



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“*MORINGA OLEÍFERA LAM.* LIOFILIZADA COMO AGENTE COAGULANTE EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS TOTALES Y DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO EN EFLUENTE DE CURTIEMBRE”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Ambiental

Autora:

Freesy Yanira Aguilar Villanueva

Asesor:

Ing. Liana Cárdenas Gutiérrez

Trujillo - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Ing. Liana Cárdenas Gutiérrez , docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA AMBIENTAL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Aguilar Villanueva Freesy Yanira

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: *MORINGA OLEIFERA LAM.* LIOFILIZADA COMO AGENTE COAGULANTE EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS TOTALES Y DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO EN EFLUENTE DE CURTIEMBRE para aspirar al título profesional de: **Ingeniera Ambiental** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

Ing. Liana Cárdenas Gutiérrez
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de la estudiante: Aguilar Villanueva Freesy Yanira para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *MORINGA OLEIFERA LAM. LIOFILIZADA COMO AGENTE COAGULANTE EN LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS TOTALES Y DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO EN EFLUENTE DE CURTIEMBRE*

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing. Wilberto Effio Quezada
Jurado
Presidente

Ing. Natalia Diaz Diaz
Jurado

Ing. Ilich Llaque Fernández
Jurado

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a toda mi familia, de manera especial a mis padres Nory y Walter, que a lo largo de mi formación personal y profesional me han guiado e inculcado buenos valores, han depositado su confianza en mí y siempre están a mi lado en cada paso que vengo dando, este logro es para ustedes queridos padres.

Así mismo, se la dedico a mis hermanos Walter, Jhampier, Kimberly y Briannita, a los cuales quiero y estimo mucho, y es menester recordarles que siempre estaré a su lado cuando me necesiten, que este pequeño pero gran logro sea un ejemplo a seguir para orgullo personal y familiar, es por ello que deseo que cumplan cada una de sus metas.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer el asesoramiento del Ingeniero Anthony Fuentes, quien en el desarrollo de mi tesis me ha apoyado de manera desmesurada, permitiéndome realizar en su totalidad la investigación en los laboratorios de la Universidad Nacional de Trujillo.

Así mismo quiero agradecer a mi asesora Ingeniera Liliana Cárdenas, quien desde que tomó conocimiento de mi tesis me ha apoyado para dar culmino a un sueño tan anhelado por mi persona.

Agradezco a mis compañeros del laboratorio de Tecnologías Limpias de la Universidad Nacional de Trujillo, quienes en diversas ocasiones han prestado un poco de su tiempo para apoyarme a la realización de la tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad Problemática	13
1.2. Antecedentes	14
1.3. Marco Conceptual	17
1.4. Normativa.....	25
1.5. Formulación del Problema	26
1.6. Objetivos	26
1.6.1. Objetivo General.....	26
1.6.2. Objetivos Específicos	26
1.7. Hipótesis	27
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	28
2.1. Tipo de investigación	28
2.1.1. Tipo/subtipo de diseño	28
2.1.2. Diseño Experimental	28
2.2. Población y Muestra.....	29
2.2.1. Población.....	29
2.2.2. Muestra	29
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	30
2.3.1. Técnica de Absorción Atómica	30
2.3.2. Test de Jarra	31
2.3.3. Materiales.....	31
2.4. Procedimiento	32
2.4.1. Ubicación y recolección de la Muestra	32
2.4.2. Caracterización de la muestra	32
2.4.3. Método de Extracción con NaCl a 1M	32
2.4.4. Método de Extracción del aceite de la semilla de <i>Moringa oleifera Lam.</i>	32
2.4.5. Método de extracción del Coagulante con Agua Destilada.	33
2.4.6. Método de Obtención del Coagulante Liofilizado	33
2.4.7. Preparación del coagulante-floculante en Polvo.....	33

CAPÍTULO III. RESULTADOS	35
3.1. Caracterización inicial del agua residual de Curtiembre en la etapa de Remojo.....	35
3.2. Prueba Preliminar Aplicando extracto de <i>Moringa oleifera Lam</i>	35
3.3. Resultados de la remoción de Turbidez y Sólidos Totales con métodos de extracción con Agua Destilada y NaCl	36
3.4. Resultados del <i>screening</i> del Placket-Burman.....	39
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	48
4.1. Discusión.....	48
4.2. Conclusiones.....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Taxonomía de la Moringa oleífera Lam.</i>	18
Tabla 2 <i>Factores claves que se usaran en el diseño de Placket-Burman</i>	28
Tabla 3 <i>Métodos estándar para análisis de aguas residuales APHA</i>	32
Tabla 4 <i>Caracterización de la Muestra del efluente del proceso de Remojo de Curtiembre.</i>	35
Tabla 5 <i>Muestra preliminar aplicando el extracto de Moringa oleifera Lam</i>	35

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura N° 1:</i>	Diseño estadístico de <i>screening</i> Experimental con Plackett-Burman.....	29
<i>Figura N° 2:</i>	Curva de calibración de Espectrofotómetro de Absorción Atómica	30
<i>Figura N° 3:</i>	Flujograma del tratamiento de las semillas de <i>Moringa oleífera Lam.</i>	34
<i>Figura N° 4:</i>	Flujograma del tratamiento del efluente del proceso de remojo de Curtiembre.....	34
<i>Figura N° 5:</i>	Comparación del método de extracción con Agua destilada y 1M NaCl, en la remoción de Turbidez.....	36
<i>Figura N° 6:</i>	Comparación del método de extracción con Agua destilada y 1M NaCl, en la remoción de Sólidos Totales.	37
<i>Figura N° 7:</i>	Porcentaje de Remoción de Turbidez con la <i>Moringa oleífera Lam.</i> Liofilizada.	37
<i>Figura N° 8:</i>	Porcentaje de Remoción de Turbidez con la <i>Moringa oleífera Lam.</i> Liofilizada	38
<i>Figura N° 9:</i>	Variables que influyen significativamente en la remoción de turbidez.....	39
<i>Figura N° 10:</i>	Variables que influyen significativamente en la remoción de Sólidos Totales.	40
<i>Figura N° 11:</i>	Variables que influyen significativamente en la remoción de la demanda química de oxígeno	41
<i>Figura N° 12:</i>	Variables que se deben optimizar para obtener una mejor remoción de Turbidez	42
<i>Figura N° 13:</i>	Variables que se deben optimizar para obtener una mejor remoción de Sólidos Totales.....	43
<i>Figura N° 14:</i>	Variables que se deben optimizar para obtener una mejor remoción de la Demanda Química de Oxígeno	44
<i>Figura N° 15:</i>	Superficie de Respuesta obtenida para la remoción de Turbidez	45
<i>Figura N° 16:</i>	Superficie de Respuesta obtenida para la remoción de sólidos totales.....	46
<i>Figura N° 17:</i>	Superficie de Respuesta obtenida para la remoción de la Demanda Química de Oxígeno	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1.	Matriz de Consistencia	57
Anexo N° 2.	Matriz de Operacionalización	59
Anexo N° 3.	Tabla del <i>screening</i> de Plackett-Burman con los parámetros de Turbidez, Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno.	61
Anexo N° 4.	Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el monitoreo	62
Anexo N° 5.	Etiqueta de identificación para muestras de agua residual	63
Anexo N° 6.	Decreto Supremo N° 021-2009-Vivienda – Valores Máximos Admisibles (VMA) para descarga de efluente de aguas no domesticas en el sistema de alcantarillado.	64
Anexo N° 7:	Comparación de los métodos de extracción con Agua Destilada y 1M NaCl.	65
Anexo N° 8:	Análisis preliminar con la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada	66
Anexo N° 9.	Datos obtenidos del <i>screening</i> de Plackett- Burman para cada muestra y su réplica	67
Anexo N° 10.	Evidencias fotográficas de los análisis realizados en Laboratorio.	81

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante en la remoción de Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, se realizó una caracterización inicial del efluente del proceso de remojo, en donde obtuvimos un pH de 9.85 y la Demanda Química de Oxígeno de 9 100 mg/L superando los Valores Máximos Admisibles (VMA), además se obtuvo una Turbidez de 1 899.2 NTU y Sólidos Totales de 51 070 mg/L estos parámetros se utilizaron como indicadores de medición rápida. El diseño que se aplicó en la investigación es el diseño de Plackett-Burman, en donde se determinó las variables de pH, Concentración de Coagulante, Velocidad de Agitación Rápida, Velocidad de Agitación Lenta, Tiempo de Agitación Rápida y Tiempo de Agitación Lenta.

El diseño implicó el montaje de 14 tratamientos experimentales por duplicado mediante el uso de un diseño estadístico de *screening* Plackett-Burman, en donde se determinó que variables influyen de manera significativa en la remoción de Turbidez, Sólidos Suspendidos y la Demanda Química de Oxígeno aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.

Se concluye que la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante tiene un efecto significativo en la remoción de Turbidez, Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno, estimando así, que es capaz de remover la Turbidez a un 100%, Sólidos totales a un 25% y la Demanda Química de Oxígeno a un 25%.

Así mismo cabe resaltar que la utilización de la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada en la remoción de efluentes del proceso de remojo de curtiembre sienta una base o precedente, toda vez que ésta no ha sido utilizada en otras investigaciones.

Palabras Claves: *screening* Plackett-Burman, *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada.

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the effect of freeze-dried *Moringa oleifera Lam.* as a coagulating agent in the removal of total solids and chemical oxygen demand in tannery effluent. An initial characterization of tannery of the soaking process effluent was performed, where pH was obtained of 9.85 and chemical oxygen demand 9 100mg/L exceeding the Maximun Allowable Values (MAV), in addition a turbidity was obtained the 1 899.2 NTU, total solids 51 070 mg/L these parameters were used as rapid measurement indicators. The design that was applied in the research is the of Plackett-Burman, where the following variables were determined: pH, Concentration of Coagulant, Speed of rapid agitation, Speed of low agitation, Rapid Agitation Time and Slow Agitation Time.

The design involved the assembly of 14 experimental treatments in duplicate by using a statistical Plackett-Burman screening design in optimization processes. it was done to establish the variables that significantly influence the removal of turbidity, Suspended Solids and Chemical Oxygen Demand applying the freeze-dried *Moringa oleifera Lam* as a coagulating agent.

It is concluded that the freeze-dried *Moringa oleifera Lam.* as a coagulating agent has a significant effect on the removal of Turbidity, Total Solids and Chemical Oxygen Demand, estimating that it is capable of removing Turbidity at 100%, Total Solids at 25% and Chemical Oxygen Demand to 25%.

It should also be noted that the use of freeze-dried *Moringa oleifera Lam.* in the removal of effluents from the soaking process of tannery sets a basis or precedent, since it has not been used in other investigations.

Keywords: screening Plackett-Burman, freeze-dried *Moringa oleifera Lam.*

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

La industria de la curtiembre es una actividad que data de hace cientos de años, que consiste en transformar la piel del animal en cuero y los procesos se han ido refinando con el tiempo. A nivel mundial los principales países productores de cuero fueron China, Italia e India, produciendo un total anual de 613,07, 199,45 y 161,52 millones de metros cuadrados de cuero respectivamente. Asimismo, Brasil y Argentina lograron ubicarse entre los 10 países con mayor producción. (Rosas, 2013)

En el Perú las empresas dedicadas a la industria del cuero, tanto formal como informal, operan principalmente en las ciudades de Trujillo, Arequipa y Lima (Rosas, 2013). En la Provincia de Trujillo existen registradas 140 curtiembres distribuidas en los distritos de El Porvenir, La Esperanza, Florencia de Mora, Moche, Trujillo, Huanchaco, Laredo y Víctor Larco, donde el mayor porcentaje se concentra en El Porvenir y La Esperanza. (Gerencia Regional de la Producción, 2012).

La actividad industrial del cuero es importante porque aporta al desarrollo local; sin embargo, estas industrias son altamente contaminantes, esto por las descargas que se producen directa e indirectamente al medio ambiente, ya que los efluentes industriales tienen altos contenidos de materia orgánica e inorgánica y sustancias químicas (Lazo, 2014). Se realizan diversos procesos con la finalidad transformar la piel de un animal en un producto imputrescible y con mejores propiedades. (Rosas, 2013). El proceso general consta de cuatro etapas principales: ribera, curtido, recurtido y secado.

La primera etapa es la de Ribera en la cual se lleva a cabo el proceso de remojo, en donde se reciben las pieles para ser limpiadas y preparadas (eliminar los restos de sangre, suciedad y pelos) para las siguientes etapas. Es la etapa que presenta mayor consumo de agua y un elevado pH, las pieles pasan por un proceso de remojo en los botales con agentes desengrasantes, humectantes y bactericidas. (Ramírez & Jaramillo, 2015)

Las aguas de la etapa de remojo que son descargados a una red de alcantarillado generan incrustaciones de sólidos en las tuberías, en lugares donde no existen plantas de tratamiento estos contaminantes afectan la calidad del cuerpo receptor y causan su deterioro. Ante este problema el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento mediante el DECRETO SUPREMO N° 021-2009-VIVIENDA regulo las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado teniendo en cuenta diversos parámetros establecidos. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2009)

Ante la preocupación de las curtiembres en adecuar sus efluentes para que cumplan los Valores Máximos Admisibles (VMA) para aguas no domésticas, empezaron a buscar alternativas de tratamientos eficientes. Una de estas alternativas es la técnica de la coagulación-floculación a base de coagulantes, ya que son agentes naturales solubles en

agua procedentes de materiales de origen vegetal o animal, que actúan de modo similar a los coagulantes y desinfectantes sintéticos, aglomerando las partículas en suspensión, facilitando su sedimentación y reduciendo la Turbidez (Ramírez & Jaramillo, 2016). Los coagulantes naturales son ciertamente seguros, amigables con el medio ambiente y libres de toxicidad (bajo condiciones adecuadas de uso). Sus compuestos bioactivos son proteínas, polisacáridos, mucílagos, taninos y alcaloides (Banchón y col, 2016). De todos los coagulantes naturales, el coagulante primario de origen vegetal más conocido y estudiado en la actualidad es la semilla de *Moringa oleifera Lam.* (Sánchez & Heredia, 2010)

Diversos estudios han demostrado que la actividad coagulante de las semillas de *Moringa oleifera Lam*, representa una alternativa sostenible, económica y segura, además tienen la ventaja de no alterar las propiedades del agua tratada. Demostrando su capacidad coagulante en el tratamiento de aguas potables y aguas residuales. (Sandoval & Laines, 2014). Sin embargo, existen pocos trabajos sobre el uso de extractos de *Moringa oleifera Lam*, para la reducción de Turbidez, Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno en el efluente del proceso remojo de Curtiembre, por lo cual el presente trabajo se centra en la búsqueda de las condiciones ideales para la mejor remoción de Turbidez, Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno en el efluente del proceso de remojo de curtiembre.

1.2. Antecedentes

Hoyos , Medina, Valencia, & Sanchez (2017), en su artículo “Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: uso del polvo de la semilla de la *Moringa oleifera Lam*, como coagulante natural, Colombia”, cuyo objetivo es analizar la eficiencia de la semilla de *Moringa oleifera Lam*, como sustancia coagulante en tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio, se realizaron pruebas de coagulación/floculación, en un test de jarras. En cada ensayo realizado se midió pH, turbiedad, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST), antes y después de cada prueba, con el fin de calcular la remoción obtenida. Obteniendo los siguientes resultados, se logró una remoción del 87% de color y 80% de turbidez aproximadamente, un 20% de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y 60% de los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Llego a la conclusión que la utilización de esta semilla como coagulante viene siendo un método efectivo para utilizarlo como complemento para estos procesos y más aún para lugares donde no cuentan con la tecnología ni la economía adecuada para dichos procesos.

Ndabigengesere & Subba (2010), en su artículo “Uso de semillas de *Moringa oleifera* como coagulante primario en el tratamiento de aguas residuales, Canadá”, cuyo objetivo es comparar las aguas residuales tratadas con el extracto de agua cruda de semillas de *Moringa oleifera* y alumbre, los experimentos se realizaron a varias dosis y se utilizó un test de jarra. Los parámetros que se midieron fueron los Sólidos Suspendidos (SS), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los nutrientes (fósforo y nitrógeno), los microorganismos, antes y después del tratamiento para evaluar la eficiencia de eliminación. Los resultados mostraron que la semilla de *Moringa oleifera* fueron eficientes para la eliminación de sólidos

suspendidos, microorganismos y eliminación de algunos metales. Los nutrientes y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) no se eliminaron con éxito, hubo un aumento de estos parámetros. Llego a la conclusión que el aumento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los nutrientes observados en el caso de las semillas de *Moringa oleifera* se podrían evitar utilizando proteínas purificadas en lugar del extracto de agua cruda.

Tasneemban & Arjum (2013), en su artículo "Tratamiento de aguas residuales de curtiembre utilizando Coagulantes Naturales, India" cuyo objetivo fue la utilización coagulante naturales *Cicer arietinum*, *Moringa oleifera* y *Cactus* para reducir Turbidez y Demanda Química de Oxígeno (DQO) de aguas residuales de curtiembre. Se determinó la dosis óptima de *Cicer arietinum*, *Moringa Oleifera* y *Cactus* fueron de 0.1, 0.3 y 0.2 g / 500 ml respectivamente. El valor de pH óptimo con *Cicer Arietinum*, *Moringa oleifera* y *Cactus* fueron 5.5, 4.5 y 5.5. Como resultados se obtuvieron una reducción máxima de Turbidez en 81.20% con el *Cicer arietinum*, 82.02% con *Moringa oleifera* y 78.54% *Cactus* y La reducción máxima en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue del 90%, 83.33% y 75%, respectivamente. Concluyeron que entre los coagulantes naturales utilizados en este estudio se observó una reducción máxima de la turbidez del 82,02% y una reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) del 90% con *Moringa Oleifera* y *Cicer aretinum*, respectivamente.

Ali Eman, Tan & Makky (2013), en su artículo "Impacto de la aplicación de residuos de torta de *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas residuales, Malasia" cuyo objetivo fue la utilización de la semilla de *Moringa oleifera* como alternativa para reemplazar el coagulante químico. Se investigaron diferentes parámetros utilizando la torta de *Moringa oleifera* llevado a cabo en el Laboratorio, los resultados mostraron reducción de la turbidez en 97%. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) aumentaron de 520.5 ± 0.71 a 865.0 ± 2.12 mg / L y de 120.5 ± 2.12 a 270.5 ± 2.12 mg / L respectivamente. Sin embargo, no existe alteración significativa del pH, llegando a la conclusión que la *Moringa oleifera* posee proteínas que fácilmente pueden ser aplicados en el tratamiento de las aguas residuales y disminuir la contaminación del ambiente.

Olvera, Portilla, Houbron & Huerta (2015), en su artículo "Adsorción de contaminantes orgánicos de aguas residuales de matadero utilizando polvo de semillas de *Moringa oleifera* como coagulante natural" cuyo objetivo fue utilizar el polvo de semillas de *Moringa oleifera* como coagulante natural para la adsorción de contaminantes orgánicos de las aguas residuales del matadero. Evaluaron los efectos del tiempo de adsorción, el pH inicial, la concentración de aguas residuales en el matadero y la dosificación de semillas en polvo. Los resultados indicaron que 180 min son necesarios para una alta adsorción y la mayor eficiencia de eliminación medida como Demanda Química de Oxígeno (DQO) fue de 5,614 mg/L (64%) y esto se logró usando 7 g/L de polvo de semilla, pH 9 y 8,772 mg/L de contaminante en las aguas residuales. Concluyendo que la *Moringa oleifera* es un gran

agente coagulante ya que puede reducir la Demanda Química de Oxígeno (DQO), en gran porcentaje.

Hefni, Raden & Sawarni (2011), en su artículo "*Moringa oleifera* como coagulante para el tratamiento de efluentes residuales industriales en batik, Indonesia", cuyo objetivo fue dar un tratamiento adecuado a las aguas residuales industriales, se trabajó con el polvo de *Moringa oleifera* a nivel de laboratorio, en donde los resultados fueron la disminución de la turbidez en un 95.5% con 4000 mg / l durante 180 min a pH 4, la remoción de Sólidos Suspendidos Totales (SST) fue de un 87.5% con 5000 mg/l y 60 minutos de precipitación, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) no fue afectada significativamente después del tratamiento. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) inicial fue de 3712,5 mg / l, pero aplicando el tratamiento con coagulante tuvo incremento a 9652.5 mg/l. Concluyendo que el aumento de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el efluente de batik después del tratamiento con el coagulante puede ser causado porque el polvo de *Moringa oleifera* es un material orgánico.

Mera, Gutiérrez, Rojas, & Paz (2016), en la tesis "Efecto de la *Moringa oleifera* en el tratamiento de aguas residuales en el Cauca, Colombia", utilizaron aguas resultantes del proceso de beneficio de café con turbidez mayor a 2 000 NTU y aguas provenientes del pelado químico de vegetales con 91,5 UNT. Los tratamientos se realizaron empleando el test de jarras a 130 rpm a 21,5 °C por 30 min para aguas residuales de café y 15 min para aguas de pelado químico de vegetales. Se efectuó la comparación con sulfato de aluminio utilizando la misma dosificación, los resultados indican que empleando 4 g en 600 ml de agua residual de beneficio de café se obtuvo una eficiencia del 80,9% con polvo de semilla de *Moringa oleifera* y 73,5% con sulfato de aluminio, además empleando 0,15 g en 600 ml de agua del pelado químico de vegetales se tuvo una eficiencia del 66,75% con *Moringa oleifera* y con el sulfato de aluminio de 63,5%.

Rondón & Domínguez (2017), en su artículo "Empleo de semillas de *Moringa oleifera* en el tratamiento de residuales líquidos, Cuba", cuyo objetivo es el uso de los coagulantes químicos y la escasez de materias primas para producirlos nacionalmente propician el empleo de las semillas de *Moringa oleifera* como alternativa para la sustitución de coagulantes químicos, se utilizó el residuo después de la extracción de aceite para el tratamiento de agua residual de una planta municipal, determinando parámetros indicadores de calidad de los residuales líquidos. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) obtenida fue de 80 mg/L con una dosis de coagulante de 69,70 mg/L, lográndose una reducción superior al 90 %. Concluyendo que la utilización de la *Moringa oleifera* se obtuvieron ventajas ambientales, económicas y sociales.

1.3. Marco Conceptual

La Moringa

La planta de la Moringa en su esencia proviene de la familia Moringácea, la cual tiene su origen identificado en la India pero que ya en la actualidad se cultiva en todo el mundo. Su diversificación la llevó a un proceso de adaptación que trajo consigo el surgimiento de 13 especies, cada una con sus particularidades, aunque de manera general con muchos puntos de coincidencias. La *Moringa oleifera Lam*, es la más conocida y estudiada, pero existen otras 12 especies, las cuales son: (Sandoval & Laines, 2013)

- *Moringa arborea* Verdc
- *Moringa borziana* Mattei
- *Moringa concanensis* Nimmo
- *Moringa drouhardii* Jum.
- *Moringa hildebrandtii* Engl.
- *Moringa longituba* Engl.
- *Moringa ovalifolia* Dinter & Berger
- *Moringa peregrina* (Forssk.) Fiori
- *Moringa pygmaea* Verdc.
- *Moringa rivae* Chiov.
- *Moringa ruspoliana* Engl.
- *Moringa stenopetala* (Baker f.) Cufod.

La *Moringa oleifera Lam*

Es un árbol caducifolio que presenta rápido crecimiento, unos 3 m en su primer año pudiendo llegar a 5 m en condiciones ideales; adulto llega a los 10 o 12 m de altura máxima. Tiene ramas colgantes quebradizas, con corteza suberosa, hojas color verde claro, compuestas, tripinnadas, de 30 a 60 cm de largo, con muchos folíolos pequeños de 1,3 a 2 cm de largo por 0,6 a 0,3 cm de ancho. Florece a los siete meses de su plantación. Las flores son fragantes, de color blanco o blanco crema, de 2,5 cm de diámetro. Produce vainas colgantes color marrón, triangulares, de 30 a 120 cm de largo por 1,8 cm de ancho, divididas longitudinalmente en 3 partes cuando se secan; cada una contiene aproximadamente veinte semillas incrustadas en la médula. Semillas de color marrón oscuro, con tres alas. Su rusticidad lo hace muy fácil de cultivar. (Ramos, 2013)

Tabla 1

Taxonomía de la Moringa oleifera Lam.

Nombre Científico:	<i>Moringa oleifera Lam</i>
Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Brassicales</i>
Familia:	<i>Moringaceae</i>
Género:	<i>Moringa</i>
Especie:	<i>Moringa oleifera</i>

Nota: Fuente: EcuRed- 2015

Las propiedades de esta planta son muy variadas, desde la alimentación humana y animal hasta la explotación cosmética. Es significativa la ingente cantidad de aplicaciones en el campo del tratamiento de aguas. (Melo & Turriago, 2012)

El uso más conocido de sus semillas de la *Moringa oleifera Lam*, es el tratamiento del agua, debido a sus propiedades coagulantes. Entre las principales ventajas que presenta el uso de esta semilla destacan su bajo coste, la biodegradabilidad, así como la estabilidad del pH del agua tratada con dicha sustancia. Por su parte, los extractos salinos y acuosos crudos de *Moringa oleifera Lam* han mostrado una gran eficacia como coagulante primario natural, alcanzando una reducción de la turbiedad elevada (entre 92-99 %) (Quirós, Vargas , & Jimenez , 2010)

Las semillas de la *Moringa oleifera Lam*, en diversas formas ya sea extraídas (en polvo) o purificadas (mezcladas con agua destilada) han probado ser eficaz en remover material suspendido (materia orgánica). (Ghebremichael y col, 2005)

Los investigadores han constatado, mediante la recolección y el análisis de muestras provenientes de recipientes para almacenamiento de agua, tratado con semilla de *Moringa oleifera Lam*, que esta ayuda a una mejor sedimentación. Sus hallazgos muestran que la semilla de *Moringa oleifera Lam*, triturada, es un coagulante natural, y, por tanto, podría ser una alternativa viable para reemplazar, parcial o completamente a insumos químicos utilizados en el tratamiento de aguas. (Lazo, 2017)

Agua Residual de Efluente de Curtiembre

Las causas de esta contaminación son principalmente los desechos industriales del cuero, ya que portan elementos químicos no degradables metales pesados, compuestos orgánicos y gérmenes. El agua se considera contaminada cuando se encuentra alterada su composición física, química o biológica. (Garcia & Salazar, 2010)

En general los contaminantes se clasifican en tres tipos:

a) Contaminantes Físicos

- Turbidez
- Sólidos totales
- Dureza total

b) Contaminantes Químicos

- Acidez
- Alcalinidad
- Calcio
- Cloruro
- Cromo
- Fenoles
- Grasas
- Hierro
- Magnesio
- Sulfuros
- Potencial de H(pH)
- Nitrógeno Amoniacal
- Sulfatos
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)

c) Contaminantes Biológicos

- Bacterias Patógenas
- Virus
- Algas
- Microorganismos en general

Aspectos generales del Tratamiento del Agua residual

El tratamiento del agua depende de los factores técnicos y económicos. Por lo tanto, para un adecuado diseño de un tratamiento se requiere: (Garcia & Salazar, 2010)

- Conocer los contaminantes presentes en el agua.
- Requerimientos del agua tratada, actuales y futuros. En general los métodos de tratamiento de agua están clasificados como: Físicos, Químicos, Físicos Químicos y Biológicos

▪ **Tratamientos Físicos**

Los tratamientos físicos son aquellos en que la eliminación o reducción de los contaminantes se basa en las fuerzas físicas. Son usados para la separación de los sólidos no disueltos del agua. (Argandoña & Macías, 2013)

La sedimentación y la filtración son operaciones típicas en el acondicionamiento del agua para uso industrial y la selección de la operación a usar dependerá de:

- Las características de los sólidos.
- Concentración de los sólidos
- Calidad del agua que se desee.

Por ello tenemos diferentes tipos de sólidos no disueltos

- a) **Sólidos totales:** Como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103° 105°.
- b) **Sólidos sedimentables:** Se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente en forma cónica (Cono Imhoff) en el transcurso de un periodo de 60 minuto.
- c) **Sólidos coloidales:** Está compuesta por las partículas de materia suspendida en el agua de tamaños entre 0.001 y 1 micrómetro.
- d) **Sólidos filtrables:** Analíticamente son aquellos retenidos por un material filtrante (según lo especifique el método analítico) de tamaño del poro, del orden de una micra.

Sedimentación

Se utiliza la sedimentación en la separación de flóculos químicos, cuando se hace uso de la floculación en el tratamiento del agua, como es el caso en el tratamiento de aguas residuales. (Cárdenas , 2011)

En la sedimentación se aprovecha la acción que ejerce la fuerza de la gravedad, sobre las partículas más pesadas, que descienden depositándose en el fondo.

▪ **Tratamientos Físicos-Químicos**

Coagulación

El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia, se eliminan las materias en suspensión estables; la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos. (Sánchez, 2007)

Mecanismos de la Coagulación

La desestabilización se puede obtener por los mecanismos fisicoquímicos siguientes.

- **Compresión de la doble capa.**

Cuando se aproximan dos partículas semejantes, sus capas difusas interactúan y generan una fuerza de repulsión, cuyo potencial de repulsión está en función de la distancia que los separa y cae rápidamente con el incremento de iones de carga opuesta al de las partículas, esto se consigue sólo con los iones del coagulante. (Lawrence , Yung Tse , & Nazih, 2005)

- **Adsorción y neutralización de cargas.**

Las partículas coloidales poseen carga negativa en sus superficies, estas cargas llamadas primarias atraen los iones positivos que se encuentran en solución dentro del agua y forman la primera capa adherida al coloide. El potencial en la superficie es el potencial electrocinético – potencial ZETA, este potencial rige el desplazamiento de coloides y su interacción mutua. El potencial Z es una medida de esta fuerza de repulsión. Cuanto mayor es, en valor absoluto, mayor es la carga de la partícula. A medida que disminuye el potencial Z las partículas pueden aproximarse aumentando la posibilidad de una colisión. Los coagulantes proporcionan cargas de signo contrario para eliminar ese potencial. (Hernández y col, 2007)

Después de la teoría de la doble capa la coagulación es la considerada como la anulación del potencial obtenido por adición de productos de coagulación – floculación, en la que la fuerza natural de mezcla debido al movimiento browniano no es suficiente requiriéndose una energía complementaria necesaria; por ejemplo, realizar la agitación mecánica o hidráulica. (Lawrence , Yung Tse , & Nazih, 2005)

- **Atrapamiento de partículas en un precipitado.**

Las partículas coloidales desestabilizadas, se pueden atrapar dentro de un floc, cuando se adiciona una cantidad suficiente de coagulantes, habitualmente sales de metales trivalente como el sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, o Cloruro Férrico $FeCl_3$, el floc está formado de moléculas de $Al(OH)_3$ o de $Fe(OH)_3$. La presencia de ciertos aniones y de las partículas coloidales acelera la formación del precipitado. Las partículas coloidales juegan el rol de anillo durante la formación del floc; este fenómeno puede tener una relación inversa entre la turbiedad y la cantidad de coagulante requerida. En otras palabras, una concentración importante de partículas en suspensión puede requerir menor cantidad de coagulante. (Cárdenas , 2011)

- **Adsorción y puente.**

Este fenómeno es explicado por la teoría del “puente”. Las moléculas del polímero muy largas contienen grupos químicos que pueden absorber las partículas coloidales. La molécula de polímero puede así absorber una partícula coloidal en una de sus extremidades, mientras que los otros sitios son libres para absorber

otras partículas. Por eso se dice que las moléculas de los polímeros forman el “puente” entre las partículas coloidales. Esto puede tener una restabilización de la suspensión, por una excesiva carga de polímeros. (Lawrence , Yung Tse , & Nazih, 2005)

Factores que influyen en la coagulación

Los siguientes factores importantes con la finalidad de optimizar el proceso de coagulación: (Núñez, 2014)

- **Influencia del pH**

El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua.

El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto, la dosis requerida es alta.

- **Influencia de las sales Disueltas**

Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- Modificación el rango de pH óptimo.
- Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.
- Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente.

- **Influencia de la dosis del Coagulante**

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

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

- **Influencia de Mezcla**

El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o

casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecha y que se haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente. (Paredes, 2015)

Floculación

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar. (Cárdenas , 2011)

Factores que influyen en la Floculación

Los principales factores que influyen en la floculación son los siguientes: (Olivero y col, 2014)

- **Concentración y naturaleza de las partículas**

La velocidad de formación del floc es proporcional a la concentración de partículas en el agua y del tamaño inicial de estas.

- **Tiempo de detención**

La velocidad de aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo de detención. Debe estar lo más cerca posible al óptimo determinado por medio de ensayos de jarras.

- **Gradiente de velocidad**

Este es un factor proporcional a la velocidad de aglomeración de las partículas. Existe un límite máximo de gradiente que no puede ser sobrepasado, para evitar el rompimiento del floc. El gradiente a través de las cámaras debe ser decreciente y no se deben tener cámaras intermedias con gradientes elevados.

Curtido

El curtido, es el proceso de transformación de una piel putrescible en un material indestructible, en condiciones normales obedece a leyes químicas, las mismas que regulan cada una de las etapas de producción y que en condiciones físicas similares darán resultados iguales y medibles. (Pinedo, 2011)

Los principales procesos que se llevan a cabo en la Curtiembre son: Ribera, Curtido, Recurtido y Secado. (Otiniano y col, 2007)

Etapas de Ribera

La etapa de ribera comprende aquellos procesos que permiten la eliminación del pelo o lana de la piel. Es la etapa que presenta el mayor consumo de agua y su efluente

presenta un elevado pH. Devuelve el estado húmedo inicial a aquellas pieles que se conservaron antes de ser llevadas a la curtiembre; también permite la limpieza y desinfección de éstas antes de comenzar el proceso de pelambre. Este proceso emplea sulfuro de sodio y cal para eliminar la epidermis de la piel además del pelo que la recubre. Antes de comenzar con la etapa de curtido se procede al descarnado y dividido, donde se separan las grasas y carnazas todavía unidas a la parte interna de la piel. (Pinedo, 2011)

Proceso de Remojo

En esta etapa la piel del animal es remojada en un baño de agua, que tiene como objetivo limpiar las pieles de sangre y estiércol que estén adheridos al pelo, remover la sal de la piel y además hidratar las pieles para facilitar el proceso del curtido.

Todo tipo de piel es sometida al remojo sean estas pieles frescas, saladas o pieles secas. Lo que varía en este proceso, dependiendo de la condición de la piel, es el tiempo de remojo. Durante esta operación se emplean grandes volúmenes de agua que arrastran consigo tierra, cloruros y materia orgánica, así como sangre y estiércol. Este proceso se realiza en los botales. (Pinedo, 2011)

Los principales objetivos del remojo son: (Mera y col, 2016)

- Rehidratar las fibras de la piel haciendo que estas vuelvan a tener parecidos grado de hidratación que en estado vivo
- Separar las fibras, fibrillas, etc., que en las operaciones de conservación se unieron más o menos entre sí.
- Eliminar la máxima cantidad posible de componentes que no sean fibras de colágeno, epidermis y pelo o lana (proteínas globulares, grasas, sales, etc.). El remojo se realiza poniendo la piel en contacto con el agua en aparatos apropiados y con los productos auxiliares necesarios a fin de conseguir los objetivos antes mencionados.
- Eliminar la sangre, la suciedad, las heces, la sal de conservación y, como hemos dicho antes, la albumina soluble.
- Es muy conveniente ya en esta primera fase intentar eliminar el exceso de grasa de las pieles. Este desengrase debe repetirse también en el pelambrado y en el desencalado y de la forma más efectiva posible.
- El remojo tiene otra importante tarea. Durante este proceso de trabajo, el pelo debe aflojarse ya en cierta medida de manera que en el pelambrado se pueda eliminar más fácilmente junto con las raíces del pelo.

Factores de que depende el remojo

Los factores que ayudan o impiden conseguir un remojo óptimo de la piel, los cuales enumeramos a continuación. (Mera y col, 2016)

Tipo de Piel

- Piel Seca: La piel seca es más difícil de remojar, puede considerarse que es casi imposible hacerlo sin causarle algún perjuicio, debido a la insolubilidad de proteínas y otros productos durante el secado y a la unión de fibras entre sí, provocada, en parte por sustancias cementantes.
- Piel Salada: Se remoja con más facilidad porque no está totalmente seca, no existe unión fuerte entre las fibras ni gran insolubilización de productos cementantes, solo parcialmente. Es más fácil de remojar ya que la sal al situarse entre las fibras dificulta la unión de estas entre si durante el periodo de conservación.
- Piel Piquelada: No existe dificultad de remojo; solo necesidad de limpieza, adecuación del pH y eliminación de sales antes de las operaciones posteriores.
- Piel Fresca: No hay remojo propiamente dicho, solo necesidad de limpieza hasta cierto punto eliminación de proteínas cementantes.

1.4. Normativa

➤ Constitución Política del Perú

Artículo 2° Inciso 22 de la Constitución Política del Perú, señala que, es deber primordial del mismo garantizar el derecho a toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; siendo esto un derecho de todos.

➤ Ley General del Ambiente- Ley N° 28611 del 13 de octubre del 2005

Artículo 120.- De la protección de la calidad de las aguas

120.2- El Estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

Artículo 121.- Del vertimiento de aguas residuales

El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

Artículo 122.- Del tratamiento de residuos líquidos

122.2- El sector Vivienda, Construcción y Saneamiento es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en

coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

➤ **DECRETO SUPREMO Nº 021-2009-VIVIENDA – VALORES MAXIMOS ADMISIBLES (VMA) PARA DESCARGA DE EFLEUNTE DE AGUAS NO DOMESTICAS EN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Artículo 2.- Finalidad

El presente Reglamento tiene por finalidad preservar las instalaciones, la infraestructura sanitaria, maquinarias, equipos de los servicios de alcantarillado sanitario e incentivar el tratamiento de las aguas residuales para disposición o reúso, garantizando la sostenibilidad de los sistemas de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales; así como, la disminución del riesgo sobre el personal del prestador de los servicios de saneamiento que tenga contacto con las descargas de aguas residuales no domésticas.

1.5. Formulación del Problema

¿Cuál es el efecto de la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante en la remoción de Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo 2019?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Establecer el efecto de la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante en la remoción de Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo 2019.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el efluente de Curtiembre para determinar en qué condiciones iniciales se encuentra la muestra.
- Determinar el efecto del pH en el efluente de Curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.
- Determinar el efecto de la Velocidad de Agitación Rápida y Lenta en el efluente de Curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.
- Determinar el efecto del Tiempo de Agitación Rápida y Lenta en el efluente de Curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.
- Determinar el efecto de la Concentración del Coagulante en el efluente de Curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.
- Estimar el porcentaje remoción de los Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno usando como agente coagulante a la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada.

1.7. Hipótesis

H0: La *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante no tiene un efecto significativo en la remoción de Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo 2019

H1: La *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante si tiene un efecto significativo en la remoción de Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo 2019

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

De acuerdo al desarrollo de la investigación el diseño es de tipo experimental.

2.1.1. Tipo/subtipo de diseño

Se aplica el Diseño de Plackett-Burman.

2.1.2. Diseño Experimental

Previamente caracterizado el efluente del proceso de remojo de Curtiembre, así como también preparado las concentraciones de coagulante a utilizar, el trabajo experimental estará dividido en dos etapas.

Etapas I: Determinación de las variables clave.

Se trabajará siguiendo el diseño experimental por *screening de Plackett-Burman*, para lo cual se usará un Equipo de Test de Jarras, así mismo el pH del efluente será ajustado usando Ácido Sulfúrico (H₂SO₄).

Tabla 2

Factores claves que se usaran en el diseño de Placket-Burman

Nombre del factor	Símbolo	Niveles del factor	
		Nivel bajo(-)	Nivel alto(+)
pH	X ₁	4	9
Concentración Coagulante (mg/L)	X ₂	100	1 000
Velocidad Agitación Rápida (rpm)	X ₃	100	300
Velocidad Agitación Lenta (rpm)	X ₄	10	50
Tiempo Agitación Rápida (min)	X ₅	1	10
Tiempo Agitación Lenta (min)	X ₆	30	60

Nota: diseño de Placket-Burman

ELABORADO POR: Investigador

Etapas II: Optimización de las variables clave

Diseño experimental y análisis de datos. Para estudiar los efectos de las variables que puedan afectar la remoción de Turbidez, Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en el proceso de coagulación utilizando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante, se establecieron las siguientes variables (Ver Tabla n°3), mediante el uso de un diseño estadístico de *screening* Plackett-Burman como primer paso en los procesos de optimización, se mantendrá constante a temperatura ambiente. El diseño implicó el montaje de 14 tratamientos experimentales por duplicado.

N° CORRIDAS	REPLICA	CENTRAR	PH	C.COAGULANTE (mg)	V.A.R (rpm)	V.A.L (rpm)	T.A.R (min)	T.A.R (min)
1	1	1	9	100	300	10	1	30
2	1	1	9	1000	100	50	1	30
3	1	1	4	1000	300	10	10	30
4	1	1	9	100	300	50	1	60
5	1	1	9	1000	100	50	10	30
6	1	1	9	1000	300	10	10	60
7	1	1	4	1000	300	50	1	60
8	1	1	4	100	300	50	10	30
9	1	1	4	100	100	50	10	60
10	1	1	9	100	100	10	10	60
11	1	1	4	10000	100	10	1	60
12	1	1	4	100	100	10	1	30
13	1	0	6.5	550	200	30	5	45
14	1	0	6.5	550	200	30	5	45
15	2	1	9	100	300	10	1	30
16	2	1	9	1000	100	50	1	30
17	2	1	4	1000	300	10	10	30
18	2	1	9	100	300	50	1	60
19	2	1	9	1000	100	50	10	30
20	2	1	9	1000	300	10	10	60
21	2	1	4	1000	300	50	1	60
22	2	1	4	100	300	50	10	30
23	2	1	4	100	100	50	10	60
24	2	1	9	100	100	10	10	60
25	2	1	4	10000	100	10	1	60
26	2	1	4	100	100	10	1	30
27	2	0	6.5	550	200	30	5	45
28	2	0	6.5	550	200	30	5	45

Figura N° 1:

Diseño estadístico de *screening* Experimental con Plackett-Burman

ELABORADO POR: Investigador

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

En el presente proyecto de investigación la población son los 12 m³ de agua que se encuentra en el total del proceso de remojo en la Curtiembre Ecológica del Norte.

2.2.2. Muestra

En el presente proyecto de investigación utilizamos 30 litros de agua del proceso de remojo de la Curtiembre, ya que analizaremos los parámetros de turbidez, pH, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, conductividad y Demanda Química de Oxígeno. Según los requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras para el Monitoreo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), en donde nos indica el volumen mínimo a tomar por parámetro (Ver Anexo 4).

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnica de Absorción Atómica

El espectrofotómetro es un instrumento con el que se apoya la espectrofotometría para medir la cantidad de intensidad de luz absorbida después de pasar a través de una solución muestra.

La técnica hace uso de la espectrometría de absorción atómica para evaluar la concentración de un analito en una muestra. En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento. (Robertsson, 2014)

Curva de calibración del equipo de Absorción Atómica

- Modo de medición: "Absorbancia"
- Longitud de Onda inicio: 420.0 nm
- Longitud de Onda final: 700.0 nm
- Posicionador de Muestras: 1-Celda
- Velocidad de Barrido: Rápido
- Intervalo: 1.0 nm

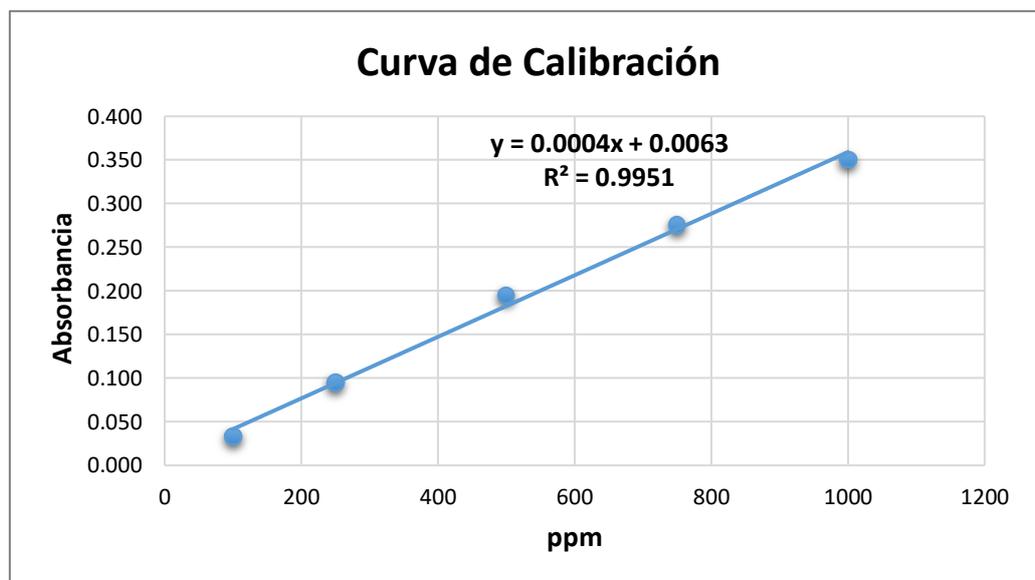


Figura N° 2:

Curva de calibración de Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Fuente: Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

2.3.2. Test de Jarra

Es un método de simulación de los procesos de Coagulación y floculación, realizados a nivel de laboratorio que permite homogenizar las muestras de agua con la finalidad de obtener eficiencia de sedimentación.

El principal objetivo es determinar las variables físicas y químicas de los procesos de coagulación; floculación y sedimentación; tales como: selección del coagulante, selección del pH óptimo, gradientes y tiempos de mezcla rápida. (Rodríguez y col, 2005)

2.3.3. Materiales

2.3.3.1. Equipos y Materiales

- Test de Jarras
- Espectrofotómetro
- Liofilizador
- Balanza analítica
- Digestor
- Multiparámetro
- Turbidímetro
- Estufa

2.3.3.2. Materiales de Laboratorio

- Vasos de precipitación de 1L, 500 ml, 100 ml, 50 ml
- Micropipetas
- Fiolas
- Tubos falcón de 50 ml
- Matraz
- Tubos de ensayo
- Kitasato
- Papel filtro
- Membrana de filtración
- Desecador
- Guantes
- Mortero
- Gradilla
- Probetas

2.3.3.3. Reactivos

- Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)
- Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$)
- Alcohol 96°

2.4. Procedimiento

2.4.1. Ubicación y recolección de la Muestra

Las muestras de aguas residuales utilizadas para esta investigación corresponden a la curtiembre “Ecológica del Norte”; ubicada en el Parque Industrial de La Esperanza en la provincia de Trujillo.

El efluente empleado corresponde al proceso de Remojo que se lleva a cabo en los botales, luego de tomar las muestras correspondientes, estas son trasladadas al Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Trujillo, ubicado a 25 km de la curtiembre (aproximadamente 30 min). Las mismas serán caracterizadas en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas (turbidez, Sólidos Totales, Demanda Química de Oxígeno, pH y conductividad) y almacenadas en un refrigerador a una temperatura de 4°C.

2.4.2. Caracterización de la muestra

Para la caracterización física – química del efluente de remojo de la curtiembre ecológica del Norte, se utilizarán los métodos estándar para análisis de aguas residuales APHA. (Eaton y col, 2005)

Tabla 3

Métodos estándar para análisis de aguas residuales APHA

PARAMETRO	METODO	REFERENCIA
pH	Potenciométrico	Estándar Methods APHA 4500 – H+
TURBIDEZ	Nefelométrico	Estándar Methods APHA 2130 – B
DQO	Espectrofotométrico	Estándar Methods Apha 5220 - C
ST	Evaporación	Estándar Methods Apha 2540 - D

Nota: Fuente: Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater- (2005)

2.4.3. Método de Extracción con NaCl a 1M

La extracción con NaCl a 1M se realizó siguiendo la metodología de (Sánchez , Beltrán, & Peres , 2012) , con algunas modificaciones. Las semillas fueron secadas, trituradas, tamizadas y convertidas en polvo, al polvo de *Moringa oleifera Lam*, se le añadió en una proporción de 5:100 (5g de polvo de semilla y 100 ml de solución de NaCl A 1M) para formar una suspensión.

Luego se mezcló con la ayuda del agitador magnético durante 30 min a temperatura ambiente, el extracto se filtró con papel filtro y luego con una membrana.

2.4.4. Método de Extracción del aceite de la semilla de *Moringa oleifera L.*

La extracción del aceite de la semilla se realizó siguiendo la metodología de (Sánchez , Beltrán, & Peres , 2012), con algunas modificaciones. Las semillas que se secaron, desgranaron, trituraron y tamizaron se convirtió en polvo, al polvo de *Moringa oleifera Lam*, se le añadió etanol (96%) en una proporción de 5:100 (5 g de polvo de semilla y 100 ml de etanol) para formar una suspensión.

Luego se mezcló con la ayuda del agitador magnético durante 1 h a 65 °C. La mezcla se filtró al vacío con papel Filtro y el material sedimentado se secó en la estufa durante 24 horas a 60 °C.

2.4.5. Método de extracción del Coagulante con Agua Destilada.

En este método, el agente de extracción utilizado fue agua destilada. Se siguió el método citado por (Quirós, Vargas , & Jimenez , 2010), con algunas modificaciones. Las semillas que se secaron, desgranaron, trituraron y tamizaron se convirtió en polvo, al polvo de *Moringa oleifera Lam*, se le añadió agua destilada en una proporción de 5:100 (5 g de polvo de semilla y 100 ml de agua destilada) durante 30 minutos utilizando un agitador magnético. La mezcla se filtró al vacío con papel Filtro y luego con una membrana, y el resultado es un líquido blanco claro.

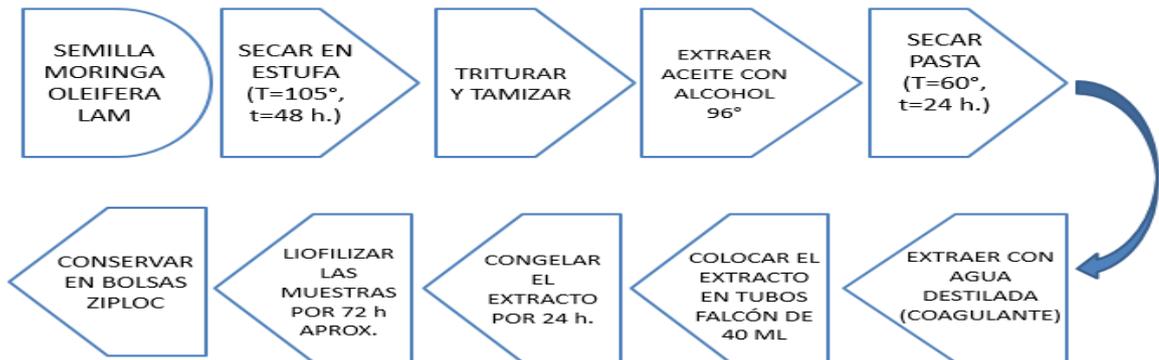
2.4.6. Método de Obtención del Coagulante Liofilizado

El Liofilizador utilizado fue de la marca LANBCONCO modelo FreeZone. Antes del proceso de liofilización, todas las muestras se pre-congelaron en un congelador a 20 °C durante 24 h. Luego se colocó en el Liofilizador hasta obtener el polvo cristalizado (aproximadamente entre 3 a 5 días).

2.4.7. Preparación del Coagulante Liofilizado

- a. Las semillas de *Moringa oleifera Lam*. se secaron en una estufa por 48 horas a 105 °C.
- b. Luego se pelaron las semillas, exponiendo los granos blancos.
- c. Los granos blancos se trituraron usando un molino.
- d. El polvo obtenido se tamizo con malla N°30.
- e. Luego se extrajo el aceite, adicionando 1 L de etanol a 96% a 50 g de polvo en un matraz.
- f. La solución se agitó por 1 h a 65 °C en un agitador magnético.
- g. Luego la solución se filtró con papel filtro, se descartó el líquido y la pasta obtenida se colocó a la estufa por 24 h a 60 °C.
- h. Una vez seca, la pasta se volvió a moler y tamizar, obteniéndose un polvo.
- i. Luego se procedió a extraer el floculante, para lo cual se pesó 5 g de polvo y se mezcló con 100 ml de agua destilada.
- j. La suspensión se colocó en el agitador magnético por 30 min a 300 rpm.
- k. Luego se filtró con papel filtro y finalmente con una membrana.
- l. El líquido obtenido es el extracto de *Moringa oleifera Lam*.

- m. El Extracto se vertió en tubos Falcón hasta 40 ml.
- n. Luego se llevó a congelar a -20°C por 24 h.



- o. Finalmente se introdujo al Liofilizador hasta obtener el coagulante en polvo.

Figura N° 3:



Figura N° 4:

Flujograma del tratamiento del efluente del proceso de remojo de Curtiembre

Fuente: *Elaboración propia.*

2.4.8. Simulación del proceso de coagulación-floculación

Los ensayos de coagulación se realizaron en un Test de Jarras. En la muestra de agua de la etapa de remojo, se determinará la concentración de Turbidez, Sólidos Totales y las Demanda Química de Oxígeno.

- El efluente de remojo de curtiembre se disuelve a 1/10.
- Se adicionará 1 000 ml de agua de remojo a los vasos de precipitación de 1L.
- Se dosificará y adicionará el coagulante, según la concentración descrita en el diseño experimental de Plackett- Burman (ver Tabla n°3).
- Se encenderá el Test de Jarras y se ajustará a velocidades de agitación rápida y lenta, además se establecerá el Tiempo de Agitación Rápida y Lenta según el diseño experimental. Una vez transcurrido el periodo de agitación, se apaga el equipo y se deja sedimentar por 1 hora.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Caracterización inicial del agua residual de Curtiembre en el proceso de Remojo

Se realizó un análisis preliminar (Ver Tabla 4), con la finalidad de obtener resultados antes de aplicar el tratamiento con el extracto de *Moringa oleifera Lam.*, y para determinar en qué condiciones iniciales se encuentra la muestra del efluente de remojo de curtiembre. A continuación, mostramos los resultados de los parámetros analizados.

Tabla 4

Caracterización de la Muestra del efluente del proceso de Remojo de Curtiembre.

Parámetro	Resultados	Unidad
pH	9,85	-
Turbidez	1 899,2	NTU
Conductividad	63,3	us/cm
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	9 100	mg/l
Sólidos Totales (ST)	51 070	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	1 460	mg/l
Sólidos Disueltos (SD)	49 610	mg/l

Notas: Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 4, se muestran los datos obtenidos de la caracterización del efluente del proceso de Remojo de Curtiembre, los cuales serán comparados con los Valores Máximos Admisibles (VMA) (Ver Anexo 6), a fin de mostrar la necesidad de aplicar un tratamiento a estos efluentes antes de ser descargados al alcantarillado

3.2. Prueba Preliminar Aplicando extracto de *Moringa oleifera Lam*

Se realizó una prueba inicial (Ver Tabla 5), para determinar si la turbidez disminuye, teniendo en cuenta que utilizaremos este parámetro como indicador, para ello se aplicó 100 ml de extracto de *Moringa oleifera Lam*, en un vaso de precipitación con muestra de 1 000 ml de efluente de la etapa de remojo de curtiembre, luego se colocó en un agitador magnético a 50 rpm con un tiempo de 30 min y se dejó precipitar aproximadamente 30 min. A continuación, se muestra los resultados del análisis.

Tabla 5

Muestra preliminar aplicando el extracto de Moringa oleifera Lam

Parámetros	Análisis inicial	Análisis con extracto Moringa oleifera L.	Unidad	% Remoción
Ph	9.05	7	-	-
Turbidez	1 840	1 468	NTU	25 %

Nota: Fuente: Elaboración Propia

Para realizar el análisis se estabilizo a pH 7, en donde obtuvimos una remoción de turbidez de 25%, se determinó con la fórmula de porcentaje de remoción de turbidez.

3.3. Resultados de la remoción de Turbidez y Sólidos Totales con métodos de extracción con Agua Destilada y 1M NaCl

Los métodos de extracción descritos anteriormente fueron comparados, con la finalidad de determinar el método en donde el coagulante en extracto de la *Moringa oleifera Lam*, tenga mayor capacidad de remoción en los parámetros de Turbidez y Sólidos Totales.

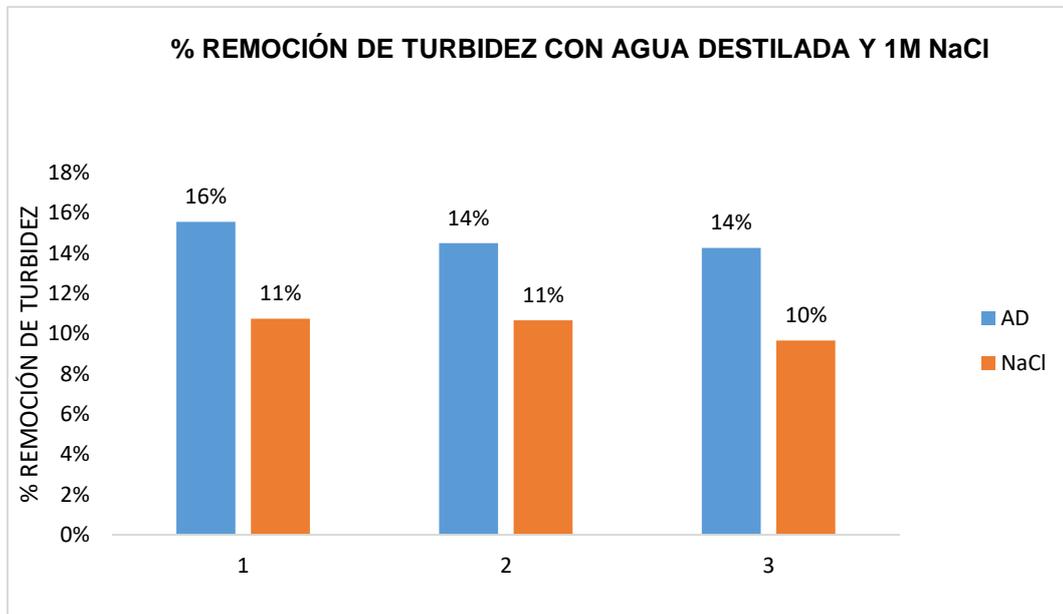


Figura N° 5:

Comparación del método de extracción con Agua destilada y 1M NaCl, en la remoción de Turbidez

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 5, se observa que al realizar la comparación del parámetro de Turbidez con los métodos de extracción con Agua Destilada y 1M NaCl, se determina que el coagulante extraído con Agua destilada obtuvo una mayor capacidad de Remoción de Turbidez con un porcentaje de 16% y 14% respectivamente. Las muestras analizadas en el efluente de remojo de Curtiembre se realizaron a pH 7, se agregó 30 ml de extracto para cada muestra y se utilizó el equipo de test de Jarras en donde se programó la velocidad rápida a 100 rpm y la velocidad lenta a 10, el tiempo rápido a 1min y el tiempo lento a 30 min, dejando sedimentar por 1 h.

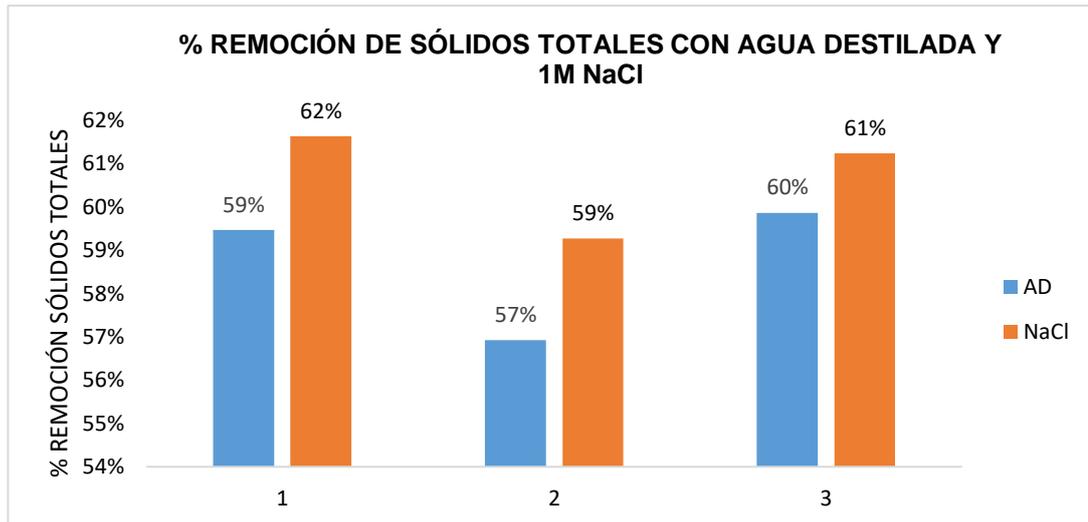


Figura N° 6:

Comparación del método de extracción con Agua destilada y 1M NaCl, en la remoción de Sólidos Totales.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°6, se observa que al realizar la Comparación del método de extracción con Agua destilada y 1M NaCl, en la remoción de Sólidos Totales, se determina que al extraer el coagulante con Agua Destilada y 1M NaCl no existe una diferencia significativa en la remoción de Sólidos Totales. Las muestras analizadas se realizaron a pH 7, se utilizó el equipo de test de Jarras en donde se programó la velocidad rápida a 100 rpm y la velocidad lenta a 10 rpm, el tiempo rápido a 1min y el tiempo lento a 30min. Dejando sedimentar por 1 h.

Resultados del análisis preliminar realizado con el Coagulante de *Moringa oleifera* Lam. Liofilizado.

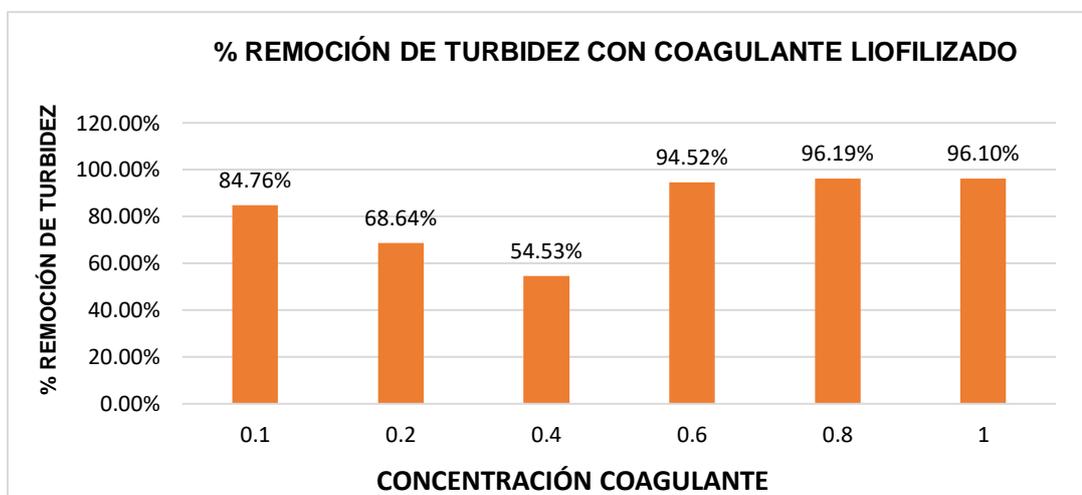


Figura N° 7:

Porcentaje de Remoción de Turbidez con la *Moringa oleifera* Lam. Liofilizada.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 7, se observa que a distintas dosis del Coagulante de *Moringa oleifera Lam.* Liofilizado (100mg, 200mg, 400mg, 600mg, 800mg y 1g) que son agregados a las muestras del efluente de remojo de curtiembre, se observó que existe un mayor incremento de remoción de Turbidez en las concentraciones de 600mg, 800mg y 1g con un porcentaje de remoción de 94.52%, 96.19% y 96.10% respectivamente. Por lo tanto, se determina que, a mayor concentración de coagulante agregado al efluente, mayor será la remoción de Turbidez. Las muestras están estabilizadas a pH 4, se utilizó el equipo de test de jarras con una Velocidad de Agitación Rápida de 100 rpm y Velocidad de Agitación Lenta de 30 rpm, con un Tiempo de Agitación Rápido 1min y Tiempo de Agitación Lenta 45min, y se dejó sedimentar por 1h.

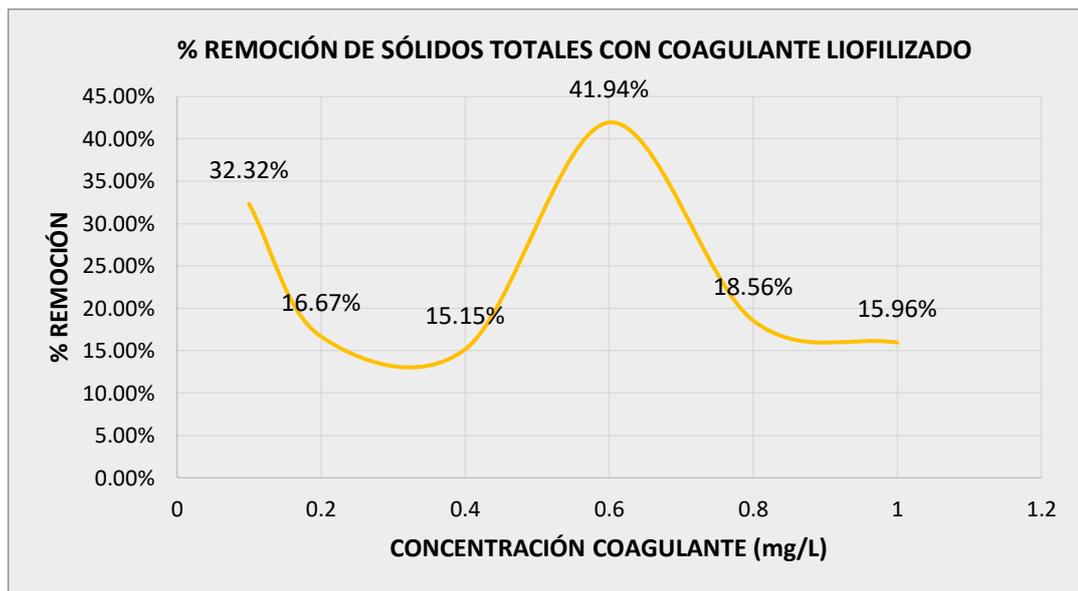


Figura N° 8:

Porcentaje de Remoción de Turbidez con la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°8, se observa que a diferentes dosis del Coagulante de *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada (100mg, 200mg, 400mg, 600mg, 800mg y 1g) que son agregados a las muestras del efluente de remojo de curtiembre, se obtuvo que la concentración del coagulante de la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada a 600mg es el punto máximo, ya que se obtuvo una mayor capacidad de remoción de Sólidos Totales de 41.94%. Las muestras están estabilizadas a pH 4, se utilizó el equipo de test de jarras con una velocidad de agitación rápida de 100 rpm y velocidad de agitación lenta de 30 rpm, con un tiempo de agitación rápida 1min y tiempo de agitación lenta 45min, y se dejó sedimentar por 1h.

3.4. Resultados del screening del Plackett-Burman

Se aplicó el diseño estadístico de Plackett-Burman para optimizar las 6 variables y determinar las variables con mayor significancia en la Remoción de Turbidez, Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno.

Diagrama de Pareto

En el diagrama de Pareto, las barras representan los efectos de los factores. Si superan la línea de significancia vertical hay un efecto significativo.

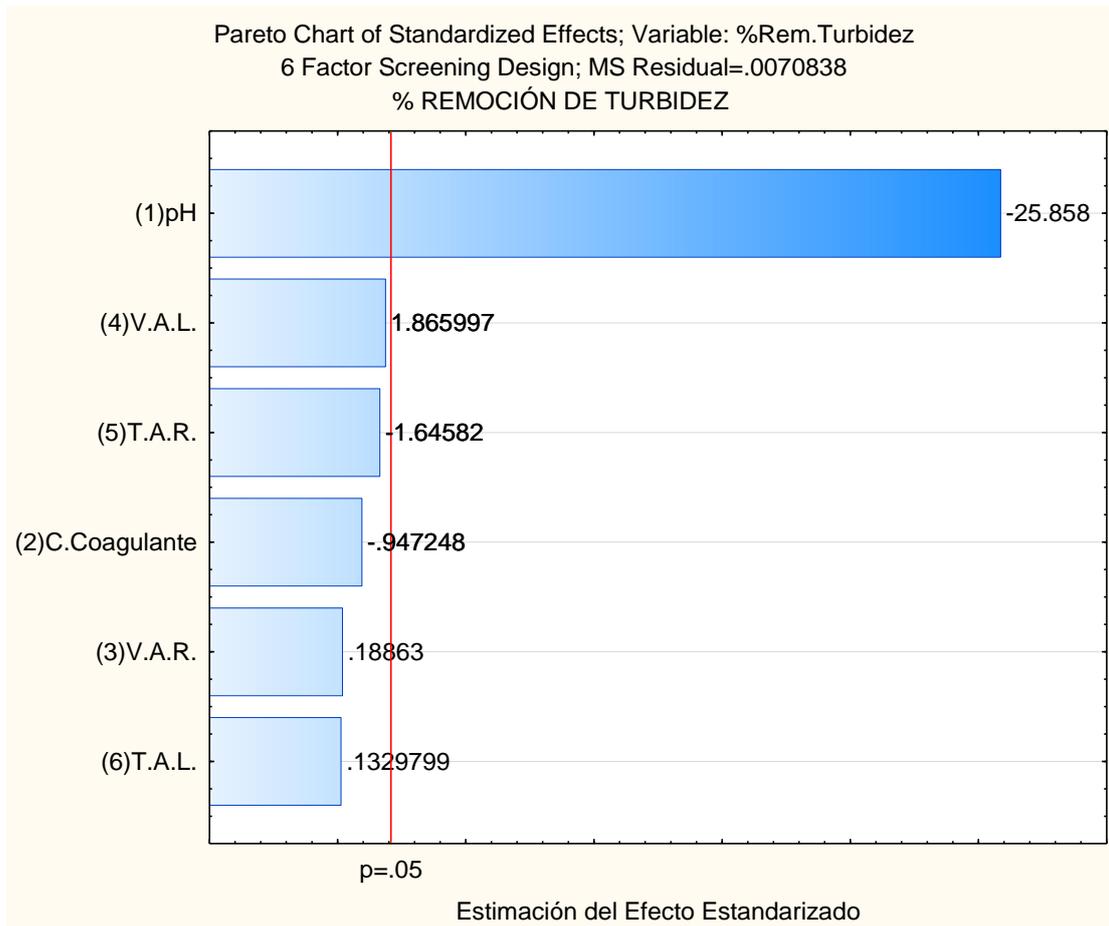


Figura N° 9:

VARIABLES QUE INFLUYEN SIGNIFICATIVAMENTE EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°9, se observa que la variable con mayor influencia en la Remoción de Turbidez es el pH, se determina que a mayor acidez de pH se obtiene un mejor porcentaje de remoción de Turbidez.

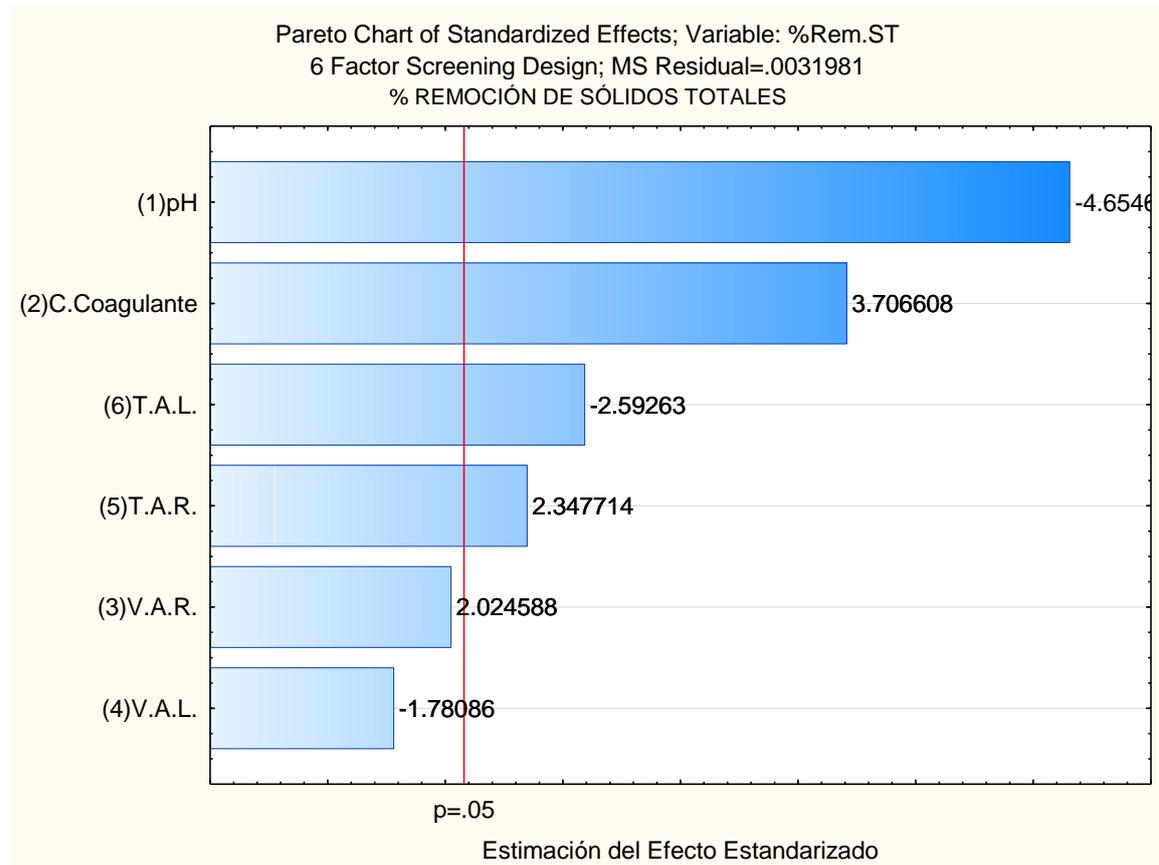


Figura N° 10:

Variables que influyen significativamente en la remoción de Sólidos Totales.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°10, las variables que influyen significativamente en la remoción de Sólidos Totales son los siguientes: el pH es el parámetro con mayor influencia al igual que la Concentración del Coagulante, y las variables con menor influencia son el Tiempo de Agitación Rápido y Tiempo de Agitación Lento.

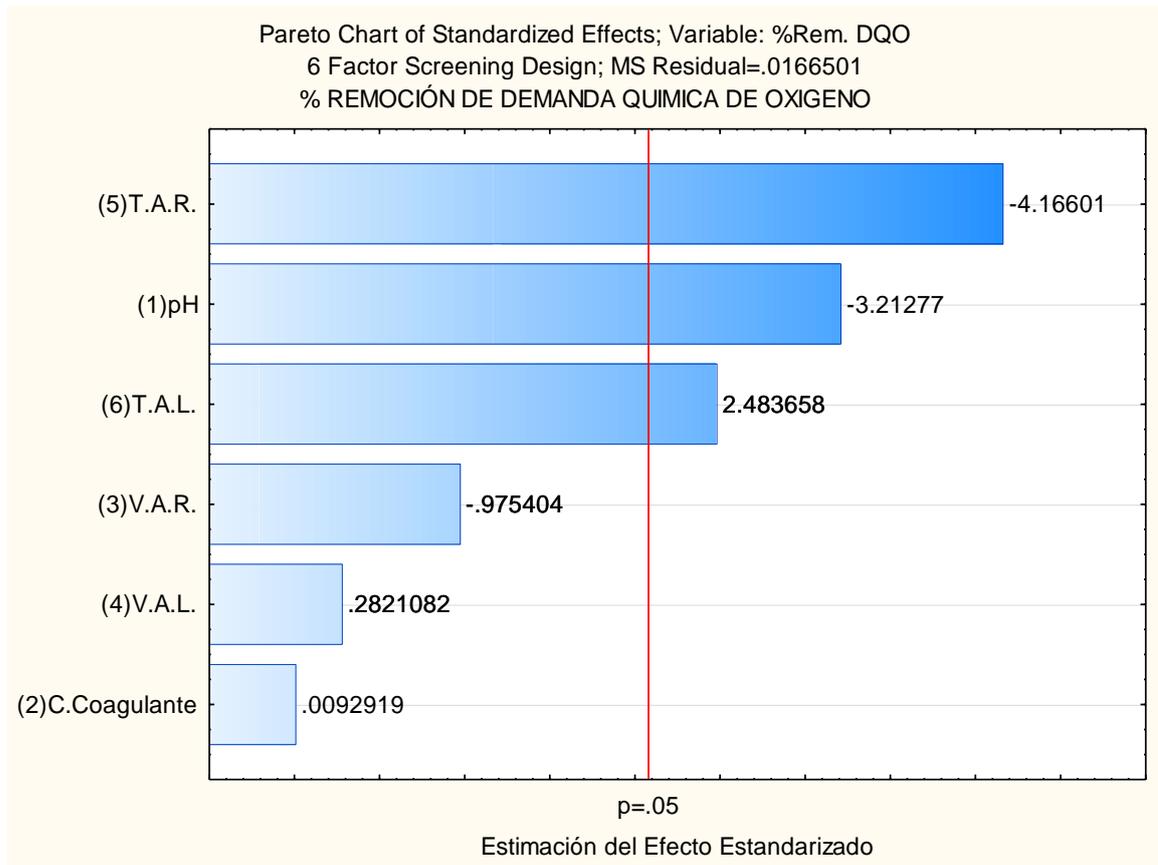


Figura N° 11:

Variables influyen significativamente en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°11, se observa que la variable de mayor influencia en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno es el Tiempo de Agitación Rápida, determinando que al menor tiempo de agitación rápida se obtiene un mejor efecto en la remoción de Demanda Química de Oxígeno, el pH es la variable que a menor grado de acidez se obtiene una mayor remoción, otra variable que influye es el Tiempo de Agitación Lenta determinando que a mayor tiempo de agitación se obtendrá un mayor porcentaje de remoción

Diagrama de Pareto con Curvaturas

Las curvaturas determinan que variables con mayor influencia se pueden optimizar.

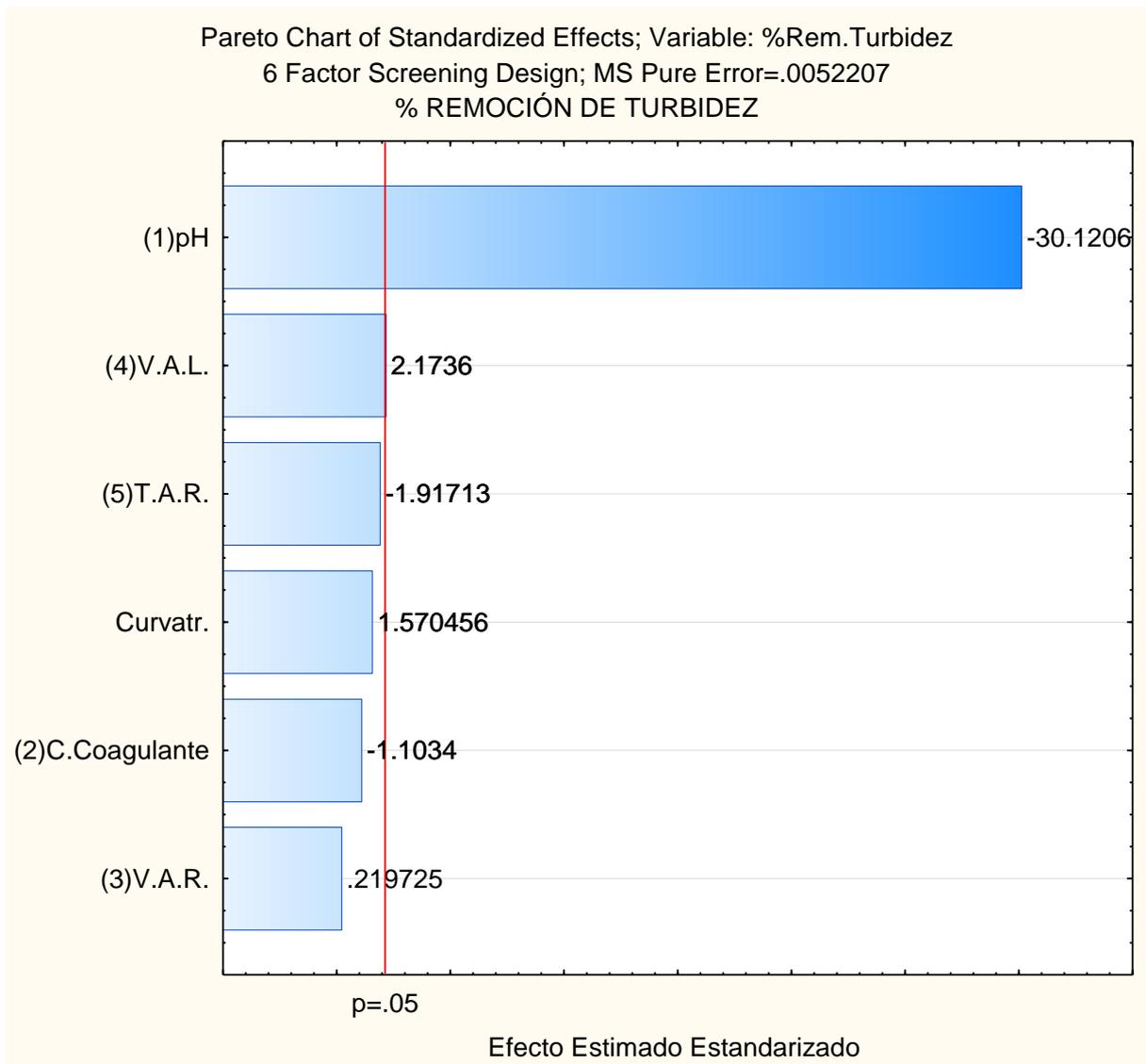


Figura N° 12:

Variables que se deben optimizar para obtener una mejor remoción de Turbidez

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°12, se observa que la variable con mayor influencia en la remoción de Turbidez es el pH, y se determina que no existe una curvatura, por lo tanto, podemos decir que no existe ningún fenómeno.

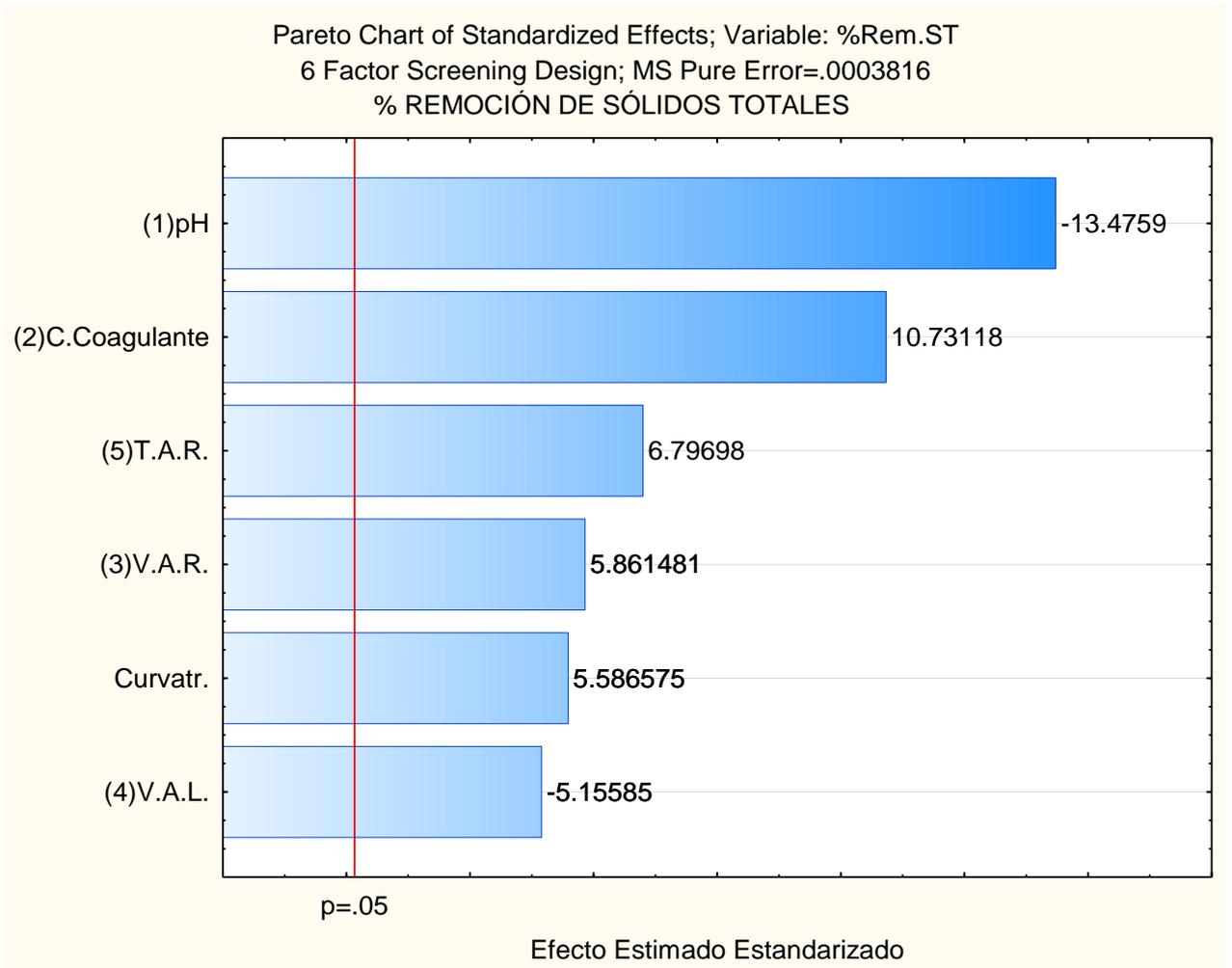


Figura N° 13:

Variables que se deben optimizar para obtener una mejor remoción de Sólidos Totales

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°13, se observa que las 6 variables (pH, Concentración de Coagulante, Tiempo de Agitación Rápida y Lenta, Velocidad de Agitación Rápida y lenta) influyen en la remoción de Sólidos Totales, y se observa que existe una curvatura, por lo tanto, se determina que estas variables se deben optimizar para determinar, si existe una mayor remoción.

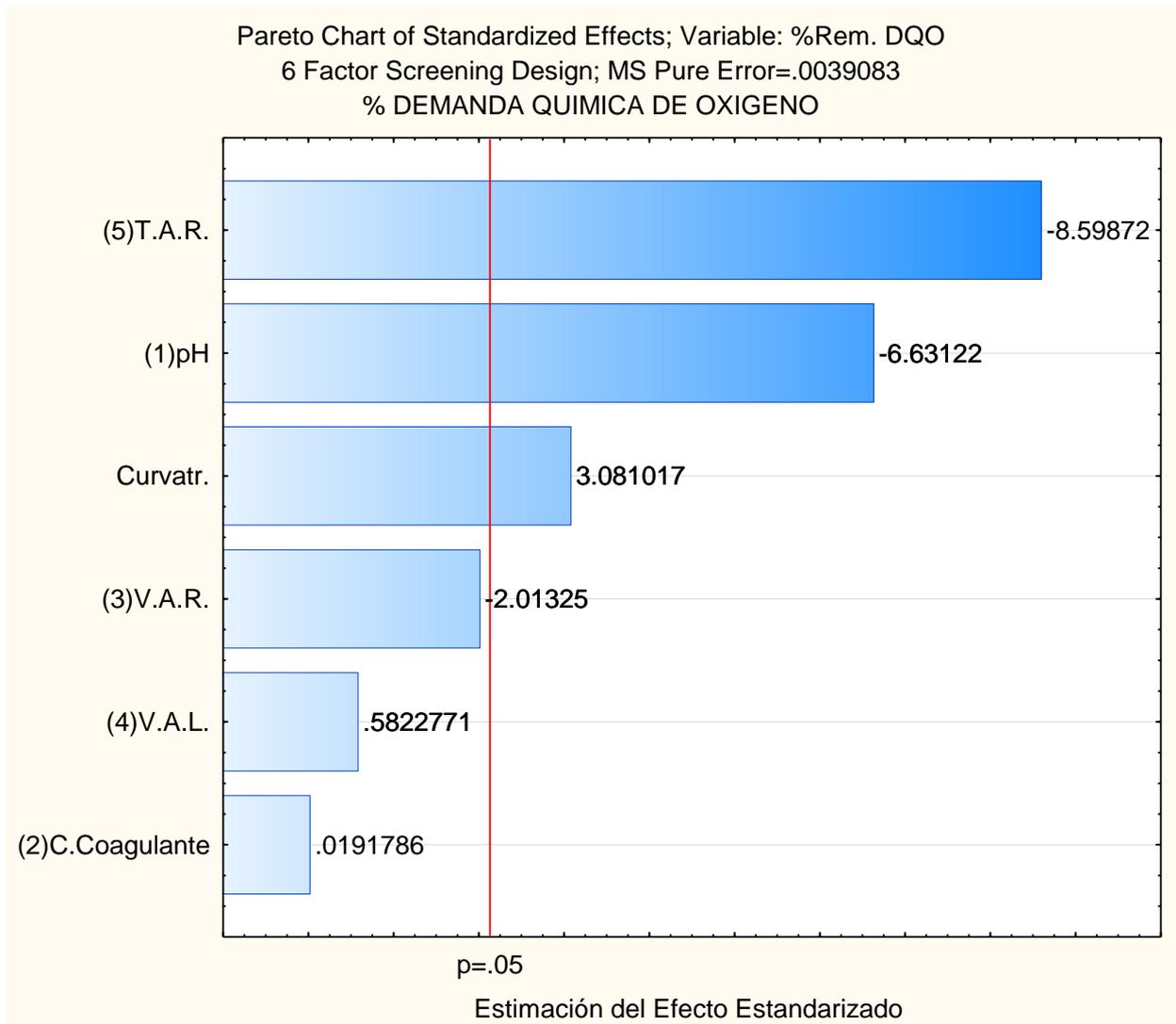


Figura N° 14:

Variables que se deben optimizar para obtener una mejor remoción de la Demanda Química de Oxígeno

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°14, se observa que las variables con mayor influencia en la remoción de la Demanda Química de Oxígeno son el Tiempo de Agitación Rápida y el pH, por lo tanto, se determina que estas variables se deben optimizar para determinar la existencia de remoción.

Gráficas de Superficie de Respuestas

Se llevó a cabo un análisis de las superficies de respuestas de los modelos obtenidos tanto para la remoción de Turbidez, Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno, estas muestran los efectos relativos de dos variables cuando la concentración de una tercera se mantiene constante.

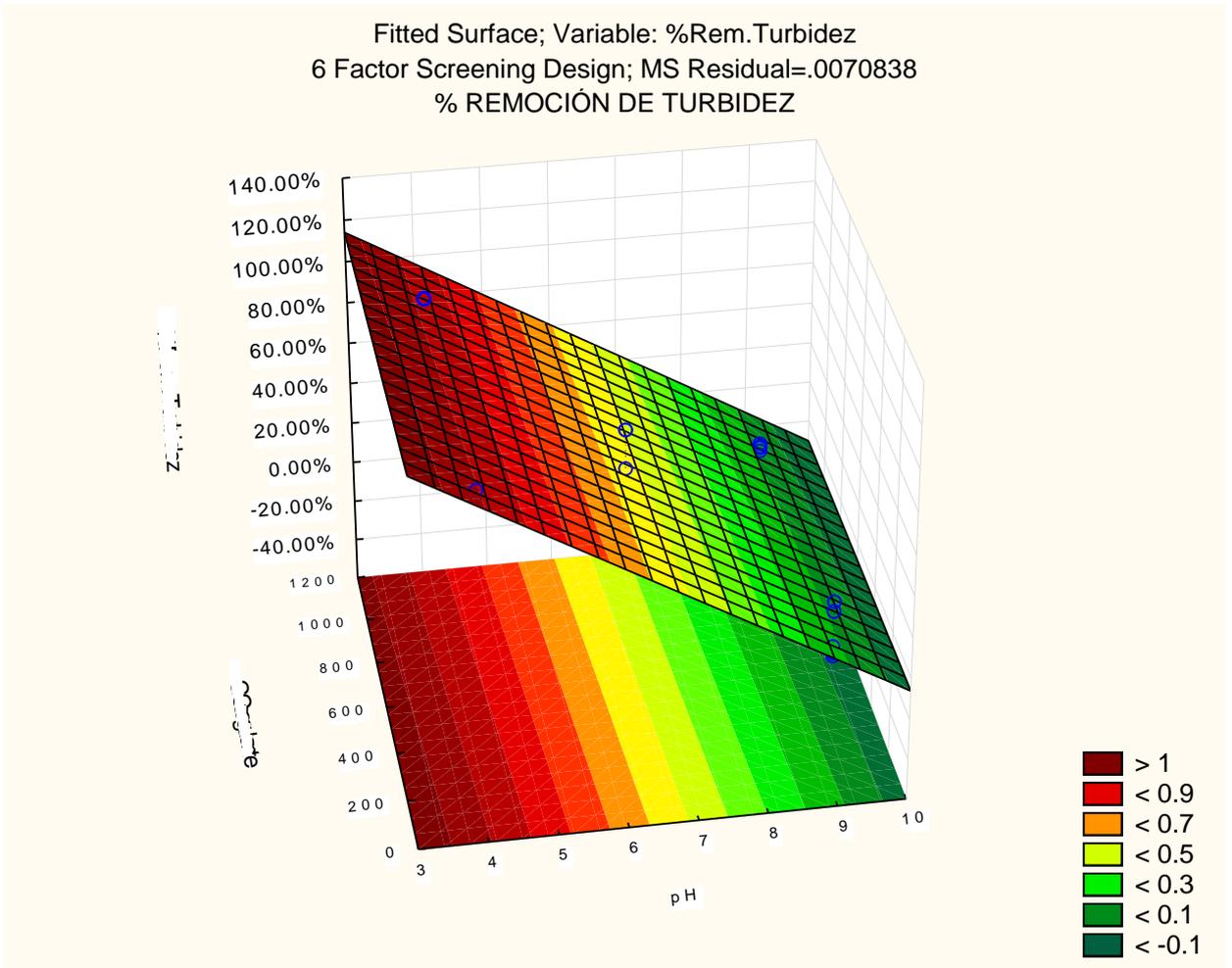


Figura N° 15:

Superficie de Respuesta obtenida para la remoción de Turbidez

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Figura N°15, que la variable dependiente es la remoción de Turbidez y sus factores son el pH y la Concentración de Coagulante, se determina que a mayor grado de acidez de las muestras de efluente de remojo de curtiembre y una mayor adición del coagulante de *Moringa oleifera Lam* liofilizada, se obtiene una remoción del 100% de Turbidez.

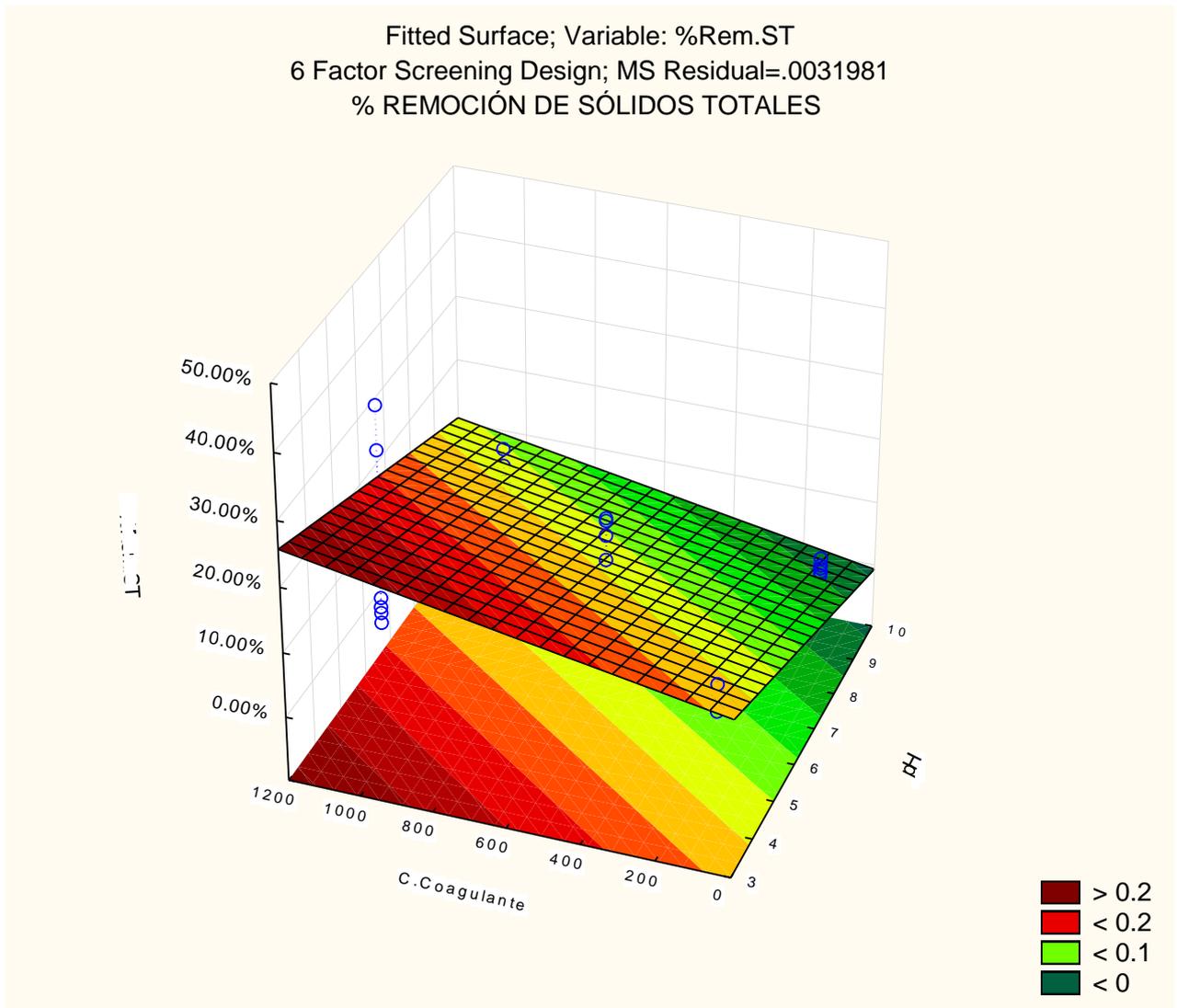


Figura N° 16:

Superficie de Respuesta obtenida para la remoción de sólidos totales

Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Figura N°16, que la variable dependiente es la remoción de Sólidos Totales y sus factores son el pH y la Concentración de Coagulante, se determina que a mayor grado de acidez de las muestras de efluente de remojo de curtiembre y una mayor adición del coagulante de *Moringa oleifera Lam* Liofilizada, se obtiene mayor remoción de Sólidos Totales de un 25%.

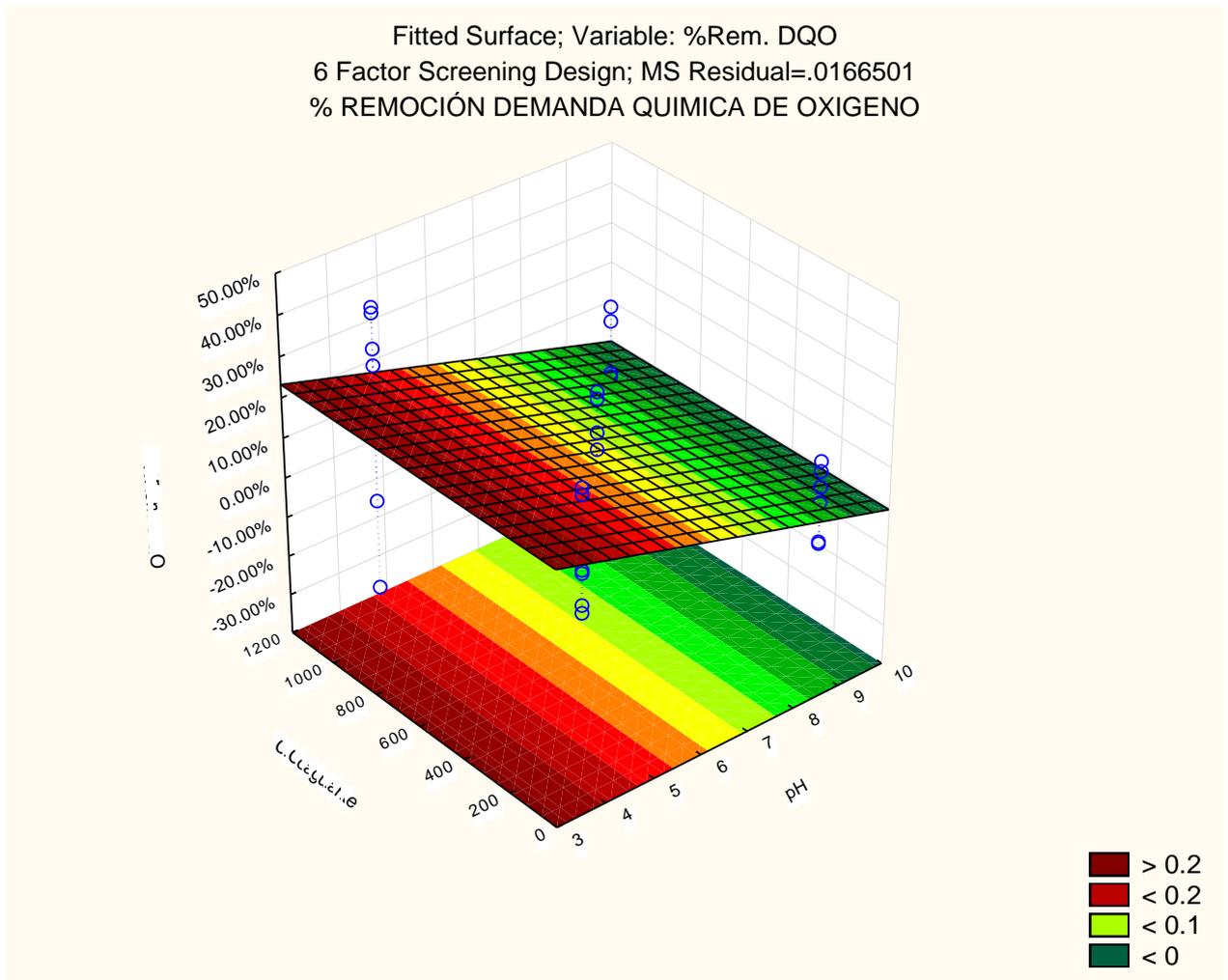


Figura N° 17:

Superficie de Respuesta obtenida para la remoción de la Demanda Química de Oxígeno

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la Figura N°17, que la variable dependiente es la remoción de la Demanda Química de Oxígeno y sus factores son el pH y la Concentración de Coagulante, se determina que a mayor grado de acidez de las muestras de efluente de remojo de curtiembre y una mayor adición del coagulante de *Moringa oleifera Lam* liofilizada, se obtiene una remoción del 25% de la Demanda Química de Oxígeno.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En la tabla 5 se realizó la caracterización inicial de la muestra de efluente del proceso de remojo de Curtiembre, con la finalidad de determinar que parámetros sobrepasan los Valores Máximos Admisibles (VMA) para descarga de efluente de aguas no domésticas en el sistema de alcantarillado (Ver Anexo N°6), por ello se establece lo siguiente:

Según el DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA (Ver Anexo N°6), establece que el valor aceptable de pH es 9, por lo tanto, los análisis realizados en laboratorio se obtuvo un pH de 9.85, lo cual se determina que sobre pasa el valor permitido.

Con respecto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el análisis realizado en laboratorio se encontró la concentración de 9 100 mg/l, y de acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA (Ver Anexo N°6), se especifica que el valor es de 1 000 mg/l para actividades de Curtiembre, sin embargo, de acuerdo a nuestros resultados superan los valores máximos admisibles, debido a la gran concentración de materia orgánica y la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas. Según Olvera, Portilla, Houbron & Huerta (2015) obtuvieron una remoción del 64% con la semilla de *Moringa oleifera Lam.* concluyendo que es un buen agente coagulante natural que puede llegar a reducir los valores máximos admisibles.

Así mismo, el análisis realizado en laboratorio con respecto a la medición de Turbidez se encontró un valor de 1 899,2 NTU y Sólidos Totales se encontró un valor de 51 070 mg/l, de acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA (Ver Anexo n°6), no establece un valor para Turbidez y Sólidos Totales, por ello destacamos que los parámetros son directamente proporcionales, ya que a mayor concentración de Turbidez existirá una mayor concentración de Sólidos, por lo tanto se consideran parámetros de medición rápida o como indicadores.

En las figuras N°5 y 6, se realizó una comparación de los métodos de extracción con Agua destilada y 1M NaCl con extracto de *Moringa oleifera Lam.*, se analizaron los parámetros de Turbidez y Sólidos Totales, teniendo en cuenta que los dos parámetros son utilizados como indicadores, con la finalidad de determinar con cual método se puede obtener mayor porcentaje de remoción de Turbidez y Sólidos Totales, se determinó que la mayor remoción de Turbidez es con el método de extracción con Agua Destilada llegando a un porcentaje de remoción de 16% y 14% respectivamente, además se determinó que en la remoción de Sólidos Totales no existe una diferencia significativa, por lo cual en este proyecto se optó por trabajar con el método de extracción con Agua Destilada para menores costos. Llegando a la misma conclusión con Hoyos , Medina, Valencia, & Sanchez (2017) que la utilización de esta semilla como coagulante viene siendo un método efectivo, ya que remueve gran porcentaje de Turbidez.

La semilla de *Moringa oleifera Lam.* posee una alta cantidad de proteínas que actúan como polielectrolitos catiónicos una vez que se agregan al agua (Ghebremichael y col, 2005), además contiene cantidades significativas de proteínas de bajo peso molecular que son solubles en agua, y que imparte carga positiva a la solución, se considera que la proteína de semilla de la *Moringa oleifera Lam.* actúa de manera similar a un coagulante sintético cargado positivamente de polímero. Cuando esta proteína se agrega al agua cruda, se une con las partículas predominantemente cargadas negativamente y bajo una agitación adecuada, las partículas unidas crecen en tamaño para formar el flóculo, que puede dejarse reposar por gravedad o puede eliminarse por sedimentación (Gidde, Bhalerao, & Malusare, 2012), llegando a la misma conclusión con Ali Eman, Tan & Makky (2013) que la *Moringa oleifera Lam.* posee proteínas que fácilmente pueden ser aplicados en el tratamiento de las aguas residuales y disminuir la contaminación del ambiente.

En esta investigación se aplicó el método de Liofilización en donde se obtuvo la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada, en las figuras N°7 y 8, se llevó a cabo un análisis preliminar para determinar la capacidad de remoción en los parámetros de Turbidez y Sólidos Totales, se observa que a diferentes dosis del coagulante de *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada agregados al efluente de Remojo de Curtiembre y con pH 4, se obtiene una remoción de Turbidez de 96.19% a 800mg/l y 94.52% a 600mg/l y en la remoción de Sólidos Totales se obtuvo una remoción de 41.94% a 600mg/l, determinando que la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada tiene capacidades coagulantes y un efecto significativo en la remoción de los parámetros de Turbidez y Sólidos Totales que fueron analizados en el efluente del proceso de Remojo de Curtiembre, llegando a la misma conclusión con Mera, Gutierrez, Rojas , & Paz (2016) en donde obtuvieron un 80,9% de remoción de Turbidez.

Se aplicó el *screening* de Plackett-Burman, en donde se analizaron 6 variables las cuales son: pH, concentración de coagulante, Tiempo de Agitación Rápido y Lento, La velocidad de Agitación Rápido y Lenta, y cada variable con sus niveles de factores bajos y altos (ver tabla n°2). Los resultados son analizados en los gráficos de Pareto y el grafico de análisis de superficie de respuesta.

En las figuras N°9,12 y 15, existe relación entre los 3 gráficos analizados para determinar la influencia de los parámetros y el porcentaje de remoción de Turbidez, se observa en el gráfico de Pareto que el pH es la variable con mayor influencia significativa, además no posee curvatura porque ya se establece que a mayor acidez de pH existe un porcentaje de remoción y estos se puede contrastar en el gráfico de Superficie de respuesta en donde se analiza los dos factores pH y Concentración de Coagulante, determinando que a mayor acidez de pH y aumento de la concentración del coagulante existe una remoción del 100%. Llegando a la misma conclusión con Hefni, Raden & Sawarni (2011) en donde determinaron que a pH 4 se observa una mayor remoción de Turbidez del 95.5%.

En las figuras N°10,13 y 16, se observa que existe relación entre los 3 gráficos analizados para determinar la influencia de los parámetros y el porcentaje de remoción de Sólidos

Totales, las variables que influyen de manera significativas son el pH y la concentración del coagulante, existiendo una curvatura por lo tanto se debe optimizar las variables que influyen y determinar el punto máximo con la finalidad de obtener una mayor remoción, al realizar el gráfico de Superficie de Respuesta, se analizaron los factores de pH y mayor concentración de Coagulante, determinando que a mayor acidez de pH y aumento de la concentración del coagulante existe una remoción del 25% de los Sólidos Totales. Así mismo Ndabigengesere & Subba Narasiah (2010), obtuvieron una remoción de sólidos suspendidos de un 45%, cabe recalcar que los análisis realizados en este estudio son Sólidos Totales los cuales se utilizan como indicadores, ya que permite estimar la cantidad de materia disuelta y en suspensión que lleva una muestra de agua.

En las figuras N°11,14 y 17, se observa que existe relación entre los 3 gráficos analizados para determinar la influencia de los parámetros y el porcentaje de remoción de la Demanda Química de Oxígeno, las variables que influyen de manera significativas son el Tiempo de Agitación Rápida, pH y Tiempo de Agitación lento, existiendo una curvatura para optimizar las variables y determinar el punto máximo en donde se obtiene una mejor remoción, al realizar el gráfico de Superficie de Respuesta, se analizan los factores de pH y Concentración de Coagulante, determinando que a mayor acidez de pH y mayor concentración del coagulante existe una remoción del 25% aproximadamente. Así mismo Tasneembano & Arjun (2013) concluyeron que la *Moringa oleifera Lam.* como agente coagulante posee una mejor remoción, obteniendo un 90% de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) a pH 4.5. y contrastando la información con Rondón & Domínguez (2017) en donde llegaron a reducir la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en un 90%.

4.2. Conclusiones

Se determinó que existe un efecto significativo aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante en los efluentes del proceso de remojo de Curtiembre para remover Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno.

Se realizó una caracterización inicial del efluente del proceso de curtiembre en donde se determinó que los parámetros de pH y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) superaron los Valores Máximos Admisibles (Ver Tabla N°6), además se utilizó los parámetros de Turbidez y Sólidos Totales como indicadores de medición rápida.

Se determinó que a pH 4 en el efluente del proceso de remojo de curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante influye significativamente en la remoción de los parámetros de Turbidez, Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno, concluyendo que a mayor concentración de acidez existirá una mayor remoción de los parámetros descritos anteriormente.

Se determinó que la Velocidad de Agitación Rápida (100-300 rpm) y Lenta (10-50 rpm) no influye significativamente en la remoción de los parámetros de Turbidez y la Demanda

Química de Oxígeno, además se observa en la figura N°13 que la Velocidad de Agitación Rápida y Lenta si influyen significativamente en la remoción de Sólidos Totales y por lo tanto se deben optimizar para determinar la existencia de remoción en el efluente de Curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.

Se determinó que el Tiempo de Agitación Rápida (1-10 min) y Lenta (30-60 min) influyen de manera significativa en la remoción de Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno, además se observa en las figuras N°13 y 14 que se pueden optimizar las variables descritas anteriormente para determinar la existencia del porcentaje de remoción para los parámetros de Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno en el efluente de Curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.

Se determinó que la Concentración de Coagulante (100-1000 mg/l) influye de manera significativa en la remoción de Sólidos Totales, además se observa en la Figura N°13 que se debe optimizar y determinar la existencia del porcentaje de remoción para el parámetro de Sólidos Totales en el efluente de Curtiembre aplicando la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada como agente coagulante.

Se determinó que la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada posee propiedades coagulantes, estimando que es capaz de remover la Turbidez a un 100% (Ver Figura N°15), removi6 los Sólidos totales a un 25% (Ver Figura N°16) y removi6 la Demanda Química de Oxígeno a un 25% (Ver Figura N°17) en los efluentes de Remojo de curtiembre.

Se determinó que este método de Liofilización, si remueve los parámetros de Turbidez, Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno. Este trabajo de investigación utilizando como agente coagulante a la *Moringa oleifera Lam.* Liofilizada ha generado un precedente que servirá como guía para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aber, S., Salari, D., & Parsa, M. (2010). Employing the Taguchi method to obtain the optimum conditions of coagulation–flocculation process in tannery wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 127–134 . doi:10.1016/j.cej.2010.05.012
- Alberto, G. G., & Jesús, P. S. (2010). *Propuesta de una Tecnología para reducir carga contaminante de los efluentes líquidos de una curtiembre en el Distrito de el Porvenir*. Trujillo.
- Ali, E., Tan, & Makky. (2013). Impacto de la aplicación de residuos de torta de la Moringa oleifera en el tratamiento de aguas residuales.
- Argandoña Zambra, E., & Macías García, G. (2013). DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SUSPENDIDOS, SEDIMENTADOS Y VOLÁTILES, EN EL EFLUENTE DE LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ*, 26-36.
- Asrafuzzaman, M., Fakhrudin, A., & Alamgir, M. (2011). Reduction of turbidity of water using locally available natural coagulants. *ISRN Microbiology*, 145-182. doi:10.5402/2011/632189
- Banchón, C., Baquerizo, R., Muñoz, D., & Zambrano, L. (2016). Coagulación natural para la descontaminación de efluentes industriales. *Escuela Superior Politécnica del Litoral* , 7, 111 - 126. Obtenido de <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/>
- Beltran , J., & Sanchez , j. (2009). Improvement of water treatment pilot plant with Moringa oleifera extract as flocculant agent. *Environmental Technology*, 538-624. doi:10.1080/09593330902831176.
- Bhuptawat, H., Folkard, G., & Chaudhari, S. (2007). *Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating Moringa oleifera seed coagulant*.
- Cárdenas , Y. (2011). *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*. Lima: Sedapal.
- Correa, V. (2017). *estudio de pre factibilidad para la implementación de una planta de Tratamientos de aguas residuales en una curtiembre*. Trujillo.
- Eaton , A., Clescleri, L., Rice, E., Greenberg, A., & Franson, M. (2005). *Standart Methods for the Examination of Water & Wastewater*. Cenntenial Edition.
- EcuRed. (s.f.). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed:Enciclopedia_cubana: https://www.ecured.cu/EcuRed:Enciclopedia_cubana
- Garcia, J. G., & Salazar, E. P. (2010). *Propuesta de una Tecnología para reducir carga contaminante de los efluentes líquidos de una Curtiembre en el Distrito de el Porvenir* . Trujillo.
- Ghebremichael, K., Gunaratna, K., Henrikson, H., Burmer, H., & Dalhammar, G. (2005). A simple purification and activity assay for the coagulant protein from Moringa oleifera seed. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 2338-2344.

- Gidde, M., Bhalerao, A., & Malusare, C. (2012). Comparative Study of Different Forms of Moringa Oleifera Extracts for Turbidity Removal. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2, 14-21. Obtenido de https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/civil_engineering/Comparative Study of.pdf
- Hefni, Raden, & Sawarni. (2011). Moringa oleifera como coagulante para el tratamiento de efluentes residuales industriales. 98-164.
- Hernández , C., Águila , A., Flores , A., & Viveros , N. (2007). Parámetros físicos-químicos: Coagulación- Floculación. 4-11.
- Hoyos , A., Medina, J., Valencia, A., & Sanchez , N. (2017). Tratamiento de aguas residuales de una central de sacrificio: Uso del polvo de semilla de la moringa oleifera como coagulante natural. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 29-39. doi:<http://dx.doi.org/10.18684>
- Lawrence , W., Yung Tse , H., & Nazih, S. (2005). *Physicochemical Treatment Processes*. New Jersey: Humana Press Inc.
- Lazo, A. (2017). *EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL GENERADA POR EFLUENTES INDUSTRIALES EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA CURTIEMBRE DE MEDIANA CAPACIDAD DEL PARQUE INDUSTRIAL DE RIO SECO*. Arequipa: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN AREQUIPA.
- Magesh, M., Karthikeyan, R., Anbalagan, K., & Nishant, M. (2016). Coagulation process for tannery industry effluent treatment using Moringa oleifera seeds protein: Kinetic study, pH effect on floc characteristics and desing of a thickener unit. *Separation Science and Technology*. doi:10.1080/01496395.2016.1190378
- Mageshkumar, M., & Karthikeyan, R. (2015). Modelling the kinetics of coagulation process for tannery industry effluent treatment using Moringa oleifera seeds protein. *Department of Chemical Engineering*, 14954-14964. doi:10.1080/19443994.2015.1070294
- Marichamy , M., & Ramasamy, K. (2015). Modelling the kinetics of coagulation process for tannery industry effluent treatment using Moringa oleifera seeds protein. *Desalination and water treatment* .
- Melo Vargas, G., & Turriago Ríos, F. (2012). EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA UTILIZACIÓN DE SEMILLAS DE MORINGA OLEIFERA COMO UNA ALTERNATIVA DE BIORREMEDIACION EN LA PURIFICACIÓN DE AGUAS. *Engineering Research*, 44-48. Obtenido de <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/1428>
- Mera, C., Gutierrés , M., Montes , C., & Paz, J. (2016). MORINGA OLEIFERA EFFECT IN THE SEWAGE WATER TREATMENT IN CAUCA. *Biología*, 4, 100-108. doi:10.18684/BSAA(14)100-109
- MINAM. (13 de Octubre de 2005). Ley General del Ambiente. *Ley General del Ambiente N°28611*, págs. 62-64.

- Ministerio Vivienda Construcción y Saneamiento . (2009). *Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales no domésticas*. Perú: Diario el Peruano.
- Munirat, I., Mohammed , J., Ademola, H., & Parveen, J. (2001). Moringa oleifera seed extract: A review on its environmental applications. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, 11, 1469-1486. Obtenido de <http://www.ripublication.com>
- Mustapha , H. (2013). *A review of the application of Moringa oleifera seeds extract in water treatment* . Civil and environmental research.
- Ndabigengesere, & Subba , N. (2010). Use of Moringa Oleifera Seeds as a Primary Coagulant in Wastewater Treatment. *Environmental Technology* , 19, 789-800 . doi:<https://doi.org/10.1080/09593331908616735>
- Núñez Álvarez, C. (2014). *Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación- floculación y cuantificación de Histamita* . Lima.
- Olivero, R., Mendoza, Y., Mercado, I., Casas, D., & Gazabón , L. (2014). Using Tuna (opuntia ficus-indica) as natural coagulant in the clarification of the crudes waters. *AVANCES*, 71-75.
- Olvera , Portilla, Houbron, & Huerta. (2015). Adsorción de contaminantes orgánicos de aguas residuales de matadero utilizando polvo de semillas de Moringa oleifera como coagulante natural.
- Otiniano , M., Tuesta , L., Robles , H., Luján, M., & Chavez, M. (2007). *Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres*. Trujillo: Revista Médica .
- Pallavi, & Mahesh. (2013). Estudio de viabilidad de la Moringa oleifera como coagulante natural en el tratamiento de agaus residuales lácteas.
- Paredes López , L. (2015). Biocoagulación: Tratamiento de aguas residuales de la Industria de la Curtiembre. *Facultada de Ingeniería* , 26-35.
- Pinedo, S. (2011). *Impactos Ambientales generados por la Curtiembre*. Porvenir.
- Prasad, K. (2009). Color removal from distillery spent wash through coagulation using Moringa oleifera seeds. *Journal of Hazardous Materials*, 804-811. doi:10.1016/j.jhazmat.2008.10.068
- Quirós, N., Vargas , M., & Jimenez , J. (2010). Extracción y análisis de polímeros obtenidos a partir de varios productos naturales, para ser usados como potenciales floculantes en el tratamieno de aguas. *Centro de Investigación en Protección Ambiental*, 8-14.
- Ramírez, H., & Jaramillo, J. (2015). Agentes naturales como alternativa para el Tratameinto del Agua. *Facultad de Ciencias Básicas* , 11, 136-153. doi:<http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.1303>
- Ramos Paredes , P. (2013). El uso de la Moringa Oleifera como material natural para el tratamiento de agua potable en países en vía de desarrollo. *Científica YACHANA*, 243-246.
- Robertsson, C. (2014). *Characterisation and removal of heavy metals in tannery effluents through the use of local materials* .

- Rodríguez , S., Muñoz , R., García , O., & Fernández , E. (2005). Empleo de un producto Coagulante Natural para Clarificar Agua. *CENIC* , 1-7.
- Rojas, A., Martin, T., Velandia, A., & Hernandez , D. (2015). *Informe de Lboratorio: Análisis de Sólidos*. Bogota.
- Rondón, & Dominguez. (2017). Empleo de las semillas de Moringa oleifera en el tratamiento de residuales líquidos .
- Rosas, A. (2013). *Recuperación de cromo de efluentes de curtido para control ambiental y optimización del proceso productivo*. Lima: Universidad católica del Perú.
- Sánchez , J., Beltrán, J., & Peres , J. (2012). Improvement of the flocculation process in water treatment by using Moringa oleifera seeds extract. *Brazilian Journal of chemical Engineering*, 29, 495-501. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-66322012000300006>
- Sánchez Lavado , F. (2007). *Tratamientos combinados físicos- químicos y de oxidación para la depuración de aguas residaules*. Badajoz: Caldereros.
- Sanchez, J., & Heredia, A. (2010). Potabilización de aguas residuales. *Environmental Sciences*, 169-186.
- Sandoval, M., & Laines, J. (2013). Moringa oleifera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. *Ingeniería Revista Académica*, 17, 93-101.
- Song, Z., Williams, C., & Edyvean, R. (2003). Treatment of tannery wastewater by chemical coagulation. *ELSEVIER*, 249-259 . doi:10.1016/S0011-9164(04)00193-6
- Tasneembano, & Arjum. (2013). Treatment of Tannery Wastewater Using Natural Coagulants . *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2. doi:ISSN 2319-8753

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de Consistencia

"Moringa oleifera Lam. Liofilizada como agente coagulante en la remoción de Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre"				
PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVO GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	METODOLOGIA
¿Cuál es el efecto de la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante en la remoción de Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo 2019?	<p>H0: La <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante no tiene un efecto significativo en la remoción de Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo en el año 2019</p> <p>H1: La <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante si tiene un efecto significativo en la remoción de Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo 2019</p>	Establecer el efecto de la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante en la remoción de Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno en efluente de Curtiembre, Trujillo 2019.	MORINGA OLEÍFERA LAM. LIOFILIZADA	Diseño
				Diseño de Plackett-Burman
				Población
				<ul style="list-style-type: none"> Semillas de <i>Moringa oleifera Lam.</i> Los 12 m³ de efluente de Remojo de Curtiembre que se encuentra en el botal.

		OBJETIVOS ESPECIFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	MUESTRA
		<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar el efluente de Curtiembre para determinar en qué condiciones iniciales se encuentra la muestra. • Determinar el efecto del pH en el efluente de Curtiembre aplicando la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante. • Determinar el efecto de la Velocidad de Agitación Rápida y Lenta en el efluente de Curtiembre aplicando la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante. • Determinar el efecto del Tiempo de Agitación Rápida y Lenta en el efluente de Curtiembre aplicando la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante. • Determinar el efecto de la Concentración del Coagulante en el efluente de Curtiembre aplicando la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada como agente coagulante. • Estimar el porcentaje remoción de los Sólidos Totales y la Demanda Química de Oxígeno usando como agente coagulante a la <i>Moringa oleifera Lam.</i> Liofilizada. 	EFLUENTE DE REMOJO	<ul style="list-style-type: none"> • Un kilo de polvo de las semillas de <i>Moringa oleifera Lam.</i> • Utilizamos 30 litros de agua del proceso de Remojo de la Curtiembre.

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 2. Matriz de Operacionalización

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INDICE	ESCALA DE MEDICION
EFLUENTE DE REMOJO	<p>El proceso de Remojo tiene por objeto que la piel seca recupere la morbidez y elasticidad de la piel fresca. En esta operación no sólo se recupera la humedad sino también se eliminan cuerpos extraños que no sirven para fabricar cuero.</p> <p>Se emplea grandes volúmenes de agua pura y de preferencia dulce, pues ésta reblandece más rápidamente la piel (Quisca,2002)</p>	<p>Todo tipo de piel es sometida al remojo sean estas pieles frescas, saladas o pieles secas. El líquido que se obtiene gran cantidad de materia orgánica, los cuales causan daños al alcantarillado y si no se realiza un tratamiento afecta al ambiente. Por ello se debe realizar un tratamiento a los Sólidos Totales y a la Demanda Química de Oxígeno con la finalidad que pueda darse un tratamiento adecuado a los efluentes de Remojo. (Pinedo, 2011)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Remoción de Sólidos Totales • Remoción de la Demanda Química de Oxígeno 	Variación de Ph	pH ácido: 4 pH básico: 6.5 pH alcalino: 9	
				Velocidad de agitación	V.A.R : 100 - 300 V.A.L : 10 - 50	rpm
				Tiempo de agitación	T.A.R : 1 - 10 T.A.L :30 - 60	min
				Concentración de Coagulante	100- 1000	mg/L

Fuente: Elaboración Propia.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
MORINGA OLEÍFERA LAM. LIOFILIZADA	<p>Es un árbol tropical, originario de la India, y actualmente se encuentra distribuida por todo el mundo, en los trópicos y subtrópicos. Las propiedades de esta planta son muy variadas, desde la alimentación humana y animal (Richter et al., 2003) hasta la explotación cosmética (Fuglie, 2001). Es significativa la ingente cantidad de aplicaciones en el campo del tratamiento de aguas (Kalogo et al., 2000 y 2001)</p>	<p>El uso más conocido de la semilla de <i>Moringa oleífera Lam.</i> es el tratamiento del agua, debido a sus propiedades coagulantes. Entre las principales ventajas que presenta el uso de esta semilla destacan su bajo coste, la biodegradabilidad, así como la estabilidad del pH del agua tratada con dicha sustancia. Las semillas de <i>Moringa oleífera Lam</i> en diversas formas ya sea extraídas (en polvo) o purificadas (mezcladas con agua destilada) han probado ser eficaz en remover material suspendido (materia orgánica) (Marquetotti et al., 2010)</p>	Propiedades Coagulantes	Extracción de Aceite	
				Extracción con agua destilada	
				Liofilizado del coagulante	

Anexo N° 3. Tabla del screening de Plackett-Burman con los parámetros de Turbidez, Sólidos Totales y Demanda Química de Oxígeno.

N° CORRIDAS	REPLICA	CENTRAR	PH	C.COAGULANTE (mg)	V.A.R (rpm)	V.A.L (rpm)	T.A.R (min)	T.A.L (min)	% Remoción de DQO	% Remoción de Sólidos Totales	% Remoción de Turbidez
1	1	1	9	100	300	10	1	30	-7%	5.2%	3.1%
2	1	1	9	1000	100	50	1	30	16%	6%	12%
3	1	1	4	1000	300	10	10	30	-4%	37%	99%
4	1	1	9	100	300	50	1	60	3%	4%	30%
5	1	1	9	1000	100	50	10	30	-30%	10%	8%
6	1	1	9	1000	300	10	10	60	2%	7%	-4%
7	1	1	4	1000	300	50	1	60	44%	13%	98%
8	1	1	4	100	300	50	10	30	14%	13%	98%
9	1	1	4	100	100	50	10	60	3%	10%	96%
10	1	1	9	100	100	10	10	60	7%	1.4%	4.5%
11	1	1	4	10000	100	10	1	60	30%	14%	98%
12	1	1	4	100	100	10	1	30	32%	10%	98%
13	1	0	6.5	550	200	30	5	45	13%	19%	54%
14	1	0	6.5	550	200	30	5	45	25%	19%	72%
15	2	1	9	100	300	10	1	30	-7%	3.6%	5.69%
16	2	1	9	1000	100	50	1	30	20%	6%	10%
17	2	1	4	1000	300	10	10	30	-26%	44%	98%
18	2	1	9	100	300	50	1	60	11%	3%	25%
19	2	1	9	1000	100	50	10	30	-13%	13%	10%
20	2	1	9	1000	300	10	10	60	3%	8%	-4%
21	2	1	4	1000	300	50	1	60	43%	12%	98%
22	2	1	4	100	300	50	10	30	13%	12%	98%
23	2	1	4	100	100	50	10	60	5%	9%	96%
24	2	1	9	100	100	10	10	60	13%	2.4%	8%
25	2	1	4	10000	100	10	1	60	34%	15%	98%
26	2	1	4	100	100	10	1	30	33%	11%	98%
27	2	0	6.5	550	200	30	5	45	17%	13%	40%
28	2	0	6.5	550	200	30	5	45	27%	17%	72%

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 4. Requisitos para toma de muestra de agua residual y preservación de las muestras
para el monitoreo

Determinación/Parámetro	Recipiente	Volumen mínimo de muestra (1)	Preservación y concentración	Tiempo máximo de duración
Fisicoquímico				
Temperatura	P,V	1000 mL	No es posible	15 min
pH (2)		50 mL	No es posible	15 min
DBO ₅ (3)	P,V	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
DQO (3)	P,V	100 mL	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; refrigerar a 4°C	28 días
Aceites y grasas	V, ámbar boca ancha calibrado	1000 mL	Agregar HCl hasta pH<2, refrigerar a 4°C	28 días
Sólidos suspendidos Totales (SST)	P,V	100 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Microbiológico				
Coliformes termotolerantes (NMP)	V, esterilizado	250 mL	Refrigerar a 4°C Agregar tiosulfato en plantas con cloración	6 horas

Anexo N° 5. Etiqueta de identificación para muestras de agua residual

Etiqueta adhesiva para etiquetar los frascos o bolsas de la toma de muestras de 12 cm X 8,5 cm.

Nombre de la PTAR:	
Denominación del punto de monitoreo (afluente o efluente):	
No. de muestra(orden de toma de muestra)	
Fecha y hora	
Ensayo físico químico	<input type="checkbox"/> DBO <input type="checkbox"/> DQO <input type="checkbox"/> AyG <input type="checkbox"/> SST
Ensayo microbiológico	<input type="checkbox"/> CTT
Otros parámetros	
Otros parámetros	
Preservación	
Operador del muestreo	

Anexo N° 6. DECRETO SUPREMO N° 010-2019-VIVIENDA – Valores Máximos Admisibles (VMA) para descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario.

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO5	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr+6	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO4-2	1000
Sulfuros	mg/l	S-2	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH+4	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Anexo N° 7: Comparación de los métodos de extracción con Agua Destilada y 1M NaCl.

Comparación del porcentaje de remoción de Turbidez con los métodos de extracción con Agua Destilada y 1M NaCl

		AGUA DESTILADA	% REMOCIÓN	1M NaCl	% REMOCIÓN
MUESTRA 1	Turbidez inicial	985	15.53%	987	10.74%
	Turbidez final	832		881	
MUESTRA 2	Turbidez inicial	988	14.47%	985	10.66%
	Turbidez final	845		880	
MUESTRA 3	Turbidez inicial	983	14.24%	985	9.64%
	Turbidez final	843		890	

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Comparación de los métodos de extracción con Agua Destilada y 1M NaCl para de remoción de Sólidos Totales.

AGUA DESTILADA				
	PESO TUBO INICIAL	PESO CON MUESTRA FINAL	ST	ST g/l
MUESTRA 1	10.5324	10.5531	0.0207	20.7
MUESTRA 2	9.7379	9.7599	0.0220	22
MUESTRA 3	10.3005	10.321	0.0205	20.5
				21.067

1M NaCl= 58.5 g*l				
	PESO TUBO INICIAL	PESO CON MUESTRA FINAL	ST	ST g/l
MUESTRA 1	10.6759	10.754	0.0781	19.6
MUESTRA 2	9.7978	9.8771	0.0793	20.8
MUESTRA 3	10.0001	10.0784	0.0783	19.8
				20.067

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 8: Análisis preliminar con la Moringa oleifera Lam. Liofilizada

Porcentaje de remoción de Turbidez con el método de Liofilización

		Turbidez Incial	Turbidez final	% Remoción
MUESTRA 1	100 mg	555	84.6	84.76%
MUESTRA 2	200 mg	574	184	67.94%
MUESTRA 3	400 mg	563	256	54.53%
MUESTRA 4	600 mg	606	33.2	94.52%
MUESTRA 5	800 mg	582	22.2	96.19%
MUESTRA 6	1 000 mg	587	22.9	96.10%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Porcentaje de remoción de los Sólidos Totales con el método de Liofilización.

Muestra							
Sin tratamiento							
		Peso Floculante	Peso Tubo	Pesos Incial Muestra	ST	ST g/L	
MUESTRA 1	100 mg	0.1	6.9861	6.996	0.0099	9.9	
MUESTRA 2	200 mg	0.2	8.3534	8.3636	0.0102	10.2	
MUESTRA 3	400 mg	0.4	7.3781	7.388	0.0099	9.9	
MUESTRA 4	600 mg	0.6	7.5633	7.5726	0.0093	9.3	
MUESTRA 5	800 mg	0.8	7.5596	7.5693	0.0097	9.7	
MUESTRA 6	1 000 mg	1	7.4854	7.4948	0.0094	9.4	
Con tratamiento							
		Peso Floculante	Peso Tubo	Pesos Final Muestra	ST	ST g/L	% Remoción
MUESTRA 1	100 mg	0.1	7.5706	7.5774	0.0068	6.8	32.32%
MUESTRA 2	200 mg	0.2	7.4331	7.4418	0.0087	8.7	16.67%
MUESTRA 3	400 mg	0.4	7.6112	7.62	0.0088	8.8	15.15%
MUESTRA 4	600 mg	0.6	7.5882	7.5942	0.006	6	41.94%
MUESTRA 5	800 mg	0.8	7.4662	7.4749	0.0087	8.7	18.56%
MUESTRA 6	1 000 mg	1	7.536	7.5449	0.0089	8.9	15.96%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 9. Datos obtenidos del *screening* de Plackett- Burman para cada muestra y su réplica.

Resultados obtenidos de la Muestra 1 con su réplica de la Muestra 15

MUESTRA 1			
pH	9.02		
Turbidez Inicial	901	% Remoción	3%
Turbidez Final	873		
Peso Coagulante	103.4		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5648	7.7738	0.2100	21.0034
Final	7.5561	7.7553	0.1992	19.92
			% Remoción	5.16%

	DQO	g/l
Inicial	0.357	4.38375
Final	0.382	4.69625
% Remoción	-7.0%	-7.1%

MUESTRA 15			
Ph	9.04		
Turbidez Inicial	932	% Remoción	6%
Turbidez Final	879		
Peso Coagulante	103.2		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5706	7.7759	0.2063	20.6332
Final	7.5997	7.7987	0.1990	19.9
			% Remoción	3.6%

	DQO	g/l
Inicial	0.363	4.45875
Final	0.390	4.79625
% Remoción	-7.4%	-7.6%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 2 y su réplica la Muestra 15

MUESTRA 2			
Ph	9.04		
Turbidez Inicial	829	% Remoción	12%
Turbidez Final	731		
Peso Coagulante	1002.6		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.6075	7.7653	0.167826	16.7826
Final	7.5858	7.7344	0.1486	14.86
			% Remoción	11%

	DQO	g/l
Inicial	0.392	4.82125
Final	0.328	4.02125
% Remoción	16.3%	16.6%

MUESTRA 16			
pH	9.05		
Turbidez Inicial	828	% Remoción	10%
Turbidez Final	742		
Peso Coagulante	1 004.3		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5513	7.7108	0.1595	15.95
Final	7.6083	7.7582	0.1499	14.99
			% Remoción	6%

	DQO	g/l
Inicial	0.385	4.73375
Final	0.308	3.77125
% Remoción	20%	20%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 3 con su réplica de la Muestra 17

MUESTRA 3				
Ph	4.05			
Turbidez Inicial	756	% Remoción	99%	
Turbidez Final	11.19			
Peso Coagulante	1000.9			
PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5900	7.81	0.2301	23.0059
Final	7.5321	7.6759	0.1439	14.385
			% Remoción	37%
DQO		g/l		
Inicial	0.351	4.3025		
Final	0.364	4.465		
% Remoción	-4%	-4%		

MUESTRA 17				
Ph	4.06			
Turbidez Inicial	774	Remoción	98%	
Turbidez Final	15.22			
Peso Coagulante	1000.6			
PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	11.2676	11.525	0.2674	26.7406
Final	7.5759	7.7255	0.1496	14.96
			% Remoción	44%
DQO		g/l		
Inicial	0.339	4.15875		
Final	0.427	5.2525		
% Remoción	-26%	-26%		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 4 con su réplica de la Muestra 18

MUESTRA 4			
Ph	9.06		
Turbidez Inicial	784	% Remoción	30%
Turbidez Final	552		
Peso Coagulante	110.4		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5851	7.7159	0.1319	13.1904
Final	7.5700	7.6966	0.1266	12.66
			% Remoción	4%

	DQO	g/l
Inicial	0.313	3.83375
Final	0.304	3.72125
% Remoción	3%	3%

MUESTRA 18			
Ph	9.05		
Turbidez Inicial	785	% Remoción	25%
Turbidez Final	589		
Peso Coagulante	108.9		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5967	7.7286	0.1330	13.2989
Final	7.5660	7.695	0.1290	12.9
			% Remoción	3%

	DQO	g/l
Inicial	0.340	4.17125
Final	0.304	3.72125
% Remoción	11%	11%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 5 con su réplica de la Muestra 19

MUESTRA 5			
Ph	9.03		
Turbidez Inicial	759	% Remoción	8%
Turbidez Final	698		
Peso Coagulante	1000.6		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5310	7.6816	0.1606	16.0606
Final	7.5547	7.6992	0.1445	14.45
			% Remoción	10%
	DQO	g/l		
Inicial	0.369	4.5275		
Final	0.479	5.90875		
% Remoción	-30%	-31%		

MUESTRA 19			
Ph	9.04		
Turbidez Inicial	750	% Remoción	10%
Turbidez Final	677		
Peso Coagulante	1000		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.4987	7.6528	0.1641	16.41
Final	7.4830	7.6262	0.1432	14.325
			% Remoción	13%
	DQO	g/l		
Inicial	0.363	4.45875		
Final	0.412	5.07125		
% Remoción	-13%	-14%		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 6 con su réplica la Muestra 20

MUESTRA 6			
Ph	9.04		
Turbidez Inicial	742	Remoción	-4%
Turbidez Final	775		
Peso Coagulante	1000.3		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5314	7.6853	0.1640	16.3953
Final	7.4578	7.6095	0.1517	15.17
			% Remoción	7%
	DQO	g/l		
Inicial	0.381	4.68375		
Final	0.373	4.5775		
% Remoción	2%	2%		

MUESTRA 20			
Ph	9.06		
Turbidez Inicial	764	% Remoción	-4%
Turbidez Final	791		
Peso Coagulante	1002.5		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5074	7.6602	0.1628	16.2825
Final	9.2458	9.3955	0.1497	14.975
			% Remoción	8%
	DQO	g/l		
Inicial	0.353	4.33375		
Final	0.342	4.19625		
% Remoción	3%	3%		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 7 con su réplica la Muestra 21

MUESTRA 7			
pH	4.03		
Turbidez Inicial	837	% Remoción	98%
Turbidez Final	15.85		
Peso Coagulante	1005.4		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.6419	7.7967	0.1649	16.4854
Final	7.5935	7.7369	0.1434	14.34
			% Remoción	13%

	DQO	g/l
Inicial	0.376	4.62125
Final	0.211	2.55875
% Remoción	44%	45%

MUESTRA 21			
pH	4.04		
Turbidez Inicial	847	% Remoción	98%
Turbidez Final	13.8		
Peso Coagulante	1000.4		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5902	7.7424	0.1622	16.2204
Final	7.6099	7.7534	0.1435	14.35
			% Remoción	12%

	DQO	g/l
Inicial	0.381	4.68375
Final	0.219	2.65875
% Remoción	43%	43%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 8 con su réplica la Muestra 22

MUESTRA 8			
pH	4.04		
Turbidez Inicial	811	% Remoción	98%
Turbidez Final	13.71		
Peso Coagulante	102.4		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5243	7.6921	0.1688	16.9
Final	7.5995	7.7467	0.1473	14.7
			% Remoción	13%

	DQO	g/l
Inicial	0.405	4.9775
Final	0.350	4.29
% Remoción	14%	14%

MUESTRA 22			
pH	4.05		
Turbidez Inicial	823	Remoción	98%
Turbidez Final	17.34		
Peso Coagulante	102.2		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	9.1320	9.2983	0.1673	16.7
Final	7.5906	7.7375	0.1469	14.7
			% Remoción	12%

	DQO	g/l
Inicial	0.319	3.90875
Final	0.278	3.39625
% Remoción	13%	13%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 9 con su réplica la Muestra 23

MUESTRA 9			
pH	4.05		
Turbidez Inicial	873	% Remoción	96%
Turbidez Final	34.1		
Peso Coagulante	101.5		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	8.5555	8.769	0.2145	21.5
Final	7.5382	7.732	0.1938	19.4
			% Remoción	10%

	DQO	g/l
Inicial	0.435	5.35875
Final	0.421	5.18375
% Remoción	3%	3%

MUESTRA 23			
pH	4.07		
Turbidez Inicial	897	% Remoción	96%
Turbidez Final	37		
Peso Coagulante	104.9		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5109	7.7232	0.2133	21.3
Final	7.5014	7.6964	0.1950	19.5
			% Remoción	9%

	DQO	g/l
Inicial	0.345	4.23375
Final	0.328	4.015
% Remoción	5%	5%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 10 con su réplica la Muestra 24

MUESTRA 10			
pH	9.06		
Turbidez Inicial	962	% Remoción	4%
Turbidez Final	919		
Peso Coagulante	100.9		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5869	7.8012	0.2153	21.5
Final	7.5514	7.7638	0.2124	21.2
			% Remoción	1%

	DQO	g/l
Inicial	0.395	4.85875
Final	0.369	4.5275
% Remoción	7%	7%

MUESTRA 24			
pH	9.05		
Turbidez Inicial	974	% Remoción	8%
Turbidez Final	898		
Peso Coagulante	102.1		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5317	7.7472	0.2165	21.7
Final	7.6256	7.8369	0.2113	21.1
			% Remoción	2%

	DQO	g/l
Inicial	0.398	4.89625
Final	0.346	4.24625
% Remoción	13%	13%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 11 con su réplica la Muestra 25

MUESTRA 11			
pH	4.07		
Turbidez Inicial	959	% Remoción	98%
Turbidez Final	18.26		
Peso Coagulante	1000.1		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5914	7.7315	0.1501	15.0
Final	7.5749	7.7041	0.1292	12.9
			% Remoción	14%
	DQO	g/l		
Inicial	0.363	4.45875		
Final	0.255	3.1025		
% Remoción	30%	30%		

MUESTRA 25				
pH	4.06			
Turbidez Inicial	949	% Remoción	98%	
Turbidez Final	18.36			
Peso Coagulante	1001.1			
PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5889	7.7317	0.1528	15.3
Final	7.5380	7.6674	0.1294	12.9
			% Remoción	15%
	DQO	g/l		
Inicial	0.377	4.6275		
Final	0.249	3.03375		
% Remoción	34%	34%		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 12 con su réplica la Muestra 26

MUESTRA 12			
pH	4.03		
Turbidez Inicial	910	% Remoción	98%
Turbidez Final	14.44		
Peso Coagulante	102.7		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5904	7.7935	0.2041	20.4
Final	7.5552	7.7397	0.1845	18.5
			% Remoción	10%

	DQO	g/l
Inicial	0.379	4.65875
Final	0.260	3.165
% Remoción	32%	32%

MUESTRA 26			
pH	4.03		
Turbidez Inicial	916	% Remoción	98%
Turbidez Final	18.01		
Peso Coagulante	102.2		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5485	7.7524	0.2049	20.5
Final	7.5809	7.7642	0.1833	18.3
			% Remoción	11%

	DQO	g/l
Inicial	0.409	5.0275
Final	0.273	3.33375
% Remoción	33%	34%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 13 con su réplica la Muestra 27

MUESTRA 13			
pH	6.5		
Turbidez Inicial	929	% Remoción	54%
Turbidez Final	431		
Peso Coagulante	551.4		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.4521	7.5319	0.0853	8.5
Final	7.5521	7.6208	0.0687	6.9
			% Remoción	19%
	DQO	g/l		
Inicial	0.255	3.10875		
Final	0.223	2.70875		
% Remoción	13%	13%		

MUESTRA 27			
pH	6.5		
Turbidez Inicial	940	% Remoción	40%
Turbidez Final	567		
Peso Coagulante	501.7		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	7.5516	7.6335	0.0869	8.7
Final	7.5668	7.6424	0.0756	7.6
			% Remoción	13%
	DQO	g/l		
Inicial	0.298	3.64625		
Final	0.248	3.02125		
% Remoción	17%	17%		

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Resultados obtenidos de la Muestra 14 con su réplica la Muestra 28

MUESTRA 14			
pH	6.5		
Turbidez Inicial	945	% Remoción	72%
Turbidez Final	261		
Peso Coagulante	501.2		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	11.2223	11.3034	0.0861	8.6
Final	11.2271	11.2968	0.0697	7.0
			% Remoción	19%

	DQO	g/l
Inicial	0.228	2.77125
Final	0.171	2.05875
% Remoción	25%	26%

MUESTRA 28			
pH	6.5		
Turbidez Inicial	968	% Remoción	72%
Turbidez Final	267		
Peso Coagulante	500.3		

PESADO DE TUBOS				
	Sin Muestra	Con Muestra	ST	ST g/l
Inicial	11.2169	11.2954	0.0835	8.4
Final	9.1307	9.2002	0.0695	7.0
			% Remoción	17%

	DQO	g/l
Inicial	0.265	3.23375
Final	0.194	2.34625
% Remoción	27%	27%

Nota: Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 10. Evidencias fotográficas de los análisis realizados en Laboratorio.



Imagen N° 1: Toma de Muestra en la Curtiembre y medición de pH en campo.



Imagen N° 2: Separación de la cascará y de la Semilla Moringa Oleifera



Imagen N° 3: Análisis de pH, Conductividad y turbidez.



Imagen N° 4: Análisis de Sólidos Totales

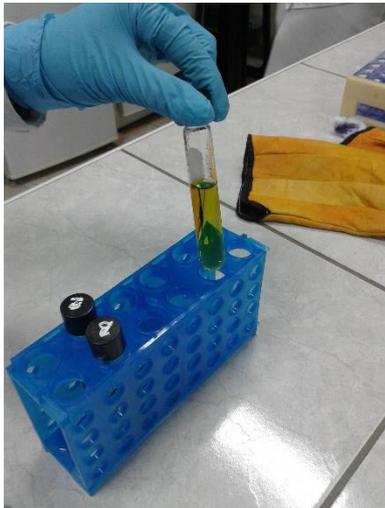


Imagen N° 5: Análisis de la Demanda Química de Oxígeno



Imagen N°6: Filtrado de las Muestra de la semilla *Moringa oleifera* L.



Imagen N°8: Primera prueba en el Test de Jarras



Imagen N°9: Equipo Liofilizador.



Imagen N°10: *Moringa oleifera* Lam. Liofilizada