a través del proceso de floculación; es decir, simula los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación (ISA, 2019).

Dosis óptima: es aquella “dosis química requerida para llevar a cabo el proceso de floculación-coagulación” (Barrera, 2014).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Lugar de ejecución

El proceso de la obtención del coagulante de la cáscara de papa y sus pruebas de caracterización, así como también las pruebas en el test de jarras, se realizaron en los laboratorios de Química Ambiental, Edafología, Bioquímica de la Facultad Ingeniería y Gestión, de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS).

3.2 Recursos a emplear

Materiales

- ✓ Residuos de Cáscara de papa (obtenido del cafetín de la UNTELS).
- ✓ Agua destilada
- ✓ Crisoles
- ✓ EPP
- ✓ Frascos de polietileno de 1 litro
- ✓ Marcador indeleble
- ✓ Etiquetas para la rotulación del equipo de Prueba de jarras
- ✓ Lapicero, balde, galoneras
- ✓ Cooler, guantes descartables, cuaderno de apuntes.

Equipos

- ✓ Mufla, Marca Thermo Scientific, modelo FB1410M-3.
- ✓ Estufa de Esterilización, Marca MEMMERT, modelo SNE-300.
- ✓ Estufa de Esterilización, Marca BINDER, modelo ED23.
- ✓ Moledora
- ✓ Turbidímetro, Marca PALINTEST, modelo MICRO 950.
- ✓ Multiparámetro, Marca HACH, modelo HQ40D.
- ✓ Balanza analítica, Marca SARTORIUS, modelo TE214S.
- ✓ Agitador con plancha de calentamiento, Marca VELP SCIENTIFICA, modelo ARE.

Metodología

- ✓ Determinación de humedad. (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1980)
- ✓ Determinación de cenizas. (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2013)

3.3 Variables

3.3.1 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Variables del diseño experimental

Tipo de variables	Variable	Definición	Unidades
Dependientes	Turbidez	Es la medida del grado de transparencia aparente del agua.	NTU
Independientes	Concentración del Coagulante	Relación de la masa del agente activo por volumen de solución	mg/L

Fuente: Elaboración Propia

Parámetros estables:

- ✓ Temperatura de trabajo: 24° C
- ✓ Volumen de la muestra: 1.5 L
- ✓ Velocidad de homogenización de 50 rpm por 10 seg.
- ✓ Velocidad de agitación rápida de 100 rpm por 1 min.
- ✓ Velocidad de agitación lenta de 40 rpm por 20 min.
- ✓ Tiempo de sedimentación de 40 min.

3.4 Población y muestra

Población:

- ✓ Se consideró las aguas de la PTAR situada en la Av. Juan Velasco Alvarado cruce con la Av. Pastor Sevilla en el distrito de Villa El Salvador.

Unidad de análisis:

- ✓ 1 ½ litro en cada recipiente del jar test.

Muestra:

- ✓ 54 litros de agua de la PTAR situada en la Av. Juan Velasco Alvarado cruce con la Av. Pastor Sevilla en el distrito de Villa El Salvador.

3.5 Procedimientos

Para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto de investigación se realizaron los siguientes ensayos, que constan de las siguientes etapas:

- ✓ **Toma de muestra de agua residual doméstica:** Se evaluaron dos posibles PTAR para realizar la toma de muestras, sobre todo que sean accesibles y de corta distancia para el transporte de las mismas.
- ✓ **Obtención del coagulante en polvo:** Se recolectó información para identificar el proceso de extracción adecuado para este coagulante. El proceso escogido, se consideró el más viable.
- ✓ **Caracterización del coagulante en polvo:** Una vez extraído se determinó sus propiedades como humedad y cenizas para evaluar su relación con la capacidad para remover turbidez del agua.
- ✓ **Preparación de la solución coagulante:** Una vez obtenido el coagulante en polvo se prepara en base a una concentración ya conocida, para luego ser agregado en cada recipiente del equipo de test de jarras.
- ✓ **Caracterización de la solución coagulante:** Se caracterizó la solución coagulante para conocer las condiciones iniciales de la misma, los parámetros fisicoquímicos medidos fueron turbidez, pH.
- ✓ **Evaluación del poder coagulante:** Se puso a prueba la eficiencia del coagulante natural obtenido de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) a través de la prueba de jarras, utilizando dos muestras de agua residual de la PTAR Velasco con Pastor Sevilla con alta y baja turbidez.

3.5.1 Toma de muestra de agua residual doméstica

Para realizar la prueba de test de jarras se recolectaron muestras de agua de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas ubicada en las instalaciones de Subgerencia de Parques y Jardines en la Av. Juan Velasco

Alvarado S/N cruce con la Av. Mariano Pastor Sevilla. Previamente se envió un oficio a la Municipalidad de Villa El Salvador solicitando la autorización para las tomas de muestras de agua con fines académicos (Anexo 1).

Para realizar el muestreo del agua residual se tomó en cuenta el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales con Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, donde se menciona los procedimientos que se deben de tener en cuenta para la toma de muestra, los materiales que se deben de usar, codificación de los puntos de muestreo, conservación de la muestra, entre otros. Los materiales que se usaron para el muestreo fueron los siguientes: baldes de plástico (4 – 20 L), guantes descartables, mascarilla. Dentro de la indumentaria de protección se usó: zapatos de seguridad, lentes, casco. (Anexo 2)

En la tabla 2 y 3 se muestra los resultados del análisis inicial de la turbidez y pH de los puntos de muestreo de alta y baja turbidez respectivamente.

Tabla 2. Muestra de agua (alta turbidez) de la PTAR de Juan Velasco Alvarado cruce con Av. Pastor Sevilla

Parámetro	Valor	Equipo utilizado
Turbidez (NTU)	227	Multiparameter HACH HQ40D
pH	7,43	Multiparameter HACH HQ40D

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. Muestra de agua (baja turbidez) de la PTAR de Juan Velasco Alvarado cruce con Av. Pastor Sevilla

Parámetro	Valor	Equipo utilizado
Turbidez (NTU)	7,75	Multiparameter HACH HQ40D
pH	7,25	Multiparameter HACH HQ40D

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Obtención del coagulante en polvo

Para obtener el coagulante de la cáscara de papa se realizó el siguiente procedimiento:

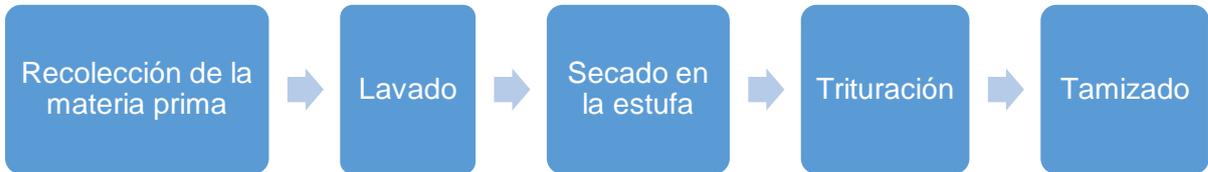


Figura 2. Flujograma de los procedimientos para la obtención del coagulante en polvo

✓ **Recolección de la materia prima:**

La cáscara de papa se recolectó del cafetín ubicado en el interior de la UNTELS.



Figura 3. Cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) recolectadas

✓ **Lavado**

Se procedió a lavar las cascara de papa con abundante agua para la eliminación de tierras y excedentes.

✓ **Secado en la estufa**

Después de lavar las cascara de papa con abundante agua se procede a colocar en la estufa a la temperatura de 60° C por 24 horas aprox.



Figura 4. Cáscaras de papa recolectadas en la estufa

✓ **Trituración**

Una vez que se haya secado las cascara de papa en la estufa, se procedió a triturar en un molino, hasta obtener la materia prima en polvo.

✓ **Tamizado**

El polvo de la cascara de papa se procedió a tamizar con un tamiz N° 60 para obtener una masa uniforme.



Figura 5. Tamizado de la cáscara de papa

✓ **Almacenamiento**

El polvo obtenido del coagulante se almacenó en el desecador hasta su uso.

3.5.3 Caracterización del coagulante en polvo

Determinación del porcentaje de humedad

Método: Pérdida por calentamiento.

Es el método para determinar la cantidad de agua presente en una muestra, se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento en la estufa, refiriendo su peso al peso total de la muestra y expresada como porcentaje. (Paca Flor, 2017, p. 39).

Procedimiento. Según (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1980)

- ✓ Pesar la cápsula de porcelana limpia y seca (P).
- ✓ Pesar 2 g de cascara de papa (P₁) en la capsula de porcelana
- ✓ Precalear la estufa a 103 ± 3° C
- ✓ Colocar la muestra durante 2 horas aproximadamente en la estufa
- ✓ Secar la muestra y colocar durante 15 minutos en el desecador
- ✓ Pesar la muestra (P₂)

P: capsula vacía

P₁: capsula + materia húmeda

P₂: capsula + materia seca

$$\%H = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P} \times 100$$



Figura 6. Determinación de humedad

Determinación de cenizas

Las cenizas están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes. (Paca Flor, 2017, p. 40).

Procedimiento. Según (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 2013)

- ✓ Tarar el crisol vacío en la mufla a $550 \pm 15^\circ \text{C}$ durante 30 min.
- ✓ Colocar el crisol en el desecador y que enfríe a temperatura ambiente.
- ✓ Pesar el crisol vacío y pesar 5 gr de la muestra.
- ✓ Colocar el crisol con la muestra en la mufla a 550°C durante 1 hora aproximadamente.
- ✓ Colocar en el desecador y dejar que enfríe hasta temperatura ambiente.
- ✓ Pesar el crisol con la muestra calcinada en la balanza analítica.

P₂: peso del crisol con las cenizas

P₁: peso del crisol con la muestra

P₀: peso del crisol vacío

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} * 100$$



Figura 7. Determinación de cenizas

3.5.4 Preparación de la solución coagulante

Para la preparación de la solución coagulante se requiere de 10 g del polvo de cáscara de papa, el cual equivale al 1% de concentración de la solución coagulante.

✓ **Pesado**

Se pesó 10 g del polvo de cáscara de papa

✓ **Solución**

Se prepararon soluciones madre de 10 000 mg/L, se dispuso de un balón aforado de 1000 ml, al cual se le añadió agua destilada hasta la mitad de su capacidad, seguidamente fueron agregados los 10 g del polvo de cascara de papa e inmediatamente se enrasó el balón. Posteriormente, se colocó en un agitador magnético para obtener una mezcla homogénea. A partir de esta solución coagulante, se toma la dosis para cada jar test.



Figura 8. Preparación de la solución coagulante

3.5.5 Caracterización de la solución coagulante

Se caracterizó la solución coagulante a partir de su preparación para ello se evaluaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH y turbidez. Para la medición respectiva se usó el Multiparameter HQ40D y el turbidímetro Palintest Micro 950 Turbidity Meter. Adicionalmente los resultados se evaluaron en base a tres repeticiones para obtener la media y la desviación estándar.



Figura 9. Medición del pH y turbidez de la solución coagulante

Tabla 4. Caracterización de la solución coagulante

Parámetro	Media ± DE
pH	5,60 ± 0,20
Turbidez	75,97 ± 2,11

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6 Evaluación del poder coagulante

Para determinar la eficiencia del coagulante de la cáscara de papa para la remoción de turbidez en aguas residuales, se llevó a cabo la prueba de test de jarras aplicando dosis de 10, 25, 50, 100, 250 y 500 mg/L de la solución elaborada a partir de la cáscara de papa. Para determinar la cantidad de solución madre que se agregó en cada recipiente con diferentes dosis se aplicó la siguiente ecuación de balance de masas:

$$q = \frac{Q \times D}{C}$$

Q = cantidad de agua en cada jarra (ml)

D = dosis de coagulante (mg/L)

C = concentración de la solución (mg/L)

q = volumen de la solución por aplicar (ml)

Concentración al 1%

Dosis 10

$$q = \frac{Q \times D}{C} = \frac{1500 \text{ ml} \times 10 \text{ mg/L}}{10000 \text{ mg/L}} = 1.5 \text{ ml}$$

Dosis 25

$$q = \frac{Q \times D}{C} = \frac{1500 \text{ ml} \times 25 \text{ mg/L}}{10000 \text{ mg/L}} = 3.75 \text{ ml}$$

Dosis 50

$$q = \frac{Q \times D}{C} = \frac{1500 \text{ ml} \times 10\text{mg/L}}{10000\text{mg/L}} = 7.5 \text{ ml}$$

Dosis 100

$$q = \frac{Q \times D}{C} = \frac{1500 \text{ ml} \times 10\text{mg/L}}{10000\text{mg/L}} = 15 \text{ ml}$$

Dosis 250

$$q = \frac{Q \times D}{C} = \frac{1500 \text{ ml} \times 10\text{mg/L}}{10000\text{mg/L}} = 37.5 \text{ ml}$$

Dosis 500

$$q = \frac{Q \times D}{C} = \frac{1500 \text{ ml} \times 10\text{mg/L}}{10000\text{mg/L}} = 75 \text{ ml}$$

La prueba de test de jarras se realizó con un equipo constituido por un agitador múltiple de seis paletas y velocidad variable. Para iniciar la prueba de jarras, se agregaron 1500 mL de agua residual en cada recipiente como se muestra en la Figura 10, los seis recipientes fueron colocados en el equipo asignándole una paleta a cada jarra.

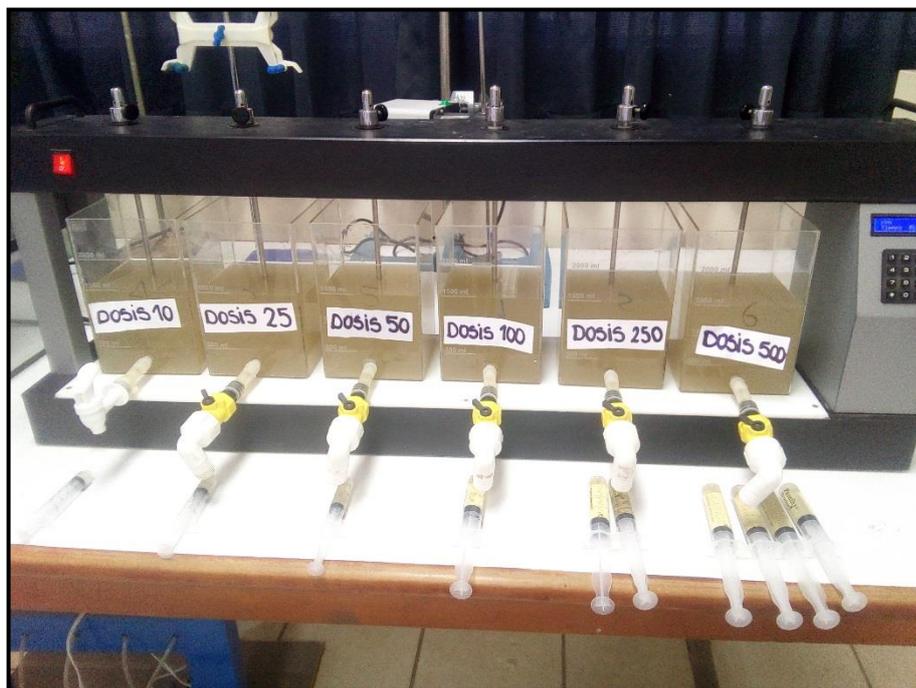


Figura 10. Prueba de jarras

Para realizar el proceso de coagulación/floculación se programó el equipo de prueba de jarras con una velocidad, tiempo de mezcla rápida y mezcla lenta definida, para lo cual, se tomó como referencia los valores utilizados por Carrasquero et al. (2017); previamente se aplicó una agitación con el fin de homogenizar las muestras. Las velocidades y tiempos programados se encuentran en la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Programación del equipo de la prueba de jarras.

Etapa	Velocidad	Tiempo
Homogenización	50 rpm	10 segundos
Mezcla rápida	100 rpm	1 minuto
Mezcla lenta	40 rpm	20 minutos

Fuente: Elaboración Propia

Una vez programado el equipo de prueba de jarras, con las 6 jarras de las muestras de agua colocadas en el equipo y las 6 dosis del coagulante preparadas, se puso en funcionamiento el equipo.

Puesto en marcha el equipo, se inició con la homogenización de la muestra de agua, seguidamente, se procedió a agregar en cada jarra la dosis respectiva del coagulante de manera simultánea como se muestra en la Figura 11, y al instante se programa la mezcla rápida, una vez finalizada se continuó con la etapa de mezcla lenta. Al finalizar las tres etapas, se procederá con la etapa de sedimentación la cual consta de 40 minutos de espera. Transcurrido el tiempo de espera se procedió a tomar una muestra de agua de cada jarra para luego analizar los parámetros fisicoquímicos como turbidez y pH.

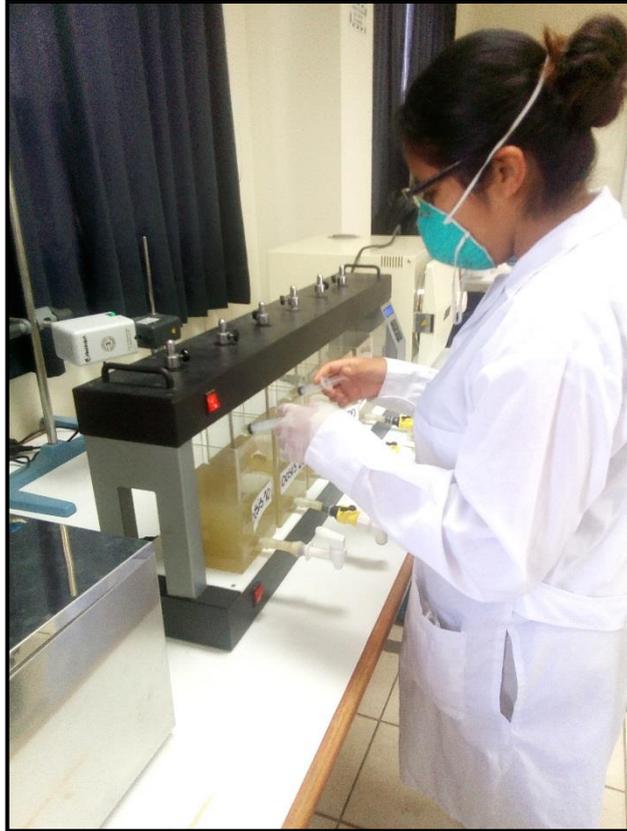


Figura 11. Inyección de la dosis del coagulante

Determinación del porcentaje de eficiencia de remoción de turbidez:

Para determinar el porcentaje de eficiencia de remoción de turbidez se aplicó la misma ecuación que usa como referencia Almendárez (2004).

$$\% = \left(1 - \frac{T_F}{T_I}\right) \times 100$$

T_F: Turbidez final

T_I: Turbidez inicial

3.6 Diseño experimental

El proyecto de investigación es de tipo experimental, los resultados se representaron a través de tablas y gráficos mediante el uso del programa Microsoft Excel.

El análisis estadístico se realizó mediante una prueba de hipótesis para datos pareados con el fin de verificar si la turbidez inicial difiere de la turbidez final para ello se usó el programa Minitab 18. Se realizaron dos tratamientos en general para la remoción de turbidez alta y baja, con tres repeticiones respectivamente. Donde se seleccionó la dosis óptima con mayor porcentaje en la remoción de turbidez de cada tratamiento. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos se expresaron utilizando estadística descriptiva, señalando los valores de tendencia central (media), su dispersión (desviación estándar) y su coeficiente de variabilidad; el último indica la dispersión de una serie de datos respecto al valor medio. Con el fin de validar mejor la precisión de las mediciones se tomó como referencia el rango de precisión señalado por Gordon y Camargo (2015), como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Rango de precisión de los experimentos

Aceptable	Buena/Regular	Mala	Descartar
$0 < CV \leq 10$	$10 < CV \leq 20$	$20 < CV \leq 30$	$CV \geq 30$

Fuente: Recuperado de López, M., 2018.

Los resultados del parámetro fisicoquímico de turbidez se usaron para seleccionar la dosis óptima de cada tratamiento tanto de la muestra de agua con alta turbidez, así como también la de baja turbidez, para ello se usó la siguiente ecuación aplicada por Almendárez (2004) con el fin de determinar el porcentaje de eficiencia de remoción.

$$\% = \left(1 - \frac{T_F}{T_I}\right) \times 100$$

T_F: Turbidez final

T_I: Turbidez inicial

Así mismo, los resultados de turbidez y pH se evaluaron con el ECA del agua y los Límites Máximos Permisibles (LMP) a través de un diagrama de control, para observar si los datos se encuentran dentro del rango permitido por estas normas.

Por otro lado, con el fin de contrastar la validez de la prueba de hipótesis para datos pareados se aplicará un diseño completamente al azar (DCA), mediante ANOVA de un solo factor, utilizando el programa Minitab 18.

Respecto a la dosis del coagulante, los niveles evaluados se tomaron teniendo en cuenta las dosis reportadas en la mayoría de los casos consultados, encontrándose en un rango de 10 a 500 mg/L.

Tabla 7. Factores del diseño experimental

Factor o variable	Niveles
Dosis de coagulante (mg/L)	10
	25
	50
	100
	250
	500

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Variables de respuesta

Respuesta	Unidades
Turbidez	NTU

Fuente: Elaboración Propia

3.7 Resultados

3.7.1 Resultados del proceso de extracción

En el proceso de extracción, se evaluó el rendimiento del coagulante obtenido de la cáscara de papa:

Cantidad de cáscara de papa: 312,49 gr.

Tamizado con malla #80: 40,25 gr.

$$\% \text{ Rendimiento de extracción} = \left(\frac{\text{masa de producto obtenido}}{\text{masa de materia prima}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento de extracción} = \left(\frac{40,25 \text{ gr}}{312,49 \text{ gr}} \right) \times 100 = 12,88\%$$

3.7.2 Resultados de la caracterización del coagulante en polvo

Determinación del porcentaje de humedad:

$$\%H = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P} \times 100$$

$$\%H = \frac{38,04 - 37,76}{38,04 - 36,04} \times 100$$

$$\%H = \frac{0,28}{2} \times 100 = \mathbf{14\%}$$

El resultado de la determinación del porcentaje de humedad indica que la cáscara de papa posee un 14% de humedad, porcentaje similar obtenido por (Paca Flor, 2017) el cual fue de 11,23% en el análisis fisicoquímico de la cáscara de papa para el tratamiento de las aguas residuales procedentes de una industria láctea.

Determinación de cenizas

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0} * 100$$

$$\% \text{ cenizas} = \frac{23,60 - 23,25}{28,25 - 23,25} * 100$$

$$\% \text{ cenizas} = 0,07 * 100 = \mathbf{7\%}$$

El resultado de la determinación de cenizas indica que la cáscara de papa posee un 7% de cenizas, porcentaje similar obtenido por (Paca Flor, 2017) el cual fue de 4,47% en el análisis fisicoquímico de la cáscara de papa para el tratamiento de las aguas residuales procedentes de una industria láctea. El contenido de cenizas es indicativo de la riqueza en minerales de la fuente de fibra dietaria (Orozco, 1992).

3.7.3 Resultados finales del tratamiento recibido para alta y baja turbidez

3.7.3.1 Resultados finales para muestra de agua con alta turbidez:

Parámetro turbidez

Concentración al 1%, evaluación de la remoción de turbidez

Tabla 9. Dosis óptima para muestra de agua con alta turbidez

Turbidez inicial	Dosis	Turbidez final	% Remoción
227	10 mg/L	127,67	43,8
	25 mg/L	117,00	48,5
	50 mg/L	105,67	53,5
	100 mg/L	95,20	58,1
	250 mg/L	107,07	52,8
	500 mg/L	101,67	55,2

Fuente: Elaboración Propia

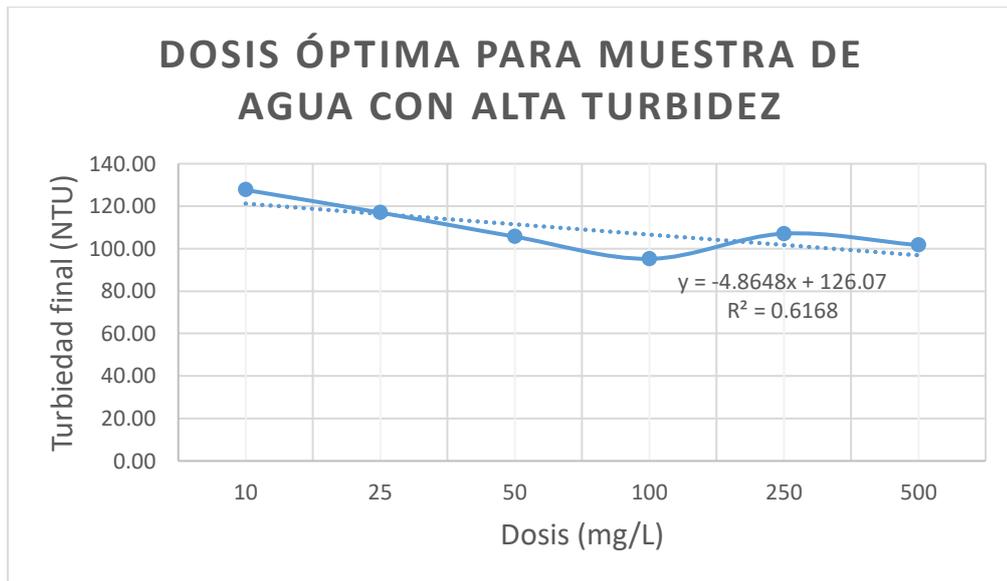


Figura 12. Dosis óptima para muestra de agua con alta turbidez

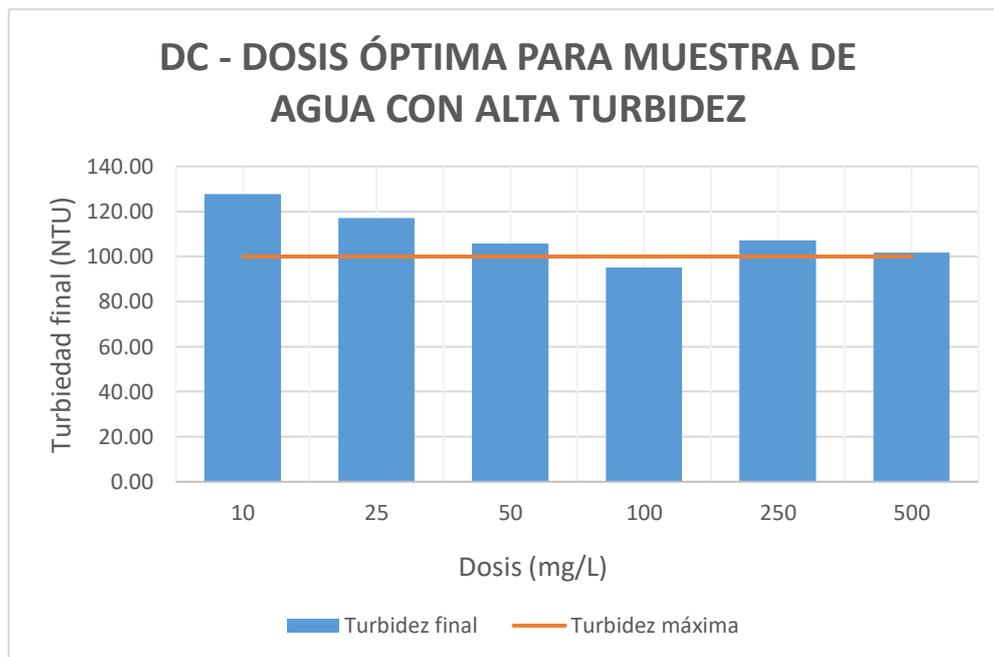


Figura 13. Diagrama de Control - Dosis óptima para muestra de agua con alta turbidez

Interpretación:

Según los resultados en la Tabla N° 9 y Figura N° 13 se puede observar que la dosis con mayor remoción de turbidez en la muestra de agua con alta turbidez es el recipiente N° 4 con Dosis de 100 mg/L con un porcentaje de remoción del 58,1%, y la que presentó menor remoción es el recipiente N° 1 con Dosis de 10 mg/L con un porcentaje de remoción del 43,8%.

Por lo tanto, para la muestra de agua con alta turbidez de la PTAR de Juan Velasco Alvarado, que presentó una turbidez inicial de 227 NTU la dosis óptima es de 100 mg/L, el rango de eficiencia de remoción de turbidez se encontró entre 43,8% y 58,1%. En la Figura N° 13 en el Diagrama de Control se observa que no sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental para agua aplicando un tratamiento convencional.

Por cada dosis se obtuvo un valor promedio de la turbidez residual, las cuales se procesaron para evaluar el coeficiente de variabilidad (CV), los resultados obtenidos (Ver Anexo 4) se encuentran en el intervalo de 0 a 10 ($0 < CV \leq 10$), es decir se encuentra en un rango aceptable según Gordon y Camargo (2015) lo que demuestra una baja dispersión de los datos respecto al valor medio.

3.7.3.2 Resultados finales para muestra de agua con alta turbidez: Parámetro pH

Concentración al 1%, evaluación del pH

Tabla 10. Evaluación del pH para muestra de agua con alta turbidez

Dosis	pH
10 mg/L	6,76
25 mg/L	6,96
50 mg/L	6,98
100 mg/L	6,99
250 mg/L	7,01
500 mg/L	6,95

Fuente: Elaboración Propia

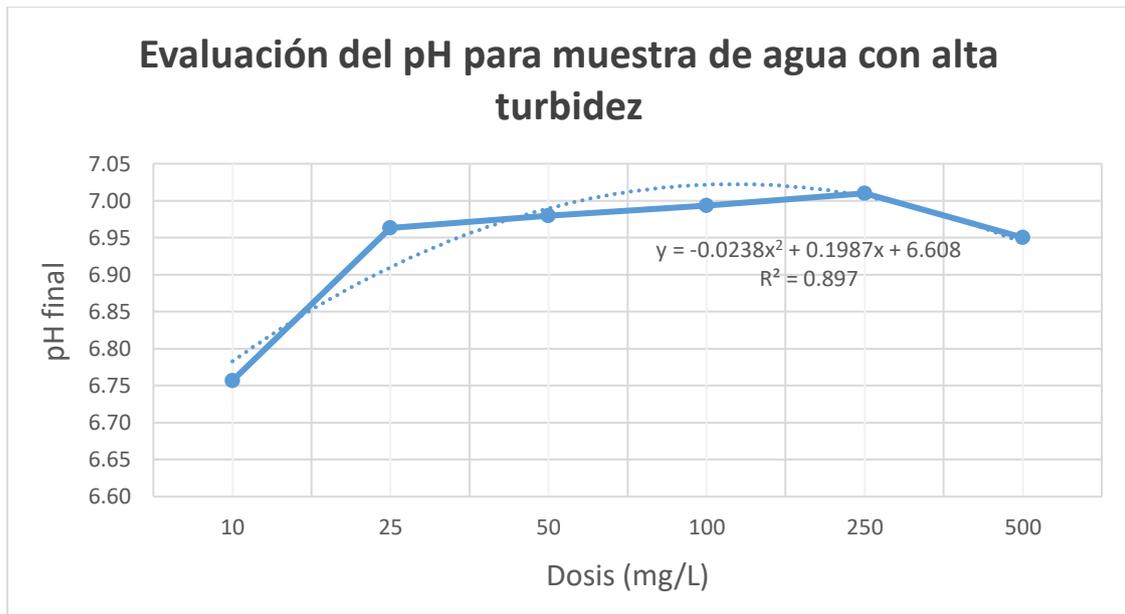


Figura 14. Evaluación del pH para muestra de agua con alta turbidez

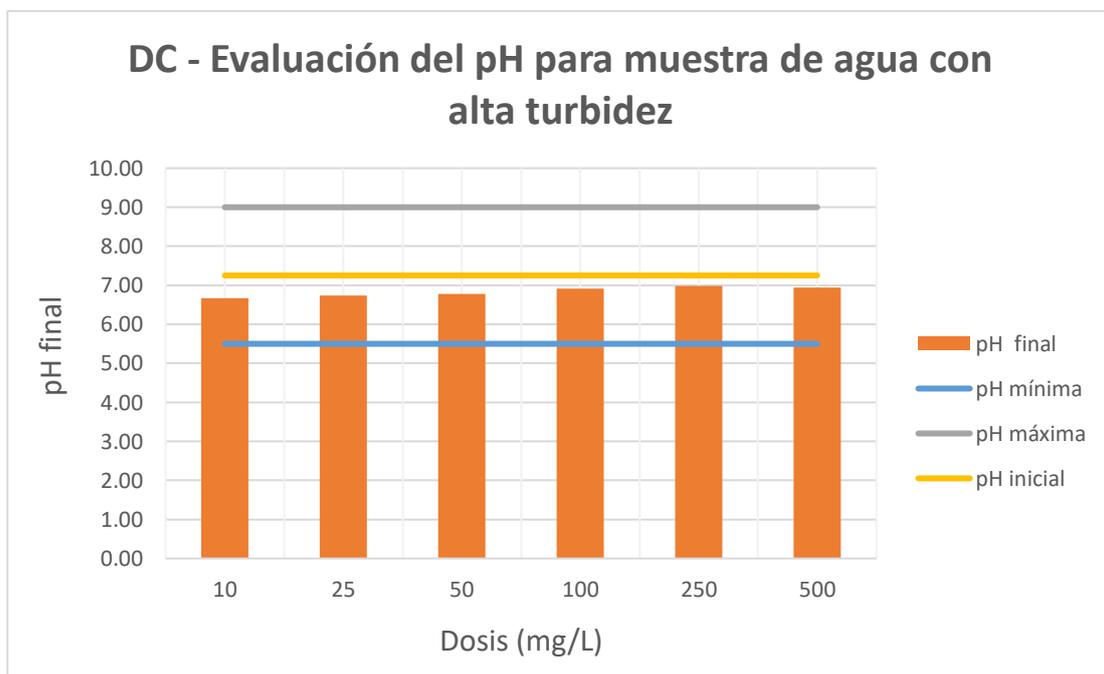


Figura 15. Diagrama de Control - Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez

Interpretación:

Según la Tabla N° 10 y la Figura N° 14 se observa una ligera variación del pH, siendo el pH inicial de la muestra de agua con alta turbidez de 7,43 y el pH final se encuentra en un rango de 6,76 – 7,01. De igual forma en la Figura N° 15 en el Diagrama de Control se observa con mayor claridad que el pH se encuentra dentro del siguiente rango 6,5 – 9, dichos valores cumplen con los límites

máximos permisibles.

3.7.3.3 Resultados finales para muestra de agua con baja turbidez: Parámetro Turbidez

Concentración al 1%, evaluación de la remoción de turbidez

Tabla 11. Dosis óptima para muestra de agua con baja turbidez

Turbidez inicial	Dosis	Turbidez final	% Remoción
7,75	10 mg/L	5,27	32
	25 mg/L	4,82	38
	50 mg/L	4,20	46
	100 mg/L	3,86	50
	250 mg/L	4,23	45
	500 mg/L	4,88	37

Fuente: Elaboración Propia

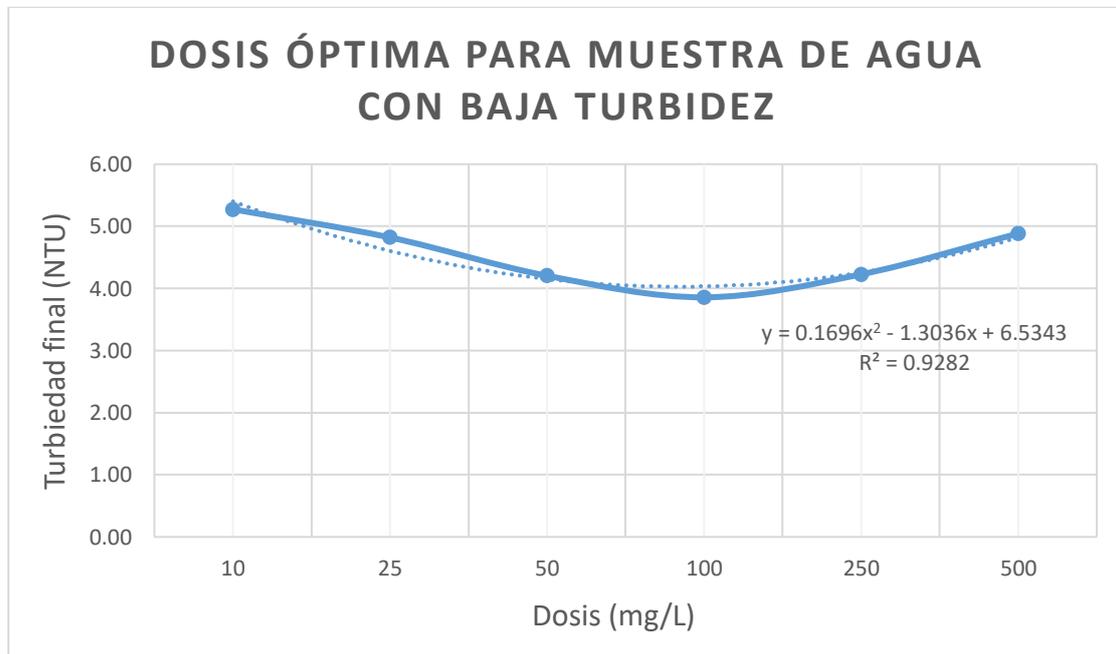


Figura 16. Dosis óptima para muestra de agua con baja turbidez

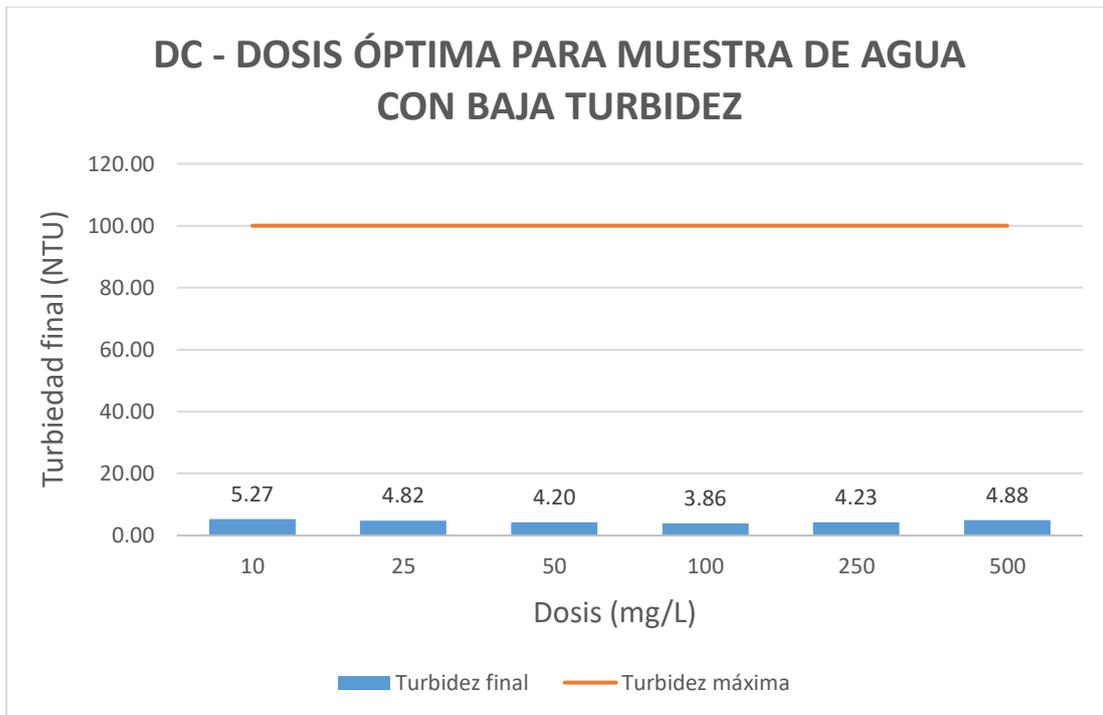


Figura 17. Diagrama de Control - Dosis óptima para muestra de agua con baja turbidez

Interpretación:

Según los resultados en la Tabla N° 11 y Figura N° 16 se puede observar que la dosis con mayor remoción de turbidez en la muestra de agua con baja turbidez es el recipiente N° 4 con Dosis de 100 mg/L con un porcentaje de remoción del 50%, y la que presentó menor remoción de turbidez es el recipiente N° 1 con Dosis de 10 mg/L con un porcentaje de remoción del 32%.

Por lo tanto, para la muestra de agua con baja turbidez de la PTAR Velasco presentó una turbidez inicial de 7,75 NTU, mientras que la dosis óptima es de 100 mg/L y el rango de eficiencia de remoción de turbidez se encontró entre 32% y 50%. En la Figura N° 17 se observa que no sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental para agua.

Por cada dosis se obtuvo un valor promedio de la turbidez residual, las cuales se procesaron para evaluar el coeficiente de variabilidad (CV), los resultados obtenidos (Ver Anexo 5) se encuentran en el intervalo de 0 a 10 ($0 < CV \leq 10$), es decir se encuentra en un rango aceptable según Gordon y Camargo (2015) lo que demuestra una baja dispersión de los datos respecto al valor medio.

3.7.3.4 Resultados finales para muestra de agua con baja turbidez: Parámetro pH

Concentración al 1%, evaluación de pH

Tabla 12. Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez

Dosis	pH
10 mg/L	6,66
25 mg/L	6,74
50 mg/L	6,78
100 mg/L	6,91
250 mg/L	6,99
500 mg/L	6,94

Fuente: Elaboración Propia

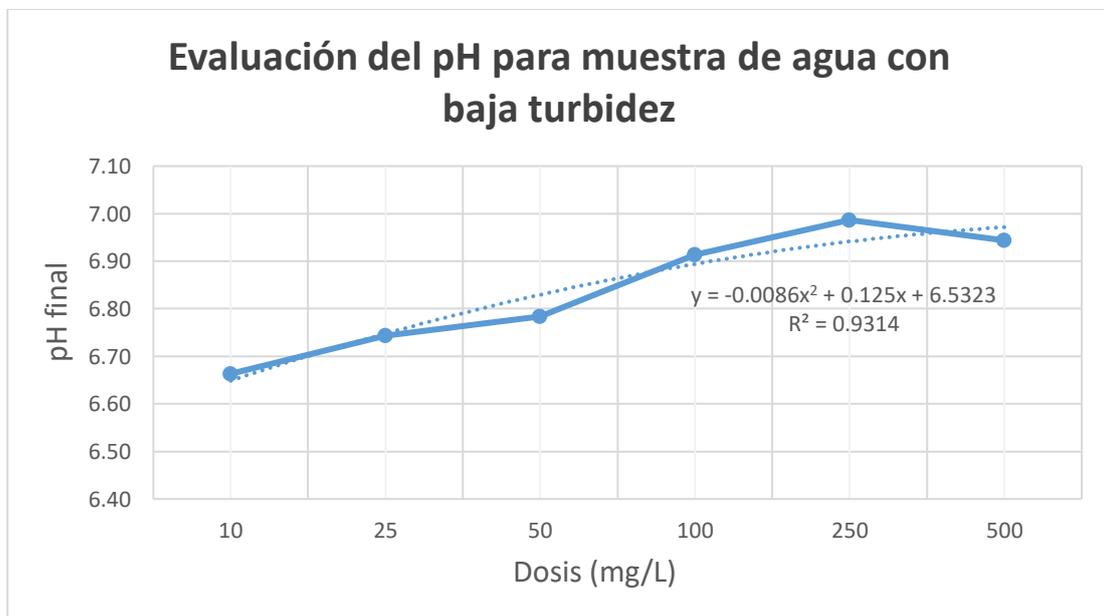


Figura 18. Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez

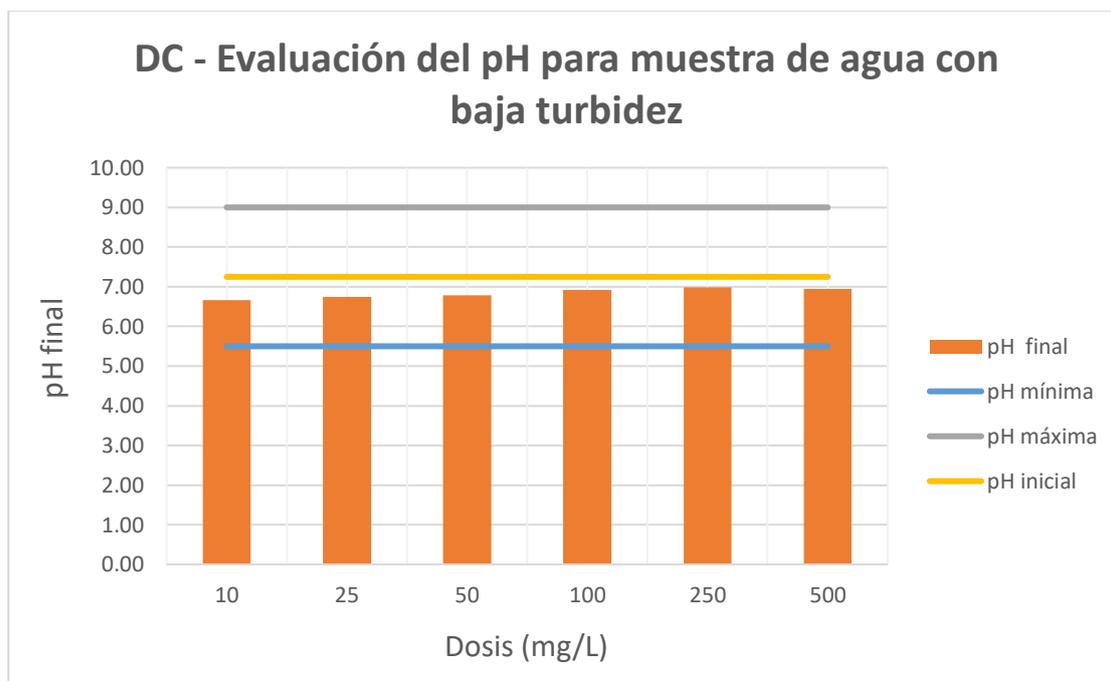


Figura 19. Diagrama de Control - Evaluación del pH para muestra de agua con baja turbidez

Interpretación:

Según la Tabla N° 12 y Figura N° 22 se observa una ligera variación del pH, siendo el pH inicial de la muestra de agua con baja turbidez de 7,25 y el pH final se encuentra en un rango de 6,66 – 6,91. De igual forma en la Figura N° 18 se observa con mayor claridad que el pH se encuentra dentro del siguiente rango 6,5 – 9, dichos valores cumplen con los límites máximos permisibles.

3.7.4 Análisis Estadístico

El proyecto de investigación se desarrolló mediante la prueba de hipótesis T-Student pareada, esta prueba nos permitió determinar si el agua residual tratada con el coagulante natural obtenido de la cáscara de papa es diferente antes y después de haberse aplicado el tratamiento.

La hipótesis general planteada es la siguiente:

“El coagulante natural obtenido de la cáscara de papa es eficiente para el tratamiento de las aguas residuales domesticas”.

La hipótesis general mencionada se utilizó para evaluar si la turbidez inicial difiere de la final después de cada tratamiento tanto para muestras de agua de alta y baja turbidez, verificándose así la existencia de un % de remoción, la

contrastación de las hipótesis fue planteadas así:

H_0 : El porcentaje de remoción de turbidez de las seis dosis aplicadas es igual en los tratamientos.

H_1 : El porcentaje de remoción de turbidez de la seis dosis aplicadas es difiere en los tratamientos.

3.7.4.1 Muestra de agua con alta turbidez

IC y Prueba T pareada: Turbidez inicial; Turbidez final

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Turbidez inicial	6	227,00	0,00	0,00
Turbidez final	6	109,04	11,59	4,73

Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para la diferencia_μ
117,96	11,59	4,73	(105,79; 130,12)

diferencia_μ: media de (Turbidez inicial - Turbidez final)

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ ≠ 0

Valor T	Valor p
24,93	0,000002

El valor de p es de 0,000002, dicho valor es menor que 0,05 para un nivel de significancia al 95%, por lo tanto, se rechaza la H_0 y se afirma que el porcentaje de remoción de turbidez de la seis dosis aplicadas para la muestra de agua con alta turbidez es diferente luego del tratamiento. Lo cual quiere decir que el coagulante natural obtenido de la cáscara de papa es

eficiente para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de alta turbidez.

Prueba de ANOVA de un solo factor

ANOVA de un solo factor: TURBIDEZ FINAL vs. DOSIS

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
DOSIS	6	D1; D2; D3; D4; D5; D6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DOSIS	5	2014,50	402,900	87,80	0,000
Error	12	55,07	4,589		
Total	17	2069,56			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2,14217	97,34%	96,23%	94,01%

Medias

DOSIS	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
D1	3	127,67	2,52	(124,97; 130,36)
D2	3	117,00	3,61	(114,31; 119,69)
D3	3	105,67	2,08	(102,97; 108,36)
D4	3	95,200	0,721	(92,505; 97,895)
D5	3	107,067	1,007	(104,372; 109,761)
D6	3	101,667	1,528	(98,972; 104,361)

Desv.Est. agrupada = 2,14217

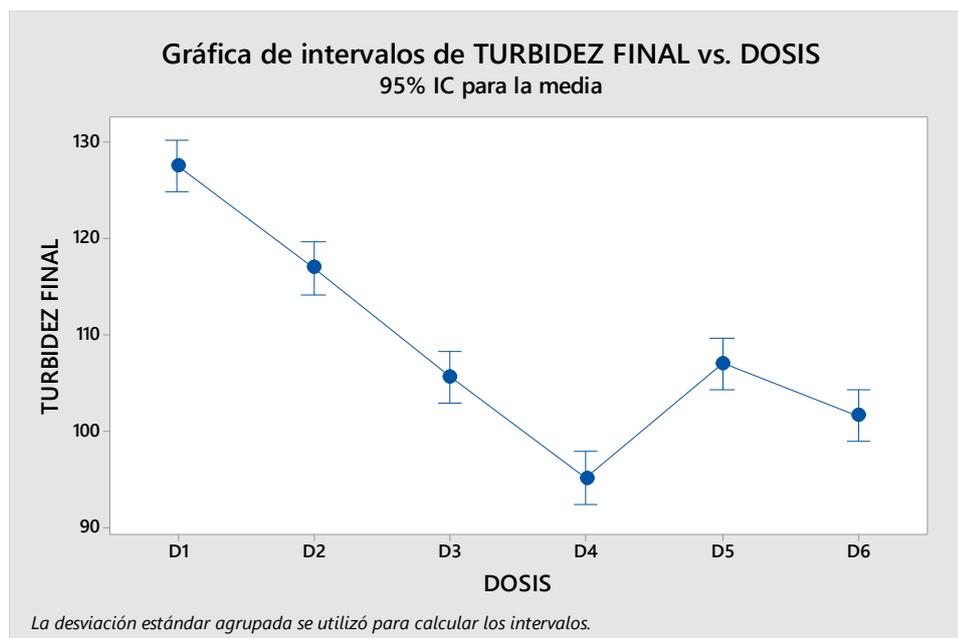


Figura 20. Gráfica de intervalos de Turbidez final vs Dosis – Alta turbidez

De acuerdo a los resultados obtenidos para hallar el porcentaje de remoción se afirma que la dosis con mayor remoción de turbidez es el recipiente N° 4 con Dosis de 100 mg/L con un porcentaje del 58,1%. La turbidez inicial del agua residual domestica era de 227 NTU, al aplicarse el tratamiento se redujo a 95,20 NTU como turbidez final.

3.7.4.2 Muestra de agua con baja turbidez

IC y Prueba T pareada: Turbidez inicial; Turbidez final

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Turbidez inicial	6	7,750	0,000	0,000
Turbidez final	6	4,544	0,531	0,217

Estimación de la diferencia pareada

Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	IC de 95% para la diferencia_μ
3,206	0,531	0,217	(2,648; 3,764)

diferencia_μ: media de (Turbidez inicial - Turbidez final)

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ ≠ 0

Valor T	Valor p
14,78	0,00003

El valor de p es de 0,00003, dicho valor es menor que 0,05 para un nivel de significancia al 95%, por lo tanto, se rechaza la H_0 y se afirma que el porcentaje de remoción de turbidez de la seis dosis aplicadas para la muestra de agua con baja turbidez es diferente luego del tratamiento. Lo cual quiere decir que el coagulante natural obtenido de la cáscara de papa es eficiente para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de baja turbidez.

Prueba de ANOVA de un solo factor

ANOVA de un solo factor: TURBIDEZ FINAL vs. DOSIS

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
DOSIS	6	D1; D2; D3; D4; D5; D6

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
DOSIS	5	4,23729	0,847459	102,17	0,000
Error	12	0,09953	0,008294		
Total	17	4,33683			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0910738	97,70%	96,75%	94,84%

Medias

DOSIS	N	Media	Dev.Est.	IC de 95%
D1	3	5,2733	0,1332	(5,1588; 5,3879)
D2	3	4,8200	0,1082	(4,7054; 4,9346)
D3	3	4,2033	0,0702	(4,0888; 4,3179)
D4	3	3,8567	0,0551	(3,7421; 3,9712)
D5	3	4,2267	0,1007	(4,1121; 4,3412)
D6	3	4,8833	0,0473	(4,7688; 4,9979)

Dev.Est. agrupada = 0,0910738

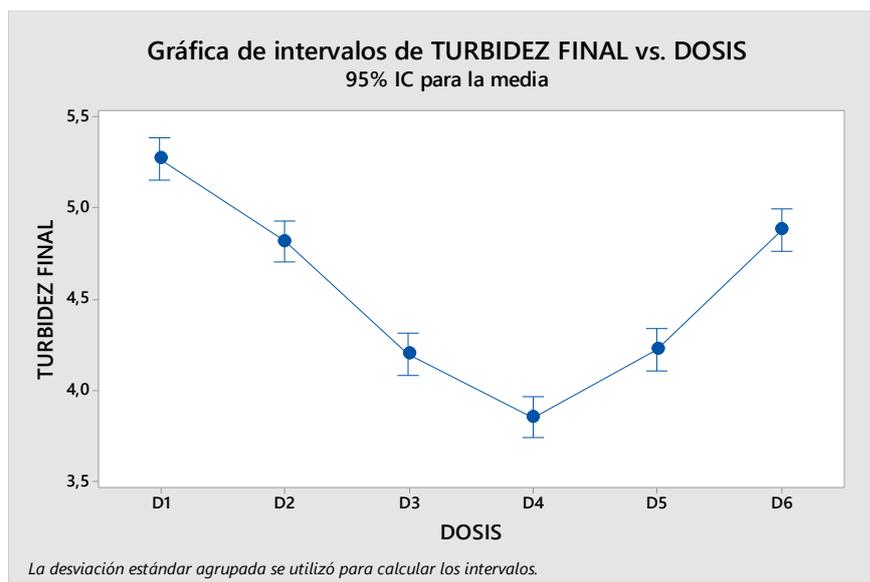


Figura 21. Gráfica de intervalos de Turbidez final vs Dosis – Baja turbidez

De acuerdo a los resultados obtenidos para hallar el porcentaje de remoción se afirma que la dosis con mayor remoción de turbidez es el recipiente N° 4 con Dosis de 100 mg/L con un porcentaje del 50%. La turbidez inicial del agua residual domestica era de 7,75 NTU, al aplicarse el tratamiento se redujo a 3,86 NTU como turbidez final.

3.7.5 Escalamiento a nivel de planta piloto

El escalamiento a nivel de planta piloto se evaluó para 1000 m³ y se realizó una cotización comparando el coagulante natural con un coagulante químico.

Tabla 13. Cotización de precios

Producto	Empresa	Costo (S/.) de 1 kg por producto
Sulfato de aluminio	Química Regasa S.A.C	2,06 (precio a partir de 2700 kg)
Papa	Mercado Mayorista	0.50

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de coagulante en polvo para 1000 m³

Solución coagulante:

10 g coagulante en polvo → 1 L Agua destilada

Dosis 100 mg/L para 1 L Agua residual

1 L Solución coagulante → 10 ml se extrae para cada jarra

$$\frac{1000 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 100 \rightarrow \text{Cantidad de tratamientos que se pueden realizar}$$

Entonces...

1 L Solución coagulante → 100 L Agua residual tratadas

$$\begin{array}{l} X \qquad \qquad \rightarrow 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \rightarrow 1000 \text{ m}^3 = 1\,000\,000 \text{ L} \end{array}$$

$$X = 10\,000 \text{ L de solución coagulante}$$

Si 10 g de coagulante en polvo se necesita para 1 L. ¿Cuánto se necesitará para 1000 m³?

10 g coagulante en polvo → 1 L

$$X \qquad \qquad \rightarrow 10\,000 \text{ L}$$

$$X \rightarrow 100\,000 \text{ g} = \mathbf{100 \text{ kg de coagulante en polvo}}$$

Cantidad de papas para la extracción de 100 kg de coagulante en polvo

De 2 kg de papa se extraen 40,25 gr de coagulante en polvo, con el proceso de tamizado.

2 kg → 40,25 gr coagulante en polvo

$$X \rightarrow 100 \text{ kg} = 100\,000 \text{ gr}$$

$$X \rightarrow \mathbf{4968 \text{ kg de papa}}$$

Costos para agua con turbidez – cantidad 1000 m³

Tabla 14. Costos a escala de planta piloto

Insumos	Costo (S/.) de 1 kg	A escala de laboratorio		A escala de planta piloto	
		Dosis para 1 litro	Costo (S/.) para 1 litro	Dosis para 1000 m ³	Costo (S/.) para 1000 m ³
Sulfato de aluminio	S/. 2,06	100 mg	$2,06 \times 10^{-4}$	100 kg	206
Papa	S/. 0,50	100 mg	5×10^{-5}	100 kg	50

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Antes de evaluar el poder coagulante de la cáscara de papa se procedió a realizar una caracterización fisicoquímica, para ello se determinó dos propiedades principales que son el porcentaje de humedad y el de cenizas, teniendo como resultado: 14% y 7% respectivamente. Lo cual permitió comparar con otras investigaciones como el de Paca, Flor (2017) donde obtuvo 11,23% de humedad y 4,47% de cenizas para residuos de papa, así como también para los residuos de yuca, camote y plátano realizó el mismo análisis; los resultados finales fueron similares en todos los casos.

De acuerdo a los resultados finales para la muestra de agua de alta turbidez de la PTAR Velasco Alvarado según la Tabla N° 9 y la Figura N° 13, se observa que la dosis óptima para la remoción de turbidez inicial de 227 NTU es la de 100 mg/L con un porcentaje de remoción del 58,1% con una turbidez final de 95,20; mientras que los resultados finales para la muestra de agua con baja turbidez según la Tabla N° 11 y la Figura N° 16, determinan que la dosis óptima para la remoción de turbidez inicial de 7,75 NTU es la de 100 mg/L con un porcentaje de remoción del 50% con una turbidez final de 3,86. En ambos casos la remoción de la turbidez inicial es a partir del 50%, de acuerdo a la investigación de Carrasquero, Sedolfo (2016) él obtuvo un porcentaje de remoción del 97% para una turbidez alta de 200 NTU y un porcentaje de remoción del 57% para una turbidez baja de 10 NTU, este último caso se asemeja al resultado obtenido de la presente investigación. La dosis óptima en ambos casos fue de 50 mg/L y 100 mg/L respectivamente.

Se encuentra una mayor relación en los resultados para agua de baja turbidez, sin embargo, debemos considerar que en la investigación de Carrasquero, Sedolfo (2016) trabajó con agua sintética, es decir agua que se preparó bajo ciertas condiciones simulando una turbidez de 200 NTU y 10 NTU la cual se puede considerar inestable. Mientras que en la presente investigación se usó agua residual doméstica la cual presentaba mayor cantidad de carga coloidal, la cual complicó la desestabilización de las cargas coloidales, es por ello que no se obtuvo un porcentaje de remoción considerable para aguas de alta

turbidez.

Según Trapote (2016) el menciona que los coagulantes de origen natural, obtenidos de productos como alginatos, almidones y derivados de celulosa, presentan una eficiencia relativamente pequeña y que actúan mejor como coadyuvantes. Los coadyuvantes son agentes auxiliares de coagulación también llamados floculantes. En la investigación realizada por Chalco (2016) planteó la remoción de turbidez del agua del río Caplina usando sulfato de aluminio y como auxiliar de coagulación el almidón de papa, se evaluaron 3 niveles de turbidez diferentes: 70, 500 y 900 NTU. En todos los casos se logró el 90% aprox. de remoción de turbidez, lo cual evidencia que el almidón de papa actúa mejor y es aún más eficaz como coadyuvante.

El pH evaluado en la investigación de Carrasquero, Sedolfo (2016) para turbidez de 10 NTU es de 7,36 y para turbidez de 200 NTU es de 6,79; en nuestro caso el pH de la muestra con baja turbidez es de 6,91 y para la muestra con alta turbidez es de 6,99. Se observa una ligera diferencia, el cual no influye negativamente en el agua tratada. Dichos valores se encuentran dentro del rango recomendado en los Estándares de Calidad Ambiental para el agua.

CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se realizó el tratamiento de las aguas residuales de la PTAR ubicada en la Av. Velasco cruce con la Av. Pastor Sevilla, se tomaron dos muestras de agua con alta y baja turbidez, y se aplicó el coagulante natural obtenido de la cáscara de papa. De lo cual se concluye que es eficiente en la reducción de la turbidez, presentando un mayor rango de eficiencia en muestras de agua de alta turbidez, y en menor rango en baja turbidez. Los parámetros evaluados luego de aplicar el tratamiento se encuentran dentro de la normativa de los Estándares de Calidad Ambiental.
2. Se realizó la caracterización fisicoquímica de la cáscara de papa, mediante la determinación del porcentaje de los siguientes parámetros: humedad y cenizas. Los resultados fueron los siguientes: humedad 14% y cenizas 7% de los cuales se verificó con anteriores investigaciones teniendo resultados similares.
3. Las pruebas experimentales que se realizaron para evaluar la remoción de la alta y baja turbidez de las muestras de agua de la PTAR Velasco Alvarado, nos permitieron conocer la dosis óptima. Para la muestra de agua con alta turbidez, tenía una turbidez inicial de 227 NTU y la dosis óptima es de 100 mg/L con lo que se obtuvo una turbidez final de 95,2 NTU y para la muestra de agua con baja turbidez, tenía una turbidez inicial de 7,75 NTU la dosis óptima es de 100 mg/L con la que se obtuvo una turbidez final de 4,1 NTU. En ambos casos la turbidez final se encuentra dentro del rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para el agua, para la muestra de agua con alta turbidez se podría destinar para el riego de las áreas verdes mientras que para la muestra de agua con baja turbidez podría ser agua de consumo humano.

Por otro lado, las dosis óptimas demuestran que no se necesitan grandes cantidades del coagulante en polvo, debido a que las dosis aplicadas no superan los 100 mg de coagulante en un litro de agua tratada.

4. El coagulante natural obtenido de la cáscara de papa removi6 eficientemente la turbidez de la muestra de agua con alta y baja turbidez durante el tratamiento

de las aguas residuales domésticas de la PTAR Velasco Alvarado, con un porcentaje de remoción del 58,1% y 50% respectivamente.

5. Se verificó una ligera variación del pH final de la muestra de agua con alta y baja turbidez al aplicarse los tratamientos respectivos, el pH de la muestra con alta turbidez se encuentra en un rango de 6,76 – 7,01 y el pH de la muestra con baja turbidez se encuentra en un rango de 6,66 – 6,99 en ambos casos se encuentran dentro del rango establecido por los Límites Máximos Permisibles (LMP).

RECOMENDACIONES

Se debe continuar con los estudios de aplicación del coagulante de la cáscara de papa a diferentes concentraciones y determinar la más óptima, en muestras de agua residual doméstica de alta y baja turbidez.

Con el fin de mejorar el porcentaje de remoción de turbidez que tiene el coagulante de la cáscara de papa, se propone realizar combinaciones con otros coagulantes químicos, ya que en otras investigaciones se ha reportado que pueden funcionar como coagulantes secundarios o ayuda coagulantes o encontrar la manera de como poder potencializarlo, es decir mejorando sus propiedades fisicoquímicas.

Se recomienda realizar el análisis de más parámetros fisicoquímicos y/o biológicos, para evaluar su eficiencia en estos.

Experimentar otras velocidades de mezcla lenta que se realizan en el equipo de prueba de jarras para conocer si existen otras dosis óptimas con mayor porcentaje de remoción de turbidez, de la ya se obtuvo en los resultados.

Medir el parámetro de turbidez con un papel filtro para simular la parte final de un proceso de clarificación de aguas, y observar si incrementa el porcentaje de remoción.

Se recomienda someter al coagulante en polvo a un proceso de despigmentación con la finalidad de que este no colorea la muestra de agua a tratar.

Tener los equipos de protección personal y los que se necesitarán para el análisis de las muestras disponibles y en el lugar donde se desarrollará la investigación con la finalidad de mantener el orden y avanzar con los tiempos estimados.

Se recomienda contar con la presencia de tres o más personas, que puedan apoyar en el proceso de la inyección de las dosis adecuadas para cada recipiente del equipo de prueba de jarras, con el fin de que todas las muestras se encuentren en las mismas condiciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. I., Saez, J., Lloréns, M., Soler, A., y Ortuño, J. F. (2002). Nutrient removal and sludge production in the coagulation–flocculation process. *Water Research*, 36(11), 2910–2919.
- Almendárez de Quezada, N. (2004). Comprobación de la efectividad del coagulante (COCHIFLOC). *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1).
- Alvarado Carmona, L. N. (2011). *Uso de las cáscaras de papa como coagulante natural en el Tratamiento de Aguas Potables de la Planta "La Diana"*. Instituto Cenis de Colombia, Duitama.
- Andía Cárdenas, Yolanda. (Abril de 2000). *Tratamiento de Agua: Coagulación y Floculación*. Lima. Recuperado de Sedapal: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). *Método normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Aristizábal, J., y Sánchez, T. (marzo de 2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma, Italia: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (Diciembre de 2013). Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú. (J. L. Carrillo Mendoza, y C. Inga Colonia, Edits.) Lima, Lima, Perú. Recuperado de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursos_hidricos2013.pdf
- Autoridad Nacional del Agua. (Marzo de 2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima, Lima, Perú. Recuperado de https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf
- Barba Ho, E. L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del Agua y parámetros de medición*. Santiago de Cali, Colombia. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaar/e/fulltext/gestion/conceptos.pdf>
- Barrera Díaz, C. E. (2014). *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales*. Barcelona: Reverté.
- Blasco Lamenca, M. (1970). *Microbiología de suelos*. Turrialba: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- Broncano Castillo, L. E., y Rosario Cacha, N. P. (2017). *Eficiencia del Tropaeolum tuberosum y la cáscara de Solanum tuberosum como coagulante para la remoción de turbiedad, color y sólidos disueltos en el río Llullán, provincia*

- de Caraz, Ancash - 2016. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz.
- Camlab. (2019). Palintest Micro 950 Turbidity Meter. Ucrania. Recuperado de https://www.camlab.co.uk/originalimages/sitefiles/Micro_950_flyer220.pdf
- Chalco Flores, M. H. (2016). *Determinación de la eficiencia del almidón de papa (Solanum tuberosum) como auxiliar de coagulación del sulfato de aluminio en la remoción de turbidez del agua del río Caplina*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- Chama Cabana, J. R. (2017). *Evaluación del poder coagulante del almidón de papa (Solanum tuberosum) var. única y el policloruro de aluminio para la remoción de la turbidez al ingreso de las aguas a la Planta de Tratamiento Samegua, Moquegua 2016*. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua.
- CIP- INTERNATIONAL POTATO CENTER. (2008). La papa. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/246034316/papa-FAO-pdf>
- Delpeuch, F., y Jean-Claude, F. (1980). Caracteristique des amidons de plantes alimentaires tropicales: action de l'alpha-amylase, gonflement et solubilité. *Annales de Technologie Agricole*, 29(1), 53 - 67.
- Díaz Claros, J. N. (2014). *Coagulantes-Floculantes orgánicos e inorgánicos elaborados de plantas y del reciclaje de la chatarra, para el tratamiento de aguas contaminadas*. Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, Tegucigalpa.
- Fondo Nacional del Ambiente. (2009). Oportunidades de mejoras ambientales por el tratamiento de aguas residuales del Perú. Perú. Recuperado de <http://fonamperu.org.pe/download/oportunidades-de-mejoras-ambientales-por-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-peru/#>
- González Toro, C. (octubre de 2011). Monitoreo de la calidad del agua "La turbidez". Puerto Rico. Recuperado de <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf>
- Gordón Mendoza, R., y Camargo Buitrago, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55-63.
- Idrovo, C. (2010). *Optimización de la Planta de Tratamiento de Uchupucun*. Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (Diciembre de 1980). Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://181.112.149.204/buzon/normas/518.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (Setiembre de 2013). Harina de origen vegetal. Determinación de la ceniza. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://181.112.149.204/buzon/normas/520-1R.pdf>

- International Potato Center. (2019). Datos y cifras de la Papa. Perú. Obtenido de <https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and-figures/>
- Lazcano Carreño, C. A. (2014). *Biotecnología ambiental de Aguas y aguas residuales*. Lima: Centro de Producción Fondo Editorial UNMSM.
- López del Pino, S. J., y Martín Calderón, S. (2015). *Depuración de Aguas Residuales*. España: ELEARNING S.L. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=9cJWDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=aguas+residuales&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwin1tjPu7LiAhVBTd8KHf1KAbYQ6AEIMDAB#v=onepage&q=aguas%20residuales&f=false>
- López Pérez, M. (2018). *Evaluación del uso de la cactácea Opuntia ficus-indica como coagulante natural para el tratamiento de aguas*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.
- Marín Galvín, R. (2013). *Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas: Teoría, práctica y problemas resueltos*. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- Mena Arboleda, D. E., y Jácome Rojas, C. F. (Abril de 2015). Diseño y construcción de una máquina peladora de papas con capacidad de 100kg/h. Quito, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9030/6/UPS-KT01118.pdf>
- Minaya Loa, R. K. (2018). *Eficacia de los coagulantes Linum usitatissimum y Salvia hispánica en la remoción de sedimentos de las aguas residuales de la avícola San Fernando S. A. C. para el uso de riego categoría 3*. Universidad César Vallejo, Lima.
- Ministerio de Agricultura. (Mayo de 2012). Papa INIA 303 - Canchán. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/518/1/Trip-Papa_Canchan_INIA303.pdf
- Molano Linares, J. D. (2016). *Tratamiento de efluentes de la industria alimentaria por coagulación-floculación utilizando almidón de Solanum tuberosum L. 'papa' como alternativa al manejo convencional*. Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Navarro, N. (11 de setiembre de 2018). *Prueba de jarras*. Cumbaya, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://www.isa.ec/index.php/va-viene/entry/prueba-de-jarras>
- NIHON KASETSU CO. (2019). Sistema de Tratamiento de Agua Nihon Kasetu. Zaragoza, España. Obtenido de <http://nihonkasetu.com/es/tratamiento-de-aguas/>
- Orozco Jaramillo, A. (2005). *Bioingeniería de aguas residuales*. Bogotá: Acodal.
- Orozco, L. (1992). Suelos y fertilización, Manual para educación agropecuaria. Trillas.

- Osorio Robles, F., Torres Rojo, J., y Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de Aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. Granada: Ediciones Díaz de Santos.
- Paca Telenchano, F. R. (2017). *Evaluación de residuos vegetales de papa, yuca, camote y plátano, como coagulantes naturales para el tratamiento de aguas residuales procedentes de la industria láctea*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Pérez, J. (1977). Ensayos sobre Coagulación - Floculación. Manual de Métodos Modernos en el Diseño de Plantas de Tratamiento. Tomo II. Instituto de Ingeniería Sanitaria. La Paz, Bolivia.
- Proexpansión. (Noviembre de 2011). Cambios del sector papa en el Perú en la última década: Los aportes del proyecto Innovación y Competitividad de la Papa (INCOPIA). Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Programa de Investigaciones y Proyección Social en Papa - LA MOLINA. (1987). El cultivo de papa con énfasis en producción de semilla. Lima, Perú.
- Ramalho, R. S. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Barcelona: Reverté S.A.
- Restrepo Osorno , H. A. (2009). *Evaluación del proceso de Coagulación - Floculación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Rios Moreno, A. (2010). El agua. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/76332540/EL-AGUA-Generalidades-y-tratamientos>
- Rivera Huanay, R. H. (2017). *Eficiencia de coagulante natural obtenidos de yuca (Manihot Esculenta) y plátano (Musa paradisiaca) para remover turbidez y Escherichia Coli del riachuelo Santa Perené Chanchamayo*. Universidad César Vallejo, Lima.
- Romero Rojas, J. A. (2005). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sangal, P. (1995). Glosario de Estadísticas del Medio Ambiente de las Naciones Unidas. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap11.pdf
- Schoemaker, A. (2017). Glosario Ambiental. Conociendo los términos ambientales usados en zonas mineras. Lima. Obtenido de http://democraciaglobal.org/wp-content/uploads/tomo-1_optimize.pdf
- Suquilanda Valdivieso, M. (2012). Manual técnico para la producción orgánica de cultivos andinos. Obtenido de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf

- Trapote Jaume, A. (2016). *Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas*. San Vicente del Raspeig: Universitat d' Alacant.
- Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida. Manual I: Teoría. Tomo I. Lima, Perú. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/ma1_tomo1_indice.pdf
- Wurzburg, O. (1886). *Modified Starches: Properties and Uses*. Boca Raton. Estados Unidos.
- Zambrano Alfonso, N. (2015). *Recolección de Aguas Residuales*. Popayán: Universidad del Cauca.

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud para realizar tomas de muestra de agua - PTAR situada en la Av. Juan Velasco Alvarado con la Av. Pastor Sevilla

"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Municipalidad de Villa El Salvador
Señor Alcalde:

Lima, 18 de marzo de 2019

Señor:
Julio Evaristo Chipana
Subgerente de Parques y Jardines
Municipalidad de Villa El Salvador
Sector 2, Grupo 5, Av. Revolución S/N cruce con Av. César Vallejo

ASUNTO: Autorización para realizar tomas de muestra de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.

Es grato dirigirme a Usted, para solicitarle la autorización para realizar tomas de muestra de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas ubicada en las instalaciones de Subgerencia de Parques y Jardines en la Av. Juan Velasco Alvarado S/N cruce con Av. Mariano Pastor Sevilla; que se realizará durante el 21 - 31 de marzo con fines académicos, para la realización de la parte experimental de mi tesina.

Es propicio la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi más distinguida consideración y estima.

Atentamente,



6812
19 MAR 2019
DOCUMENTO
File: [Handwritten]


PATRICIA GUADALUPE MEJIA ISIDRO
Bechiller de Ing. Ambiental - UNTELS
Mz G Lt 26 República Federal Alemana S.J.M
DNI: 74150644

Figura 22. Solicitud para realizar tomas de muestra de agua

Anexo 2. Toma de muestra de agua residual



Figura 23. PTAR de Villa El Salvador situada en la Av. Juan Velasco Alvarado con la Av. Pastor Sevilla



Figura 24. Toma de muestra de agua residual con baja turbidez



Figura 25. Toma de muestra de agua residual con alta turbidez

Anexo 3. Mediciones de los parámetros fisicoquímicos: Turbidez y pH



Figura 26. Medición del pH en agua residual



Figura 27. Medición de la turbidez en agua residual

Anexo 4. Resultado de la muestra de agua con alta turbidez

Tabla 15. Resultado del tratamiento de la muestra de agua con alta turbidez

Valores iniciales – Alta turbidez			Turbidez inicial 227 UNT						pH inicial 7,43					
Coagulante natural			Turbidez final						pH final					
Nº jarra	Dosis	CC (%)	R1	R2	R3	X	S	CV	R1	R2	R3	X	S	CV
1	10 mg/L	1	128	130	125	127,67	2,52	1,97	6,76	6,71	6,80	6,76	0,05	0,67
2	25 mg/L	1	113	120	118	117,00	3,61	3,08	7,00	6,97	6,92	6,96	0,04	0,58
3	50 mg/L	1	104	105	108	105,67	2,08	1,97	7,01	6,92	7,01	6,98	0,05	0,74
4	100 mg/L	1	96	94,6	95	95,20	0,72	0,76	7,00	6,96	7,02	6,99	0,03	0,44
5	250 mg/L	1	108	106	107,2	107,07	1,01	0,94	7,01	7,02	7,00	7,01	0,01	0,14
6	500 mg/L	1	100	103	102	101,67	1,53	1,50	6,97	6,98	6,90	6,95	0,04	0,63

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5. Resultado de la muestra de agua con baja turbidez

Tabla 16. Resultado del tratamiento de la muestra de agua con baja turbidez

Valores iniciales – Baja turbidez			Turbidez inicial 7,75 UNT						pH inicial 7,25					
Coagulante natural			Turbidez final						pH final					
Nº jarra	Dosis	CC (%)	R1	R2	R3	X	S	CV	R1	R2	R3	X	S	CV
1	10 mg/L	1	5,16	5,24	5,42	5,27	0,13	2,53	6,61	6,73	6,65	6,66	0,06	0,92
2	25 mg/L	1	4,91	4,70	4,85	4,82	0,11	2,24	6,69	6,79	6,75	6,74	0,05	0,75
3	50 mg/L	1	4,27	4,13	4,21	4,20	0,07	1,67	6,79	6,72	6,84	6,78	0,06	0,89
4	100 mg/L	1	3,86	3,91	3,80	3,86	0,06	1,43	6,87	6,82	7,05	6,91	0,12	1,75
5	250 mg/L	1	4,24	4,32	4,12	4,23	0,10	2,38	6,92	7,01	7,03	6,99	0,06	0,84
6	500 mg/L	1	4,83	4,90	4,92	4,88	0,05	0,97	6,98	6,90	6,95	6,94	0,04	0,58

Fuente: Elaboración propia