



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y FORESTALES

EUPG ©
ESCUELA
UNIVERSITARIA
DE POSGRADO

POSGRADO DE LA ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES



La práctica nos enseña

Diplomado en Auditorías Forestales y Ambientales para la Conservación de
los Bosques y Medio Ambiente 1ra. Versión

MONOGRAFÍA

AUDITORÍA AMBIENTAL EN TRATAMIENTO PRIMARIO CON
SEMILLA DE *Moringa oleífera* COMO COAGULANTE DE AGUAS
RESIDUALES

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA
EN INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO POR:

EDWIN TANGARA RODRÍGUEZ

TUTOR:

MGR. MARÍA ELIZABETH CAMACHO HERBAS

COCHABAMBA – BOLIVIA

2025

RESUMEN

El trabajo de investigación se centra en el uso de la semilla de *Moringa oleífera* como en el tratamiento de aguas residuales industriales, específicamente en la empresa "Bolhispania" en Chimoré, utiliza grandes volúmenes de agua, generando efluentes con altas concentraciones de materia orgánica disueltas y suspendidas en el efluente, la falta de un sistema eficiente para el tratamiento de estas aguas residuales representa un problema para el medio ambiente y los recursos hídrico. El objetivo es desarrollar la auditoría ambiental sobre el uso semilla de *Moringa oleífera* como agente coagulante en el tratamiento primario del agua residual industrial de la empresa Bolhispania S.A Senda III del Municipio de Chimoré , se realizó la caracterización del efluente considerando parámetros fisicoquímicos, verificándose concentraciones elevadas de DBO5, DQO, sólidos suspendidos, solidos disueltos, solidos totales, pH, conductividad eléctrica, dureza y turbiedad exceden los límites permisibles para descargas líquidas del Anexo 13-C del RASIM. La investigación destaca que, aunque los coagulantes químicos son efectivos, su uso puede resultar costoso y dejar residuos químicos. En contraste, la *Moringa oleífera* se presenta como una alternativa sostenible y económica, capaz de igualar o superar la eficacia de los productos sintéticos en la remoción de contaminantes, mostrando resultados en la remoción de solidos totales (ST) en 46.26%, solidos disueltos (SD) en 45%, solidos suspendidos (SS) en 50.6%, turbiedad (NTU) de 66.61% y pH 37.14% de esa manera se mostró la eficiencia en remoción de solidos para el tratamiento inicial de la empresa.

Palabras clave: *Moringa oleífera*, aguas residuales, coagulante, contaminación hídrica.

ABSTRACT

This research focuses on the use of *Moringa oleifera* seeds for the treatment of industrial wastewater, specifically in the company "Bolhispania" located in Chimoré. The company uses large volumes of water, generating effluents with high concentrations of dissolved and suspended organic matter. The absence of an efficient wastewater treatment system poses a significant problem for the environment and water resources. The objective of the study is to conduct an environmental audit on the use of *Moringa oleifera* seeds as a coagulant agent in the primary treatment of industrial wastewater at Bolhispania S.A Senda III, Chimoré Municipality. Effluent characterization was performed, considering physicochemical parameters, which revealed elevated concentrations of BOD5, COD, suspended solids, dissolved solids, total solids, pH, electrical conductivity, hardness, and turbidity—all exceeding the permissible limits for liquid discharges according to Annex 13-C of RASIM. The research highlights that, while chemical coagulants are effective, their use can be costly and may leave chemical residues. In contrast, *Moringa oleifera* is presented as a sustainable and economical alternative, capable of matching or surpassing the effectiveness of synthetic products in contaminant removal. The results demonstrated removal efficiencies of 46.26% for total solids (TS), 45% for dissolved solids (DS), 50.6% for suspended solids (SS), 66.61% for turbidity (NTU), and 37.14% for pH, thus demonstrating the efficiency of *Moringa oleifera* in the initial treatment of the company's wastewater.

Key words: *Moringa oleifera*, wastewater, coagulant, water pollution.

1. INTRODUCCIÓN

La limpieza de las aguas contaminadas ha sido considerada como un asunto estratégico para el desarrollo sustentable de los países latinoamericanos. En la actualidad se han hecho avances en materia de tratamiento de aguas residuales industriales, en el panorama actual, la contaminación de cuerpos de agua por parte de diversas industrias se rige como un desafío ambiental, afectando principalmente a países en vías de desarrollo y que influye en que los recursos hídricos se conviertan en no renovables (Salazar et al., 2017).

Un estudio del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA) revela que, en Bolivia, de las 219 plantas de tratamiento de aguas residuales registradas, 171 (el 78%) no cumplen con su función adecuadamente o presentan un manejo deficiente. Esta alarmante realidad refleja la necesidad urgente de mejorar la gestión de estas instalaciones para proteger el medio ambiente y la salud pública (Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico [AFCSAPSB], 2019).

Según Vera (2023), actualmente se tiene en funcionamiento la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Servicio Nacional Textil SENATEX en el departamento de La Paz, la cual se divide en 3 piscinas de altas capacidades donde se realizan tratamientos de sedimentación con la aplicación de empaques en polvo de las semillas de *Moringa oleífera* como coagulante natural. Respecto a los parámetros de control de los efluentes generalmente se tienen valores mínimos de pH, una mayor remoción en DQO y colorimetría llegando a los rangos deseados, pero esto es dependiente de los procesos que se llevan a cabo dentro de la industria.

La contaminación de los ríos en el trópico de Cochabamba, particularmente en el municipio, representa un grave problema ambiental que impacta tanto la calidad del agua como la salud de la población. Este fenómeno se origina principalmente por la descarga de aguas residuales sin tratar, que provienen de fuentes tanto domésticas como industriales. En resumen, la contaminación de ríos en el trópico cochabambino es un problema complejo que requiere atención urgente y acciones coordinadas entre autoridades locales y comunidades para mejorar las condiciones ambientales y sanitarias en la región.

En la comunidad de Senda III, municipio de Chimoré, departamento de Cochabamba, opera la empresa procesadora de palmito y piña "Bolhispania", la empresa enfrenta un problema ambiental: la descarga de aguas residuales industriales sin tratamiento previo, el manejo de las frutas durante el lavado y sellado requiere grandes cantidades de agua. Por lo tanto, en el estudio de auditoria se tiene como problema central: La contaminación por descargas de aguas residuales sin tratamiento que se vierten a un canal de agua ¿Cómo influye la auditoría ambiental sobre el uso de la semilla de Moringa oleífera como agente coagulante en el tratamiento primario de aguas residuales industriales de la empresa Bolhispania del Municipio de Chimoré?

El agua, elemento esencial para la vida, adquiere una importancia aún mayor en el trópico de Cochabamba, donde las sequías se intensifican debido al aumento de las temperaturas. En este contexto, la priorización del agua en todos los sectores, incluyendo las industrias, resulta imperativa. Sin embargo, los tratamientos de efluentes residuales industriales presentan un desafío para las empresas procesadoras, ya que su complejidad lleva elevados costos, especialmente por la gran cantidad de agua que se requiere tratar.

1.1. Justificación

La situación que enfrenta la empresa "Bolhispania" en la comunidad de Senda III, ubicada en el municipio de Chimoré, Cochabamba, es un claro ejemplo de los desafíos ambientales que surgen de la actividad industrial. La auditoría ambiental también ayuda a controlar la descarga de aguas residuales industriales sin tratamiento previo no solo compromete la calidad de agua del canal cercano, sino que también tiene repercusiones negativas en la salud de la comunidad y en los acuíferos locales.

1.1.1. Justificación económica

El tratamiento de aguas residuales industriales es un proceso costoso, especialmente cuando se utilizan coagulantes y floculantes químicos sintéticos. Estos productos, aunque efectivos, implican gastos significativos en su adquisición y manejo. En contraste, la semilla de *Moringa oleífera*, al ser un recurso natural y accesible, puede reducir considerablemente

estos costos operativos. La producción local de harina de semilla permite a la empresa minimizar gastos logísticos y aprovechar un recurso que puede ser cultivado en la región.

1.1.2. Justificación ambiental

La justificación ambiental del uso de la semilla de *Moringa oleífera* como coagulante-floculante en el tratamiento de aguas residuales industriales se fundamenta en la necesidad urgente de mitigar la contaminación hídrica causada por la descarga de efluentes sin tratamiento. En el caso de la empresa "Bolhispania", ubicada en el municipio de Chimoré, Cochabamba, la falta de un sistema adecuado para el tratamiento de aguas residuales ha llevado a la contaminación del canal cercano, comprometiendo no solo la calidad del agua sino también la salud de la comunidad y los acuíferos locales. La *Moringa oleífera*, reconocida por sus propiedades coagulantes, ofrece una alternativa sostenible y económica frente a los coagulantes químicos convencionales que, aunque eficaces, pueden dejar residuos nocivos en el medio ambiente y no siempre eliminan completamente los contaminantes del agua tratada.

1.1.3. Justificación social

La situación ambiental en la comunidad de Senda III, donde opera la empresa "Bolhispania", destaca la urgente necesidad de abordar la contaminación por aguas residuales industriales. La descarga sin tratamiento previo de estas aguas no solo deteriora la calidad del agua del canal cercano, sino que también pone en riesgo la salud de los habitantes y afecta los acuíferos locales. Este contexto resalta la importancia de implementar soluciones innovadoras, como el uso de harina de semilla de *Moringa oleífera* como coagulante en el tratamiento de aguas residuales, además la *moringa oleífera* no es nociva para el ser humano ya que paralelo a este uso, la población boliviana lo usa como medicina natural debido a las diferentes propiedades que esta tiene.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Justificación	2
<i>1.1.1. Justificación económica</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2. Justificación ambiental</i>	<i>3</i>
<i>1.1.3. Justificación social</i>	<i>3</i>
1.2. Planteamiento y formulación del problema	4
1.2.1. Planteamiento del problema	4
<i>1.2.2. Formulación del problema</i>	<i>5</i>
1.3. Objetivos	5
<i>1.3.1. Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	<i>5</i>
1.4. Alcances de la investigación.....	6
<i>1.4.1. Alcance temático.....</i>	<i>6</i>
<i>1.4.2. Alcance espacial</i>	<i>6</i>
<i>1.4.3. Alcance temporal.....</i>	<i>6</i>
2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	7
2.1. Contaminación hídrica.....	7
<i>2.1.1. Aguas residuales.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.1.1. Tipos de aguas residuales.....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.1.1.1. Aguas residuales domésticas.</i>	<i>7</i>
<i>2.1.1.1.2. Aguas residuales industriales.</i>	<i>8</i>
<i>2.1.1.1.3. Aguas residuales urbanas.....</i>	<i>8</i>
<i>2.1.2. Tratamiento de aguas residuales.....</i>	<i>8</i>
<i>2.1.2.1. Tipos de tratamiento</i>	<i>9</i>
<i>2.1.2.1.1. Tratamiento primario.</i>	<i>9</i>

2.1.2.1.2. Tratamiento secundario.....	9
2.1.2.1.3. Tratamiento terciario.....	10
2.1.3. Definición de un afluente y efluente	10
2.1.3.1. Afluente.....	10
2.1.3.2. Efluente.....	10
2.1.4. Parámetros fisicoquímicos del agua	11
2.1.4.1. Sólidos.....	11
2.1.4.1.1. Sólidos Suspendidos.....	11
2.1.4.1.2. Sólidos Disueltos.....	11
2.1.4.2. Turbidez.....	12
2.1.4.3. PH.....	12
2.1.4.4. Colorimetría.....	12
2.1.4.4.1. Color Verdadero.....	12
2.1.4.4.2. Color Aparente.....	13
2.1.4.5. Demanda biológica de oxígeno.....	13
2.1.4.6. Demanda química de oxígeno.....	13
2.2.1. Pretratamiento	14
2.2.1.1. Desbaste.....	14
2.2.1.2. Desengrasado.....	14
2.2.2. Coagulación.....	14
2.2.2.1. Test de jarras.....	15
2.2.3. Floculación.....	15
2.2.4. Sedimentación	16
2.2.4.1. Tanques de Sedimentación.....	16
2.2.4.2. Zona de Sedimentación.....	16
2.2.4.3. Lecho de Lodos.....	16
2.2.4.4. Sólidos flotantes	17

2.2.5. Coagulantes sintéticos	17
2.2.5.1. Coagulantes metálicos.	17
2.2.5.2. Coagulantes polielectrolitos catiónico.	17
2.3. Moringa oleífera	18
2.3.1. Características de la planta de Moringa Oleífera	18
2.3.2. Semilla de Moringa oleífera como coagulante	19
2.4. Auditoría Ambiental	19
2.4.1. Normativas para la auditoría ambiental	20
2.4.2. Normativa en contaminación hídrica (RMCH)	20
2.4.3. Reglamento nacional para el control de la calidad del agua para consumo humano (NB 512)	21
2.4.4. Normativa del sector industrial manufacturero (RASIM).....	21
3. METODOLOGÍA	22
3.1. Ubicación del estudio.....	22
3.2. Enfoque de investigación	23
3.2.1 Enfoque Mixto.....	23
3.3. Tipo de investigación.....	23
3.3.1. Descriptivo	23
3.3.2. Explicativo	23
3.4. Métodos.....	24
3.4.1. Métodos aplicados en la investigación	24
3.4.1.1. Deductivo.	24
3.4.1.2. Inductivo.	24
3.4.1.3. Sintético.....	24
3.4.1.4. Analítico.	24
3.5. Fuentes de información	28
3.5.1. Fuentes primarias.....	28

3.5.2. Fuentes secundarias	28
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	29
3.6.1.1. Observación.	29
3.6.1.2. Entrevista.....	29
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos	29
3.6.2.1. Cuaderno de registro.	29
3.6.2.2. Guía de preguntas.	29
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Descripción del proceso de obtención y preparación de la harina de semilla de <i>Moringa oleífera</i> para su uso como polielectrolito catiónico en el tratamiento de aguas residuales industriales.....	30
4.1.1. Obtención de la harina	30
4.1.2. Tratamiento para activar el polielectrolito catiónico	31
4.2. Determinación la dosificación del agente coagulante en el tratamiento primario del agua residual industrial.	32
4.2.1. Definición de las concentraciones del polielectrolito catiónico.....	32
4.2.2. Resultados de las pruebas de jarras	33
4.2.3. Aplicación de la <i>Moringa</i> como polielectrolito catiónico en la cámara de sedimentación	34
4.2.4. Resultados de la dosificación del floculante natural y sintético	35
4.3. Comparación de la efectividad de la harina de semilla <i>Moringa oleífera</i> como polielectrolito catiónico con el coagulante sintético mediante un análisis físico-químico de los efluentes tratados	36
4.3.1. Resultados del análisis inicial físicoquímico	36
4.3.2. Resultados de los análisis después del tratamiento del floculante natural.	38
4.4. Desarrollo de la auditoría ambiental sobre el tratamiento primario con el uso de semilla de <i>Moringa oleífera</i> como agente coagulante del agua residual.	49
5. PROPUESTA	51

5.1. Introducción	51
5.2. Objetivo general	51
5.3. Alcance de la Auditoria	51
5.4. Marco Normativo	52
5.5. Metodología	52
5.6. Evaluación de Cumplimiento Normativo	55
5.7. Identificación de Impactos y Riesgos	55
5.8. Informe Final.....	¡Error! Marcador no definido.
5.9. Recomendaciones	56
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Registro de obtención harina de la semilla de moringa.....	30
Tabla 2. Datos de los pesos de la harina de Moringa Oleífera.....	31
Tabla 3. Extracción del coagulante natural.	31
Tabla 4. Rangos de concentración de polielectrolito catiónico de Moringa.	33
Tabla 5. Dosis en prueba de Jarras.	33
Tabla 6. Resultado de la caracterización inicial físico y químico antes del tratamiento.	36
Tabla 7. Resultado de la caracterización físico y químico después del tratamiento de Moringa.	38
Tabla 8. Resultado de la caracterización físico y químico del floculante sintético.	39
Tabla 9. Resultado del porcentaje de remoción de contaminantes.	40
Tabla 10. Cotización de la semilla.....	55
Tabla 11. Aspectos resaltantes durante la auditoria.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Componentes de la moringa</i>	18
Figura 2. <i>Definición de AA según la Ley 1333</i>	20
Figura 3. <i>Ubicación de la zona de estudio.</i>	22
Figura 4. <i>Prueba de test de jarras.</i>	34
Figura 5. <i>Aplicación en la cámara de sedimentación.</i>	35
Figura 6. <i>Efluente final con floculante natural y sintético.</i>	35
Figura 7. <i>Resultado del porcentaje de pH.</i>	41
Figura 8. <i>Resultado del porcentaje de remoción de Turbiedad.</i>	42
Figura 9. <i>Resultado del porcentaje de remoción de Solidos totales.</i>	43
Figura 10. <i>Resultado del porcentaje de remoción de Solidos Disueltos.</i>	44
Figura 11. <i>Resultado del porcentaje de remoción de Solidos Suspendidos.</i>	45
Figura 12. <i>Resultado del porcentaje de la Demanda Biológica de Oxígeno.</i>	46
Figura 13. <i>Resultado del porcentaje de remoción de la demanda química de oxígeno.</i>	47
Figura 14. <i>Resultado del porcentaje de remoción de la Conductividad eléctrica.</i>	48
Figura 15. <i>Flujograma de auditoría ambiental.</i>	49
Figura 16. <i>Proceso de elaboración de harina de Moringa.</i>	53
Figura 17. <i>Representación de los parámetros mejorados.</i>	54
Figura 18. <i>Entrevista sobre el uso de floculante natural</i>	54