

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE



USO DE FLOCULANTES NATURALES PARA LA ELIMINACIÓN DE
PARTÍCULAS COLOIDALES EN LAS AGUAS RESIDUALES DE LA LAGUNA
DE OXIDACIÓN N°2 DEL BARRIO SAN LUIS DE LA PROVINCIA CERCADO
DEL DEPARTAMENTO DE TARIJA

Por:

Silvia Rebeca Barra Serrano

Modalidad de graduación (Tesis) presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para obtener el Grado Académico en Licenciatura en Ingeniería en Medio Ambiente

Marzo de 2025

TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria:

A mi madre, que, con su amor, apoyo incondicional y sabias enseñanzas, ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi familia, por su compañía, consejos y por ser siempre una fuente de inspiración y motivación.

A mis amigos, por su apoyo constante, su paciencia y por estar siempre ahí para compartir tanto los momentos de alegría como los de dificultad.

A mis profesores y mentores, por su dedicación, sabiduría y por motivarme a alcanzar siempre la excelencia académica.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
5. JUSTIFICACIÓN	5
6. HIPÓTESIS.....	7
7. OBJETIVOS.....	7
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	9
1. MARCO TEORICO.....	9
1.1.1. Machacado:.....	9
1.1.2. Lavado:.....	9
1.1.3. Decantación:.....	9
1.1.4. Composición Química	10
• Carga Poli electrolítica:.....	10
1.1.5. Propiedades Físico-Químicas.....	10
• pH Óptimo:.....	10
1.2.1. Composición Química	11
• Contenido de Carbohidratos:.....	11
• Temperatura de Gelatinización:.....	11
• Poder de Hinchamiento:.....	11
• Solubilidad y Viscosidad:	12
1.2.2. pH.....	12

1.3.1. Tratamiento de aguas residuales:	13
1.3.2. Transporte de contaminantes:.....	13
1.3.3. Calidad del agua:.....	13
1.3.4. Procesos de separación:	13
• Capacidad de coagulación y floculación:.....	17
• Eficacia independiente del pH:.....	17
• Sostenibilidad:	17
1.5.1. Composición Química	17
• Aceite y Ácido Oleico:	18
1.5.2. Mecanismo de Acción.....	18
• Independencia del pH:	18
1.6.1. Composición Química	19
• Aminoácidos:.....	19
• Aceites y Grasas:	19
• Minerales:.....	19
• Compuestos Tóxicos:.....	19
1.6.2. Propiedades Floculantes	20
• Neutralizar Cargas:	20
• Formar Flóculos:	20
• Solidos Disueltos	20
2. MARCO CONCEPTUAL	21
3. MARCO LEGAL.....	23
Derechos fundamentales reconocidos en la Constitución Política del Estado (C.P.E.) Art.16 I, II y III - Art. 20 I, II y III	23

Artículo 20.	23
Estructura y organización económica del Estado.....	24
Capítulo Quinto: Recursos Hídricos.....	24
Capitulo II.....	25
CAPITULO II MATERIALES Y METODOS	26
2. MATERIALES Y MÉTODOS	26
FIGURA 1 UBICACIÓN DE LA PLANTA DE OXIDACIÓN	27
2.2.1. Clima:.....	28
2.2.2. Temperatura	28
2.2.3. Precipitación.....	28
2.2.4. Vientos	28
2.3.1. Cuantitativa:	28
2.3.2. Cualitativa:	29
2.3.3. Experimental:	29
2.4.1. Ambientes a utilizar.....	29
2.4.2. Materiales biológicos.....	29
2.4.3. Equipos	30
2.4.4 Otros.....	30
2.5.1. Primer Objetivo	30
• Extracción de harina de cascara de papa.....	30
• Obtención de almidón de yuca	31
• Preparación del polvo de semillas de ajipa.....	31
• Recolección de muestra de agua residual de la laguna de oxidación N°2 de la planta de tratamiento del barrio San Luis	32

• Procedimiento de Toma de Muestra	32
Recolección:	32
• Tratamiento del agua (simulación de prueba de jarras “JAR-TEST”)....	33
CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3. RESULTADOS	34
3.1.1. Recolección y acondicionamiento de floculantes naturales.....	34
3.1.1.1. Polvo de semillas de moringa.....	34
3.1.1.2. Almidón de papa	34
3.1.1.3. Almidón de yuca	35
3.1.1.4. Polvo de semillas de ajipa.....	35
3.1.2. Importancia del acondicionamiento.....	35
3.2.1. Resultados de agua residual sin flocular:.....	36
3.2.1.1. Resultados para pH:.....	36
3.2.1.2. Resultados para turbiedad:	36
3.2.1.3. Resultados para solidos suspendidos	37
3.2.1.4. Resultados para solidos disueltos:	37
3.2.2. Resultados del agua residual floculada con polvo de semillas de moringa olifeira.....	37
3.2.2.1. Resultados para el pH:	37
3.2.2.2. Resultados para la turbiedad:	38
3.2.2.3. Resultado para solidos suspendidos:.....	38
3.2.2.4. Resultados para solidos disueltos:	38
3.2.3. Resultados del agua residual floculada con almidón de papa	38
3.2.3.1. Resultado para pH:	39
3.2.3.2. Resultado para turbiedad:.....	39

3.2.3.3. Resultado para solidos suspendidos:.....	39
3.2.3.4. Resultados para solidos disueltos:	39
3.2.4. Resultados del agua residual floculada con almidón de yuca.....	39
3.2.4.1. Resultado para pH:	40
3.2.4.2. Resultados para turbiedad:	40
3.2.4.3. Resultados para sólidos suspendidos:	40
3.2.4.4. Resultados para solidos disueltos:	40
3.2.5. Resultados del agua floculada con polvo de semillas de ajipa.....	40
3.2.5.1. Resultados para el pH:	41
3.2.5.2. Resultados para la turbiedad:	41
3.2.5.3. Resultados para solidos suspendidos:	41
3.2.5.4. Resultados para solidos disueltos:	41
3.3.1. Proyección de datos.....	42
3.3.1.2. Proyeccion para el polvo de semillas de moringa olifeira:	42
3.3.1.3. Proyección para el almidón de papa:	42
3.3.1.4. Proyección para el almidón de yuca:	43
3.3.1.5. Proyección para el polvo de semillas de ajipa:.....	43
3.4.1. Comparación de resultados obtenidos para los parámetros de pH y Turbiedad	44
3.4.2. Comparación de resultados obtenidos para los parámetros de solidos suspendidos y solidos disueltos	45
3.5.1. Eficiencia en la Reducción de Turbidez	45
3.5.3. Fórmula para la eficiencia de remocion de turbidez del almidón de papa.....	45
3.5.4. Fórmula para la eficiencia de remoción de turbidez del almidón de yuca	46

3.5.5. Fórmula para la eficiencia de remoción de turbidez de las semillas de ajipa	46
3.5.6. Efecto en el pH del Agua.....	47
3.5.7. Reducción de Sólidos Suspendidos.....	47
3.5.8. Reducción de solidos disueltos	47
CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
4. CONCLUSIONES	49
5. RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFIA	53
Bibliografía	53
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Ubicación de la planta de oxidación	27
FIGURA 2 Fotografía del equipo de prueba de jarras	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de resultados obtenidos para los parámetros de pH y Turbiedad.....	44
Cuadro 2. Comparación de resultados obtenidos para los parámetros de solidos suspendidos y solidos disueltos	45

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de agua residual sin flocular	36
Tabla 2. Resultados del agua residual floculada con polvo de semillas de moringa olifeira	37
Tabla 3. Resultados del agua residual floculada con almidón de papa	38
Tabla 4. Resultados del agua residual floculada con almidón de yuca	39
Tabla 5. Resultados del agua floculada con polvo de semillas de ajipa.....	40

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Toma de muestras de la laguna.....	56
ANEXO 2. Prueba de jarras en laboratorio	57
ANEXO 3. Prueba de jarras en laboratorio	57
ANEXO 4. Resultado de laboratorio para el agua floculada con semillas de ajipa	58
ANEXO 5. Resultado de laboratorio para el agua floculada con almidón de papa	59
ANEXO 6. Resultado de laboratorio para el agua floculada con almidón de yuca	60
ANEXO 7. Resultado de laboratorio para el agua floculada con semillas de moringa	61